

# Автоматизация и Современные Технологии

---

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор  
В.Л. Белоусов

РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ:  
Бучаченко А.Л.  
Гусев А.А.  
Дегтярев Ю.И.  
Елисеев В.А.  
Иванов А.П.  
Мальцева С.В.  
Нефедов Е.И.  
Шебалин И.Ю.  
(заместитель главного редактора)

7  
—  
2013

УЧРЕДИТЕЛИ:  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ  
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

---

Журнал зарегистрирован 9 апреля  
1999 г. за № 018684 в Комитете  
Российской Федерации по печати

---

Журнал входит в перечень  
утверждённых ВАК РФ изданий  
для публикации трудов соискателей  
учёных степеней

---

ООО «Издательство Машиностроение»

РЕДАКЦИЯ:

Шебалин И.Ю. — зам. главного редактора  
Осипова В.Г. — научный редактор  
Богус С.В. — секретарь

Адрес редакции:  
107076, Москва,  
Стромынский пер., 4  
Тел.: (499) 748 0290,  
E-mail: ast@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства:  
107076, Москва,  
Стромынский пер., 4  
Тел.: (499) 268 3858,  
факс: (499) 269 4897

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<b>Дегтярёв Ю.И., Сергеев М.В., Фахурдинов О.В.</b> Автоматизированная система многопараметрической оценки сложных объектов на основе экспертной информации ...	3
<b>Шевцов А.А., Мажулина И.В.</b> Управление энергоэффективной биотехнологии получения ферментных препаратов на базе парокомпрессионного теплового насоса ...	9

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Чижиков В.И.</b> Винтовое упругое кинематическое соединение на основе трубки Бурдона для бесшарнирного манипулятора .....	14
<b>Шляхтенко П.Г., Пименов В.И., Кофнов О.В.</b> Использование двумерного дискретного преобразования Фурье для компьютерного анализа материала с повторяющейся структурой .....	20
<b>Тусупбеков Б.К., Намазбаев Т.С.</b> Математические модели процессов обезуглероживания и дефосфорации металла при конверторном переделе фосфористого чугуна .....	28
<b>Онищенко Д.В., Чаков В.В.</b> Получение нановолокнистого углерода (многостенных нанотрубок) из сфагnumа бурого для создания функциональных материалов .....	31

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

<b>Павельчук М.В.</b> Экономическая оценка стоимости внедрения автоматизированных CAD/PDM-систем на предприятиях ракетно-космического комплекса .....	36
<b>Иванов А.П., Михалёв А.С.</b> Новые подходы к измерению капитала и его стандартов в банковском секторе РФ .....	39

### ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

«Связь – ЭКСПОКОММ – 2013» .....	45
----------------------------------	----

### ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов .....	46
-----------------------------	----

**Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу: (499) 269 4897, по e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru) (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефоны для справок: (499) 269 6600, 269 5298**

Сдано в набор 29.04.13. Подписано в печать 27.06.13.  
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 5,88. Цена свободная

## CONTENTS

### AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

<b>Degtyarev Yu.I., Sergeev M.V., Fakhurdinov O.V.</b> Automatic system for complex objects polyvalent estimate from an expert information .....	3
<b>Shevtsov A.A., Mazhulina I.V.</b> Power efficient biotechnology management for enzyme preparations receiving on the basis of the vapor-compression thermal pump .....	9

### MODERN TECHNOLOGIES

<b>Chizhikov V.I.</b> Screw elastic kinematic joining on the basis of Burdon's tube for hingeless manipulator .....	14
<b>Shlyahntenko P.G., Pimenov V.I., Kofnov O.V.</b> Use of two-dimensional discrete Fourier transformation for the computer analysis of a material with repeating structure .....	20
<b>Tusupbekov B.K., Namazbaev T.S.</b> Mathematical models of the metal decarburization and dephosphorization processes for phosphorous cast iron converter melting .....	28
<b>Onishchenko D.V., Chakov V.V.</b> Getting a nanofibrous carbon (multiwall nanotubes) from the sphagnum fuscum to create functional materials .....	31

### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC AKTIVIES

<b>Pavelchuk M.V.</b> Economic assessment value of the automatic CAD/PDM systems introduction at the space-rocket complex enterprise .....	36
<b>Ivanov A.P., Mikhalev A.C.</b> New approaches to the capital and its standards measurement in the banking sector of the Russian Federation .....	39

### EXHIBITIONS AND PRESENTATIONS

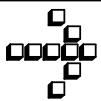
«Communication – Expocomm – 2013» .....	45
---	----

### SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review .....	46
--------------------------	----

Отпечатано в ООО «Белый ветер»  
115407, Москва, Нагатинская наб., 54

**Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.  
За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель**



УДК 681.5.013, 681.518, 65.012.16

**Ю.И. Дегтярев**, д-р техн. наук, проф., **М.В. Сергеев**, канд. техн. наук, д., **О.В. Фахурдинов**  
(Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы, г. Москва)

olegator2k@mail.ru

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Дано общее описание процесса проведения экспертизы сложных объектов и поддерживающей его автоматизированной системы. Показана возможность использования подобных систем в разных областях практической деятельности.*

**Ключевые слова:** экспертиза, автоматизированная система, программное обеспечение, база данных, практические приложения.

*A general description of the complex objects expertise process and its supporting automatic (computer-aided) system is provided. Utilization possibility of such systems in the practical different areas of the practical activity is shown.*

**Key words:** expertise, automatic system, software, database, practical enclosure.

Создание и совершенствование автоматизированных информационных и управляющих систем насчитывает 50-летнюю историю, однако актуальность проблемы сохраняется до сих пор и, скорее всего, будет сохраняться в дальнейшем. Этому способствует ряд обстоятельств, среди которых главными являются естественное (экономически обоснованное) стремление внедрить средства автоматизации в разные сферы целенаправленной деятельности и активное развитие компьютерных технологий. Сказанное в полной мере относится к экспертным системам, позволяющим находить приемлемые решения в сложных ситуациях оценки и выбора трудносоставимых альтернатив, что характерно, в частности, для конкурсов крупных проектов, целевых программ, инновационных предложений.

Вопросам организации, проведения, анализа результатов экспертизы всегда уделялось много внимания. Не вдаваясь в подробности, можно назвать многочисленные теоретические исследования того, как сформировать группу экспертов, в каком виде получить от них информацию, как её обработать с минимальными потерями, как доходчиво представить заинтересованным лицам (заказчикам экспертизы) итоги проведённой работы. Несмотря на всю полезность таких исследований, их выводы и рекомендации в большинстве случаев плохо осваиваются управленческими структурами разных уровней и часто заменяются соображениями общего характера, основанными на существующих мнениях, взглядах, аналогиях.

Сильное влияние оказывают и объективные факторы – экономия денежных средств (серёзная экспертиза стоит дорого), ограниченность времени (всё нужно сделать быстро), расхождения теории и практики (усложненные выкладки вызывают недоверие) и т. д.

В этих условиях начинают проявляться тенденции к упрощению и ускорению экспертных процедур, переходу к обобщённым (балльным, рейтинговым) оценкам экспертируемых объектов, использованию элементарных приемов их сравнения с последующим определением предпочтений, отдаваемых каким-то из них. В значительной мере это продиктовано заметным ростом сложности и многоплановости возникающих задач, присущими им неопределённостями и одновременно – увеличением объёмов экспертной работы за счёт сохраняющихся возможностей финансовой поддержки перспективных научных направлений, инфраструктурных преобразований, технологической модернизации разных сторон жизнедеятельности.

Приемлемым вариантом соединения традиционных и в чём-то упрощённых подходов к экспертизе может стать разработка автоматизированных систем многопараметрической экспресс-оценки сложных объектов (АС МПО), основанной на принципе вопросно-ответного взаимодействия заказчика (организатора) экспертизы с экспертами и наглядного (графического) отображения получаемой при этом информации для наиболее полного её восприятия [1]. Подобные

системы должны реализовать стандартный технологический процесс, предполагающий участие в нём трёх упомянутых субъектов – заказчика экспертизы (юридическое лицо, заинтересованное в независимом экспертом оценивании определённого объекта (О) и располагающее необходимым административным, финансовым, информационным ресурсом), её организатора (юридическое лицо, выполняющее организационно-технические и аналитические функции по поручению заказчика) и коллектива экспертов (специалисты в соответствующей области знания, приглашаемые для изучения материалов, относящихся к объекту О, их обобщения и подготовки заключений о возможной дальнейшей судьбе О). Следовательно, основными этапами указанного процесса становятся:

выбор О и представляющей его информации заказчиком экспертизы (общее описание О, заявленные характеристики, заложенный потенциал и т. п.); этим определяются направления дальнейшей работы и информационные рамки, в которых она будет проводиться;

разработка организатором экспертизы анкеты эксперта с перечнем вопросов и вариантов ответа на них применительно к О, а также инструкций по заполнению анкеты и оформлению результатов экспертного оценивания О;

согласование разработанных форм анкеты и инструкций с заказчиком экспертизы и их утверждение в качестве официальных документов для будущих экспертов, формирование организатором экспертизы группы (коллектива) экспертов для оценки О в соответствии с утвержденными документами и обсуждение её состава с заказчиком экспертизы;

получение согласия экспертов на выполнение работы по оценке О и заключение договоров с ними от имени организатора экспертизы;

выдача организатором экспертизы заданий экспертам в соответствии с заключенными договорами и всех сопутствующих материалов (анкеты, инструкции, исходная информация об О);

подготовка экспертами ответов на вопросы анкеты путём выбора альтернативных вариантов (из содержащихся в анкете), выставление оценок с краткими комментариями к своим решениям (может быть предусмотрено инструкцией);

оформление экспертами подготовленных решений относительно О в табличной или иной форме, установленной инструкцией (с приложением краткого комментария), передача (в электронном виде) этой информации организатору экспертизы и завершение договорных отношений с ним;

анализ организатором экспертизы результатов, полученных экспертами, и подготовка на их основе исходных данных для окончательной машинной обработки,

машинная обработка данных экспертизы в соответствии с алгоритмом многопараметрического оценивания О и отображение итогового результата в графической форме; анализ организатором экспертизы итогового результата обработки экспертных данных, подготовка аналитической записи для заказчика с приложением всех полученных материалов и их окончательное документальное оформление;

создание архивной копии оформленного пакета документов и официальная передача его заказчику экспертизы.

Представленная последовательность действий участников экспертного процесса позволяет определить состав и структуру автоматизированной системы МПО, поддержка работоспособности которой осуществляется организатором экспертизы, объединяющим коллективы разработчиков программного продукта, технических специалистов, административно-управленческий персонал.

Для выполнения намеченных функций достаточно включить в АС МПО 5 основных подсистем (рис. 1):

подсистему взаимодействия с заказчиком экспертизы и управления многоэтапным процессом, рассмотренным выше (1);

подсистему подбора экспертов, организации их работы, получения первичной экспертной информации (2);

подсистему подготовки исходных данных для машинной обработки собранной первичной информации в соответствии с характеристиками имеющихся (разрабатываемых) программных средств (3);

подсистему автоматизированной обработки подготовленных данных, анализа и представления полученных результатов, их документального оформления (4);



Рис. 1. Структурная схема АС МПО

подсистему архивации документов, передаваемых заказчику экспертизы (5).

Сама АС МПО построена на базе профильного подразделения ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, её работу обеспечивают 7 – человек, включая как руководителей, так и других сотрудников, поэтому вопрос сложности системы неактуален, хотя при возрастании нагрузки (т. е. количества оцениваемых О) возникает опасность замедления процесса, и за этим приходится следить.

Пробная эксплуатация рассматриваемой АС МПО проведена на примере «Анкеты эксперта для оценки заявок на формирование технологических платформ», предложенной Министерством экономического развития Российской Федерации и состоящей из 9 частей (тематических разделов), в которых содержится порядка 75 вопросов с несколькими подсказанными ответами (от 2 до 5). Фрагменты этого документа сведены в таблицу.

Таблица

#### **Анкета эксперта для оценки заявок на формирование технологических платформ (ТП)**

- Часть 1. Общая
- Часть 2. «Влияние на развитие рынка»
- Часть 3. «Обоснованность выбора ТП как инструмента решения поставленных задач»
- Часть 4. «Степень проработки организационных вопросов, связанных с формированием ТП»
- Часть 5. «Рыночные перспективы»
- Часть 6. «Научно-технические заделы и технологическая база»
- Часть 7. «Предпосылки развития кооперации»
- Часть 8. «Возможности привлечения ресурсов»
- Часть 9. «Ожидаемые результаты и эффекты от формирования ТП»

Вопросы эксперту	Ответы эксперта	Оценка в баллах
Часть 1		
Наименование ТП (выбор 1 из 2)	Определено. Не определено	
Оцените вклад ТП в реализацию Приоритетов модернизации и научно-технологического развития экономики РФ (выбор 1 из 3)	Незначительный вклад. Существенный вклад в пределах ограниченной области научно-технологического развития. Существенный вклад по нескольким или широкому кругу областей научно-технологического развития	
Насколько широк должен быть круг участников ТП для обеспечения возможности решить поставленные задачи (выбор 1 из 4)	Без привлечения зарубежных организаций решить задачи не удастся. В состав участников, помимо инициаторов ТП, должны войти организации, не указанные в заявке. В состав участников должны войти организации, указанные в заявке. Достаточно участия организаций – инициаторов создания ТП.	
Часть 3		
Оцените наличие в РФ двух или более предприятий – национальных лидеров в области производства продукции ТП (выбор 1 из 4)	Имеется только один явный лидер. Имеется один лидер, а также один или более незначительно отстающих от него последователей. Имеется несколько национальных лидеров – конкурентов в наиболее существенных сегментах рынка. Имеется несколько лидеров, сегменты рынка которых практически не пересекаются.	
Оцените масштаб господдержки кооперации российских производителей продукции ТП на доконкурентной стадии (выбор 1 из 3)	Кооперация может быть построена без поддержки государства. Со стороны государства требуется информационно-аналитическая и организационная поддержка. Требуется государственная финансовая поддержка.	
Оцените степень проработки вопросов, связанных с организацией, управлением и финансированием ТП, а также соответствие предлагаемых решений задачам и масштабу ТП (выбор 1 из 2)	Соответствует. Не соответствует.	

продолжение таблицы

Вопросы эксперту	Ответы эксперта	Оценка в баллах
Часть 5		
Оцените конкурентный потенциал основных российских производителей продукции ТП относительно среднего уровня производителей в ведущих отраслях (выбор 1 из 3)	Низкий. Средний. Высокий.	
Оцените соотношение заявленных технических (потребительских) характеристик продукции ТП и прогнозных значений таких же характеристик продуктов-конкурентов (выбор 1 из 3)	Отстают от продуктов-конкурентов. На уровне продуктов-конкурентов. Существенно превосходят продукты-конкуренты	
Оцените соответствие продукции ТП принятым техническим регламентам, стандартам и т. п. (выбор 1 из 3)	Не соответствуют требованиям. Требования не определены. Соответствуют требованиям.	
Часть 9		
В какой степени создание ТП будет способствовать усилению влияния потребностей общества на реализацию важнейших направлений научно-технологического развития (выбор 1 из 2)	В заявке не представлено обоснование существенного влияния. В заявке обосновано, что создание ТП будет значительно способствовать усилению влияния потребностей общества.	
В какой степени создания ТП будет способствовать стимулированию инноваций, поддержке научно-технической деятельности и модернизации предприятий с учетом специфики и вариантов развития отраслей и секторов экономики (выбор 1 из 2)	В заявке не представлено обоснование влияния ТП на обозначенную проблему. В заявке содержится обоснование значительного влияния ТП на обозначенную проблему.	
Оцените вклад ТП в решение важнейших государственных задач и получение ответов на вызовы в сфере социально-экономического развития и безопасности (выбор 1 из 5)	Существенный. Заметный. Незначительный. Отсутствует. Не установлено	
Оцените вклад ТП в развитие российской науки (выбор 1 из 5)	Существенный. Заметный. Незначительный. Отсутствует. Не установлено.	
Оцените характер положительного влияния ТП на развитие секторов и экономики в целом (возможен выбор нескольких вариантов ответа)	Увеличение объемов производства. Рост конкурентоспособности продукции. Вклад в решение социальных проблем. Вклад в обеспечение безопасности (пояснить). Решение экологических проблем.	
Оцените влияние функционирования ТП на другие секторы российской экономики (возможен выбор нескольких вариантов ответа)	Возможно негативное влияние. Влияние отсутствует. Повышение экспортного потенциала смежных секторов экономики. Импортозамещение в смежных секторах экономики. Ожидается заметное положительное влияние на развитие ряда секторов российской экономики.	

Более точное представление о технических и технологических решениях, которые используются в АС МПО, дает приведенное ниже описание элементов программного обеспечения основных её функций.

АС МПО строится в рамках клиент-серверной архитектуры на базе web-сервера Apache. В качестве «клиента» может использоваться любой компьютер с установленным браузером и доступом в Интернет. Таким образом, появляется возмож-

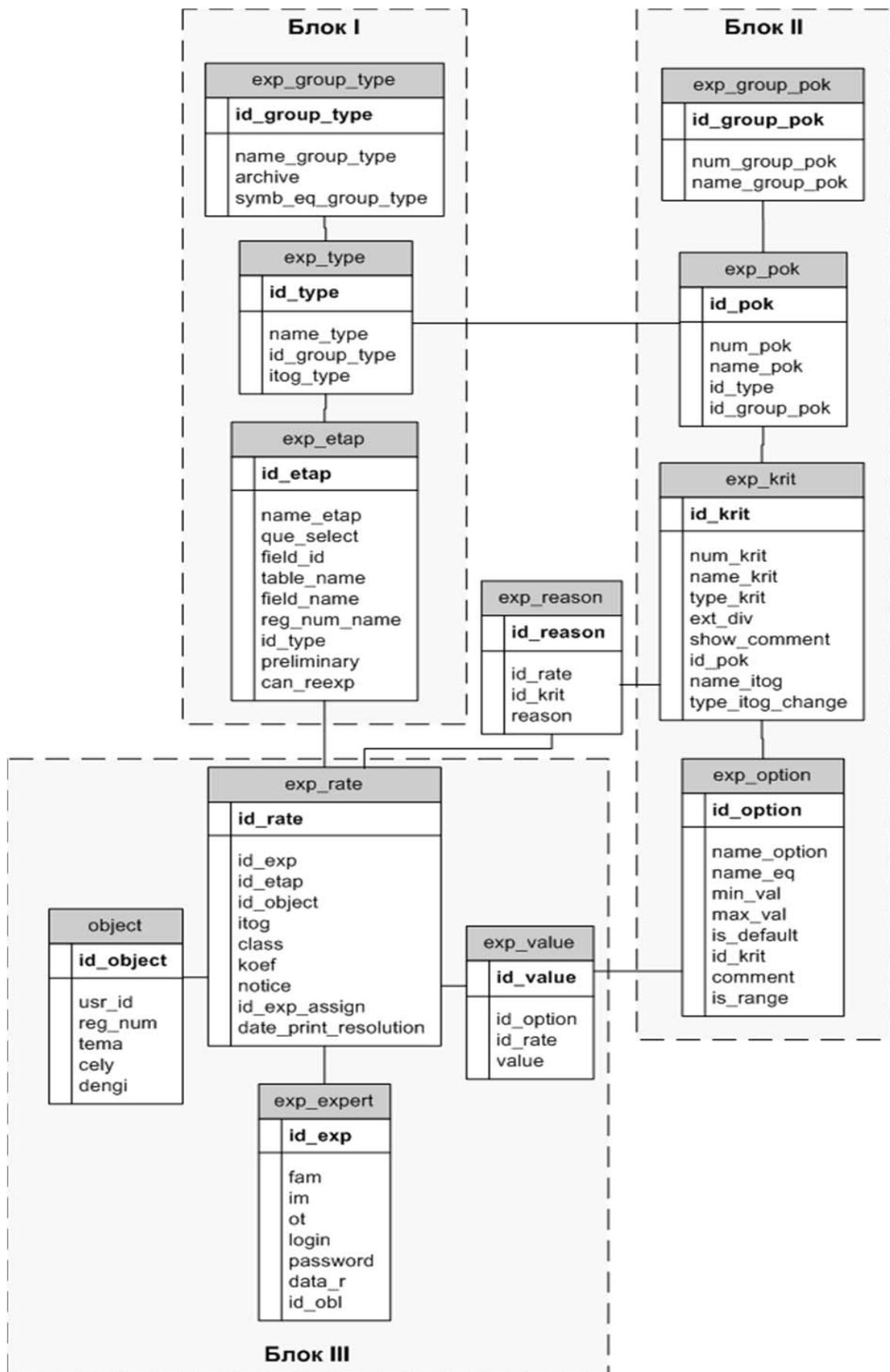


Рис. 2. Логическая структура базы данных АС МПО

ность проведения экспертизы в различных организационных формах, включая удаленное взаимодействие ее участников.

Все основные данные, используемые в АС МПО (за исключением внешних файлов сведений об объектах О), хранятся в базе, работающей под управлением СУБД MySQL. Она включает в себя ряд таблиц, для удобства объединенных общим префиксом «exp\_». На рис. 2 приведена общая логическая структура созданной базы данных, которая может быть расширена под конкретную задачу. Очевидно, что в первую очередь такое расширение должно затронуть таблицу сведений об экспертах и таблицу сведений об объектах, однако непосредственного влияния на процесс функционирования АС МПО это не окажет.

Здесь полезно обратить внимание на наиболее важные моменты. Это, во-первых, описание разновидностей экспертизы с их признаками и этапами проводимых работ (блок I на рис. 2).

Разновидности (типы) экспертизы объединяются в группы типов, что в дальнейшем позволяет, задав их символьный эквивалент, дополнить базовый функционал экспертного процесса функционалом, специфичным именно для выбранной группы (например, определить позиции и условия договора подряда для экспертов).

Для каждого типа (разновидности) экспертизы задаётся набор критериев (направлений), по которым будет проводиться оценка объектов О на разных этапах, что позволяет проводить экспертизу по выбранным критериям (направлениям) в произвольные моменты времени для произвольно взятых объектов О (блок II на рис. 2).

Важнейшей таблицей является *exp\_rate*, которая отражает распределение экспертов по участникам работы и связывает между собой таблицы описаний оцениваемых объектов (*object*), сведений об экспертах (*exp\_expert*) и этапов экспертизы (*exp\_etap*). С ней связана и таблица оценок О по критериям (*exp\_value*), содержащая сведения о выбранных экспертом вариантах ответа на вопросы предложенной анкеты. Также в этой таблице фиксируются поставленные экспертами оценки конкретному объекту О (блок III на рис. 2).

В соответствии с принятыми принципами формирования итоговых оценок О (машинная обработка результатов экспертизы, их представление в графической форме, анализ допустимости возникающих решений, см. выше) полезно определиться, какие критерии (вопросы к экспертам, граничные условия) оказываются наиболее критичными в смысле их влияния на судьбу О.

Крайне важным в работе системы, использующей указанные выше принципы, является не только и не столько способ экспертизы (который, по сути, здесь вполне вписывается в классическую схему её проведения), а способ отображения результата. И здесь, в отличие от классической экспертизы, результатом является не единичная характеристика в виде числовой или иной оценки, а графическое представление. При этом следует отметить, что такое отображение результата может быть получено на разных уровнях – на уровне критериев, показателей, групп показателей. А в самом крайнем случае (при рассмотрении на уровне объекта) получаем в вырожденном виде классическую итоговую оценку. Таким образом, используя наглядные графические отображения (например, «траектории оценок»), заказчик имеет возможность легко увидеть «образ» объекта, причём с разной степенью детализации, сравнить между собой объекты сразу по всей совокупности принятых критериев, выявить их сильные и слабые стороны, а также явные выходы за граничные условия. В результате обеспечивается достаточная гибкость предлагаемых подходов к оцениванию сложных объектов и возможность широкого применения АС МПО.

Результаты по итогам проведения экспертизы «выгружаются» заказчику с помощью специального модуля программного обеспечения (при этом формат данных может быть разным для разных условий работы экспертов). Кроме того, в АС МПО предусмотрена возможность предоставления заказчику удаленного доступа в систему, что позволяет ему наблюдать за процессом экспертизы в реальном времени и, при необходимости, оперативно вносить в него изменения. Тем самым создаются предпосылки для эффективного использования систем рассматриваемого класса в практической деятельности управлеченческих структур разных уровней.

#### **Библиографические ссылки**

1. Дегтярев Ю.И. Обобщённый алгоритм многопараметрического экспертного оценивания технологических платформ и других сложных объектов // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 10. С. 19–30.

