



**МАТЕРИАЛЫ XIX МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

Новосибирск, 2013 г.

УДК 62
ББК 30
Т38

Т38 «Технические науки — от теории к практике»: материалы XIX международной заочной научно-практической конференции. (20 марта 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 180 с.

ISBN 978-5-4379-0246-2

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

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

Рецензенты:

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

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

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

ISBN 978-5-4379-0246-2

ББК 30

© НП «СибАК», 2013 г.

Оглавление

Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление	7
ИНТЕРПРЕТАТОР ПРОЕКТА ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ В ИНТЕРНЕТЕ Грибова Валерия Викторовна Федорищев Леонид Александрович	7
Секция 2. Машиностроение и машиноведение	15
СЖАТИЕ АНИЗОТРОПНОГО ИДЕАЛЬНОПЛАСТИЧЕСКОГО СЛОЯ ПРИ ОБОБЩЕНИИ УСЛОВИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ МИЗЕСА-ХИЛЛА Балашникова Анжелика Вениаминовна	15
О ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ КУСОЧНО- НЕОДНОРОДНЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ В СЛУЧАЕ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ Деревянных Евгения Анатольевна	23
ИНВЕРСИЯ РАЗМЕРНОЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НА ЭТАПЕ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ Колчков Вячеслав Иванович	29
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ОБКАТОЧНОЙ ФРЕЗЫ ПРИ ВЗАИМОПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ОСЯХ ЗАГОТОВКИ И ИНСТРУМЕНТА Парненко Валерия Сергеевна	39
НАСТРОЙКА ПОДСИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ НЕЖЕСТКИХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ Расторгуев Дмитрий Александрович Шевчук Андрей Николаевич	47
Секция 3. Транспорт и связь, кораблестроение	56
СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДИСКРИМИНАЦИИ В СФЕРЕ ТРУДА ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ Гаглоев Эмзар Пореевич	56

ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО РЕМОНТУ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА Смирнов Виктор Александрович	65
Секция 4. Аэро-космическая техника и технологии	71
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТНО-КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АЭРОФОТОСИСТЕМ Молчанов Андрей Сергеевич	71
Секция 5. Строительство и архитектура	76
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ В ЗДАНИИ С НЕВЕНТИЛИРУЕМОЙ КРЫШЕЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА Жуков Артем Николаевич	76
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА НЕВЕНТИЛИРУЕМОЙ КРЫШИ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА Жуков Артем Николаевич	81
Секция 6. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы	86
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО- СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ Пиляева Ольга Владимировна Книга Юрий Анатольевич	86
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В ЗАУРАЛЬЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Саегалиева Гузель Эльмировна	91
Секция 7. Химическая техника и технология	96
СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ АКТИВИРОВАННЫХ O,N-ГЕТЕРО-1,3-ДИЕНОВЫХ СИСТЕМ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ Козьминых Владислав Олегович	96

Секция 8. Приборостроение, метрология, радиотехника **109**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ
ДИФРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ 109

Андросик Андрей Борисович
Воробьев Сергей Андреевич
Мировицкая Светлана Дмитриевна

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ 116

Парфеньева Ирина Евгеньевна
Аксёнов Артур Николаевич

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА
МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ
НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ 129

Скулкина Юлия Сергеевна
Кравченко Александр Петрович

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ
ПАТОЛОГИЙ У ЖЕНСКОГО ПЕРСОНАЛА ВО ВРЕМЯ
ДЛИТЕЛЬНОГО ПРЕБЫВАНИЯ НА КОРАБЛЕ 136

Сошина Наталья Сергеевна
Короченцев Владимир Иванович
Кравченко Александр Петрович

КОМПЕНСАЦИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ
ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ С УЧЕТОМ
ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДАТЧИКА 143

Тихоненков Владимир Андреевич
Солуянов Денис Александрович

Секция 9. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология **151**

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ
СТОЧНЫХ ВОД 151

Гимазутдинова Регина Раяновна
Ибрагимова Алсу Рамилевна
Ибрагимов Радик Равилевич

О ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЯХ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГИПСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА В РАБОЧУЮ ЗОНУ	156
Луканин Денис Викторович Назарова Марина Александровна Бдоян Элиза Рушановна	
ПРОБЛЕМЫ ЗАПЫЛЕННОСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	161
Тараканов Антон Витальевич Бариева Энза Рафаиловна	

**Секция 10. Организация производства и менеджмент, 165
системы управления качеством**

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА БАНОЧНОЙ ЛЕНТЫ ИЗ СПЛАВА 3104 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА	165
Арышенский Евгений Владимирович Беглов Эркин Джавдатович Арышенский Владимир Юрьевич Панкратов Михаил Александрович	

СЕКЦИЯ 1.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ИНТЕРПРЕТАТОР ПРОЕКТА ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ В ИНТЕРНЕТЕ

Грибова Валерия Викторовна

*д-р техн. наук, ИАПУ ДВО РАН,
г. Владивосток*

E-mail: gribova@iacp.dvo.ru

Федорищев Леонид Александрович

мл. науч. сотр., ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток

E-mail: fleo1987@mail.ru

THE INTERPRETER OF A PROJECT OF A VIRTUAL ENVIRONMENT FOR THE INTERACTIVE COMPUTER SYSTEMS IN THE INTERNET

Gribova Valeria

Professor, IACP FEBRAS, Vladivostok

Fedorischev Leonid

Junior researcher, IACP FEBRAS, Vladivostok

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект
№ 13-07-00024 и ДВО РАН, проект 12-1-П15-03*

АННОТАЦИЯ

В работе описан метод интерпретации виртуальных интерактивных сред по декларативному проекту. Описаны компоненты архитектуры интерпретатора, функциональность каждого компонента, их взаимосвязи друг с другом. Представленный метод интерпретации виртуальных интерактивных сред показал свою эффективность на практике в реализованном прототипе тренажера для офтальмологии.

ABSTRACT

A method of interpretation of virtual interactive environments by a declarative project is described. There are described components of the interpreter architecture, functionality of each component, and their connections with each other. The described interpretation method demonstrated its efficiency in practice at the completed prototype of the ophthalmology simulator.

Ключевые слова: виртуальный мир; онтологии; интерпретатор.

Keywords: virtual world; ontologies; interpreter.

В настоящее время актуально применение компьютеров для разработки так называемых виртуальных сред. Виртуальная среда (от англ. virtual environment) — программная среда, в которую может быть погружен человек и где он может взаимодействовать с искусственно созданными виртуальными объектами. Виртуальные среды активно используются в военных, образовательных, научных, развлекательных и других целях.

На сегодняшний день существуют различные специализированные и универсальные инструментальные средства и пакеты прикладных программ, облегчающие создание виртуальных интерактивных сред благодаря использованию современных достижений компьютерной графики, звука, устройств ввода, программного интерфейса: Дельфин, ToolBook, Lectora, CAVE, WorldToolKit, Avango, Lightning, Juggler, Unity3D, Virtools, библиотеки: Alternativa3D, Flare3D и многие другие.

Однако все имеющиеся средства ориентированы на использование программистами; процесс разработки связан с программированием нетривиальных скриптов или программ на языках программирования с последующей сборкой и компиляцией. Часто для разработки виртуальных сред требуется использовать несколько различных библиотек и инструментальных средств. В результате процессы создания и сопровождения таких сред оказываются чрезмерно трудоемкими.

Современный подход в области информационных технологий требует (1) минимизации участия программистов в разработке прикладных программных систем и максимальное вовлечение в их разработку экспертов предметных областей; (2) осуществление доступа через Интернет как к средствам разработки программных систем, так и средствам их использования; (3) реализация условий для кооперативной деятельности экспертов предметных областей и программистов в создании и сопровождении прикладных программных систем; (4) поддержка технологии создания прикладных систем из повторно-используемых компонентов, что требует реализации идеологии систематизации и накопления библиотек повторно-используемых компонентов.