2. Дегтярев Ю.И., Фахурдинов О.В. Управление автоматизированными информационными системами при нерегулярных внешних воздействиях // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 7. С. 14–18.

3. Официальный интернет-ресурс Министерства экономического развития Российской Федерации. URL: <http://www.economy.gov.ru/minec/main> (дата обращения: 15.11.2012).

УДК 66.074.25

**А.А. Шевцов, д-р техн. наук, проф., И.В. Мажулина**  
 (Воронежский государственный университет инженерных технологий)

shevalol@rambler.ru

## УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ БИОТЕХНОЛОГИЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА БАЗЕ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА

*Предложен алгоритм управления биотехнологией получения ферментных препаратов на базе парокомпрессионного теплового насоса, обеспечивающий повышение энергетической эффективности совместно протекающих процессов ферментации и вакуум-сублимационной сушки.*

**Ключевые слова:** ферментация, вакуум-сублимационная сушка, алгоритм управления, микропроцессор, парокомпрессионный тепловой насос, ферментный препарат, инулиназа.

*The biotechnology management algorithm for enzyme preparations receiving on the basis of the vapor-compression thermal pump is offered. The algorithm provides the energy efficiency increase in common proceeding fermentation processes and vacuum-sublimation drying.*

**Key words:** fermentation, vacuum-sublimation drying, management algorithm, microprocessor, vapor-compression thermal pump, enzyme preparations, inulinase.

Современный уровень развития микропроцессорной техники, а также достижения в области теории тепло- и массопереноса [1, 2] подготовили условия для реализации управления сопряжёнными процессами глубинного культивирования и вакуум-сублимационной сушки ферментных препаратов при наиболее рациональной, с энергетической точки зрения, схеме подключения парокомпрессионного теплового насоса. В тепловом насосе теплота внешней среды в результате затраты механической энергии в компрессоре переходит от низкотемпературного потенциала на более высокий температурный уровень. При этом значительно снижаются удельные затраты энергии за счёт использования теплоты конденсации хладагента при подготовке энергоносителей в технологии ферментных препаратов как термодинамической системы совместно протекающих процессов.

В этой связи разработан способ управления биотехнологией получения ферментных препаратов на базе парокомпрессионного теплового насоса, направленный на повышение энергетической эффективности и экологической безопасности процессов ферментации и вакуум-сублимационной сушки (см. рисунок).

В ферментаторах 1 с обогревающими рубашками 2 методом аэробной глубинной ферментации подготавливается питательная среда при создании оптимальных условий культивирования (состав, pH, температура) за счёт интенсивного массо- и энергообмена между клетками микроорганизмов питательной среды и посевного материала (инокулята). Аэрация питательной среды осуществляется потоком стерильного воздуха с непрерывным механическим перемешиванием по

всему объёму ферментатора. Использование нескольких ферментаторов позволит обеспечить непрерывность работы вакуум-сублимационной сушилки.

Полученная в ферментаторе культуральная жидкость подается в фильтр 3 для отделения твёрдой фазы. Фильтрат культуральной жидкости с влажностью 93–95 % через вакуумный затвор 5 подается в вакуум-сублимационную сушилку 4, в которой в качестве десублиматора используется двухсекционный испаритель парокомпрессионной холодильной машины со следующими техническими характеристиками:

Производительность сушилки по сухому продукту, кг/ч..... 2,8–3,2

Остаточное давление в сублимационной камере, Па ..... 62–70

Частота вращения перфорированного барабана, с<sup>-1</sup> ..... 0,1

Источники нагрева – кварцевые лампы типа КГ-220-1500-5, шт..... 2

Степень заполнения барабана продуктом ..... 0,1–0,2

Тип испарителя (десублиматора)..... выносной

Площадь охлаждающей поверхности десублиматора, м<sup>2</sup> ..... 8

Тип компрессора десублиматора ..... поршневой одноступенчатый

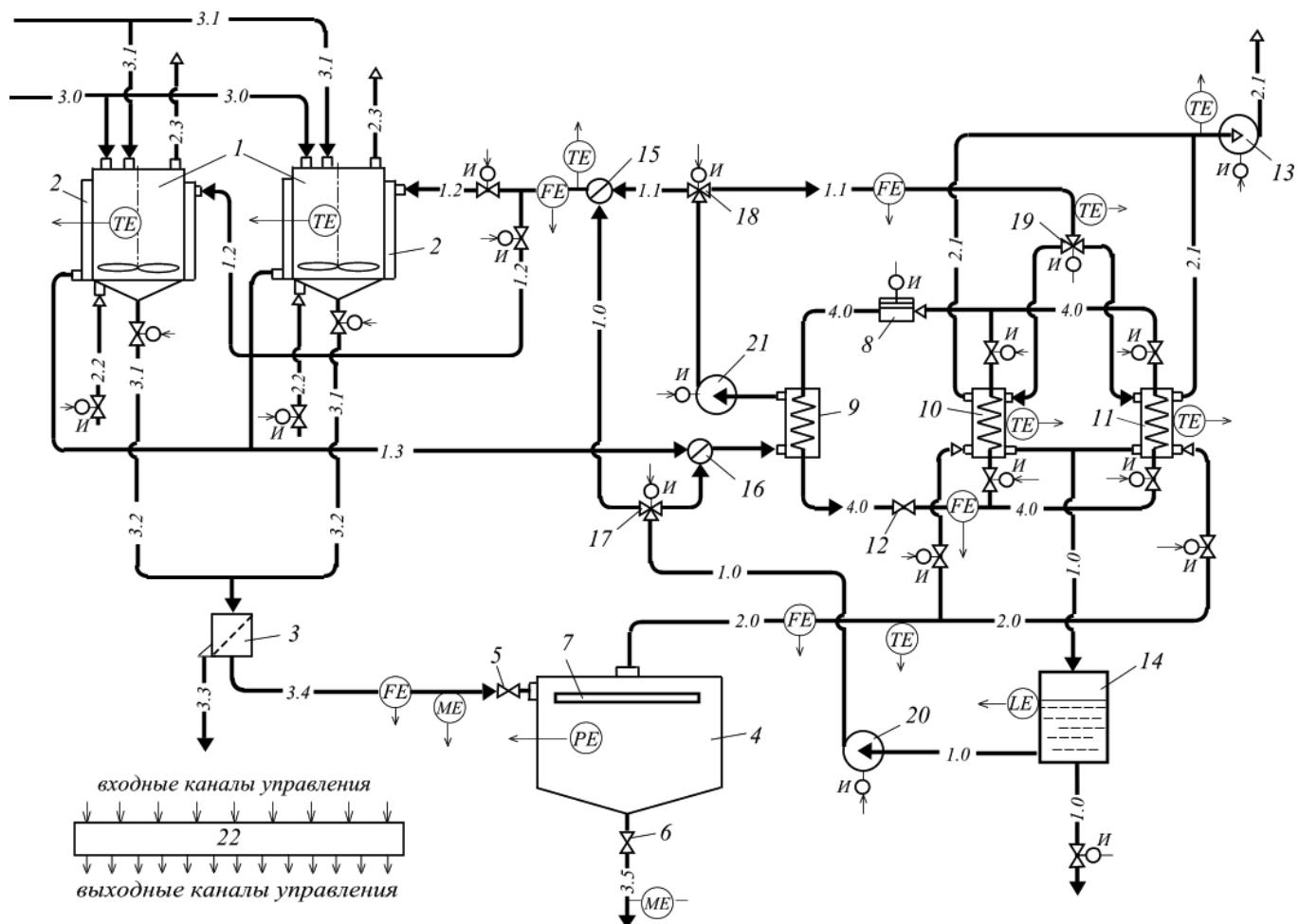
Холодопроизводительность, кВт ..... 20

Хладагент (фреон 22) ..... R 22

Массовый расход хладагента на входе в десублиматор, кг/с ..... 0,35–0,58

Теплоёмкость хладагента, кДж/(кг·°C) ..... 2,09

Температура конденсации хладагента в конденсаторе, °C ..... 75–80



**Схема управления процессами получения и сушки ферментных препаратов:**

1 – ферментаторы; 2 – обогревающие рубашки; 3 – фильтр; 4 – сублимационная сушилка; 5 – питатель; 6 – вакуумный затвор; 7 – нагреватель; 8 – компрессор холодильной машины; 9 – конденсатор; 10, 11 – секции испарителя; 12 – терморегулирующий вентиль; 13 – вакуум-насос; 14 – водяной сборник; 15, 16 – смесители; 17, 18, 19 – распределители потоков; 20, 21 – насосы; 22 – микропроцессор; датчики: FE – расхода, TE – температуры, ME – влажности, PE – давления, LE – уровня; И – исполнительные механизмы

Парокомпрессионная холодильная машина, включающая рабочую 10 и резервную 11 секции испарителя, компрессор 8, конденсатор 9, терморегулирующий вентиль 12, работает в режиме теплового насоса по следующему термодинамическому циклу.

Хладагент всасывается компрессором 8, сжимается до давления конденсации и по замкнутому контуру 4.0 направляется в конденсатор 9 и терморегулирующий вентиль 12, где дросселируется до заданного давления, соответствующего температуре кипения хладагента. Затем с этим давлением хладагент поступает в рабочую секцию 10 испарителя и испаряется с выделением холода. Пары хладагента по контуру 4.0 направляются в компрессор 8, сжимаются до давления конденсации и термодинамический цикл повторяется.

В конденсаторе 9 холодильной машины за счёт теплоты конденсации хладагента получают «горячую» воду, которая с температурой 68–73 °С подаётся по линии 1.1 и распределителем потока 18 разделяется на два потока.

Один поток «горячей» воды смешивается с охлажденной водой в смесителе 15. Полученная смесь с температурой 55–65 °С направляется в обогревающую рубашку 2 ферментатора. Другой поток «горячей воды» сначала направляется на размораживание секции испарителя 11, работающей в режиме регенерации, а затем охлаждённая до температуры 5–7 °С вода отводится из секции испарителя 11 в накопительный сборник 14 вместе с жидкостью, образовавшейся из размороженной на поверхности охлаждающего элемента ледяной корки в количестве испарившейся из ферментного препарата влаги. Далее в режиме

замкнутого цикла вода с помощью насоса 20 подается по двум потокам 1.0 в смесители 15 и 16. При этом избыток воды из контура рециркуляции выводится через накопительный сборник 14.

Управление биотехнологией получения ферментных препаратов на базе парокомпрессионного теплового насоса осуществляется по следующему алгоритму.

Микропроцессор устанавливает массовый и тепловой поток смеси охлажденной и «горячей» воды с температурой 55–65 °C в обогревающую рубашку ферментатора через смеситель 15 в линии 1.2 воздействием на соотношение расходов охлаждённой и «горячей» воды с помощью распределителей потоков 17 и 18. Это соотношение непрерывно корректируется по температуре в ферментаторе изменением мощности регулируемых приводов насосов 20 и 21, что позволяет стабилизировать температуру ферментации (34–35 °C) и рационально использовать теплоту конденсации хладагента в конденсаторе холодильной машины при получении «горячей воды» с температурой 68–73 °C.

По измеренным значениям влажности и расхода фильтрата культуральной жидкости, подаваемой в вакуум-сублимационную сушилку по линии 3.4, микропроцессор 22 устанавливает мощность привода компрессора холодильной машины и требуемое остаточное давление в рабочем объёме сублимационной сушилки 4 воздействием на мощность регулируемого привода вакуум-насоса 13. При отклонении конечной влажности высушенного ферментного препарата в линии 3.5 от заданного значения микропроцессор корректирует величину остаточного давления в рабочем объёме вакуум-сублимационной сушилки изменением мощности регулируемого привода вакуум-насоса.

По температуре и расходу водяных паров, отводимых из вакуум-сублимационной сушилки по линии 2.0 в рабочую секцию испарителя 10, температуре несконденсировавшихся паров на выходе из рабочей секции испарителя в линии 2.1, температуре кипения хладагента в рабочей секции испарителя микропроцессор непрерывно вычисляет текущее значение коэффициента теплопередачи на охлаждающей поверхности рабочей секции испарителя.

Коэффициент теплопередачи определяет количество теплоты, которое передается от одного теплоносителя к другому (от водяных паров к хладагенту или от хладагента водяным парам) через единицу площади разделяющей их охлаждающей поверхности рабочей секции испарителя в единице времени при разности температур между теплоносителями в 1 град:

$$k = \frac{Q}{F \Delta t_{cp}},$$

где  $Q = V_{cp}(t_1 - t_2)$  – количество теплоты от водяных паров, поступающих из вакуум-сублимационной сушилки в рабочую секцию испарителя парокомпрессионной холодильной машины, к хладагенту;  $c, \rho$  – средние значения теплоёмкости и плотности водяных паров;  $V$  – объёмный расход водяных паров;  $F$  – площадь поверхности охлаждающего элемента испарителя;  $\Delta t_{cp} = (t_1 - t_2)/\ln[(t_1 - t_3)/(t_2 - t_3)]$  – средний температурный напор;  $t_1$  – температура водяных паров, подаваемых из вакуум-сублимационной сушилки в рабочую секцию испарителя;  $t_2$  – температура несконденсировавшихся паров на выходе из рабочей секции испарителя;  $t_3$  – температура кипения хладагента в испарителе.

По сигналу отклонения текущего значения коэффициента теплопередачи от заданного микропроцессор воздействует на соотношение расходов «водяные пары – хладагент» изменением расхода хладагента в линии рециркуляции 4.0 при воздействии на мощность привода компрессора 8. При отклонении текущего значения коэффициента теплопередачи от заданного в сторону уменьшения, микропроцессор увеличивает холодопроизводительность холодильной машины.

Если увеличение холодопроизводительности (расхода хладагента в линии 4.0) не позволяет вывести текущее значение коэффициента теплопередачи на заданное значение, то микропроцессор отключает рабочую секцию испарителя из линии рециркуляции хладагента 4.0 холодильной машины и подключает резервную секцию 11 с помощью синхронной работы исполнительных механизмов.

Одновременно микропроцессор переключает направление движения горячей воды с помощью распределителя потока 19 в рабочую секцию испарителя холодильной машины, которая из режима конденсации водяных паров на её охлаждающей поверхности переключается на режим регенерации, т. е. режим размораживания ледяной корки.

Охлаждённая в процессе размораживания вода до температуры 5–7 °C вместе с жидкостью, образовавшейся из размороженной на поверхности охлаждающего элемента испарителя ледяной корки, отводится в накопительный сборник 14.

Микропроцессор также следит за количеством горячей воды, отводимой на регенерацию охлаждающей поверхности испарителя по линии 1.1. Сколько горячей воды отводится на регенерацию, столько же холодной воды будет добавлено по линии 1.0 через распределитель потоков 17 в смеситель 16 из накопительного сборника 14 насосом 20.

Для непрерывного ввода фильтрата в вакуум-сублимационную камеру использован питатель-гранулятор, обеспечивающий образование и самозамораживание гранул продукта с последующей их деструкцией и получением порошка ферментного препарата [3].

Предлагаемый алгоритм управления реализован при получении ферментного препарата инулиназы бактерий *Bacillus polymyxa* 29.

Инулиназа – фермент, гидролизующий инулин в топинамбурае, топинподсолнечнике, одуванчике и цикории до фруктозы. Фруктоза в 1,73 раза сладче сахарозы, она менее кариогенна, и всё больше применяется как сахаросодержащий компонент в диабетическом питании [4, 5].

Максимальная активность целевого продукта в культуральной жидкости достигалась при следующем режиме:

Давление стерильного воздуха при подаче в ферментатор, МПа .....	0,02–0,03
Частота вращения мешалки, $\text{с}^{-1}$ .....	3,5–3,6
pH жидкой фазы.....	7,0
Температура ферментации, °C .....	35±0,5
Продолжительность культивирования, ч .....	72±2
Влажность фильтрата культуральной жидкости к общей массе продукта, %.....	94±0,5
Активность инулиназы, ед./ $\text{см}^3$ .....	35±3
Активность $\beta$ -фруктофуранозидазы, ед./ $\text{см}^3$ .....	6,3±0,5

При поступлении в вакуум-сублимационную сушилку фермент самозамораживается до температуры  $-19\pm0,5$  °C, соответствующей уровню остаточного давления 66–67 Па.

В соответствии с этим давлением массовый расход и температура отводящихся из сублимационной камеры в испаритель водяных паров при установившемся режиме энергоподвода с излучателей (кварцевых ламп) составляет  $3,2\pm0,05$  кг/ч и  $-8\pm0,5$  °C, а влажность и температура препарата на выходе из сушилки соответственно равны 1,5 % и 20 °C, что отвечает требованиям, предъявляемым к качеству готового порошка. Активность инулиназы составляет 1315–1325 ед./г препарата, активность  $\beta$ -фруктофуранозидазы 235–237 ед./г препарата.

Учитывая эксплуатационные характеристики вакуум-сублимационной сушилки и холодильной машины, работающей в режиме теплового насоса, найден рациональный интервал значений коэффициента теплопередачи от водяных паров к хладагенту через поверхность охлаждающего элемента десублиматора [6].

В качестве десублиматора использован горизонтальный кожухотрубный испаритель с внутри трубным кипением хладагента R22 холодопроизводительностью  $Q_o = 20$  кВт, выполненный из

медных трубок диаметром  $20\times2$  мм с алюминиевой вставкой. В межтрубном пространстве движутся водяные пары и конденсируются на поверхности трубок с образованием ледяной корки. Температура водяных паров, входящих в испаритель  $t_1 = -8$  °C, температура несконденсировавшихся паров, выходящих из испарителя  $t_2 = -17$  °C, температура кипения хладагента  $t_3 = -20$  °C.

Среднелогарифмический температурный напор между хладагентом и водяными парами

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{t_1 - t_3}{t_2 - t_3}} = \frac{-8 - (-17)}{\ln \frac{-8 - (-20)}{-17 - (-20)}} = \frac{9}{\ln 4} = 6,47 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент теплопередачи испарителя  $k_{bh}$ , отнесённый к общей поверхности труб, определяется по уравнению теплопередачи от водяных паров к хладагенту:

$$k_{bh} = \frac{Q_o}{F_{bh} \Delta t_{cp}} = \frac{20\,000}{8 \cdot 6,47} = 396,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Конденсация водяных паров с образованием на охлаждающем элементе испарителя ледяной корки (инея) постепенно снижает коэффициент теплопередачи от водяных паров к хладагенту через поверхность охлаждающих труб испарителя. В результате процесс конденсации водяных паров на поверхности охлаждающих труб испарителя замедляется, уменьшается расход водяных паров в линии вакуумирования, увеличивается остаточное давление в сублимационной камере и, наконец, снижается скорость влагоудаления.

Изменение условий работы испарителя за счёт образования ледяной корки ( $\rho_{in} = 200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) толщиной  $\delta_{in} = 3$  мм приведёт к повышению температуры несконденсировавшихся паров, выходящих из испарителя с  $t_2 = -17$  °C до  $t_2 = -14$  °C.

Тогда

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{t_1 - t_3}{t_2 - t_3}} = \frac{-8 - (-14)}{\ln \frac{-8 - (-20)}{-14 - (-20)}} = \frac{6}{\ln 4} = 8,57 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$k_{bh} = \frac{Q_o}{F_{ic} \Delta t_{cp}} = \frac{20\,000}{8 \cdot 8,57} = 291,72 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Ледяная корка влияет на процесс теплопередачи и приводит к снижению теплового потока от водяных паров через ледяную корку к оребрённой поверхности труб испарителя. Масса вы-

падающего инея при образовании ледяной корки соответствует количеству влаги испаряемой из продукта, например 3,2 кг/ч. При этом объём инея за час сушки составит:

$$V_{\text{ин}} = \frac{0,89 \cdot 10^{-3}}{200} = 0,016 \text{ м}^3.$$

Образующийся за час слой инея будет иметь толщину

$$\delta_1 = \frac{V_{\text{ин}}}{F_{\text{ис}}} = \frac{0,016}{8} = 0,002 \text{ м.}$$

Время образования слоя инея максимально заданной толщины (например 3 мм) составит:

$$\tau = \frac{\delta_1}{\delta_1} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \text{ ч.}$$

Поэтому в процессе сушки необходимо поддерживать текущее значение коэффициента теплопередачи не ниже 291,72 Вт/(м<sup>2</sup> · °С).

При снижении текущего значения коэффициента теплопередачи ниже 291,72 Вт/(м<sup>2</sup> · °С) микропроцессор отключает рабочую секцию испарителя из линии рециркуляции хладагента и подключает резервную секцию.

Одновременно в конденсаторе холодильной машины получают «горячую» воду температурой 68–73 °С, которую смешивают с холодной водой и полученную смесь с температурой 55±0,5 °С направляют в обогревающую рубашку ферментатора, обеспечивая заданный режим ферментации препарата.

Таким образом, предлагаемый алгоритм управления технологическими параметрами при получении порошков ферментных препаратов позволил повысить качество целевого продукта за счёт повышения точности и надёжности управления технологическими параметрами процессов получения и сушки ферментного препарата; повысить энергетическую эффективность процессов фер-

ментации и вакуум-сублимационной сушки ферментного препарата и снизить удельные энергозатраты на 5–7 % за счёт рационального использования теплоты конденсации хладагента в конденсаторе холодильной машины при нагревании воды и последующей её подачи в греющую рубашку ферментатора; снизить нагрузку на привод вакуум-насоса с помощью коррекции режима вакуум-сублимационной сушки по коэффициенту теплопередачи от водяных паров к хладагенту через оребрённую поверхность трубок рабочей секции испарителя; повысить экологическую безопасность процессов получения и сушки ферментных препаратов организацией замкнутых рециркуляционных схем по материальным и энергетическим потокам.

#### **Библиографические ссылки**

1. Камовников Б.П., Малков Л.С., Воскобойников В.А. Вакуум-сублимационная сушка пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1985. 288 с.
2. Моделирование процессов вакуум-сублимационной сушки материалов с развитой поверхностью тепло- и массообмена и с различными источниками энергоподвода / С.Т. Антипов, А.И. Шашкин, С.В. Шахов, В.Б. Черных, Т.И. Некрылова. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2011. 168 с.
3. Антипов С.Т., Шахов С.В., Николаенко С.В., Молосов Г.И., Шевцов А.А. Питатель-гранулятор вакуум-сублимационной сушилки // Патент России № 2053468. 1996. Бюл. № 3.
4. Шевцов А.А., Тертычная И.В., Тертычная Т.Н. Использование инуликазы в производстве диетических продуктов питания // Состояние, проблемы и перспективы производства и переработки сельско-хоз. продукции: материалы междунар. науч.-практич. конф., посвящённой 10-летию фак. пищевых технологий (Уфа, 29–30 марта 2011 г.). Уфа: 2011. С. 355–357.
5. Шевцов А.А., Мажулина И.В. Выбор оптимальной загрузки сублиматора по величине удельных энергозатрат при вакуум-сублимационной сушке ферментного препарата инуликазы // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 16–21.
6. Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности / Г.Н. Данилов, В.Н. Филаткин, М.Г. Щербов, Н.А. Бучко. М.: Агропромиздат, 1986. 288 с.

#### **Вниманию авторов!**

Требования к оформлению статей, присыпаемых для публикации, можно найти на сайте [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru)



УДК 621. 977+621.3.088+621.01(075.8)

**В.И. Чижиков**, канд. техн. наук, доц.

(Московский государственный университет приборостроения и информатики)

vichizhikov@gmail.com

## ВИНТОВОЕ УПРУГОЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ НА ОСНОВЕ ТРУБКИ БУРДОНА ДЛЯ БЕСПАРНИРНОГО МАНИПУЛЯТОРА

*Рассмотрено решение задачи определения относительного угла раскрытия винтовой пружины Бурдона, в которой поворот относительно вертикальной оси связывается с перемещениями на проективной плоскости конечных точек эвольвент винтовой линии. Решение позволяет оценить величину перемещений для пружин с предложенной конструкцией.*

**Ключевые слова:** винтовая пружина, эвольвента винтовой линии, центроидный механизм.

*Definition task decision of the relative opening angle of Burdon coil spring, in which a turn relative to the vertical axis is connected with movement on the projective plane of the spiral line evolvents final points is considered. A decision allows to estimate the moving size for springs with the offered construction.*

**Key words:** coil spring, spiral line evolvent, centroid mechanism.

Использование в электронной промышленности манипуляторов, работающих в экранированной среде, требует различных конструктивных решений для передачи движений исполнительному органу. Одним из таких решений является использование витой пружины Бурдона с прямолинейной главной центральной осью, позволяющей получить малое угловое перемещение поперечного сечения пружины относительно центральной оси. В монографии [1] показана конструкция предлагаемой пружины, на основе которой реализуется прецизионное перемещение, но аналитического обоснования кинематики не даётся.

В решаемой задаче анализа геометрии пружины при её раскрытии принимаем плоскоovalную форму поперечного сечения с полуосями  $a$  и  $b$ , хотя пружины данного класса существенно различаются формой сечения.

**Постановка задачи.** Определение относительного угла раскрытия винтовой пружины по формуле, приведённой в работе [1], невозможно, так как в качестве расчётного параметра присутствует постоянный радиус кривизны главной центральной оси (ГЦО) и центральный угол недеформированной пружины. В предлагаемой конструкции с прямолинейной ГЦО поворот поперечного сечения приводит к изменению параметров винтовой линии, образуемой витками пружины. Если в поперечном сечении провести окружность радиу-

сом  $r_{01} = a$ , то на образующей описанного цилиндра можно показать винтовую линию. Допустим, угол подъёма винтовой линии постоянный и равен  $\lambda_{01}$ . Тогда с учётом постоянства радиуса  $r_{01} = a$  после деформации пружины (изменение площади поперечного сечения, а следовательно, и объёма внутренней полости, происходит за счёт увеличения размеров в направлении малой полуоси  $b$ ) и постоянной длине ГЦО угол подъёма винтовой линии увеличивается, т. е. пружина будет раскручиваться. Таким образом, требуется установить аналитическую зависимость между углом раскрытия пружины и параметрами винтовой линии до и после деформации при избыточном давлении в её полости.

**Вывод уравнения эвольвентной винтовой поверхности.** Эвольвентная винтовая поверхность может быть воспроизведена винтовым движением образующей прямой  $ML$  (рис. 1). Точка  $M$  касания образующей прямой с цилиндром  $r_{01}$  описывает в таком движении винтовую линию  $M_0M$ . Наклон образующей прямой выбирается так, чтобы  $ML$  была касательной к винтовой линии  $M_0M$ . Цилиндр радиуса  $r_{01}$  носит название основного цилиндра. Сечение эвольвентной винтовой поверхности плоскостью, перпендикулярной оси винтового движения  $z_1$ , представляет собой эвольвенту окружности радиуса  $r_{01}$ .

Уравнения эвольвентной винтовой поверхности можно получить, рассматривая образование

такого геликоида как результат винтового движения эвольвентного профиля – кривой, лежащей в плоскости  $z_1 = 0$ . Более удобная форма записи искомого уравнения получится, если рассматривать эвольвентную винтовую поверхность как линейчатую винтовую поверхность, образуемую винтовым движением прямой  $ML$ .

Радиус-вектор  $\vec{ON}$  точки  $N$  эвольвентной винтовой поверхности имеет вид (см. рис. 1)

$$\vec{ON} = \vec{OK} + \vec{KM} + \vec{MN}, \quad (1)$$

где  $\vec{MN} = \vec{u}$  – отрезок образующей прямой, отсчитанный от точки касания  $M$  с основным цилиндром до текущей точки  $N$  эвольвентной винтовой поверхности;  $\vec{OK} = r_{01}\vec{i}_1$  – радиус основного цилиндра;  $\vec{KM} = p\vec{j}_1$  – величина осевого перемещения в винтовом движении при повороте на угол  $\theta$ .

Проектируя на оси координат, получим

$$\begin{aligned} \vec{r} = \vec{ON} &= (r_{01} \cos \theta + u \cos \lambda_{01} \sin \theta) \vec{i}_1 + \\ &+ (r_{01} \sin \theta - u \cos \lambda_{01} \cos \theta) \vec{j}_1 + \\ &+ (p\theta - u \sin \lambda_{01}) \vec{k}_1, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $p = r_{01} \operatorname{tg} \lambda_{01}$ ;  $\lambda_{01}$  – угол подъёма образующей прямой  $MN$ , равный углу подъёма винтовой линии на основном цилиндре.

Орт нормали определяется равенством

$$\begin{aligned} \vec{e}_1 &= k \left( \frac{\partial \vec{r}_1}{\partial u_1} \times \frac{\partial \vec{r}_1}{\partial \theta_1} \right) = \sin \lambda_{01} \sin \theta \vec{i}_1 - \\ &- \sin \lambda_{01} \cos \theta \vec{j}_1 + \cos \lambda_{01} \vec{k}_1, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $k$  – нормирующий множитель.

Так как эвольвентная винтовая поверхность – разворачивающаяся, то направление орта нормали при перемещении по образующей  $MN$  не изменяется и в выражении (3)  $u$  не содержится.

Точки  $M$  касания образующей прямой с основным цилиндром являются особыми точками эвольвентной винтовой поверхности, так как в этих точках  $\frac{\partial \vec{r}_1}{\partial u_1} \times \frac{\partial \vec{r}_1}{\partial \theta_1} = 0$ .

Для определения координат эвольвентной поверхности деформированной пружины принимается допущение – основной цилиндр поверхности рассматривается вне омертвленных зон в заделке и наконечнике пружины, т. е. краевые эффекты отсутствуют. Раскрытие винтовой пружины сопровождается поворотом её поперечного сечения на угол  $\Delta\phi$ , который проектируется на плоскость  $XOY$  без искажения. Следовательно, можно рассматривать относительный угол раскрытия пружины как отно-

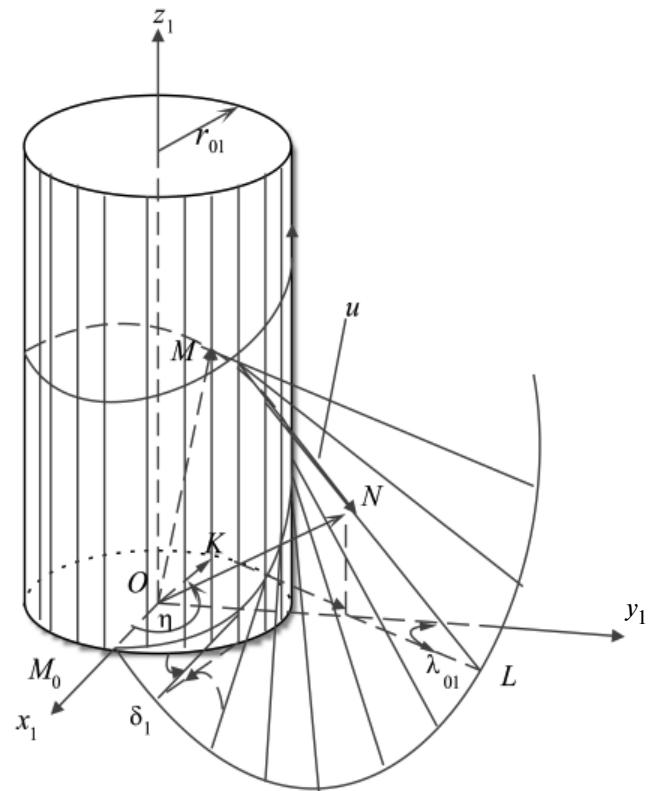


Рис. 1. Эвольвента винтовой поверхности

шение угла  $\Delta\phi$  к центральному углу эволюты  $\theta$ , которой является окружность с центром в точке  $O$ . На рассматриваемой плоскости интерес представляет эвольвента с координатами

$$\begin{aligned} \vec{r}_1 &= \vec{OL} = (r_{01} \cos \theta + r_{01} \sin \theta) \vec{i}_1 + \\ &+ (r_{01} \sin \theta - r_{01} \theta \cos \theta) \vec{j}_1, \end{aligned} \quad (4)$$

где точка  $L$  – конечная точка винтовой линии на основном цилиндре торцевого сечения трубы Бурдона, т. е. конечная точка проекции отрезка  $\vec{ML} = \vec{u}$  на плоскость  $XOY$ .

В этой проекции отсутствует угол  $\lambda_{01}$  подъёма винтовой линии, который при раскрытии увеличивается, так как центральный угол  $\theta$  уменьшается на величину  $\Delta\phi$ , а высота подъёма меняется в соответствии с изменением параметра  $p = r_{01} \operatorname{tg} \lambda_{11}$ , где  $\lambda_{11}$  – новый угол подъёма винтовой линии, который при принятых выше допущениях нетрудно определить. Длина винтовой линии до и после деформации пружины остаётся неизменной.

Тогда координаты конечной точки  $L_1$ , принадлежащей эвольвенте раскрытой пружины, можно представить в виде

$$\begin{aligned} \vec{r}_{11} &= \vec{OL}_1 = (r_{01} \cos(\theta - \Delta\phi) + r_{01} (\theta - \Delta\phi) \sin(\theta - \Delta\phi)) \vec{i}_1 + \\ &+ (r_{01} \sin(\theta - \Delta\phi) - r_{01} (\theta - \Delta\phi) \cos(\theta - \Delta\phi)) \vec{j}_1. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\lambda = \sqrt{\left[ r_{01}((\cos \theta + \theta \sin \theta) - (\cos(\theta - \Delta\phi) + (\theta - \Delta\phi) \sin(\theta - \Delta\phi))) \right]^2 + \left[ r_{01}((\sin \theta - \theta \cos \theta) - (\sin(\theta - \Delta\phi) - (\theta - \Delta\phi) \cos(\theta - \Delta\phi))) \right]^2} \quad (6)$$

Рис. 2. Формула (6)

Величина перемещения  $\lambda = \overline{LL_1}$  конечной точки эвольвенты определяется из выражения (6), приведённого на рис. 2.

Мгновенным центром кривизны эвольвенты является эволюта с радиусом  $r_{01} = a$ . Длина винтовой линии после раскрытия пружины остаётся прежней, но длина эвольвенты раскрытой пружины на проективной плоскости меньше длины эвольвенты недеформированной пружины, так как длина дуги эволюты для раскрытой пружины меньше на  $r_{01}\Delta\phi$ . При взаимномогибании без скольжения винтовой линии раскрытой пружины по винтовой линии не-раскрытой, которую можно считать центроидой в пространственном движении, взаимноеогибание проективных эвольвент вследствие их разных длин происходит со скольжением. Для того чтобы точки контакта взаимоогибаемых пространственных винтовых линий соответствовали точкам контакта взаимоогибаемых эвольвент, на проективной плоскости необходимо ввести параметр, учитывающий скольжение.

Угол между ортами нормалей, определяемых равенством (3), к винтовым поверхностям по их длине в соответствующих точках постоянный и равен  $\Delta\lambda_1 = \lambda_{11} - \lambda_{01}$ . Из развертки винтовой линии для пружины в раскрытом состоянии угол подъёма винтовой линии имеет вид

$$\lambda_{11} = \arccos \left[ \left( 1 - \frac{\Delta\phi}{\theta} \right) \cos \lambda_{01} \right]. \quad (7)$$

Относительный угол раскрытия винтовой пружины выразим через отношение угла между ортами нормалей уравнения (3) к углу подъёма винтовой линии нераскрытоей пружины:

$$\frac{\Delta\lambda_1}{\lambda_{01}} = \frac{1}{\lambda_{01}} \left\{ \arccos \left[ \left( 1 - \frac{\Delta\phi}{\theta} \right) \cos \lambda_{01} \right] - \lambda_{01} \right\}. \quad (8)$$

где отношение  $\frac{\Delta\phi}{\theta} = \frac{\theta - \theta_{01}}{\theta}$  – относительный угол поворота торцевого сечения винтовой пружины на плоскости проекции эвольвенты; центральный угол  $\theta$  принадлежащий эволюте  $r_{01} = a$ ;  $\theta_{01}$  – центральный угол, принадлежащий эволюте для пружины в раскрытом состоянии.

В монографии [1] относительный угол раскрытия выражается равенством (приняты обозначения первоисточника)

$$\frac{\Delta\phi}{\Phi_{1c}} = PA r_{lc}^2, \quad (9)$$

где  $P$  – избыточное давление в полости пружины [МПа];  $A$  – коэффициент параметров пружины  $\left[ \frac{1}{\text{МПа} \cdot \text{м}^2} \right]$ ;  $\Phi_{1c}$  – центральный угол пружины в недеформированном состоянии, где индекс  $c$  введён для обозначения принадлежности параметра к пружине с постоянной кривизной.

Решение уравнения (9) получено в работе [2] для оболочки с незамкнутым контуром постоянной кривизны.

В выражении (8) выделим относительный угол  $\frac{\Delta\phi}{\theta}$  на проективной плоскости в виде

$$\frac{\Delta\phi}{\theta} = 1 - \frac{\cos(\Delta\lambda_{11} + \lambda_{01})}{\cos \lambda_{01}}. \quad (9a)$$

Как упоминалось выше, в расчётной зависимости по определению относительного угла раскрытия пружины используется значение постоянного радиуса. Установим критерий геометрического подобия между винтовой пружиной и пружиной с постоянной кривизной ГЦО, приведя характеристики эвольвенты винтовой пружины на плоскости её проекции к характеристикам пружины с постоянной кривизной.

Длина эвольвенты пружины в раскрытом состоянии, для которого угол подъёма винтовой линии  $\lambda_{11} = \arccos \left[ \left( 1 - \frac{\Delta\phi}{\theta} \right) \cos \lambda_{01} \right]$ , меньше, так как угол развертки эвольвенты  $\theta_{01} = \theta - \Delta\phi$  на эволюте того же радиуса. Следовательно, при взаимномогибании винтовых линий относительное перемещение происходит без скольжения, тогда как эвольвенты на проективной плоскости обкатываются со скольжением, равным отношению длин дуг, т. е.

$$\varepsilon = \frac{\cup M_0 L_k}{\cup M_0 L} = \frac{\int\limits_0^{\theta_1} \sqrt{x'^2(\theta_1) + y'^2(\theta_1)} d\theta_1}{\int\limits_0^{\theta} \sqrt{x'^2(\theta) + y'^2(\theta)} d\theta}. \quad (10)$$

В полярной системе координат на плоскости проекций направление радиус-вектора эвольвенты недеформированной пружины определяется полярным углом  $\theta = \eta - \alpha'$ , который можно выразить через эвольвентную функцию  $\theta = \text{inv} \alpha' = \text{tg} \alpha' - \alpha'$ , отсчитывая от полярной оси  $OM$ , а модуль вектора равен  $\rho = r_{01} \sqrt{\theta^2 + 1}$ . Для эвольвенты деформированной пружины для полярного угла и радиус-вектора вместо угла  $\eta$  в выражения подставляется угол  $\theta_{01} = \theta - \Delta\phi$ . При взаимном огибании безразлично, какая из эвольвент является подвижной, причём конечная точка подвижной эвольвенты перемещается на величину  $\lambda$ , определяемую по выражению (6). В данной задаче профили эвольвент известны, а также известен коэффициент относительного скольжения. Следовательно, можно построить картину перекатывания эвольвента на плоскости проекций при пространственном движении взаимного обката винтовых поверхностей. В этом случае винтовые линии являются центроидами, при этом их эвольвенты на проективной плоскости также взаимоогибаются, но со скольжением, *не являясь* центроидами.

Рассмотрим обкатывание эвольвента со скольжением на проективной плоскости. Для решения этой задачи в качестве расчётной схемы воспользуемся рис. 3. Эвольвента винтовой линии нераскрытої пружины обозначена  $\Pi_{20}$  и совмещена со звеном, движущимся поступательно. Эвольвенту раскрытої пружины  $\Pi_{10}$  совместим со звеном, вращающимся относительно точки  $A$  (см. рис. 3). Угол передачи  $\alpha_0 = \Delta\phi$  не зависит от того, какое звено будет ведущим. Обозначим радиус-вектор  $AP_0$  эвольвенты  $\Pi_{20}$  через  $\rho_1$ , модуль которого равен

$$\rho_1 = r_{01} \sqrt{\theta_1^2 + 1} \quad (11)$$

Пусть эвольвента  $\Pi_{10}$  повернулась на бесконечно малый угол  $\Delta\phi = d\theta$ , где  $\theta = \theta(\theta')$ . Отложим на эвольвенте бесконечно малую дугу  $P_0a$  и из точки  $a$  опустим перпендикуляр на направление  $AP_0$ . Тогда угол  $\angle P_0aa'$  с точностью до бесконечно малых второго порядка будет равен углу  $\alpha_0$ .

Следовательно,

$$\text{tg} \alpha_0 = \frac{P_0a}{aa'}.$$

Так как до бесконечно малых высших порядков  $P_0a = \frac{\partial \rho_1}{\partial \theta} d\theta$  и  $aa' = \rho_1 d\theta$ , можно записать

$$\text{tg} \alpha_0 = \frac{\frac{\partial \rho_1}{\partial \theta}}{\rho_1}. \quad (12)$$

Величину  $\rho_1$  представим в виде

$$\rho_1 = \frac{\varepsilon v_2}{\omega_1} = \frac{\varepsilon \frac{ds_2}{dt}}{\frac{d\theta}{dt}} = \varepsilon \frac{ds_2}{d\theta} = \varepsilon k_{21}(\theta),$$

где  $v_2$  – скорость звена 2;  $\omega_1$  – угловая скорость звена 1;  $\varepsilon$  – коэффициент скольжения.

Тогда

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial \theta} = \frac{d^2 s_2}{d\theta^2} = k'_{21}(\theta(\theta')).$$

Подставляя полученные значения  $\frac{\partial \rho_1}{\partial \theta}$  и  $\rho_1$  в равенство (12), получим

$$\text{tg} \alpha_0 = \frac{\frac{d^2 s_2}{d\theta^2}}{\frac{ds_2}{d\theta}} = \frac{k'_{21}(\theta(\theta'))}{k_{21}(\theta(\theta'))}. \quad (13)$$

Из последнего соотношения следует, что угол  $\alpha_0$  не зависит от размеров эвольвента и коэффициента скольжения. Учитывая, что  $\alpha_0 = \Delta\phi$ , можно записать

$$\Delta\phi = \arctg \frac{k'_{21}(\theta(\theta'))}{k_{21}(\theta(\theta'))} = \frac{1}{\cos^2 \theta'} + 1. \quad (14)$$

Последнее равенство может быть выражено через центральный угол  $\theta$ .

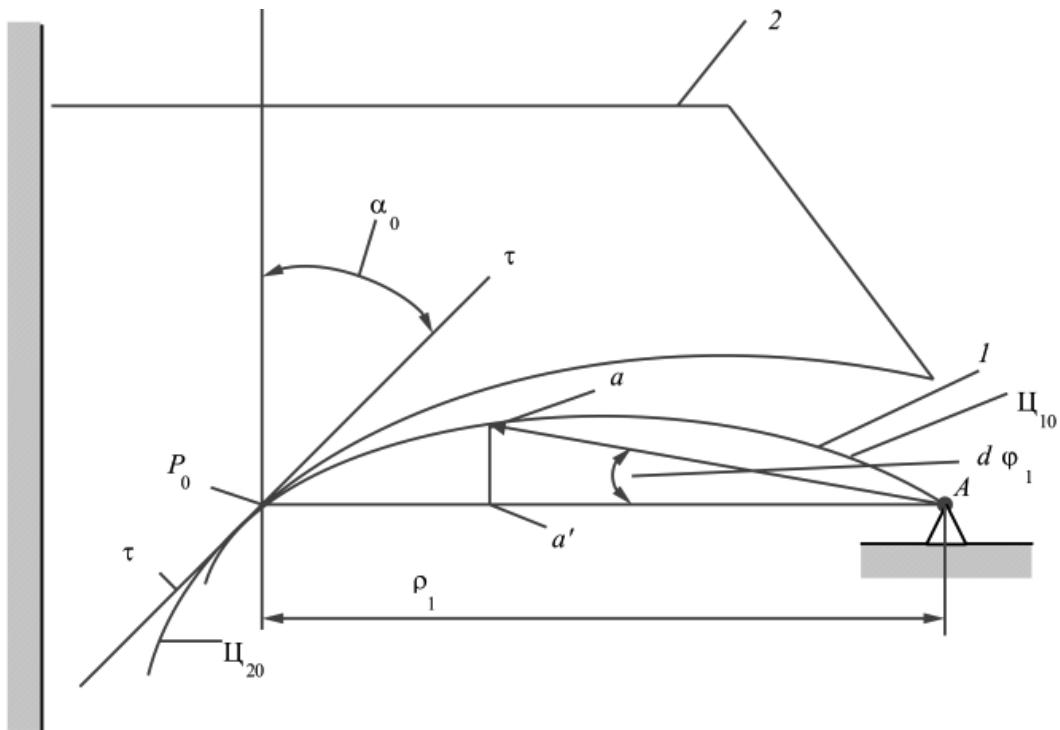
Угол  $\gamma$  между полярными радиус-векторами в конечных точках  $L$  и  $L_1$  определится из выражения

$$\gamma = \arccos \frac{\rho_1^2 + \rho^2 - \lambda^2}{2\rho\rho_1}. \quad (15)$$

Очевидно, что угол  $\Delta\phi \neq \gamma$ . Принимая допущение о неравенстве углов, напишем соотношение, по которому можно оценить прецизионность перемещения конечной точки  $L$  эвольвенты. Точность длин дуг, которая имеет место при повороте торцевой части пружины и приводит к изменению координат эвольвенты винтовой линии раскрытої пружины, опишется соотношением  $\rho(\gamma - \Delta\phi) = \Delta s_{\gamma\varphi}$ , где  $\Delta s_{\gamma\varphi}$  – разность между дугами.

Считая, что  $\rho\gamma = \lambda$  с точностью до бесконечно малых второго порядка, запишем относительный угол раскрытия в следующем виде:

$$\frac{\Delta\phi}{\theta} = \frac{\gamma}{\theta} - \frac{\Delta s_{\gamma\varphi}}{\rho\theta}. \quad (16)$$



**Рис. 3. Расчётная схема обкатывания эвольвент винтовых линий на проективной плоскости винтовой пружины Бурдона**

Сравнивая выражения (9а) и (16), исключим относительный угол  $\frac{\Delta\phi}{\theta}$  и получим выражение

$$1 - \frac{\cos(\Delta\lambda_{11} + \lambda_{01})}{\cos\lambda_{01}} = \frac{\gamma}{\theta} - \frac{\Delta s_{\gamma\varphi}}{\rho\theta}.$$

После несложных преобразований последнее выражение будет иметь вид

$$\cos\Delta\lambda_{11} - \sin\Delta\lambda_{11}\tan\lambda_{01} = 1 + \frac{\Delta s_{\gamma\varphi}}{\rho\theta} - \frac{\gamma}{\theta}. \quad (17)$$

В уравнении (17) в неявном виде представлена связь между приращением угла  $\Delta\lambda_{11}$  подъёма винтовой линии при раскрытии пружины и углом  $\gamma$  между радиус-векторами эвольвент винтовой линии на проективной плоскости, соответствующих нераскрытым и раскрытым состояниям пружины. Так как отношение  $\frac{\Delta s_{\gamma\varphi}}{\rho\theta}$  много меньше отношения  $\frac{\gamma}{\theta}$ , им можно пренебречь.

Тогда относительный угол в равенстве (16) с учётом равенства (17) можно записать следующим образом:

$$\frac{\gamma}{\theta} = 1 - \cos\Delta\lambda_{11} + \sin\Delta\lambda_{11}\tan\lambda_{01}. \quad (18)$$

На проективной плоскости взаимного огибания эвольвент  $\Pi_{10}$  и  $\Pi_{20}$  требуется определить радиус, входящий в уравнение (9). Очевидно, что относительному углу, определяемому по уравнению (9), должно быть соответствие пружины по параметрам [1], входящим в коэффициент  $A$ . Перемещение  $\lambda$  точки  $L_1$  эвольвенты  $\Pi_{10}$  должно быть равным этому же перемещению, но для пружины с постоянной кривизной ГЦО. Воспользуясь равенством [1], в котором связано перемещение  $\lambda$  с характеристиками пружины, получим

$$\lambda = PAr_{1c}^3 \Gamma,$$

где  $\Gamma = \sqrt{(1-\cos\theta)^2 + (\theta-\sin\theta)^2}$  – коэффициент.

Из последнего равенства можно выразить радиус окружности, длина которой равна длине эвольвенты  $\Pi_{10}$ , т. е.

$$r_{1c} = \sqrt[3]{\frac{\lambda(r_{01}, \theta, \Delta\phi)}{PA\Gamma(\theta)}}, \quad (19)$$

где  $\lambda(r_{01}, \theta, \Delta\phi)$  вычисляется из выражения (6);  $\Delta\phi$  – из выражения (14).