Целью данной работы является описание метода интерпретации виртуальных интерактивных сред как облачного сервиса

Реализация указанных выше требований может быть найдена в рамках декларативного подхода к автоматизации профессиональной деятельности [4, 5]. В соответствии с ключевыми идеями данного подхода предлагаются следующие основные принципы проектирования системы [1, 2]:

1. Разработка декларативной модели метаинформации для формирования проекта виртуальной интерактивной среды. Данные декларативные модели [1, 2] необходимы для того, чтобы в их терминах разработчики-эксперты предметной области, дизайнеры, программисты могли определять и модифицировать структуру конкретного проекта виртуальной интерактивной среды.

2. Разработка декларативного проекта виртуальной интерактивной среды в терминах метаинформации. Проект виртуальной интерактивной среды является конкретизацией модели метаинформации, т. е. проект уточняет множество конкретных характеристик и значений терминов этой модели.

3. Обеспечение функционирования виртуальной интерактивной среды через интерпретацию его декларативного проекта и генерацию по нему виртуального мира. Интерпретатор проекта и генератор виртуального мира необходимы для уменьшения трудоемкости разработки и сопровождения виртуальных интерактивных сред [3].

4. Реализация и использование всего программного комплекса как облачного сервиса. Использование технологии облачных вычислений дает новый уровень гибкости для управления и сопровождения программных средств, а также значительно расширяет аудиторию пользователей [6].

Общая архитектура системы состоит из информационных и программных компонентов.

Информационными компонентами системы являются: декларативные модели метаинформации, декларативные проекты, различные ресурсы (3d-модели, текстуры и др.), внешние функции.

Программными компонентами системы являются: редактор проекта; редактор виртуального мира; редактор внешних функций; интерпретатор.

На основе представленных информационных компонентов с помощью приведенных редакторов строится декларативный проект виртуальной среды, который интерпретируется в трехмерную виртуальную среду, отображаемую пользователю в браузере. Процесс интерпретации декларативного описания проекта сцены в работающую программную систему выполняет интерпретатор.

Интерпретация декларативной модели проекта заключается в создании на основе этой модели программной виртуальной среды, обеспечении интерактивного взаимодействия с пользователем в соответствии с заданными в декларативной модели интерактивными возможностями и сценарием (см. рис. 1).

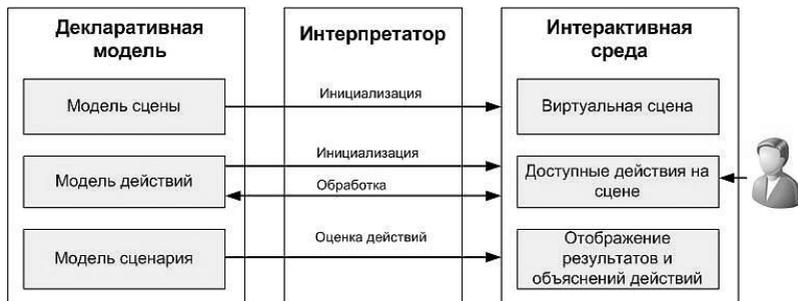


Рисунок 1. Интерпретация декларативной модели

Интерпретатор выполняет следующие задачи (см. рис. 1):

1. Инициализация виртуальной сцены по ее декларативному проекту.
2. Инициализация интерактивного взаимодействия пользователя с созданной виртуальной сценой на основе описания действий, представленных в проекте.
3. Динамическая обработка событий виртуальной среды (действий пользователя) с применением и изменением декларативного проекта. Изменение виртуальной среды.

4. Обработка и оценка (интерпретация) выполненных действий в соответствии с декларативным описанием сценария (если сценарий задан в проекте).

На рис. 2 представлена упрощенная архитектура интерпретатора.

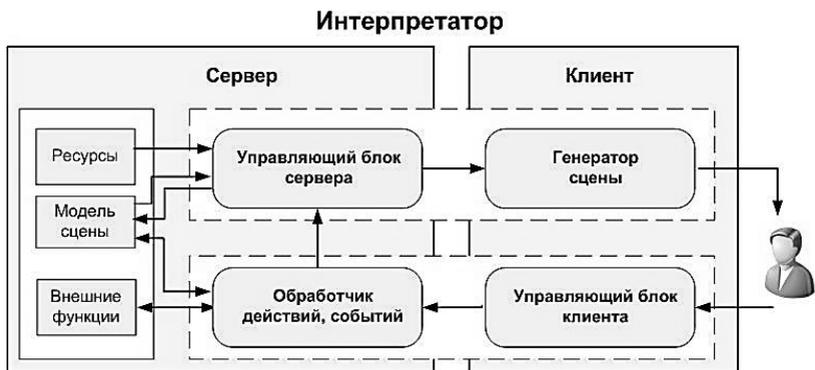


Рисунок 2. Архитектура интерпретатора

Архитектура интерпретатора состоит из двух основных частей: клиентской и серверной.