Или, имея длину эвольвенты недеформированной пружины, получим приведённый центральный угол, соответствующий окружности постоянного радиуса в виде

$$\Phi_{1c} = \frac{\int_0^{\theta} \sqrt{x'^2(\theta) + y'^2(\theta)} d\theta}{\sqrt[3]{\frac{\lambda(r_{01}, \theta, \Delta\phi)}{PAG(\theta)}}}. \quad (20)$$

**Выводы.** Разработан метод определения профиля ГЦО винтовой пружины Бурдона, при котором перемещения свободного конца рассматриваются на проективной плоскости через перемещение эвольвенты винтовой линии.

Относительный угол раскрытия винтовой пружины приведён к относительному углу подъёма винтовой линии.

Рассмотрена картина обкатывания эвольвента на проективной плоскости, из которой определён угол между полярными радиус-векторами эвольвента в раскрытом и нераскрытом состояниях. Установлена связь между углом поворота относительно вертикальной оси и упомянутым углом. Два профиля эвольвенты винтовой линии в недеформированном и деформированном состояниях при относительном движении сопрягаются в по-

люсе под углом передачи  $\alpha_0 = \Delta\phi$ , который определяется выражением (14).

Относительный угол раскрытия пружины вычисляется по формуле (20), в которую подставляются длина эвольвенты на проективной плоскости и приведённый радиус окружности по формуле (19).

#### **Библиографические ссылки**

1. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981. 392 с.
2. Феодосьев В.И. Упругие элементы точного приборостроения. М.: Оборонгиз, 1949. 344 с.
3. Чижиков В.И. Кинематическое исследование манипуляторов с упругодеформированными трубчатыми звеньями // Вестник МГУПИ. 2006. № 5. Серия: Технические науки. С. 57–66.
4. Чижиков В.И. Кинематическая модель приводного упругого герметичного элемента с переменным радиусом кривизны центральной оси в управляемой механической системе переменной структуры // Вестник МГУПИ. 2007. № 7. С. 99–107.
5. Чижиков В.И. Расчёт управляемого демпифицирующего элемента кинематического соединения манипулятора // Вестник МГУПИ. 2007. № 9. С. 71–86.



## **ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ**

### **ВВЕДЕНИЕ В УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

**Е.И. Тавер**

2012 г.      Объем 368 с.      Формат 60x88 1/16      ISBN 978-5-94275-666-6      Цена 600 р.



Качество товаров рассмотрено, с одной стороны, как важнейший результат производственной деятельности, а с другой — как особый объект управления. При этом состав, нормативные и физические значения показателей качества товара и факторов, от которых оно зависит, являются конечным объектом управления. Даны субъекты управления качеством, универсальные подходы к нему, измерения, оценки, подтверждение соответствия и контроль качества, правовые основы, стандарты и модели управления качеством. Исходя из этого, проведен анализ задач и методов управления качеством при маркетинге, проектировании, производстве и использовании товара, а также затрат на качество.

Допущено УМО по образованию в области прикладной математики и управления качеством в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 220501 – Управление качеством и направлению 221400 – Управление качеством.

**Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:**

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru)  
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте [WWW.MASHIN.RU](http://WWW.MASHIN.RU)

УДК 004.9, 535.43

**П.Г. Шляхтенко**, д-р техн. наук, проф., **В.И. Пименов**, д-р техн. наук, проф., **О.В. Кофнов**  
(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

kofnov@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУМЕРНОГО ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА МАТЕРИАЛА С ПОВТОРЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ

*Рассмотрены построение математической модели и разработка алгоритма анализа изображения для определения характеристик текстильного материала, относящихся к его прочности и качеству, без разрушения исследуемого образца. С помощью безаппаратного метода по изображению образца определены периоды структуры материала.*

**Ключевые слова:** анализ изображения, математическая модель, дифракционная картина, преобразование Фурье, структура материала.

*Mathematical modeling and design of the image analysis algorithm for the textile material characteristics definition corresponding to its strengths and quality, without destruction of a test specimen are considered. By means of without hardware method and using of the pattern imagery the material structure periods is defined.*

**Key words:** imagery analysis, mathematical model, diffraction picture, Fourier transformation, material structure.

**Введение.** В работе [1] предложены аппаратный и безаппаратный методы анализа текстильного материала. В первом случае образец материала освещается пучком лазера, в результате чего дифракционная картина наблюдается на удалённом экране. Во втором – на цифровую фотографию образца материала под микроскопом программно «накладывается» пятно света, имитирующее освещение образца лазером, после чего с помощью интеграла Френеля–Кирхгофа [2] строится дифракционная картина. После измерения расстояний между основными максимумами в дифракционной картине по известным формулам рассчитаны значения периодических параметров текстильных материалов (период повторения ряда переплетения в ткани и трикотаже, величины крутки нити и её диаметр).

Для быстрого построения и обработки дифракционной картины по компьютерному изображению исследуемого материала необходимо разработать соответствующие компьютерные программы, допускающие их использование в заводской лаборатории на любом текстильном предприятии.

**Вычисление интеграла Френеля–Кирхгофа.** На рис. 1 показана схема наблюдения дифракционной картины, поясняющая закладываемые в программу расчёта параметры. Компьютерное изображение поверхности исследуемого материала 1 освещается симметричным относительно его центра параллельным пучком монохроматического света 2, перпендикулярно его поверхности. На

экране 3, отстоящем от плоскости изображения 1 на расстоянии  $L$ , наблюдается рассчитываемая дифракционная картина.

Амплитуда светового сигнала в дифракционной картине на экране  $U$  в точке с координатами  $(x, y)$ , наблюдаемой от плоского непрозрачного объекта с отверстиями, освещаемого плоской монохроматической волной постоянной интенсивности длиной  $\lambda$  перпендикулярно его поверхности, в скалярном приближении (без учёта поляризации светового вектора  $E$ ) и выполнении приближения Фраунгофера ( $L\lambda \gg (\xi^2 + \eta^2)$  [2]) с достаточной для практических применений точностью описывается интегралом Френеля–Кирхгофа [2]:

$$U(x, y) = C \iint_{\sigma} \exp[-i \frac{2\pi}{\lambda} (p\xi + q\eta)] d\xi d\eta, \quad (1)$$

где  $U(x, y)$  – амплитуда светового сигнала в фраунгоферовой дифракционной картине;  $C$  – константа;  $\lambda$  – длина плоской монохроматической волны, освещавшей объект;  $p$  и  $q$  – относительные координаты ( $p = x/L$  и  $q = y/L$ );  $L$  – расстояние от объекта до экрана ( $L > x, y$ );  $\xi$  и  $\eta$  – координаты, определяющие положение точек и находящиеся в плоскости объекта.

Оси координат  $(\xi, \eta)$  параллельны осям координат  $(x, y)$ . Точки отсчёта обеих систем координат лежат на одной оптической оси с источником света. Интегрирование ведется по площади освещённых участков  $\sigma$ .

Интенсивность света в дифракционной картине определяется по формуле:

$$I(x,y) = U(x,y)U^*(x,y), \quad (2)$$

где  $U^*$  – функция, комплексно сопряжённая функции  $U$ .

При расчёте интеграла Френеля–Кирхгофа изображения поверхности реального текстильного материала необходимо учесть пространственное непостоянство освещённости «светопропускающих» участков поверхности, связанное с неравномерностью их освещения, а также оптическими свойствами исследуемого материала. Это обстоятельство можно учесть введением в подынтегральное выражение множителя  $u(\xi,\eta)$  [3]:

$$U(x,y) = C \iint_{\sigma} u(\xi,\eta) \exp[-i \frac{2\pi}{\lambda} (p\xi + q\eta)] d\xi d\eta. \quad (3)$$

Подынтегральная функция в выражении (3) задаётся численно дискретным цифровым изображением объекта. Дискретность изображения оп-

ределяется количеством пикселей в изображении, которое зависит от того, с каким разрешением сделана фотография образца цифровым фотоаппаратом (обычно это несколько сотен пикселей по высоте и несколько сотен пикселей по ширине изображения).

Так как исходное изображение дискретно и состоит из отдельных пикселей, равноудалённых друг от друга, обозначим расстояние между соседними пикселями  $\Delta$ . Тогда связь координат каждого пикселя в изображении и рассчитываемой дифракционной картине, выводимой на экран того же компьютера, можно записать выражением:

$$\xi = n\Delta; \quad \eta = m\Delta; \quad x = k\Delta; \quad y = l\Delta, \quad (4)$$

где  $n, m, k$ , и  $l$  – номера пикселей вдоль координат  $\xi, \eta, x$  и  $y$  соответственно;  $n = -N/2, (-N/2)+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, (N/2)-1$ ;  $m = -M/2, (-M/2)+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, (M/2)-1$ .

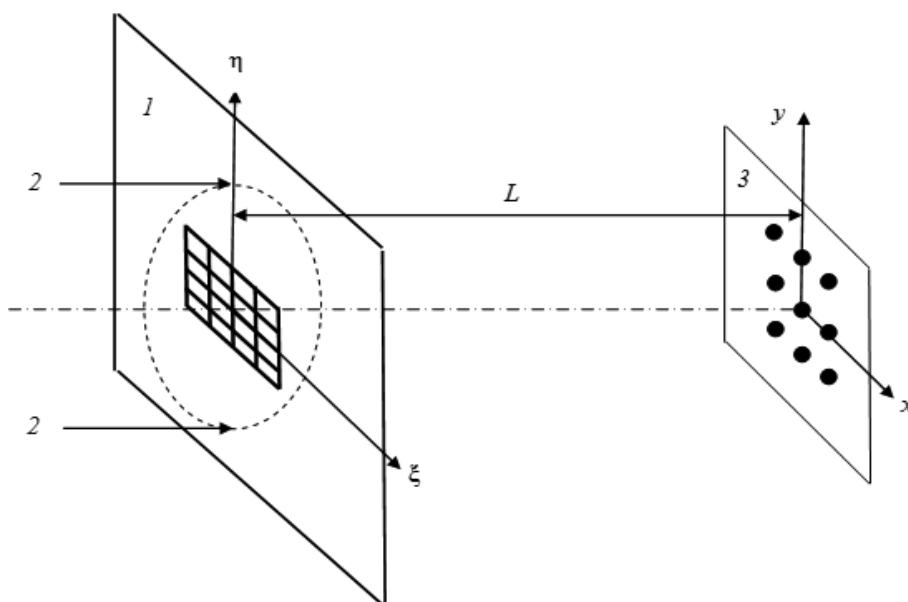
Подставляя (4) в (3) для численного интегрирования, получим выражение (5) (рис. 1).

Точка отсчёта (начало координат) помещается в центр изображения (рис. 2). После интегриро-

$$U_{k,l} = C \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} e^{-2i\pi p\xi/\lambda} \sum_{m=-M/2}^{M/2-1} (e^{-2i\pi q\eta/\lambda}) u(\xi, \eta) \Delta^2 = C \Delta^2 \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} e^{-2i\pi kn\Delta^2/(\lambda L)} \sum_{m=-M/2}^{M/2-1} (e^{-2i\pi lm\Delta^2/(\lambda L)}) u_{n,m}$$

**Рис. 1. Формула (5):**

$N, M$  – размер исходного изображения в пикселях по ширине и высоте;  $u_{n,m}$  – амплитуда интенсивности пикселя исходного изображения в точке с номерами  $n$  и  $m$



**Рис. 2. Схема наблюдения дифракционной картины**

вания там же будет и центральный максимум (самая яркая точка дифракционной картины [1]).

Рассмотрим только изображения, состоящие из чётного количества пикселей по высоте и ширине. Это допущение требуется для методов быстрого интегрирования. «Срезание» одного или нескольких рядов пикселей не влияет на результат окончательного анализа изображения.

Сумма в выражении (5) с точностью до константы ( $C\Delta^2$ ) совпадает с известной формулой для дискретного двумерного преобразования Фурье, используемого в задачах обработки изображений [4]:

$$Z_{k,l} = \sum_{n=-N/2}^{(N/2)-1} (e^{-2i\pi kn/N}) \sum_{m=-M/2}^{(M/2)-1} (e^{-2i\pi lm/M}) z_{n,m}, \quad (6)$$

где ряд  $\{Z_{k,l}\}$  – прямое преобразование Фурье для ряда при выполнении условия

$$N\Delta/(\lambda L) = 1. \quad (7)$$

Рассматривая набор исходных сигналов  $z_{n,m}$  как матрицу со строками и столбцами, можно отметить, что двумерное преобразование Фурье для такой матрицы есть последовательность обычного линейного преобразования Фурье по строкам и линейное преобразование Фурье полученных значений по столбцам.

Таким образом, задача вычисления интеграла Френеля–Кирхгофа для дискретного двумерного набора значений амплитуды сигнала сведена к задаче одномерного дискретного преобразования Фурье.

Прямое вычисление интеграла Френеля–Кирхгофа при представлении его в виде конечной суммы по формуле (6) является достаточно ресурсоёмким даже для современных компьютеров, так как связано с большим количеством повторяющихся суммирований, вычислений синусов и косинусов.

Для ускорения расчёта можно применить оптимизирующие алгоритмы. Для этого существует классический алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) [4], позволяющий выполнить как прямое, так и обратное преобразования с минимумом выполняемых операций и расходом памяти компьютера.

**Вычисление дифракционной картины с помощью быстрого преобразования Фурье.** Рассмотрим формулы прямого и обратного дискретного преобразования Фурье для ряда  $\{z_k\}$ , где  $k = 0, 1, 2, \dots, N$ .

Прямое преобразование Фурье [4]

$$Z_k = \sum_{n=0}^N z_n e^{-2i\pi kn/N}. \quad (8)$$

Обратное преобразование Фурье

$$z_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N Z_k e^{2i\pi kn/N}. \quad (9)$$

Сравнивая выражения (8) и (9) с выражением (6), можно заметить, что индексация в (6) начинается с отрицательных чисел, а начало отсчёта находится в центре изображения.

Представим выражение (6) в виде комбинации формул (8) и (9), для которых существует быстрый алгоритм преобразования.

Исходный набор величин, необходимых для преобразования, является матрицей, где сигналы расположены по строкам и столбцам. Сначала выполним преобразование для каждой строки, а затем – по столбцам:

$$\vec{Z}_{k,l} = \sum_{n=-N/2}^{(N/2)-1} z_{n,l} e^{-2i\pi kn/N}; \quad (10)$$

$$Z_{k,l} = \sum_{m=-M/2}^{(M/2)-1} \vec{Z}_{k,m} e^{-2i\pi lm/M}. \quad (11)$$

Таким образом, двумерное преобразование Фурье свелось к одномерным преобразованиям.

Рассмотрим одномерное преобразование Фурье для ряда  $\{g_b\}$ :

$$G_b = \sum_{j=-J/2}^{(J/2)-1} g_j e^{-2i\pi jb/J}, \quad (12)$$

где  $J$  – количество элементов в ряду;  $b = -J/2, (-J/2)+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, (J/2)-1$ .

Чтобы воспользоваться алгоритмом быстрого преобразования Фурье, данный ряд необходимо представить в виде комбинации рядов с индексацией, начинающейся с нуля.

Для этого введём вспомогательные ряды:

$$1. G_b^I = \sum_{j=0}^{(J/2)-1} g_j e^{-2i\pi jb/J} = \sum_{j=0}^J g_j e^{-2i\pi jb/J},$$

где  $g_j = 0$  при  $j > (J/2-1)$ ,  $b = 0, 1, \dots, J$ ;

$$2. G_b^{II} = \sum_{j=-J/2}^0 g_j e^{-2i\pi jb/J} = \sum_{h=0}^J g_{-h} e^{2i\pi hb/J},$$

где  $h = -j$ ,  $g_{-h} = 0$  при  $h = 0$  и  $h > J/2$ ,  $b = -J, \dots, -1, 0$ ;

$$3. \{G_b^{\text{III}}\} = \{G_b^{\text{I}}\};$$

$$4. \{G_b^{\text{IV}}\} = \{G_b^{\text{II}}\}.$$

Ряд I – это прямое преобразование Фурье, которое можно заменить алгоритмом прямого быстрого преобразования Фурье. Ряд II основан на обратном преобразовании Фурье (только без деления на  $J$ ), которое можно заменить алгоритмом обратного быстрого преобразования Фурье с последующим умножением результата на  $J$ .

Для каждого из четырёх рядов можно использовать алгоритм быстрого прямого или обратного преобразования Фурье:

$$\begin{aligned} G_b &= \sum_{j=-J/2}^{(J/2)-1} g_j e^{-2i\pi jb/J} = G_b^{\text{I}} + G_b^{\text{II}} + G_b^{\text{III}} + G_b^{\text{IV}} = \\ &= \text{БПФ}(G_b^{\text{I}}) + \text{ОБПФ}(G_b^{\text{II}})J + \text{ОБПФ}(G_b^{\text{III}})J + \\ &\quad + \text{БПФ}(G_b^{\text{IV}}), \end{aligned} \quad (13)$$

где БПФ и ОБПФ – соответственно функции прямого и обратного быстрого преобразования Фурье.

Если для каждого фиксированного  $l$   $k = b$ ,  $Z'_{k,l} = G_b$ ,  $N = J$ ,  $z_{n,l} = g_j$ ,  $n = j$ , то можно использовать выражение (13) для быстрого преобразования Фурье выражения (10) (по строкам изображения). После этого можем приравнять  $l = b$ ,  $Z_{k,l} = G_b$ ,  $Z'_{k,m} = g_j$ ,  $M = J$ ,  $m = j$  и использовать выражение (13) для вычисления выражения (11) (по столбцам).

Найдя амплитуду светового сигнала в каждой точке дифракционной картины, по формуле (2) определим интенсивность сигнала в каждой точке дифракционной картины.

Алгоритм быстрого преобразования Фурье можно применять только к рядам с длиной, являющейся степенью двойки:

$$N = 2^t,$$

где  $t$  – целое положительное число.

Это ограничение не является существенным, так как цифровые фотографии обычно имеют размер, кратный 128 пикселям, а в редких случаях, когда это не так, фотографию можно «подрезать».

Вместе с тем, имеется значительное превосходство в скорости работы программы. Оценка быстродействия обычного алгоритма преобразования Фурье [4]:

$$O(N) = N^2. \quad (14)$$

Оценка быстродействия БПФ [4]:

$$O(N) = N \log_2 N. \quad (15)$$

Оценка для предложенного алгоритма:

$$O(N) = 4N \log_2 N. \quad (16)$$

Так как использовались вспомогательные ряды, оценка по сравнению с БПФ ухудшилась. Тем не менее она значительно лучше оценки быстродействия обычного алгоритма  $N^2$ . Удобством алгоритма является возможность его применения сначала по строкам, затем по столбцам, что существенно для изображений с высоким разрешением.

**Предварительная обработка исходного изображения.** Сначала размеры изображения приводятся к значениям, являющимся степенями двойки. Часто в этом нет необходимости, ибо размеры матриц цифровых фотоаппаратов удовлетворяют данному ограничению. Однако в общем случае такая проверка выполняется и при необходимости изображение обрезается до ближайшего меньшего размера, равного  $2^t$ . Для определения нового размера изображения используется функция  $\log_2(x)$ :

$$H_{\text{new}} = 2^{\log_2(H_{\text{old}})}, \quad (17)$$

$$W_{\text{new}} = 2^{\log_2(W_{\text{old}})}, \quad (18)$$

где  $H$ ,  $W$  – соответственно высота и ширина изображения; функция  $\log_2(x)$  представляет собой циклическое возведение двойки в степень до тех пор, пока результат не превысит аргумент  $x$ .

Следующая процедура – превращение изображения в монохромное. Дифракция Фраунгофера наблюдается от плоской монохроматической волны. Этот эффект можно сымитировать одним из двух способов. Первый способ: так как цвет пикселя формируется из трёх цветовых компонент разной интенсивности (красного, зелёного и синего (RGB)), то можно «погасить» два цвета, установив их интенсивность равной нулю, и оставить прежнее значение только одной компоненты (например, зелёной). Второй способ: каждой компоненте присвоить одинаковое значение, вычисленное как среднее суммарной яркости компонент:

$$C_{WB} = \frac{C_R + C_G + C_B}{3}, \quad (19)$$

где  $C_R$ ,  $C_G$ ,  $C_B$  – исходные яркости каждой цветовой компоненты;  $C_{WB}$  – новая «черно-белая» яркость, которая будет присвоена каждой из трёх цветовых компонент пикселя.

Далее на монохромное изображение накладывается световое пятно, имитирующее освещение образца лучом лазера. Особенность лазерного луча [1] заключается в том, что интенсивность света в нём уменьшается экспоненциально от центра к краю, обращаясь у самого края практически в ноль (рис. 3). Таким образом, пятно света от лазера на образце не имеет резкой границы между светом и тенью. Благодаря этому дифракционная картина от образца получается чистой, без так называемых  $N-1$  дополнительных максимумов между каждыми основными, которые значительно затрудняют количественный анализ дифракционной картины [3].

Распределение амплитуды в световом пятне описывается зависимостью:

$$u_p(\xi, \eta) = u_{p0} e^{-\frac{\sigma(\xi^2 + \eta^2)}{2R^2}}, \quad (20)$$

где  $u_{p0}$  — яркость пикселя в центре светового пятна;  $R$  — радиус пятна света;  $\sigma$  — коэффициент, определяющий мягкость перехода от света к тени.

В разрабатываемую программу заложен более общий случай распределения интенсивности света в пятне: в центре пятна — круг с постоянной максимальной интенсивностью освещения радиусом  $R_{min}$ , далее интенсивность освещения будет убывать по экспоненциальному закону до границы пятна света, определяемой радиусом  $R_{max}$ . В природе такого источника света не существует, однако компьютер позволяет его смоделировать (рис. 4).

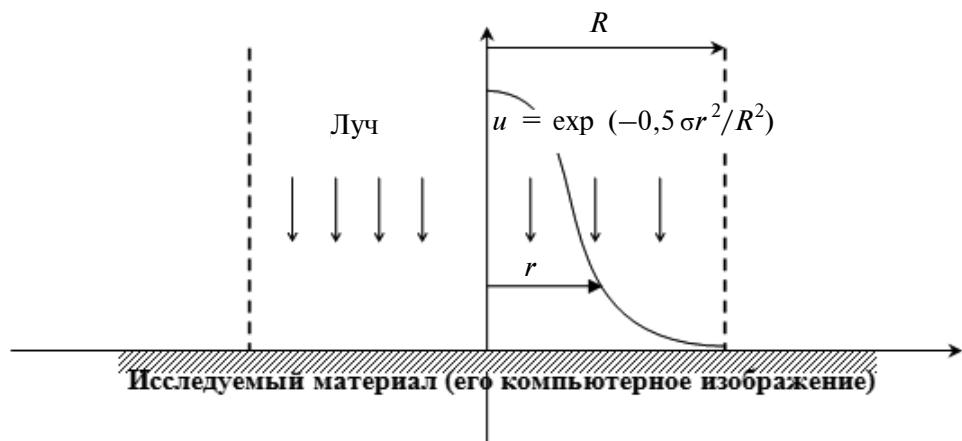
Тогда закон распределения амплитуды в световом пятне запишется в виде:

$$u_p(\xi, \eta) = u_{p0} e^{-\frac{\sigma(R_{min} - \sqrt{\xi^2 + \eta^2})^2}{2R_{max}^2}}, \quad (21)$$

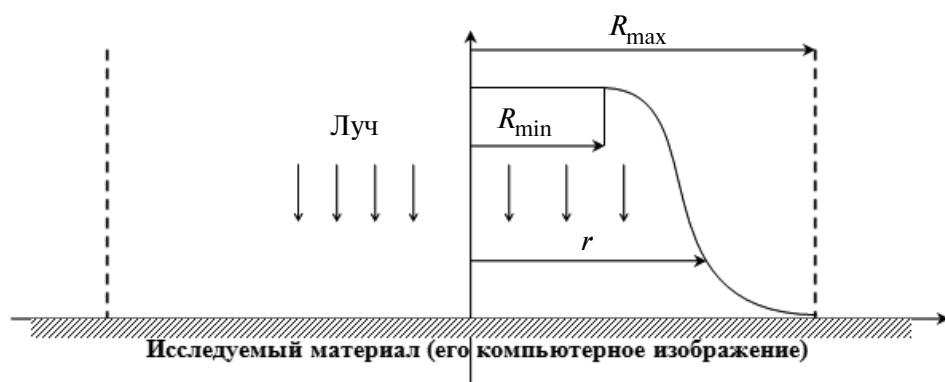
где  $R_{min}$  — внутренний радиус пятна;  $R_{max}$  — внешний радиус;  $(R_{min})^2 \leq \xi^2 + \eta^2 \leq (R_{max})^2$ .

При  $\xi^2 + \eta^2 > (R_{max})^2$

$$u_p(\xi, \eta) = 0. \quad (22)$$



**Рис. 3. Изменение интенсивности светового пятна, «освещивающего» компьютерное изображение исследуемого материала**



**Рис. 4. Световое пятно с центральным кругом**

К полученной матрице интенсивности применим быстрое преобразование Фурье (сначала по строкам, а затем по столбцам). В результате получим распределение амплитуды интенсивности, соответствующее выражению (5). Это будет двумерный массив комплексных чисел. Умножив, согласно выражению (2), каждое из чисел на комплексно сопряженное, получаем матрицу интенсивности дифракционной картины.

**Компьютерная реализация анализа изображений.** Цифровая фотография представляет собой массив, где для каждого пикселя изображения интенсивность задаётся целочисленным значением от нуля до 255 по каждому из каналов красного, зелёного и синего. Так для чёрно-белого изображения по каждому каналу значение интенсивности одинаковое. После выполнения быстрого преобразования Фурье получим двумерный массив интенсивностей, представляющих собой вещественные числа, которые могут быть на порядок больше 255, особенно в точке центрального максимума. Для компьютерного анализа это не столь важно, так как выполняется поиск максимумов по массиву в памяти компьютера. Однако, чтобы визуально представить вычисленную дифракционную картину, необходимо преобразовать полученный массив интенсивностей в формат изображения. Пересчёт выполняется по формуле:

$$I_{n,m} = \text{Round}(255A_{n,m} / A_{\max}), \quad (23)$$

где  $I_{n,m}$  – целочисленная яркость пикселя от 0 до 255, которая устанавливается для каждого из трёх цветовых каналов;  $A_{n,m}$  – интенсивность сигнала в точке  $(n,m)$  дифракционной картины,  $0 \leq n \leq N$ ,  $0 \leq m \leq M$ ;  $N$  и  $M$  – размеры картинки по ширине и высоте;  $A_{\max}$  – максимальное значение интенсивности, полученное в результате расчёта дифракционной картины;  $\text{Round}$  – функция округления вещественного числа до целого.

В результате тестирования программы, реализующей указанные выше алгоритмы, установлено, что центральный и ближайшие к нему максимумы “подавляют” максимумы высших порядков на дифракционной картине при формировании изображения по формуле (23). Это связано с тем, что значения соседних максимумов могут отличаться на порядок. Поэтому в программу добавлено несколько алгоритмов постобработки изображения для повышения его чёткости, контрастности и улучшения других характеристик.

Первый из них – это извлечение квадратного корня из приведённой интенсивности. Приведённая интенсивность – это отношение интенсивности каждого пикселя изображения к максимальной интенсивности на картинке. Таким об-

разом, имеем двумерный массив вещественных чисел от 0 до 1. Если из каждого числа извлечь квадратный корень, то приведённая интенсивность главного максимума, равная единице, не изменится, а приведённая интенсивность прочих максимумов возрастёт (например, корень из 0,25 есть 0,5, что больше исходного значения). После этого можно опять выполнять преобразование приведённой интенсивности по формуле (23) и получить новое изображение дифракционной картины с усиленными максимумами высших порядков.

Следующая процедура позволяет исключить влияние центрального максимума на отображение дифракционной картины. Интенсивность центрального максимума значительно больше интенсивностей всех прочих максимумов. На полученной (после преобразования Фурье и пересчитанной по формуле (23)) картинке её значение 255, тогда как значение соседних максимумов меньше 100. Данный алгоритм обнуляет значение интенсивности для пикселей с интенсивностью 255, после чего опять выполняется пересчёт по формуле (23). В результате самыми яркими становятся следующие по интенсивности пиксели картинки. Недостатком данного решения является то, что самые яркие максимумы обращаются в ноль. Потому в дальнейшем находится максимальное значение интенсивности, следующее за самым ярким значением 255, а затем осуществляется пересчёт интенсивностей всех пикселей картинки, исходя из этого максимума. При этом максимумы, значение которых было 255, не пересчитываются. В результате максимумы высших порядков становятся ярче.

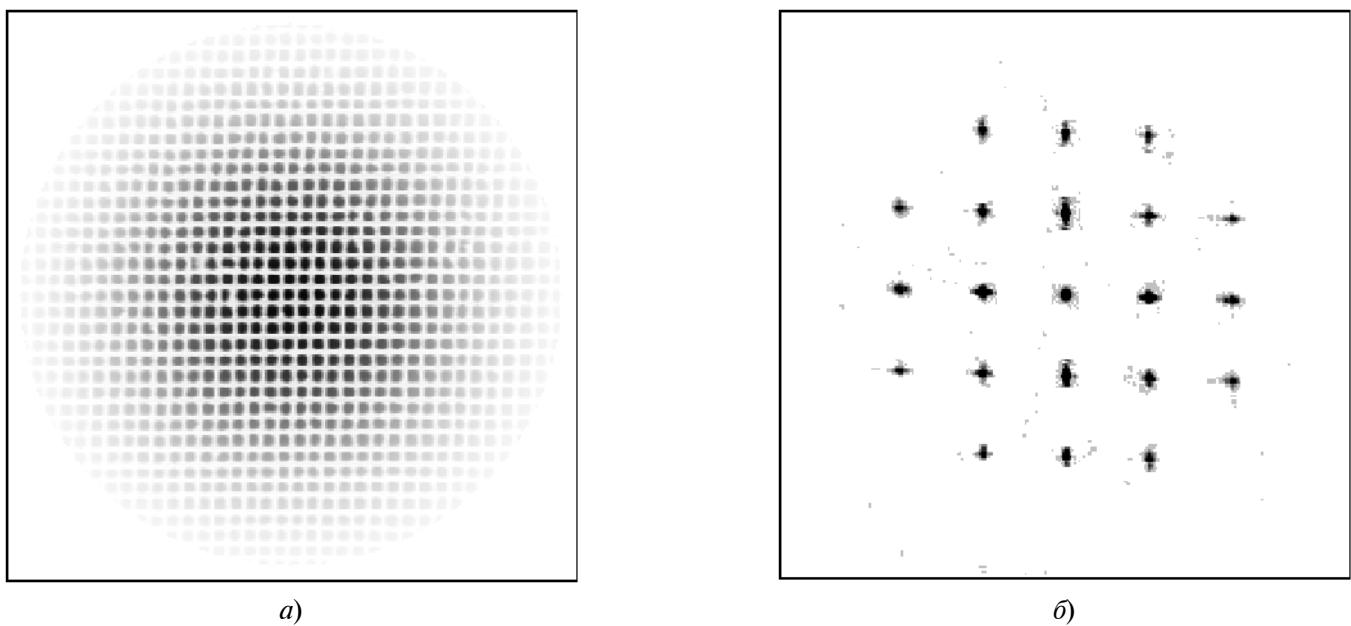
Алгоритм, предложенный в работе [1], инвертирует изображение: меняет чёрноё на белое и наоборот. Интенсивность каждого пикселя инвертированного изображения определяется по формуле:

$$I_{n,m}^{inv} = 255 - I_{n,m}, \quad (24)$$

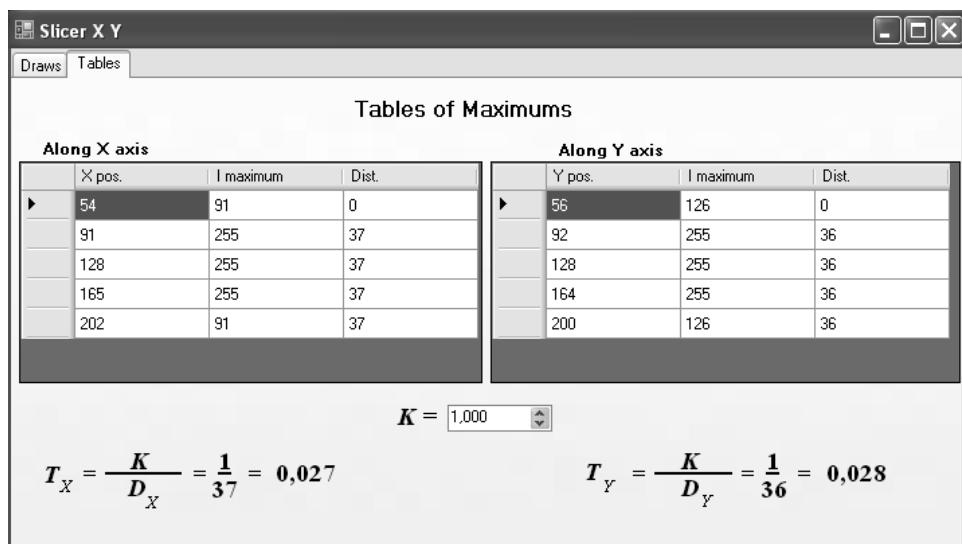
где  $I_{n,m}$  – интенсивность каждого пикселя исходного изображения в точке  $(n,m)$ .

На рис. 5 приведены изображение материала после наложения светового пятна (рис. 5, а) и дифракционная картина (рис. 5, б), построенная от этого изображения, с последующим линейным усилением интенсивности пикселей.

Дальнейший анализ полученной дифракционной картины выполняется для определения соседних максимумов интенсивности и нахождения расстояния между ними. Диалоговое окно программы с вычислённым по расстояниям между максимумами дифракционной картины периодом



**Рис. 5. Изображение с наложенным пятном и дифракционная картина**



**Рис. 6. Результатирующее окно программы**

структуры исследуемого материала приведено на рис. 6. Функция интенсивности зависит от двух переменных, задающих координаты соответствующего пикселя на картинке. Максимумы располагаются относительно равномерно вдоль осей  $OX$  и  $OY$  плоской декартовой системы координат. В ряде случаев линии, вдоль которых расположены максимумы, не параллельны координатным осям. В этом случае изображение необходимо повернуть относительно оси, перпендикулярной плоскости изображения. Такой поворот выполняется пересчётом координат пикселей при повороте системы координат на угол  $\phi$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{new} = x_{cent} + \sqrt{(x_{old} - x_{cent})^2 + (y_{old} - y_{cent})^2} \times \\ \times \cos(\phi + \arctan \frac{y_{old} - y_{cent}}{x_{old} - x_{cent}}), \\ y_{new} = y_{cent} + \sqrt{(x_{old} - x_{cent})^2 + (y_{old} - y_{cent})^2} \times \\ \times \sin(\phi + \arctan \frac{y_{old} - y_{cent}}{x_{old} - x_{cent}}), \end{array} \right. \quad (25)$$

где  $x_{cent}, y_{cent}$  – координаты точки, относительно которой поворачивается рисунок.

После того, как изображение выровнено относительно вертикальной и горизонтальной осей, через максимумы, лежащие на одной линии, проводится прямая, вдоль которой рассчитывается среднее расстояние между соседними максимумами.

Максимумами являются значения интенсивности в определённой точке среза, когда соседние значения слева и справа меньше рассматриваемого. Кроме истинных максимумов, часто присутствуют небольшие выбросы интенсивности, которые мешают правильному расчёту расстояния. Для их отсечения вводится пороговый уровень интенсивности, устанавливаемый исследователем, ниже которого значения интенсивности в точках среза принимаются равными нулю. В результате среза формируется одномерный массив, в котором вычисляются позиции максимумов. Среднее расстояние между ними в пикселях обратно пропорционально периоду структуры материала  $T$ . Таким образом, периоды структуры материала вдоль горизонтальной и вертикальной осей координат:

$$T_X = \frac{K}{D_X}; T_Y = \frac{K}{D_Y}, \quad (26)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий разрешение цифрового фотоаппарата, усиление микроскопа и расстояние от объектива до исследуемого материала

[1];  $D_X, D_Y$  – среднее расстояние между максимумами дифракционной картины вдоль осей координат  $OX$  и  $OY$ .

**Заключение.** Разработаны алгоритмическое обеспечение и программный комплекс для вычисления дифракционной картины и поиска периода структуры материала. Программа для анализа изображений представляет собой объектно-ориентированное приложение, написанное на языке C++. Управляемые классы для создания пользовательского интерфейса реализованы на платформе .Net, распространяемой вместе с операционной системой Microsoft Windows. Такой выбор обоснован тем, что классы .Net легки в использовании и требуют минимума дополнительного кода для работы с ними.

#### Библиографические ссылки

1. Шляхтенко П.Г. Неразрушающие методы оптического контроля структурных параметров волокноодержащих материалов: монография. СПб.: СПГУТД, 2010. 258 с.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. С. 345–380.
3. Шляхтенко П.Г., Нефедов В.П., Шкурапат С.Н. Компьютерный анализ моделей оптических изображений полотняных переплетений // Оптический журнал. 2007. Т. 4. № 7. С. 47–50.
4. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления свёрток / пер. с англ. М.: Радио и связь, 1985. 248 с.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

## ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов

2013 г.      Объем 256 с.      Формат 60x88 1/16      ISBN 978-5-94275-607-9      Цена 800 р.



Приведены нормативные материалы, необходимые технологу-машиностроителю для расчета и выбора припусков на механическую обработку, даны рекомендации по выбору вида заготовок, составлению маршрута обработки, нормы точности, а также операционные припуски на обработку различных поверхностей деталей.

Для инженеров-технологов заводов, проектно-конструкторских организаций, а также может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru)  
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте [WWW.MASHIN.RU](http://WWW.MASHIN.RU)

УДК 622.669:519.711.3

**Б.К. Тусупбеков**, канд. техн. наук, доц., **Т.С. Намазбаев**, д-р техн. наук, проф.  
(Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан)

btusupbekov\_28@mail.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ И ДЕФОСФОРАЦИИ МЕТАЛЛА ПРИ КОНВЕРТЕРНОМ ПЕРЕДЕЛЕ ФОСФОРИСТОГО ЧУГУНА

Для автоматизированного управления конвертерной плавкой разработаны математические модели процессов обезуглероживания и дефосфорации металла в кислородном конвертере.

**Ключевые слова:** кислородно-конвертерное производство стали, обезуглероживание металла, дефосфорация металла, математические модели, автоматизированные системы управления, адаптивная настройка, метод общего параметра.

*Mathematical models of the metal decarburization and dephosphorization processes in an oxygen steel-making converter for converter melting automatic control are developed.*

**Key words:** oxygen converter steel production, metal decarburization, metal depshosphorization, mathematical models, automatic control systems, adaptive adjustment, general parameter method.

Углерод является главным элементом, придающим выплавляемой стали различные свойства, влияя на её твёрдость, прочность, пластичность и другие качества. Поэтому обеспечение заданного содержания углерода в готовой стали представляется собой наиболее ответственную задачу [1]. Однако отсутствие устройств, позволяющих по ходу плавки контролировать текущее содержания углерода в металле, затрудняет решение этой задачи.

На Карагандинском металлургическом комбинате освоена уникальная технология передела фосфористого чугуна, где плавка проводится с промежуточной повалкой конвертера для слива фосфористого шлака, разделяющей процесс продувки металла кислородом на два периода. Существующие устройства АСУ ТП позволяют определить химический состав металла лишь в определённое время – на промежуточной повалке конвертера и после второго периода продувки. Причём результаты химического анализа поступают с большим временным опозданием, что затрудняет их использование при управлении текущей плавкой.

Одним из возможных путей решения этих трудностей является применение математических моделей процесса обезуглероживания металла для определения текущего содержания в нём углерода. Совместное применение математических моделей процессов обезуглероживания, дефосфорации и нагрева металлической ванны обеспечивает не только контроль текущего содержания углерода в металле, но и синхронное управление этими процессами. Ниже рассмотрены задачи разработки математических моделей процесса обезуглероживания и дефосфорации металла по ходу плавки.

Физико-химическая картина окисления углерода показывает, что кинетика этого технологического процесса зависит от многих факторов,

причём количественные стороны этих зависимостей неизвестны [1–4]. Поэтому математическое моделирование процесса является актуальной задачей, решаемой при автоматизации конвертерного производства стали.

Предложена математическая модель процесса обезуглероживания металла в ванне конвертера. На основе обработки экспериментальных данных получена зависимость, описывающая влияние режима продувки на окисление углерода:

$$[C(t)] = \frac{[C(t_0)]}{\sqrt{\alpha S_{J_h}^2(t) + 1}}, \quad (1)$$

где  $J_h(t) = J_{O_2}(t)/h_\Phi^2(t)$  – показатель продувки [2], характеризующий режим подачи кислорода в ванну конвертера, при этом более высокому значению  $J_h(t)$  соответствует углублённый режим продувки, а более низкому – поверхностный;  $J_{O_2}(t)$  – интенсивность подачи кислорода через форсунку;  $h_\Phi^2(t)$  – положение форсунки над уровнем металлической эмульсии;  $S_{J_h}(t) = \int_{t_0}^t J_h(t) dt$  – интегральное значение показателя продувки;  $t$  – текущее время продувки;  $t_0$  – начальный момент продувки.

Основные достоинства данной модели выражаются в следующем:

во-первых,

$$\begin{aligned} [C(t)] \Big|_{t=t_0} &= \frac{[C(t_0)]}{\sqrt{\alpha S_{J_h}^2(t) + 1}} \Big|_{t=t_0} = \\ &= \frac{[C(t_0)]}{\sqrt{\alpha S_{J_h}^2(t_0) + 1}} = [C(t_0)] \text{ при } S_{J_h}(t_0) = 0 \end{aligned}$$

удовлетворяет начальному условию;

во-вторых, имеет место неравенство, соответствующее необратимости реакций окисления углерода:

$$\frac{d}{dS_{J_h}} \left( \frac{[C(t_0)]}{\sqrt{\alpha S_{J_h}^2(t) + 1}} \right) = -\frac{\alpha [C(t_0)] S_{J_h}(t)}{\sqrt{(\alpha S_{J_h}^2(t) + 1)^3}} \leq 0$$

при  $\alpha > 0$ ,  $[C(t_0)] \geq 0$  и  $S_{J_h}(t) \geq 0$  для всех  $t \geq t_0$ ;

в-третьих,

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dS_{J_h}^2(t)} \left( \frac{[C(t_0)]}{\sqrt{\alpha S_{J_h}^2(t) + 1}} \right) &= \\ &= \alpha [C(t_0)] \frac{2\alpha S_{J_h}^2(t) - 1}{\sqrt{(\alpha S_{J_h}^2(t) + 1)^5}} = 0 \text{ при} \\ S_{J_h}(t) &= \frac{1}{\sqrt{2\alpha}} \quad (\alpha > 0). \end{aligned}$$

Последнее свидетельствует о том, что  $[C(t)]$  при  $S_{J_h}(t) = \frac{1}{\sqrt{2\alpha}}$  имеет точку перегиба, которая соответствует критическому содержанию углерода в металле, когда  $[C(t)] \approx 0,2\%$ . Действительно, при достижении критического содержания углерода скорость его окисления постепенно падает, и в результате этого на кривой окисления углерода появляется перегиб.

Однако на самом деле достижение критического содержания углерода может наступать при различных значениях  $S_{J_h}(t)$ , в зависимости от начального содержания углерода в металле, его начальной температуры и режима подачи сыпучих материалов. Поэтому следует полагать, что  $\alpha$  не постоянная величина, а некоторый оператор, зависящий от перечисленных выше факторов, который можем представить в виде

$$\alpha(t) = k_0 + \sum_{j=1}^4 k_j S_j(t) + k_5 [C(t_0)] + k_6 T(t_0),$$

где  $S_j(t) = \int_{t_0}^t G_j(t) dt$ ,  $j = 1, \dots, 4$  – текущий интегральный расход извести, агломерата, доломита, кокса, соответственно;  $T(t_0)$  – начальная температура металла;  $k_0, \dots, k_6$  – эмпирические коэффициенты, определяемые опытным путём.

Тогда точка перегиба кривой обезуглероживания металла определяется следующим образом:

$$S_{J_h}(t) = \frac{1}{\sqrt{2 \left( k_0 + \sum_{j=1}^4 k_j S_j(t) + k_5 [C(t_0)] + k_6 T(t_0) \right)}},$$

и модель (1) примет вид

$$[C(t)] = \frac{[C(t_0)]}{\sqrt{k_0 + \sum_{j=1}^4 k_j S_j(t) + k_5 [C(t_0)] + k_6 T(t_0)}} S_{J_h}^2(t) + 1. \quad (2)$$

Практика показала, что модель (2) достаточно хорошо описывает процесс обезуглероживания металла в конвертере по ходу плавки. Её можно использовать для определения текущего содержания углерода в металле. Кроме того, её совместное использование с моделями изменения температуры и дефосфорации металла позволяет определить оптимальные значения управляющих воздействий, необходимых для получения стали с заданным содержанием углерода при обеспечении нормальных значений других выходных величин (температуры металла и содержания в нём фосфора).

Фосфор в сталях большинства марок является нежелательной примесью, так как снижает её пластические свойства (явление хладноломкости больше всего наблюдается при низких температурах), а также способствует развитию физической и химической неоднородности стального слитка [1]. Поэтому дефосфорация металла, т. е. процесс удаления фосфора из металла, имеет большое значение, особенно при его повышенном содержании в переделываемых чугунах.

В настоящее время создание математической модели процесса дефосфорации металла относится к числу малоизученных вопросов конвертерной плавки. Это объясняется тем, что при обычных способах передела чугунов (с содержанием фосфора менее 0,3 %) серьёзных проблем по дефосфорации металла не возникало. Основное внимание уделялось только вопросам нагрева металла и его обезуглероживания.

Удаление фосфора из металла при переделе фосфористых чугунов является сложной технологической операцией, которую необходимо проводить синхронно с процессами нагрева и обезуглероживания ванны. Это приводит к необходимости разработки математической модели процесса дефосфорации металла, позволяющей определить текущее содержание фосфора в металле и проводить плавку в более рациональном режиме управления.

На основе обработки экспериментальных данных получено следующее регрессионное уравнение, позволяющее оценить содержание фосфора в металле на промежуточной повалке конвертера [5]:

$$[P(t'_k)] = \alpha_1[C_q] + \alpha_2[P_q] + \alpha_3 T(t'_k) + \\ + \alpha_4 T^2(t'_k) + \alpha_5 T^3(t'_k) + \alpha_6, \quad (3)$$

где  $t'_k$  – момент окончания первого периода плавки;  $[P(t'_k)]$  – содержание фосфора в металле в момент окончания первого периода плавки;  $[C_q]$ ,  $[P_q]$  – содержание углерода и фосфора в чугуне, соответственно;  $T(t'_k)$  – температура металла на промежуточной повалке конвертера;  $\alpha_1, \dots, \alpha_6$  – эмпирические коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов.

Расчёт по данному уравнению производится сразу после замера температуры на промежуточной повалке, что обеспечивает быстроту определения остаточного содержания фосфора в металле. Известно, что результаты химического анализа пробы металла, взятой на промежуточной повалке, поступают часто с большим опозданием. Поэтому оператор во втором периоде плавки может ориентироваться по расчётному значению содержания фосфора, полученному на основе уравнения (3).

Однако уравнение (3) учитывает не все факторы, влияющие на дефосфорацию металла, следовательно, не может обеспечить высокую точность попадания в фактические (измеренные) значения содержания фосфора. Кроме того, оно непригодно для оценки содержания фосфора после окончания второго периода плавки.

С целью устранения этих недостатков на основе многофакторного регрессионного анализа были разработаны математические модели для определения содержания фосфора в металле на промежуточной повалке конвертера и в конце второго периода плавки.

Математическая модель для оценки содержания фосфора на промежуточной повалке имеет вид

$$[\hat{P}(t'_k)] = \alpha_1 S_{O_2}(t'_k) + \alpha_2 S_{O_2}^2(t'_k) + \alpha_3 S_{изв}(t'_k) + \\ + \alpha_4 S_{изв}^2(t'_k) + \alpha_5 [P(t_0)] + \alpha_6 [P(t_0)]^2 + \\ + \alpha_7 [C(t'_k)] + \alpha_8 [C(t'_k)]^2 + \alpha_9 T(t_0) + \alpha_{10} T^2(t_0) + \\ + \alpha_{11} T(t'_k) + \alpha_{12} T^2(t'_k) + \alpha_{13}, \quad (4)$$

где  $t_0$  – момент начала первого периода продувки;  $t'_k$  – момент окончания первого периода продувки;  $S_{O_2}(t'_k)$  – интегральный расход кислорода за первый период плавки;  $S_{изв}(t'_k)$  – интегральный расход извести или (и) известняка за первый период плавки;  $[P(t_0)]$  – содержание фосфора в металле в момент начала первого периода плавки;  $[C(t'_k)]$  – содержание углерода в металле, рассчитываемое по значению температуры ликвидуса на промежуточной повалке конвертера;  $T(t'_k)$  – температура металла на промежуточной повалке конвертера;  $T(t_0)$  – температура металла в момент начала первого периода продувки;  $\alpha_1, \dots, \alpha_{13}$  – эмпирические коэффициенты, определяемые опытным путём.

Математическая модель для оценки содержания фосфора в конце второго периода плавки имеет вид

$$[\hat{P}(t''_k)] = \beta_1 S_{O_2}(t''_k) + \beta_2 S_{изв}(t''_k) + \beta_3 [P(t'_k)] + \\ + \beta_4 T(t'_k) + \beta_5 S_{O_2}^2(t''_k) + \beta_6 [P(t'_k)]^2 + \\ + \beta_7 S_{O_2}(t''_k) [P(t'_k)] + \beta_8 \quad (5)$$

где  $t'_k$ ,  $t''_k$  – соответственно, моменты окончания первого и второго периодов плавки;  $S_{O_2}(t''_k)$ ,  $S_{изв}(t''_k)$  – интегральный расход кислорода и извести за второй период плавки, соответственно;  $[P(t'_k)]$  – содержание фосфора на промежуточной повалке, определяемое на основе спектрального анализа (при его отсутствии оно берётся равным оценочному значению по модели (4) –  $[\hat{P}(t'_k)]$ );  $\beta_1, \dots, \beta_8$  – эмпирические коэффициенты, определяемые на основе многофакторного регрессионного анализа.

Уравнения (4) и (5) позволяют с более высокой точностью определить содержание фосфора в металле на промежуточной повалке конвертера и в конце второго периода плавки.

Для обеспечения стабильно точной работы математических моделей предусмотрены их адаптивные настройки на основе алгоритмов, предложенных в работе [6].

Таким образом, для автоматизированного управления конвертерной плавкой разработаны математические модели процессов обезуглероживания и дефосфорации металла при переделе фосфористого чугуна. Внедрение этих моделей в производство на Карагандинском металлургическом комбинате позволило значительно улучшить качество управления кислородно-конвертерным процессом и способствовало повышению качества выпускаемой стали.

#### **Библиографические ссылки**

1. Бигеев А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали. Магнитогорск: МГТУ, 2000. 544 с.
2. Туркенич Д.И. Управление плавкой стали в конвертере. М.: Металлургия, 1971. 360 с.
3. Бойченко Б.М., Охотский В.Б., Харлашин П.С. Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология. Днепропетровск: РВА «ДнепрВАЛ», 2006. 454 с.
4. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. М: Мир, 2003. 528 с.
5. Управление вторым периодом плавки стали при переделе фосфористого чугуна в конвертерах / Т.С. Намазбаев, А.И. Багрий, Д.И. Туркенич, А.П. Катрич, Б. Тусупбеков // Сталь. 1986. № 3. С. 22–24.
6. Тусупбеков Б.К. Адаптивная настройка математических моделей объектов большой размерности на основе метода общего параметра // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 2. С. 30–33.

УДК 621.762

**Д. В. Онищенко**, канд. техн. наук

(Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток), **В. В. Чаков**, канд. биол. наук  
(Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск)

Ondivl@mail.ru

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА (МНОГОСТЕННЫХ НАНОТРУБОК) ИЗ СФАГНУМА БУРОГО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Разработан инновационный подход получения нановолокнистого углерода (многостенных нанотрубок) с помощью механохимической и пиролитической обработки сфагнового мха (сфагнум бурый), размерностью от 10 до 70 нм и низкой зольностью (менее 1 %).*

**Ключевые слова:** сфагнум бурый, пиролиз, механоактивация, нановолокнистый углерод (многостенные нанотрубки).

*The innovative approach for obtaining nanofibrous of carbon (multi-walled nanotubes) was elaborated using mechano-chemical and pyrolytic processing of sphagnum fuscum (Sphagnum brown) of dimension up 10 to 70 nm and a low ash (less than 1%).*

**Key words:** sphagnum fuscum, pyrolysis, mechanoactivation, nanofibrous carbon (multiwall nanotubes).

**Введение.** Сфагновые мхи являются ценным лекарственно-техническим сырьем и в настоящее время являются достаточно востребованным продуктом на зарубежных рынках Юго-Восточной Азии, Европы, США. Этот вид растительных ресурсов в благоприятных природно-климатических условиях Дальнего Востока (Приамурья) и Западной Сибири (Томская область) отличается полной возобновляемостью в течение четырёх–пяти лет при соблюдении правил и нормативов добычи. Сфагновые мхи в основном преобладают на хорошо увлажнённых, бедных минеральными веществами почвах (болотах). На болотах Приамурья и Томской области выявлено более 30 видов сфагновых мхов, среди которых наиболее распространены сфагнум бурый и сфагнум магелланский. Кроме того, сфагнум бурый имеет высокую урожайность (до 38–40 т/га). Это обусловлено тем, что данный вид имеет плотную дерновину. Очёс этого растения в условиях сфагнового верхового болота может достигать 15–50 см, так как данный вид создает кислую среду (до pH 3,5), что значительно замедляет разложения его нижней части [1–2].

Систематические исследования и разработки в области создания функциональных материалов из растительного сырья [3–5], а также проблемы рационального освоения растительных ресурсов Дальнего Востока и Западной Сибири, позволили проводить исследования формирования нановолокнистого углерода (многостенных нанотрубок) из сфагнума бурого, с помощью пиролитических и механохимических процессов.

**Экспериментальная часть.** В качестве исходного материала использовали мох сфагнум бурый

(*Sphagnum fuscum*), собранный на болотах нижнего Приамурья. Сфагновый мох предварительно просушивался, просеивался для удаления избыточной влажности и инородных примесей, подвергался дезинтеграторной обработке для достижения дисперсности 100–150 мкм. Модификация углерода с аморфной структурой получалась с помощью разработанной энергосберегающей технологии при температуре 950 °C [6, 7]. Далее углеродная модификация подвергалась циклической механохимической обработке на варии-планетарной мельнице Pulverisette-4 фирмы «Fritsch» (Германия), размалывающими телами в которой являлись шары из твёрдого сплава ВК-6 диаметром 16 мм. Механореактор варии-планетарной мельницы – это герметический контейнер из коррозионно-стойкой стали с вставкой из твёрдого сплава ВК-6. При выполнении экспериментов применялся следующий режим: частота вращения главного диска 400 мин<sup>-1</sup>, сателлитов – 800 мин<sup>-1</sup>, интенсивность (отношение массы исходных материалов к массе размалывающих шаров) 1:27, в качестве защитной атмосферы использовали аргон.

Исследование удельной поверхности выполнялось на анализаторе серии Сорбтометр–М (ЗАО «КАТАКОН», г. Новосибирск) и автоматизированной системе для анализа площади поверхности ASAP 2020 (США), значение удельной поверхности устанавливали по термодесорбции азота.

Структуру поверхности, форму и размер частиц модификаций углерода, полученных из сфагнума бурого, исследовали с помощью электронно-сканирующего микроскопа EVO-60XVP фирмы «Carl Zeiss» (Германия), а строение наново-

локнистого углерода на электронном сканирующем микроскопе высокого разрешения Hitachi S5500 (Япония) с приставкой для просвечивающей микроскопии.

Рентгеновский энергодисперсионный микронализ выполняли на электронно-сканирующем микроскопе EVO-50XVP фирмы «Carl Zeiss», совмешённом с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром INCA Energy-350 (Англия).

На первом этапе исследования была получена углеродная модификация с аморфной структурой из сфагnum бурого при температуре пиролиза 950 °С (рис. 1).

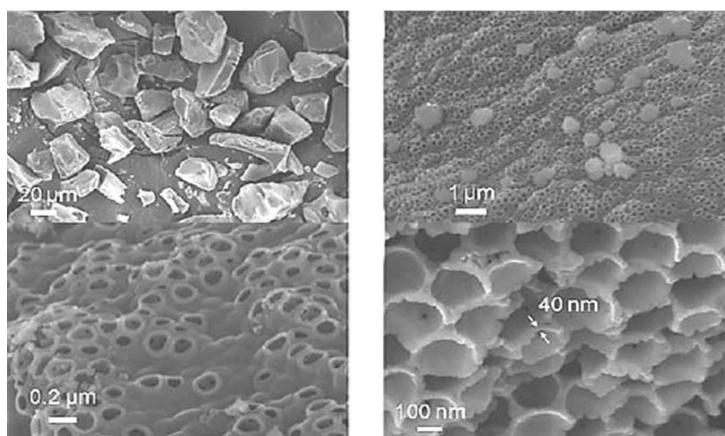
На рис. 1 представлен продукт пиролиза в виде порошкового материала с размером частиц менее 50 мкм, с размером пор от 100 до 200 нм и удельной поверхностью (одноточечный метод БЭТ) 220 м<sup>2</sup>/г.

Нановолокнистая модификация углерода диаметром 10–70 нм (рис. 2) была получена аморфной модификацией углерода из сфагнового мха в

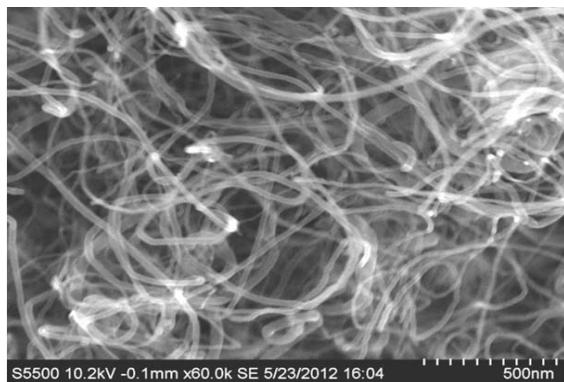
результате длительного процесса механоактивации (время размола ~ 27 ч).

Образованию нановолокнистой структуры углеродного материала в процессе механохимической обработки способствовали фрактальная, напористая структура углерода, синтезированного в процессе пиролитического воздействия на сфагnum бурый; специфичность механизма измельчения (отсутствие ударного воздействия) в варио-планетарной мельнице; влияние катализических условий, создаваемых размольными телами из твёрдого сплава ВК-6 (табл. 1). Повышенное содержание вольфрама и кобальта обусловлено износом твёрдосплавных размольных тел и стенок механореактора.

В исходном твёрдом сплаве ВК-6 содержится 6 мас. % кобальта и 94 мас. % карбида вольфрама, однако в нановолокнистом углероде их содержание находится на сопоставимом уровне. Это связано с эрозией кобальта из карбидной матрицы в процессе механохимической обработки аморфного углерода.



**Рис. 1. Морфология аморфной модификации углерода из сфагнового мха**



**Рис. 2. Электронно-сканирующая микроскопия волокнистого углерода из сфагнового мха**

Таблица 1

## Содержание химических элементов в нановолокнистом углероде

Номер спектра	Содержание химических элементов (% мас.)							
	O	C	W	Ni	Cu	Co	Fe	Ti
1	0,4	98,3	0,23	0,01	0,014	0,27	0,1	0,032
2	0,45	98,5	0,27	0,009	0,017	0,31	0,12	0,019
3	0,5	98,4	0,22	0,012	0,021	0,33	0,09	0,08
4	0,3	98,7	0,15	0,07	0,011	0,30	0,05	0,043

После длительной механоактивации пиролитической модификации углерода из сфагнового мха образуются многостенные нанотрубки (рис. 3, *a–б*).

Сформированные нанотрубки имеют дефектную структуру типа «бамбук» и «вложенные наноконусы» (см. рис. 3, *a, б*). Основное количество нанотрубок имеет диаметр в пределах 40 нм, а также присутствуют нанотрубки размерностью 10 и 70 нм (см. рис. 3, *в*).

Сформированный механохимической обработкой нановолокнистый углерод (нанотрубки) имеет довольно высокую удельную поверхность ( $S_{уд} = 400–510 \text{ м}^2/\text{г}$ ) и низкую зольность (~ 1,5 мас. %).

Для изучения режимов и механизма образования нановолокнистого углерода дополнительно проведены исследования по механоактивации аморфного углерода, время механоактивации было снижено с 27 ч до 1; 2; 4; 6; 8; 10 ч, соответственно.

Нановолокнистый углерод не образуется (вплоть до 6 ч механохимической обработки), аморфный углерод сохраняет свою округлую и чешуйчатую форму (рис. 4–7). После 8 ч обработки (рис. 8) начинается формирование нановолокнистой структуры, округлые частицы расслаиваются и вытягиваются в нановолокна. Вероятнее всего, это связано с взрывными механизмами, которые реализуются в процессе механоактивации. После 10 ч (рис. 9) механоактивации структура полностью состоит из нановолокон диаметром от 10 до 70 нм, причём просвечивающая микроскопия показывает, что после 10 ч механоактивации структура нановолокнистого углерода (многостенных нанотрубок) менее дефектная, чем после 27 ч. обработки (рис. 10).

При снижении времени механоактивации аморфного углерода с 27 до 10 ч снижается зольность (до 1 %), содержание кобальта и вольфрама (более чем в два раза) в формируемых многостенных нанотрубках (табл. 2).

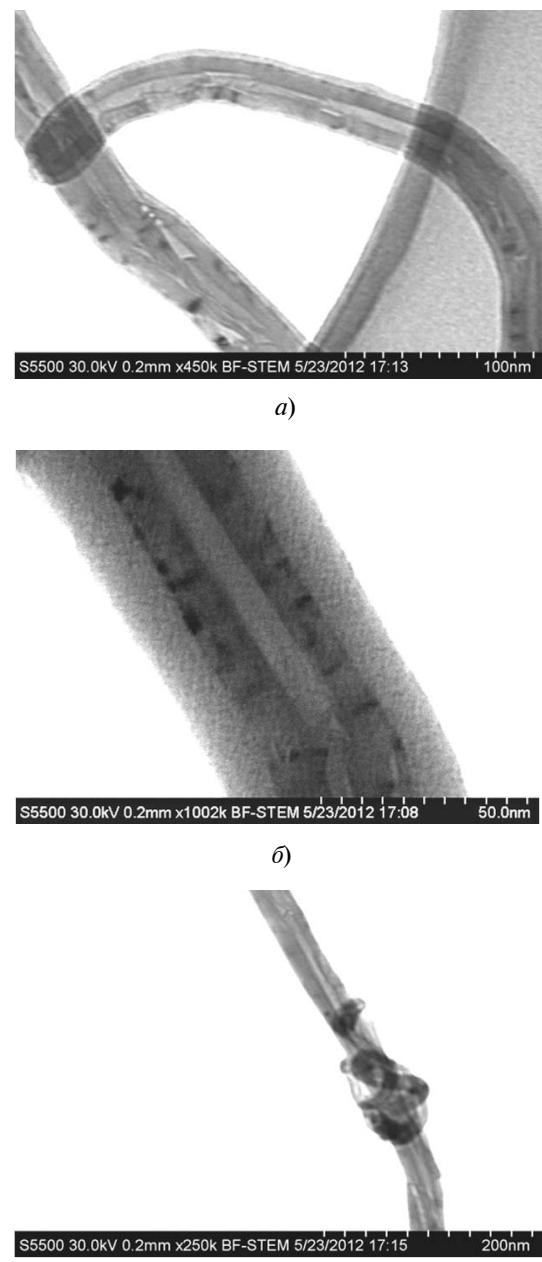
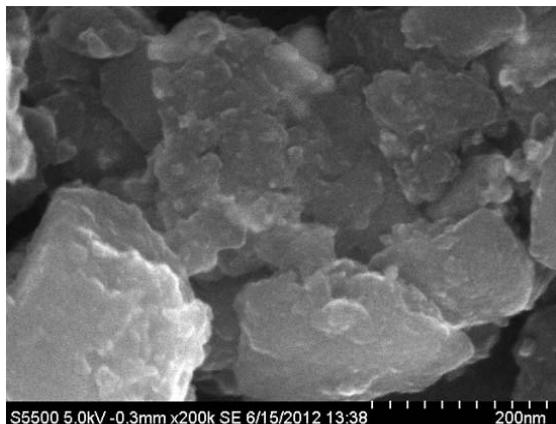
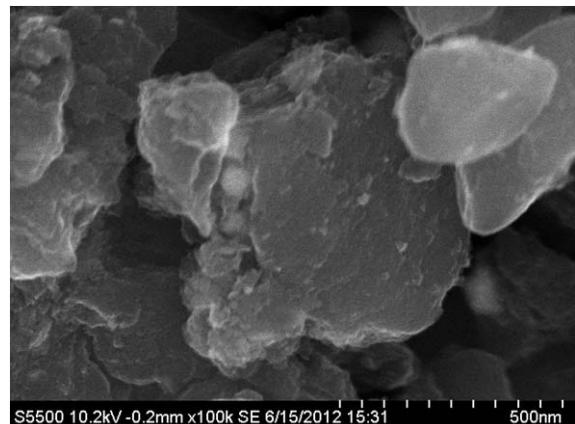


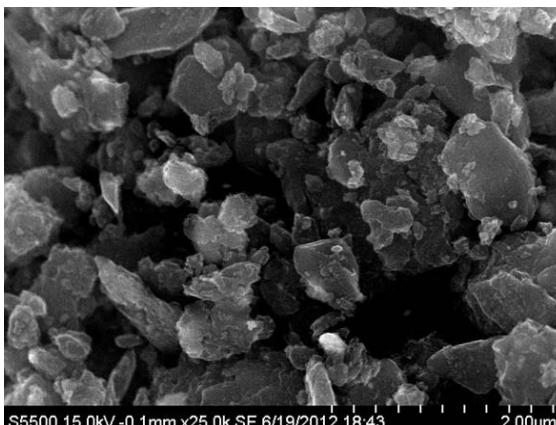
Рис. 3. Просвечивающая электронная микроскопия нанотрубок после 27 ч механоактивации



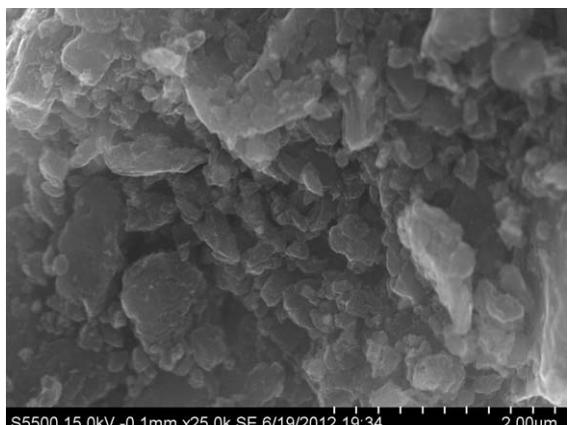
**Рис. 4.** Электронно-сканирующая микроскопия пиролитической модификации из сфагnumа бурого после 1 ч механоактивации



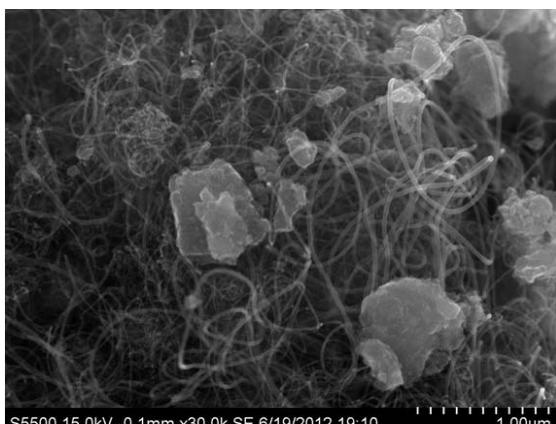
**Рис. 5.** Электронно-сканирующая микроскопия пиролитической модификации из сфагnumа бурого после 2 ч механоактивации



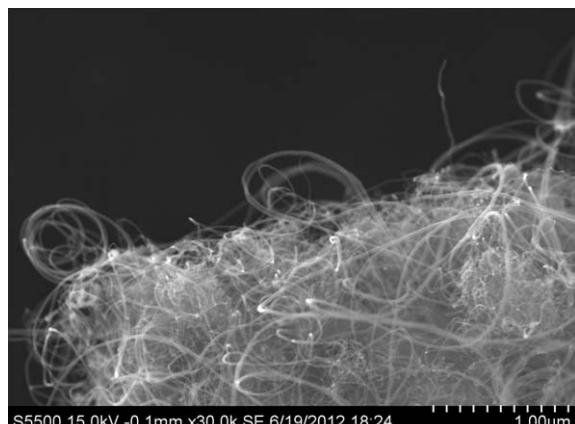
**Рис. 6.** Электронно-сканирующая микроскопия пиролитической модификации из сфагnumа бурого после 4 ч механоактивации



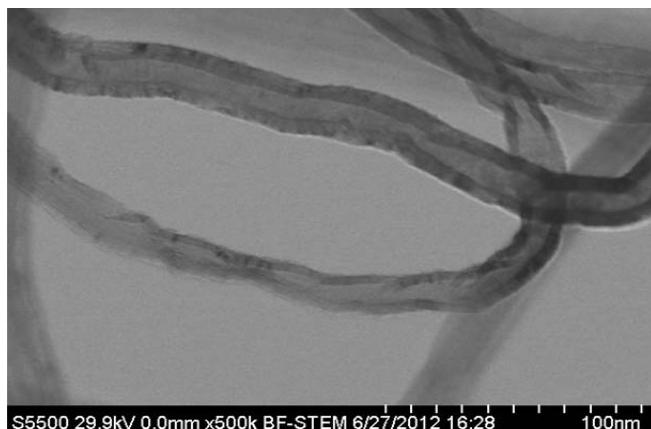
**Рис. 7.** Электронно-сканирующая микроскопия пиролитической модификации из сфагnumа бурого после 6 ч механоактивации



**Рис. 8.** Электронно-сканирующая микроскопия пиролитической модификации из сфагnumа бурого после 8 ч механоактивации



**Рис. 9.** Электронно-сканирующая микроскопия пиролитической модификации из сфагnumа бурого после 10 ч механоактивации



**Рис. 10. Просвечивающая электронная микроскопия нанотрубок после 10 ч механоактивации**

Таблица 2

**Содержание химических элементов в нановолокнистом углероде**

Содержание химических элементов ( % мас.)								
Номер спектра	O	C	W	Ni	Cu	Co	Fe	Ti
1	0,25	99,1	0,12	0,005	0,007	0,12	0,09	0,017
2	0,24	99,0	0,11	0,004	0,011	0,15	0,07	0,011
3	0,27	99,1	0,10	0,008	0,010	0,14	0,05	0,005
4	0,23	99,2	0,08	0,004	0,009	0,12	0,03	0,029

**Заключение.** В процессе механоактивации аморфной модификации углерода, полученной пиролизом сфагнового мха при температуре 950 °C, сформирована нановолокнистая модификация углерода, состоящая из многостенных нанотрубок диаметром от 10 до 70 нм, с низкой зольностью (~ 1 %). Установлены время начала образования нановолокнистой структуры и предполагаемый механизм её образования.

Сформированные нанотрубки в дальнейшем могут применяться, как диссипаторы энергии возбуждения, а следовательно, как фото-, радио- и термостабилизирующие добавки. Учитывая высокую термомеханическую прочность и уникальные электрофизические свойства, можно прогнозировать также высокую эффективность сформированных нанотрубок в качестве модификаторов межфазных границ в композитных материалах, в том числе как центров управления надмолекулярной структурой полимерных связующих и центров кристаллизации в неорганических композитных системах. Синтезированный нановолокнистый углерод может служить перспективным углеродным агентом для синтеза карбидов металлов и энергоёмким анодным материалом для литий-полимерных аккумуляторов.

**Библиографические ссылки**

- Чаков В.В., Бердников Н.В., Коновалова Н.С. Органическое вещество жидкой фазы торфа и его гидролизатов из месторождений Среднеамурского бассейна // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27. № 6. С. 100–104.
- Чаков В.В. Ресурсы верховых болот Нижнего Приамурья и перспективы их освоения: монография. Хабаровск: Изд-во ДВО РАН, 2009. 172 с.
- Онищенко Д.В., Чаков В.В. Возобновляемое растительное сырье как основа для получения функциональных нанокомпозитных материалов универсального назначения // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. № 9. С. 1562–1566.
- Онищенко Д.В., Бойко Ю.Н., Попович А.А. Технология формирования анодных нанокомпозитных систем из возобновляемого растительного сырья и нанодисперсных элементов для циклируемых источников тока // Вопросы материаловедения. 2010. № 3 (63). С. 86–94.
- Онищенко Д.В., Рева В.П. Получение нанопорошка карбида вольфрама методом механической активации // Физика и химия обработки материалов. 2011. № 2. С. 71–77.
- Попович А.А., Онищенко Д.В. Устройство для изготовления анодного материала // Патент России № 67777. 2007. Бюл. 10.
- Попович А.А., Онищенко Д.В. Устройство для изготовления анодного материала // Патент России № 72358. 2008. Бюл. 6.



УДК 33+629.78

**М.В. Павельчук**(Самарский государственный аэрокосмический университет  
им. акад. С.П. Королёва (НИУ))

pmv90aircraft@gmail.com

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ CAD/PDM-СИСТЕМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

*Приведён экономический расчёт оценки стоимости единовременных затрат на внедрение автоматизированных систем Pro/Engineer Wildfire и Windchill в проектный отдел предприятия ракетно-космической отрасли (на основе независимой оценки стоимости внедрения ПО).*

**Ключевые слова:** единовременные затраты, внедрение, автоматизированная система (АС), программное обеспечение (ПО), комплекс технических средств (КТС), комплекс средств автоматизации (КСА), САПР, CAD-система, PDM-система, Pro/Engineer, Windchill, CALS-технологии, космический аппарат (КА), ракетно-космический комплекс (РКК).

*Assessment economic calculation of one-time costs for introduction of the automatic Pro/Engineer Wildfire and Windchill systems in the enterprise design department of the space-rocket branch (on the basis of independent cost assessment of introduction ON) is adduced.*

**Key words:** one-time costs, introduction, automatic systems, software, technical means complex, automation means complex, CAD-system, PDM-system, Pro/Engineer, Windchill, CALS-technology, space apparatus, space-rocket complex.

В настоящее время для промышленных предприятий актуальна проблема оценки стоимости внедрения программных систем. Это связано с быстро растущей конкуренцией между предприятиями РКК по выпуску высококачественной продукции. В связи с этим наблюдается тенденция «гонки» за производительностью и функциональными возможностями ПО, а также минимизацией затрат на его приобретение, так как использование систем с мировым брендом может являться обязательным условием прописанным в контракте (для предприятий, работающих в рамках международной кооперации [1]). Отметим, что данный аспект представляет интерес, как для промышленных предприятий, так и для специалистов, интересующихся проблемами оценки стоимости внедрения ПО.

Согласно методике [2] единовременные затраты на внедрение АС состоят из затрат на приобретение АС, капитальных затрат на КТС, а также расходов на установку КТС, его монтаж и наладку. Капитальные затраты  $K_i$  определяются пропорционально времени использования средств автоматизации в данной АС ( $\delta_i$ ), так как один и тот же КСА может применяться в нескольких АС. Таким образом, единовременные затраты на

внедрение  $i$ -й системы определяются по формуле [2]:

$$K_{\text{вн}} = Z_{\text{пр}}^i + K_{\text{И}} \delta_i,$$

где  $Z_{\text{пр}}^i$  – затраты на приобретение АС с учётом затрат на адаптацию и обучение персонала;  $K_{\text{И}}$  – инвестиционные (капитальные) затраты;  $\delta_i$  – коэффициент участия КСА.

Так как КСА используется только для одной системы (при данном расчёте по независимой оценке стоимости внедрения ПО), то коэффициент участия  $\delta = 1$ . Инвестиционные капитальные затраты определяются по формуле [2]:

$$K_{\text{И}} = K_{\text{КТС}} + K_{\text{м}} + K_{\text{инв}} + K_{\text{зд}} + K_{\text{oc}} + \\ + K_{\text{тр}} + K_{\text{соп}} - K_{\text{выс}},$$

где  $K_{\text{КТС}}$  – сметная стоимость КТС;  $K_{\text{м}}$ ,  $K_{\text{инв}}$ ,  $K_{\text{зд}}$  – затраты на монтаж и запуск КТС, производственный инвентарь, строительство или реконструкцию зданий для размещения КТС;  $K_{\text{м}}$  примерно равно 5 % от стоимости КТС;  $K_{\text{oc}}$  – сумма оборотных средств (минимальная расчётная сумма, постоянно требующаяся предприятию/отделу для работы);  $K_{\text{тр}}$  – транспортно-заготовительные расходы, составляющие около 5 % от стоимости КТС;  $K_{\text{соп}}$  – сметная стоимость

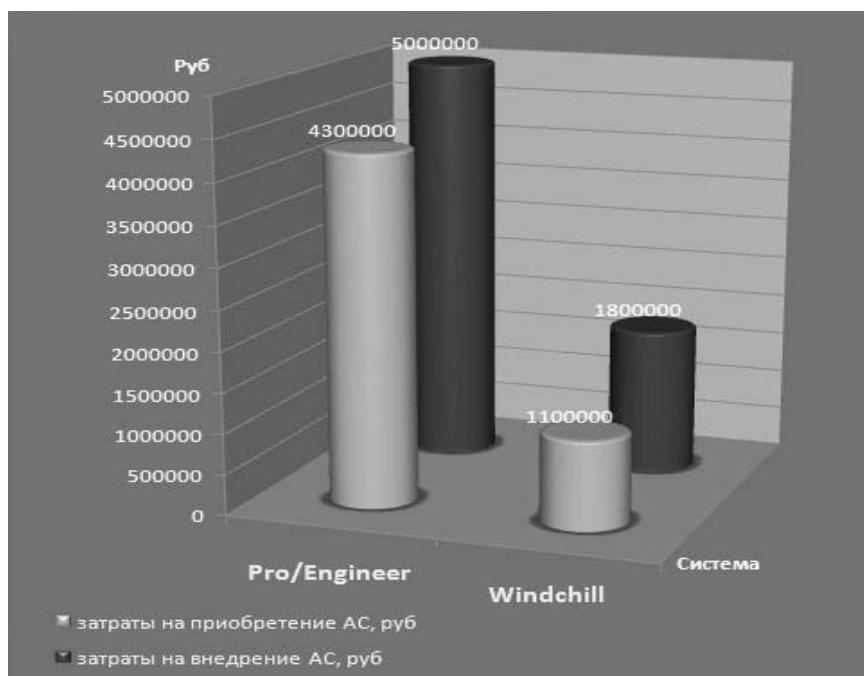
системы стандартного обеспечения применения КТС (равна 5 % от стоимости КТС);  $K_{\text{выс}}$  – сумма высвобождённых средств в результате ввода в действие КСА.

Так как для установки КТС не требуется реконструкции здания, то  $K_{\text{зд}} = 0$  и  $K_{\text{инв}} = 0$  (подразумевается такой производственный инвентарь, как столы, стулья, телефоны, канцтовары и т. д., что в полной мере присутствует на предприятии).

Определим единовременные затраты на внедрение двух программных продуктов компании Parametric Technology Corporation (PTC) – CAD-системы Pro/Engineer Wildfire и PDM-системы Windchill. Расчёт проводится только для проектного отдела (20 человек) на основе независимой оценки стоимости внедрения каждого ПО (без учёта их одновременного внедрения).

#### Единовременные затраты на приобретение/внедрение автоматизированных систем Pro/Engineer Wildfire и Windchill

Единовременные затраты на приобретение/внедрение АС, руб.	Pro/Engineer	Windchill
затраты на приобретение АС ( $Z_{\text{пр}}^i$ )	4 300 000	1 100 000
затраты на внедрение АС ( $K_{\text{вн}}$ )	5 000 000	1 800 000



**Единовременные затраты на внедрение автоматизированных систем Pro/Engineer Wildfire и Windchill (на основе независимой оценки стоимости внедрения каждого ПО)**

1. Расчёт единовременных затрат на внедрение Pro/Engineer Wildfire:

$$Z_{\text{пр}}^i = n_{\text{комп}} \Pi_{\text{пр}1} = 20 \cdot 215 000 = 4 300 000 \text{ руб.},$$

где  $n_{\text{комп}}$  – число компьютеров;  $\Pi_{\text{пр}1}$  – цена продукта (стоимость лицензии) на 1 компьютер;  $Z_{\text{пр}}^i$  – затраты на приобретение АС с учётом затрат на адаптацию и обучение персонала.

$$K_{\text{КТС}} = n_{\text{комп}} \Pi_{\text{комп}1} = 20 \cdot 30 000 = 600 000 \text{ руб.},$$

где  $\Pi_{\text{комп}1}$  – стоимость приобретения 1 компьютера;  $K_{\text{КТС}}$  – сметная стоимость КТС.

$K_m = 0,05 \cdot 600 000 = 30 000 \text{ руб.}$  – затраты на установку, монтаж и запуск КТС в работу.

$K_{\text{oc}} = 10 000 \text{ руб.}$  для проектного отдела.

$K_{\text{tp}} = 0,05 \cdot 600 000 = 30 000 \text{ руб.}$  – транспортно-заготовительные расходы.

$K_{\text{соп}} = 0,05 \cdot 600 000 = 30 000 \text{ руб.}$  – сметная стоимость системы стандартного обеспечения применения КТС.

$$K_{\text{выс}} = 0, \delta = 1.$$

Таким образом, единовременные затраты на внедрение Pro/Engineer Wildfire:

$$K_{\text{вн}} = 4 300 000 + (600 000 + 30 000 + 10 000 + 30 000 + 30 000 - 0) \cdot 1 = 5 000 000 \text{ руб.}$$

2. Расчёт единовременных затрат на внедрение Windchill:

$$Z_{\text{пр}}^i = n_{\text{комп}} \Pi_{\text{пр1}} = 20 \cdot 55\,000 = 1\,100\,000 \text{ руб.},$$

где  $Z_{\text{пр}}^i$  – затраты на приобретение АС с учётом затрат на адаптацию и обучение персонала.

$$K_{\text{КTC}} = n_{\text{комп}} \Pi_{\text{комп1}} = 20 \cdot 30\,000 = 600\,000 \text{ руб.},$$

где  $K_{\text{КTC}}$  – сметная стоимость КТС.

$K_m = 0,05 \cdot 600\,000 = 30\,000$  руб. – затраты на установку, монтаж и запуск КТС в работу.

$K_{\text{ос}} = 10\,000$  руб. для проектного отдела.

$K_{\text{тп}} = 0,05 \cdot 600\,000 = 30\,000$  руб. – транспортно-заготовительные расходы.

$K_{\text{соп}} = 0,05 \cdot 600\,000 = 30\,000$  руб. – сметная стоимость системы стандартного обеспечения применения КТС.

$K_{\text{выс}} = 0$ ,  $\delta = 1$ .

Следовательно, единовременные затраты на внедрение Windchill составят:

$$K_{\text{вн}} = 1\,100\,000 + (600\,000 + 30\,000 + 10\,000 + 30\,000 + 30\,000 - 0) \cdot 1 = 1\,800\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, рассчитанные результаты можно свести в итоговую таблицу:

Графически полученные данные представлены на рисунке.

Внедрение перспективных САПР в проектный отдел, а именно CAD-системы Pro/Engineer Wildfire и PDM-системы Windchill позволит значительно сократить время на создание проекта нового космического аппарата (основной продукции предприятия РКК), т. е. ускорить вывод КА на рынок, сократить затраты и расходы, повысить уровень автоматизации, обновляемость продукции (следовательно, получать постоянный доход) и её конкурентоспособность, т. е. решить основную задачу CALS.

#### Библиографические ссылки

1. Красковский Д. Обзор состояния рынка систем PLM/TDM/PDM/Workflow // САПР и графика. 2004. № 12. С. 14–19.

2. Куренкова В.П. Технико-экономическое обоснование создания автоматизированных систем и программных продуктов: метод. указания. Самара: изд-во СГАУ, 2006. 48 с.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

## РЕЗАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Д.В. Кожевников, С.В. Кирсанов

2012 г. Объем 304 с. Формат 60x88 1/16 ISBN 978-5-94275-657-4 Цена 500 р.



Рассмотрены общие сведения о резании материалов, вопросы стружкообразования, сложные схемы резания, тепловые явления, прочность, износ и стойкость инструментов, обрабатываемость материалов резанием и особенности процесса резания многолезвийными и абразивными инструментами.

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов: "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств".

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Строгинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru)  
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте [WWW.MASHIN.RU](http://WWW.MASHIN.RU)

УДК 65.9

А.П. Иванов, д-р экон. наук, проф. (Московский государственный университет путей сообщения), А.С. Михалёв (ОАО «Уралсиб», г. Москва)

alexmikhalev87@gmail.com

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗМЕРЕНИЮ КАПИТАЛА И ЕГО СТАНДАРТОВ В БАНКОВСКОМ СЕКТОРЕ РФ

*Рассмотрена международная конвенция измерения структуры капитала, представленная в документах Базельского комитета (документы Базель II и Базель III). Описаны нововведения комитета – leverage ratio, буферные зоны консервации и контрциклическая зона, раскрыто их влияние на изменение собственных средств банков, приведены сроки и направления внедрения нововведений в отечественный банковский сектор.*

**Ключевые слова:** документ Базель III, базовый капитал 1-го уровня, дополнительный капитал 1-го уровня, добавочный капитал 2-го уровня, leverage ratio, буферная зона консервации, контрциклическая буферная зона.

*The international convention of the capital structure measurement, presented in the Basel committee documents (Basel II and Basel III) is considered. Committee innovations – leverage ratio, preservation buffer zones and a countercyclical zone are described; their influence on the banks own means change is opened; terms and the directions of the innovations introduction to the domestic banking sector are adduced.*

**Key words:** Basel III, basic capital of the 1st level, additional capital of the 1st level, additional capital of the 2nd level, leverage ratio, preservation buffer zone, countercyclical buffer zone.

Для стабильного функционирования кредитной организации важна достаточность капитала банка. Норматив достаточности собственных средств (капитала) банка ( $H_1$ ) регулирует риск несостоенности банка и определяет требования по минимальной величине собственных средств (капитала) банка, необходимых для покрытия кредитного, операционного и рыночного рисков. Норматив  $H_1$  определяется как отношение размера собственных средств (капитала) банка к сумме его активов, взвешенных по уровню риска.

Рост активов при нормальном функционировании экономики, как правило, опережает рост капитала. Подобное несоответствие темпов роста влечёт за собой снижение показателя достаточности капитала. Исключения можно наблюдать в кризисные периоды. В 2008–2009 гг. активы большинства кредитных организаций снижались, а объём собственных средств увеличивался. На начало 2010 г. достаточность капитала в целом по банковскому сектору составляла 20,9 %. По данным за первое полугодие 2012 г. данный показатель был зафиксирован на уровне 13,8 % [1]. Основные причины падения этого показателя: значительный рост кредитного портфеля, отрицательные финансовые результаты деятельности кредитных организаций, значительные непрофильные активы банков и доли их участия в других юридических лицах.

Ведущие банки страны обладают относительно низким показателем достаточности капитала. По итогам второго квартала 2012 г. рассматриваемый показатель составил: ОАО «Альфа-Банк» 11,4 %, ОАО «Промсвязьбанк» 10,5 %, ОАО «Номос-Банк» 11,28 % [2]. На 30 июня 2012 г. зафиксировано 127 кредитных организаций с нормативом  $H_1$  от 10 до 12 % (доля их суммарных активов в банковском секторе составляет 37,9 %) и 136 кредитных организаций с показателем  $H_1$ , фиксированным на уровне от 12 до 14 % (с суммарной долей активов 42,2 %). Таким образом, порядка 80 % активов банковского сектора имеют существенные ограничения на рост. Для сравнения можно привести данные на начало 2010 г., когда норматив  $H_1$ , превышающий 14 %, был зафиксирован у 972 банков с суммарной долей активов в банковском секторе 89,9 % [1].

Проблемы достаточности капитала носят не только национальный, но и глобальный характер. Известно соглашение «Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала: новые подходы», чаще упоминаемое как документ Базель II [3]. Российское банковское сообщество, наряду с банками еврозоны, США и Японии, старалось придерживаться принципов, изложенных в данном документе. Однако разразившийся мировой экономический кризис 2008–2009 гг. выявил слабые места этого соглашения и показал, что национальным регуляторам

нужно обратить особое внимание на качество и структуру капитала. В результате, в декабре 2010 г. были принятые два документа: «Базель III: Общие регуляторные подходы к повышению устойчивости банков и банковских систем» и «Базель III: международные подходы к измерению риска ликвидности, стандартам и мониторингу» [3]. Приведённые документы не являются обособленными, а выпущены как дополнения и уточнения к документу Базель II.

Документ Базель III, как и его предшественник, носит рекомендательный характер. Регулятор отдельно взятой страны, учитывая национальные рыночные условия и особенности, вправе решать, в какой мере и какими путями внедрять данный документ. При этом существует мнение [4], что присоединение России к Базельскому соглашению способствует повышению надёжности национальной банковской системы, росту эффективности деятельности кредитных организаций, укрепляет доверие иностранных инвесторов и, как следствие, делает отечественный банковский сектор полноправным участником международных банковских операций.

Однако, не все кредитные организации банковского сектора России справились с вводом директив по документу Базель II. Более того, не все национальные банки готовят отчётность в формате международных стандартов финансовой отчётности (МСФО), ограничиваясь отчётом для надзорных органов по российским стандартам бухгалтерского учёта (РСБУ). Таким образом, нельзя говорить о достаточной степени открытости информации по участникам рынка, как этого требует документ Базель III. Эти и другие причины существенно усложняют ввод в эксплуатацию последней версии Базельского соглашения в национальный банковский сектор.

Капитал кредитной организации имеет двухуровневую структуру [3]. Основное назначение капитала 1-го уровня – поддержание стабильного функционирования банка и поглощение потерь в момент их возникновения. В работе [3] предлагается также разделение капитала 1-го уровня на базовый и дополнительный. В состав базового входят:

обыкновенные акции, выпущенные банком, соответствующие критериям отнесения их к акциям для регулирования (или их эквивалент для не акционерных компаний);

эмиссионный доход по инструментам базового капитала 1-го уровня;

нераспределённая прибыль;

накопленные совокупные доходы и раскрытие резервы;

обыкновенные акции, выпущенные дочерними компаниями банка и удерживаемые третьими

сторонами, которые соответствуют критериям для включения в базовый капитал 1-го уровня;

регуляторные корректировки (вычеты), применяемые при расчёте базового капитала 1-го уровня.

При этом для базового капитала 1-го уровня устанавливается минимальное требование к его достаточности на покрытие рисков – отношение базового капитала к активам, взвешенным по уровню риска, должно быть не менее 4,5 % [3].

Дополнительный капитал 1-го уровня включает следующие составляющие:

обыкновенные акции, выпущенные банком, соответствующие критериям отнесения их к акциям для регулирования (или их эквивалент для не акционерных компаний);

добавочный капитал за счёт эмиссионного дохода (премия по акциям) по инструментам дополнительного капитала 1-го уровня;

обыкновенные акции, выпущенные дочерними компаниями банка и удерживаемые третьими сторонами, которые соответствуют критериям дополнительного капитала 1-го уровня и не включены в базовый;

регуляторные корректировки (вычеты), применяемые при расчёте дополнительного капитала 1-го уровня.

Требования к достаточности дополнительного капитала 1-го уровня выражаются аналогичным соотношением, как и для базового капитала, минимальное значение которого устанавливается на уровне 6 % [3].

Капитал 2-го уровня необходим для поглощения убытков при ликвидации банка. В него входят следующие компоненты:

обыкновенные акции, выпущенные банком, соответствующие критериям отнесения их к акциям для регулирования (или их эквивалент для не акционерных компаний) и не включённые в капитал 1-го уровня;

добавочный капитал за счёт эмиссионного дохода (премия по акциям) по инструментам капитала 2-го уровня;

обыкновенные акции, выпущенные дочерними компаниями банка и удерживаемые третьими сторонами, которые соответствуют критериям капитала 2-го уровня и не включены в капитал 1-го уровня;

общие резервы, создаваемые в отношении будущих, не идентифицированных в настоящее время потерь по кредитам, составляющие не более 1,25 % от активов, взвешенных с учётом кредитного риска;

регуляторные корректировки (вычеты), применяемые при расчёте капитала 2-го уровня.

Минимальная величина достаточности капитала 2-го уровня на покрытие рисков – 8 % [3].

Следует отметить предложение создания двух буферных зон: консервации и контрциклическую. Одной из причин кризиса 2008 – 2009 гг. являлся значительный рост объёма выданных кредитов. В силу цикличности экономического роста (за интенсивным ростом следует спад деловой активности), одной из задач Базельского комитета стало сглаживание динамики экономического цикла. Для этого было предложено использовать указанные выше две буферные зоны. На буферную зону консервации возлагаются задачи покрытия банковского сектора и обеспечения экономики кредитами в период экономического спада. Назначение второй буферной зоны – предотвращение избыточного роста объёма выданных кредитов во время экономического подъёма. Реализация данного подхода фактически возлагается на показатель достаточности капитала. В период экономического спада регулятор имеет право понизить данный показатель, предоставив возможность банкам снизить плату за выдаваемые кредиты. В период экономического роста, напротив, нормативное значение коэффициента достаточности капитала повышается [5].

Единого источника создания буфера консервации документ Базель III не определяет. Кредитным организациям разрешается использовать собственную прибыль и привлечённые средства при соответствии последних условиям включения

в базовый капитал. При этом комитет ставит ограничение [6] на выплаты дивидендов и другие расходы из чистой прибыли при недостаточном уровне буфера консервации (табл. 1).

В качестве критерия создания контрциклического буфера в работе [5] указываются показатели соотношения совокупной величины предоставленных кредитов к ВВП, а так же их динамика.

Согласно рекомендациям Базельского комитета, регуляторы имеют широкие возможности для разработки двух буферных зон. В последней версии соглашения комитет приводит ряд методологических рекомендаций и ограничивает верхний предел требований под контрциклический буфер в 2,5 % от активов, взвешенных по уровню риска. Данное нововведение предполагается к внедрению с 1 января 2016 г., а к 2019 г. условие должно применяться в полном объёме. При этом отмечается, что новые требования по контрциклическому буферу капитала должны быть оглашены регулятором за 12 месяцев до вступления в силу.

Таким образом, не устанавливая явных связей между различными уровнями капитала, документ Базель III предлагает регулировать их объёмы с помощью общего критерия – активов, взвешенных по уровню риска. Минимальные требования к капиталу относительно указанного критерия приведены в табл. 2.

Таблица 1

#### Минимальные требования к консервации чистой прибыли

Размер буферного капитала консервации, %	Ограничение на распределение прибыли, %
0–0,625	100
0,625–1,25	80
1,25–1,875	60
1,875–2,5	40
2,5	0

Источник: <http://www.bis.org>

Таблица 2

#### Минимальные требования к достаточности капитала

Требования к достаточности капитала	Основной капитал 1 уровня	Капитал 1 уровня (всего)	Капитал (Всего)
Минимум	4,5	6	8
Буфер консервации	2,5		
Минимальные требования с учётом буфера консервации	7	8,5	10,5
Контрциклический буфер	0–2,5		

Источник: <http://www.bis.org>

Дополнительно стоит отметить [5], что документ Базель III не предполагает наличия капитала 3-го уровня, в который ранее входили краткосрочные субординированные заимствования. Последнее требование реализовано в отечественной банковской практике и соответствует методологической практике [7].

Кроме изменений структуры и состава собственных средств кредитных организаций, на Базельском комитете были приняты и другие новации. Кризисный период 2008–2009 гг. показал, что кредитные организации имели достаточно большое значение финансового рычага (leverage ratio). При этом банки, как отмечается в работе [6], показывали высокую защищённость от риска на основе норматива достаточности капитала. Для устранения возможности искажения информации одним из нововведений документа Базель III является предложение по внедрению нового регулятивного показателя leverage ratio – отношения капитала банка к совокупному объёму его активов и внебалансовых требований, не взвешенных по уровню риска. Минимальный рекомендованный порог для данного показателя пред-

лагается установить на уровне 2,5 % для базового капитала 1-го уровня и 3 % для капитала 1-го уровня в целом [3]. Данный показатель призван повысить качество капитала кредитных организаций и снизить избыточный вес заёмных средств в банковском секторе в целом.

Рассмотрим влияние нововведений документа Базель III на капитал кредитных организаций России. Согласно данным [1], можно привести следующую структуру источников собственных средств банковского сектора России (табл. 3).

На структуру капитала документ Базель III в основном влияет через механизмы субординированных кредитов. Из табл. 3 видно, что данный способ увеличения капитальной базы кредитных организаций является достаточно распространённым и существенным в банковском секторе. Стоит отметить, что в течение трёх докризисных лет доля субординированных кредитов в собственных средствах банковского сектора находилась в пределах 12–14 %, т. е. субординированный кредит в кризисный период был выбран банками как инструмент увеличения капитала для поддержания устойчивости.

Таблица 3

#### Структура собственных средств (капитала) банковского сектора (%)

Показатели	Дата				
	01.01.2010	01.01.2011	01.01.2012	30.09.2012	31.10.2012
<b>Факторы роста капитала</b>	<b>110,9</b>	<b>112,4</b>	<b>115,2</b>	<b>118,2</b>	<b>117,6</b>
Уставный капитал	25,4	25,4	24,5	23,4	23
Эмиссионный доход	20,3	21,7	21,5	21,8	21,3
Прибыль и фонды КО	31,5	37,1	42,9	47,6	47,3
Субординированные кредиты	29,7	24,3	22,7	21,7	22,3
Прирост стоимости имущества за счёт переоценки	4,1	3,9	3,7	3,7	3,6
<b>Факторы снижения капитала</b>	<b>10,9</b>	<b>12,4</b>	<b>15,2</b>	<b>18,2</b>	<b>17,6</b>
Убытки	2,3	1,1	1,7	2,2	2,1
Нематериальные активы	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Источники собственных средств, для формирования которых использованы ненадлежащие активы	0	0,1	0,1	0,1	0,1
Снижение источников дополнительного капитала с учётом ограничений, накладываемых пунктом 41216 Положения Банка России от 37662 №215-П	0,6	0,5	0,2	0,1	0,1
Вложения кредитной организации в акции (доли участия)	7,1	10	12,4	15,1	14,7
Прочие факторы	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5

Источник: www.cbr.ru

Стоит отметить, что в расчёт дополнительного капитала (капитала 2-го уровня) может включаться только кредит сроком не менее 30 лет [7]. Концепция документа Базель III предполагает постепенное исключение данного инструмента из капитала. Соответственно предполагается включение субординированных кредитов в объём основного капитала только при условии его выдачи до 2013 г. [8].

Более того, субординированные кредиты подлежат поэтапному исключению из расчёта собственных средств. Исключение проводится, начиная с отчётной даты по состоянию на 1 мая 2013 г. В период до отчётной даты (по состоянию на 1 мая 2023 г.) исключается ежегодно по 10 % от полной суммы инструмента вплоть до достижения на отчётную дату (по состоянию на 1 января 2023 г.) полного прекращения указанных в настоящем подпункте инструментов [8]. Дополнительно стоит отметить, что аналогично из капитала будут выводиться и привилегированные акции.

Таким образом, исходя из представленной ретроспективы, можно сделать вывод, что банковский сектор России имеет запас времени для решения вопроса вывода субординированных заимствований из капитальной базы. Однако при неэффективном, с точки зрения объёма чистой прибыли, ведении бизнеса, уже по итогам 2013 г. у определённых банков могут возникнуть значительные проблемы с увеличением объёма собственных средств и, как следствие, существенные ограничение на рост бизнеса в дальнейшем.

В группе факторов, уменьшающих капитал, рассмотрим влияние документа Базель III на вложения кредитных организаций в акции (доли участия). Для этого проведём сравнение действующего положения [7] и проекта [8]. Основным отличием по данному фактору уменьшения собственных средств кредитной организации является введение признака существенности вложения. Проект [8] трактует вложение в обыкновенные акции (доли) юридического лица как несущественное, если оно составляет менее 10 % от величины уставного капитала организации – эмитента. Соответственно, отсюда существенным признаётся вложение, составляющее более 10 % от величины уставного капитала организации – эмитента.

Сумма основного капитала уменьшается при условии, что вложение кредитной организации – инвестора в уставной капитал кредитной организации – эмитента не превышает 5 % от величины собственных средств кредитной организации – инвестора [7]. Уменьшение суммы базового капитала происходит при условии, что совокупная

сумма вложений кредитной организации (существенных или несущественных) в инструменты капитала юридических лиц превышает 10 % от величины базового капитала кредитной организации с учётом применения определённых уменьшающих факторов [8].

Дополнительно отметим, что с 1 января 2013 г. в уменьшение суммы источников базового капитала включается совокупная сумма существенных вложений и совокупная сумма отложенных налоговых активов, суммарно превышающих 15 % величины базового капитала кредитной организации после применения ряда вычетов. Таким образом, предполагается, что по истечению переходного периода, начиная с 1 января 2018 г., сумма существенных вложений и отложенных налоговых активов, не уменьшающая сумму источников базового капитала кредитной организации, не может превышать 15 % величины базового капитала с учётом вычетов.

Основываясь на минимальных требованиях документа Базель III по достаточности капитала 1-го и 2-го уровней, а также распространяя изложенное на вложения кредитных организаций в акции (доли участия), можно предположить, что значимость фактора уменьшения собственных средств банков в ближайшем будущем будет расти. Данное обстоятельство косвенно подтверждает его динамика в течение 2012 г. (см. табл. 3).

Представленные изменения в структуре и качестве капитала могут оказаться достаточно существенными для ряда банков. В связи с этим, Департаментом внешних и общественных связей Банка России уже в первом квартале 2011 г. было разработано сообщение [9], в соответствии с которым, требования к структуре собственных средств (в части требований к инструментам акционерного капитала и капитала 1-го и 2-го уровней, а также требований о поэтапном в течение 10 лет списании инструментов капитала, не удовлетворяющих новым критериям), предполагается внедрять с 1 января 2013 г. При этом новые требования к достаточности акционерного капитала и капитала 1-го уровня планируется внедрять поэтапно в течение 2013–2014 гг., а новые требования к достаточности акционерного капитала и совокупного капитала с учётом защитного буфера в течение 2016–2018 гг.

В документе [9] также определены и плановые сроки введения в качестве обязательного норматива показателя финансового рычага. Так, в течение 2013–2016 гг. предусмотрен «параллельный» расчёт банками этого показателя с существующим показателем достаточности капитала. В этот период будут наблюдаться значение показателя leverage ratio и его компонент, а также измене-

ние этого показателя в сравнении с существующим показателем достаточности капитала Н1. С 1 января 2015 г. предполагается раскрытие банками информации по рассматриваемому показателю, а с 1 января 2018 г. данный показатель, порядок расчёта и значение которого планируется уточнить в первой половине 2017 г. (с учётом результатов периода «параллельного» расчёта), предполагается ввести в перечень обязательных.

Внедрение принципов документа Базель III в практику отечественного банковского сектора вызывает множество споров и дискуссий. Очевидный плюс выполнения указанных директив – становление российских кредитных организаций в качестве полноправных участников международных операций. При этом, исходя из указанных выше сроков, внедрение принципов документа Базель III предполагает достаточно длительные сроки, что позволит банкам подготовиться к ним. Стоит отметить, что более ранее соответствие деятельности отдельно взятой кредитной организации рекомендациям документа Базель III будет рассматриваться как преимущество не только регулятором, но и другими участниками рынка.

#### **Библиографические ссылки:**

1. URL: <http://www.cbr.ru> (дата обращения 20.12.2012)
2. URL: <http://www.bankir.ru> (дата обращения 20.12.2012)
3. URL: <http://www.bis.org> (дата обращения 20.12.2012)
4. **Воловик А.Д., Зиядулаев Н.С., Кибардина Ю.С.** Базель-III: испытание надёжности банковской системы России в условиях глобальной конкуренции // Экономика мегаполисов и регионов. 2011. Июнь № 3(39). С. 40.
5. **Бондарчук П.К., Тотьмянина К.М.** От Базеля II к Базелю III // Лизинг. 2012, № 5, С.12.
6. **Попов К.О. Юденков Ю.Н.** Мы не спешим предугадать, как Базель III нам отзовётся // Внутренний контроль в кредитной организации. 2011. № 4. С. 8
7. **Положение ЦБ РФ о методике определения собственных средств (капитала) кредитных организаций** от 10.02.2003. № 215-П.
8. **Проект** Указания Банка России «О порядке расчёта собственных средств (капитала) кредитных организаций в соответствии с Базелем III» URL: [http://www.asros.ru/media/File/news/rashet\\_dost\\_ss.pdf](http://www.asros.ru/media/File/news/rashet_dost_ss.pdf) (дата обращения 20.12.2012).
9. **Официальное** сообщение Департамента внешних и общественных связей Банка России «Об основных направлениях и сроках реализации пакета реформ Базельского комитета по банковскому надзору (Базель III)» URL: [http://www.cbr.ru/press/Archive\\_get\\_blob.aspx?doc\\_id=110329\\_120551bazel1.htm](http://www.cbr.ru/press/Archive_get_blob.aspx?doc_id=110329_120551bazel1.htm) (дата обращения 20.12.2012).



**ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ**

## **ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

**Ю.И. Головин**



2012 г. Объем 656 с. Формат 60x88 1/16 Переплет ISBN 978-5-94275-662-8 Цена 800 р.

Изложены физико-химические основы нанотехнологии. Особенное внимание удалено размерным эффектам различной природы и путям их практического использования в различныхnanoструктурах и изделиях. Рассмотрены современные методы получения, исследования и определение свойств наноматериалов. Систематизированы и описаны основные направления развития нанотехнологий и нанотехники: физическое наноматериаловедение и наномеханика, наноэлектроника и нанобиотехнологии.

Наряду с общими положениями приведено большое число примеров конкретных разработок, доведенных до промышленного производства. Автор использовал как литературные, так и собственные данные. Книга содержит обширный ссылочный аппарат, включающий зарубежные и отечественные источники.

Для инженерно-технических работников, осваивающих и использующих нанотехнологические процессы, а также может быть полезна студентам и аспирантам, специализирующимся в этой области.

**Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:**

по почте: 107076, г. Москва, Строгий пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru)  
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте [WWW.MASHIN.RU](http://WWW.MASHIN.RU)



## ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

### СВЯЗЬ-ЭКСПОКОММ-2013

В мае 2013 г. в Центральном выставочном комплексе «Экспоцентр» прошла 25-я международная выставка телекоммуникационного оборудования, систем управления, информационных технологий и услуг связи «Связь-Экспокомм-2013». Это крупнейший в России, странах ближнего зарубежья и Восточной Европе выставочно-конгрессный форум в сфере инфокоммуникаций и средств связи. Смотр был организован ЗАО «Экспоцентр», компанией «И. Джей. Краузе энд Ассоусиэйтс, Инк.» (США) при участии выставочной компании «Евроэкспо».

Выставка отмечена Знаками Всемирной ассоциации выставочной индустрии (UFI), Российского союза выставок и ярмарок (РСВЯ). Она проходит при официальной поддержке Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации и Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, а также под патронатом Торгово-промышленной палаты России и Правительства Москвы.

В своём приветствии участникам и организаторам «Связь-Экспокомм-2013» директор Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России Александр Якунин отметил: «Связь-Экспокомм» имеет устойчивый международный авторитет и является одним из главных проектов, используемых иностранными производителями информационных технологий и телекоммуникационного оборудования для продвижения и развития бизнеса в России. Выставка не только консолидирует всех специалистов в области средств связи и инфокоммуникации, но и является отражением российского рынка высоких технологий».

В выставке «Связь-Экспокомм-2013» приняли участие 543 компании из 28 стран Европы, Азии и Америки.

Три страны участвовали на уровне национальных экспозиций, рассматривая выставку «Экспоцентра» в качестве главного инструмента работы на российском рынке. Национальную экспозицию Германии представили 19 компаний – лидеров отрасли. Китайская экспозиция выросла в этом году на 10 %. С национальной экспозицией приехали 10 компаний из Канады. На выставке 2013 г. был организован также тайваньский коллективный стенд.

Среди зарубежных участников такие всемирно известные компании, как Cisco, Agilent Technologies, Huawei Technologies, Infinera, Ciena, NEC, Corning, Emerson, Zyxel. Впервые в числе экспонентов – Fiberhome, CambiumNetworks, Walter Meier, Richardson REPD и другие фирмы.

«Связь-Экспокомм» заслуженно считается ведущим смотром высокотехнологического комплекса, в котором стабильно участвует большое количество отечественных компаний и предприятий практически из всех регионов страны.

Свои достижения отечественной телекоммуникационной отрасли продемонстрировали «Мобильные телесистемы», ФГУП РЧЦ, «Инкаб», «Связьстройдеталь», «Концепт Технологии», «Файбертул», «Вимком»,

«ОКС-1», «Энергомера», «Микран», «Элтекс», «Интеркросс», «Датис Групп», «Искрауралтел», «Сателлит Телеком», «Регионстрой», «Т-Хелпер», «Т8» и т. д. – всего 294 компании.

На выставке был представлен широкий спектр услуг связи и технологий: телекоммуникационные технологии и сети; информационная инфраструктура; услуги сервис-провайдеров и операторов связи; информационные системы, программные продукты и сервисы; информационная и физическая безопасность; пользовательские устройства; контент, медиа, развлечения; бизнес-поддержка и услуги.

Впервые на выставке «Связь-Экспокомм-2013» был осуществлён новый проект «Экспоцентр» – за выставки без контрафакта», направленный на уменьшение случаев демонстрации контрафактных товаров на смотрах. На специальном стенде участников и посетителей выставки консультировали высокопрофессиональные юристы, информируя о существующей практике и возможностях правовой защиты объектов интеллектуальной собственности, оказывать юридическую помощь в поиске путей разрешения конфликтных ситуаций в области нарушения исключительных прав.

Деловая программа выставки «Связь-Экспокомм-2013» представляла собой целый комплекс конгрессных мероприятий, нацеленных на инновационное развитие отрасли: форумы, конференции, семинары, презентации, круглые столы, а также заседания рабочих групп. Одним из значимых событий этой программы было расширенное заседание коллегии Роскомнадзора, на котором были обсуждены основные направления развития и задачи по формированию нового облика Роскомнадзора. В заседании приняли участие представители Администрации Президента Российской Федерации, Аппарата Правительства Российской Федерации, Государственной Думы и Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, руководства Минкомсвязи и других федеральных органов исполнительной власти, операторов связи и их объединений, медиасообщества, отраслевых образовательных и научно-исследовательских учреждений.

Роскомнадзор провёл также конференцию «Цифровое ТВ, ход реализации проекта». Были обсуждены вопросы, связанные с ходом реализации ФЦП «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2015 гг.; радиочастотным ресурсом для цифрового телевизионного вещания; ролью отечественных предприятий радиоэлектронной промышленности в переходе на цифровое телевизионное вещание; формированием 3-го и последующих мультиплексов, развитием регионального вещания; подготовкой и повышением квалификации инженерно-технических кадров для цифрового ТВ-вещания; стартовыми положениями Концепции развития ТВ-вещания на 2015–2020/2025 гг.

В презентационной зоне выставки состоялись круглые столы на темы «Внедрение LTE в России» и «Решение проблемы цифрового неравенства в России».



## ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

**Технология изготовления кованых поршней.**  
*Автомобильная промышленность.* 2012. № 4.

Приводятся сведения о назначении, особенностях конструкции, работы и преимуществах кованых поршней, а также о процессе изготовления заготовок и механической обработки таких поршней.

**Программируемые логические контроллеры – средство интеграции АСУТП и ИСУ предприятия.**  
*Автомобильная промышленность.* 2012. № 5.

Рассматривается функционал программируемых логических контроллеров, применяемых в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами.

**Модальное управление в приводах подач металло режущих станков.** *Вестник машиностроения.* 2012. № 4.

Рассмотрен метод модального управления приводом поперечной подачи токарного станка с ЧПУ, основанный на стабилизации упругих деформаций при изменении толщины срезаемого припуска, обеспечивающий постоянное значение в якорной цепи двигателя.

**Система управления приводом станка с компенсацией эксцентрикитета шпинделя.** *Вестник машиностроения.* 2012. № 5.

Разработан метод компенсации эксцентрикитета шпинделя, повышающий точность обработки деталей, путём коррекции поперечной подачи с использованием сигнала обратной связи.

**Расчёт характеристик прочности балок ведущих мостов с кожухами полуосей, запрессованными в картер главной передачи.** *Грузовик.* 2012. № 4.

Рассмотрены особенности конструкции балки ведущего моста, состоящей из кожухов полуосей, запрессованных в картер главной передачи. Показано, что при определении характеристик прочности исследуемой балки необходимо применение комбинированного подхода, включающего моделирование с использованием метода конечных элементов и аналитический расчёт сварных заклёпок методами сопротивления материалов. Предложены и обоснованы модели и расчётные схемы для определения характеристик прочности исследуемой конструкции с учётом её особенностей.

**Расчёт инструмента для холодного калибрования зубьев колёс автомобильных трансмиссий.** *Грузовик.* 2012. № 5.

Разработан алгоритм геометрического расчёта инструмента для холодной калибровки зубчатых колёс автомобильных трансмиссий, основанный на теории эвольвентного зубчатого зацепления.

**Влияние параметров режима коаксиальной лазерной газопорошковой наплавки на геометрические характеристики покрытий из порошкового сплава SH12012 на базе кобальта. Заготовительные производства в машиностроении.** 2012. № 4.

Экспериментально исследованы особенности коаксиальной лазерной наплавки порошкового сплава на основе кобальта. По данным результатов многофакторного эксперимента определены зависимости геометрических размеров наплавленных валиков от параметров режима наплавки. Разработаны технологические рекомендации.

**Автоматическая линия для изотермической раскатки заготовок дисков газотурбинных двигателей. Заготовительные производства в машиностроении.** 2012. № 5.

Рассмотрена технология изотермической раскатки заготовок дисков газотурбинных двигателей. Приведена общая схема оборудования для изотермической раскатки, созданная на основе анализа различных вариантов технических решений конструкции основных узлов с учётом воздействия технологических факторов раскатки на узлы и механизмы при формообразовании дисков из титановых сплавов диаметром до 1200 мм. Определены основные требования к приводам перемещения рабочих узлов и системе управления.

**Плазменно-стимулированное формирование ориентированных углеродных наноструктур в едином вакуумно-технологическом цикле.** *Наноинженерия.* 2012. № 4.

Разработана технология ионно-плазменного низкотемпературного формирования пространственно-ориентированных ансамблей углеродных наноструктур на подложках монокристаллического кремния, направленная на создание автоэмиссионных источников электронов для дисплеев с высокой разрешающей способностью, суперконденсаторов и других приборов, использующих материалы с абсолютно развитой поверхностью при их минимальном объёме. Технология реализуется в выпускаемом вакуумно-технологическом оборудовании.

**Наукоёмкие технологии модификации поверхностных слоёв деталей машин.** *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2012. № 4.

Рассмотрены различные научноёмкие технологии модификации поверхностных слоёв деталей машин: химико-термическая, электроискровая, электронно-лучевая, ионно-плазменная, лазерная.

**Наноплёнки эпиламов как средство повышения эффективности технологий механической обработки и периода стойкости инструмента.** *Наноинженерия.* 2012. № 5.

Рассмотрено применение наноплёнок эпиламов в технологических процессах механической обработки материалов с целью повышения периода стойкости режущего и деформирующего инструмента и обеспечения качества продукции. Описаны этапы формирования наноплёнки на рабочей поверхности инструмента и механизм влияния эпиламов на эффективность механической обработки. Приведены результаты экспериментальных исследований и технологические рекомендации.

**Совершенствование технологии гидроабразивного резания на основе направленных вибраций материала.** *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2012. № 5.

Представлены зависимости скорости подачи гидроабразивной струи от накладываемой частоты направленной вибрации обрабатываемого материала при различных амплитудах колебания.

**Оценка эффективности замены металлов на композиты при модернизации беспилотных летательных аппаратов.** *Полёт.* 2012. № 4.

Приведены методы и модели оценки эффективности замены металлических конструкционных материалов на композиты при модернизации беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Рассмотрен пример аналитической оценки увеличения БЛА класса “поверхность–воздух” при замене металлических материалов в его конструкции на композиты, подтверждающий работоспособность предложенных моделей.

**Компьютерное моделирование оседиагональных насосов турбонасосных агрегатов ЖРД.** *Полёт.* 2012. № 5.

Рассмотрена методика комплексного исследования и оптимального проектирования колёс оседиагональных насосов турбонасосных агрегатов ЖРД: техническое задание, профилирование проточной части колеса, расчёт гидродинамических характеристик и нагрузок на лопасти колеса, расчёт напряжённого состояния и собственных частот лопастей колеса.

**Моделирование контактного взаимодействия шероховатых поверхностей в условиях тангенциальных микроперемещений.** *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2012. № 4.

Предложена математическая модель контакта реальных технических поверхностей, имеющих отклонения от идеальной геометрической формы в виде шероховатости. Модель позволяет рассчитать эксплуатационные характеристики в статическом контакте и при малых относительных касательных перемещениях контактирующих поверхностей. С помощью модели проанализировано

влияние параметров контакта на касательную податливость стыка и формирование фактической площади контакта и силы трения покоя при малых касательных перемещениях.

**Математическая модель процесса адаптации положения детали при автоматизированной сборке.** *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2012. № 5.

Приведены зависимости, описывающие движение детали на этапе адаптации при автоматизированной сборке. Предложена математическая модель процесса адаптации положения детали. Представлены результаты математического моделирования процесса стабилизации движения детали относительно поисковой траектории совмещения.

**Программное обеспечение для автоматизированного проектирования типовых технологических процессов деталей «втулка», «вал».** *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2012. № 4.

Представлено разработанное автором программное обеспечение для автоматизированного формирования комплекта технологических карт на детали типа «вал», «втулка».

**Гидродинамический расчёт упорного подшипника с адаптированным профилем опорной поверхности, работающего на сжимаемой вязкоупругой смазке.** *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2012. № 5.

На основе уравнений движения сжимаемой вязко-упругой смазки решена задача о гидродинамическом расчёте упорного подшипника с адаптированным профилем его опорной поверхности. Даны оценка параметров, обусловленных вязкоупругими свойствами сжимаемости смазки, а также параметра, характеризующего адаптированный (нелинейный) профиль опорной поверхности ползуна на его основные рабочие характеристики.

**Комбинированные композитные покрытия триботехнического назначения, формируемые методами вакуумного осаждения и лазерной обработки.** *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2012. № 4.

Показана возможность реализации дуплексной технологии на основе вакуумных методов осаждения тонких плёнок и лазерной обработки для формирования трибологических покрытий мозаично-дискретной планарной композитной структуры. Приведены экспериментальные исследования влияния параметров композитной структуры покрытий на их трибологические характеристики.

**Режимы и технология стабилизации геометрии деталей магнитно-импульсной обработкой.** *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2012. № 5.

Рассмотрена специфика разработки технологических режимов и особенности проектирования технологического процесса повышения точности литых и сварных деталей путём импульсных воздействий электромагнитного поля.



# ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ



## ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*учебное пособие в 4 кн.*

Под ред. Д.В. Чернилевского

### Кн. 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. Н.В. Ладогубец, Э.В. Лузик

Содержит основные положения, формулы и законы, используемые при изучении курса "Теоретическая механика", включая динамику материальной точки и динамику материальной системы и твердого тела. Даны алгоритмы решения задач, вопросы для самоконтроля и тестовые задания.

### Кн. 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ. В.В. Астанин

Изложены основные вопросы расчетов на прочность элементов машин и сооружений. Приведены примеры решения типовых задач на растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб, сложное сопротивление, повторно-переменные и динамические нагрузки.

### Кн. 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН. Я.Т. Киницкий

Изложены основные понятия и определения курса, структура и классификация механизмов и машин, общие методы кинематического и динамического исследования механизмов, приведены некоторые сведения из теории регулирования движения машин и уравновешивания механизмов.

### Кн. 4. ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. Д.В. Чернилевский

Изложены основные сведения о технологических функциях механизмов, их кинематических и силовых возможностях, достоинствах и недостатках, позволяющих технологу производственных процессов провести анализ и синтез при принятии решения в процессе разработки технического задания на совершенствование существующих конструкций машин или вновь проектируемых машинных комплексов.

Для студентов высших технических учебных заведений, изучающих курсы "Сопротивление материалов" и "Техническая и прикладная механика".

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В.И. Васильев

2013 г.

Объем 172 с.

Формат 60x88 1/16

ISBN 978-5-94275-667-3

Цена 250 р.



Рассмотрены основы построения интеллектуальных систем защиты информации в корпоративных информационных системах. Особое внимание уделено построению биометрических систем идентификации личности, систем обнаружения и предотвращения вторжений, анализа и управления информационными рисками. Изложены современные подходы к созданию данного класса систем с использованием методов теории нейронных сетей, искусственных иммунных систем, нечетких когнитивных моделей.

Допущено Учебно-методическим объединением по образованию в области информационной безопасности в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специализациям специальности "Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем".

**Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:**

по почте: 107076, г. Москва, Строгановский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru)  
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте [WWW.MASHIN.RU](http://WWW.MASHIN.RU)