На клиентском компьютере выполняется задача рендеринга (генерации изображения) трехмерной сцены виртуальной интерактивной среды, осуществление взаимодействия между пользователем и средой, отображение интерфейса. Ставятся задачи, независимые от внешних обработок, т. е. такие, которые могут быть выполнены на локальном компьютере пользователя.

На сервере происходит вся логическая и дополнительная внешняя обработка действий, и затем эта информация пересылается для отображения в браузер пользователя. Серверная часть не зависит от параметров локального компьютера пользователя и структуры клиента.

Задача инициализации заключается в отображении декларативного описания проекта виртуальной сцены в его трехмерное представление в каждом состоянии виртуальной сцены. По декларативному проекту генератор сцены строит трехмерную виртуальную сцену: генерируются объекты сцены, загружаются необходимые медиа-данные (3d-модели, текстуры), с объектами виртуальной сцены связываются анализаторы событий, устанавливается управление сценой. Сгенерированная сцена отображается пользователю, который может с ней взаимодействовать (взаимодействовать с объектами сцены), управляя подвижной камерой.

Интерактивное взаимодействие пользователя с виртуальной сценой происходит за счет действий, также описанных в проекте. Могут быть заданы два вида действий по способу выполнения: командные и интерактивные [1].

Командные действия на клиентском компьютере интерпретируются в соответствующие элементы интерфейса с предоставлением выбора нужных команд для пользователя.

Интерактивные действия на этапе инициализации и последующей интерпретации динамически связываются с необходимыми объектами в соответствии с их текущими состояниями.

В процессе работы интерактивного приложения интерпретатор отслеживает и изменяет свойства и связи объектов, событий и действий в зависимости от момента времени и состояний объектов.

Рассмотрим выполнение двух действий: A_1 и A_2 и их связи с событиями и объектами. Действие A_1 в момент времени t_1 посредством события E_1 связано с произвольными объектами $\{Oa_{11} \dots Oa_{1n}\}$ из множества объектов сцены, а в момент времени t_2 посредством события E_2 связано с объектами $\{Oa_{11} \dots Oa_{1m}\}$. Действие A_2 в момент времени t_1 посредством события E_1 связано с произвольными объектами $\{Oa_{21} \dots Oa_{2n}\}$ из множества объектов сцены, а в момент времени t_2 посредством события E_1 связано с объектами $\{Oa_{21} \dots Oa_{2m}\}$. Из декларативного описания действий следует, что:

1. Независимо от событий для действия A_1 множества $\{Oa_{11} \dots Oa_{1n}\}$ и $\{Oa_{11} \dots Oa_{1m}\}$ могут как совпадать, так и не совпадать или даже могут быть пустыми; аналогично для действия A_2 .
2. Для разных действий A_1 и A_2 множества объектов, с которыми связаны эти действия в один момент времени t_1 (t_2), являются независимыми (и в частности могут пересекаться).

С учетом представленных выше требований интерпретатор в процессе работы программы устанавливает новые и убирает ненужные обработчики событий на объекты, связанные с выполнением соответствующих действий.

В процессе (и результате) выполнения действия для его обработки могут быть получены и потребованы различные параметры, например, координаты щелчка мышки по объекту. По декларативному проекту интерпретатор определяет требуемые параметры для обработки действия, получает их из имеющейся информации в виртуальной среде и затем передает для обработки на сервер. На сервере реализуется либо стандартная обработка параметров действий, либо специфическая, которая определена в проекте.

В декларативном проекте может быть указано, каким образом должны измениться объекты сцены. Это может быть изменение состояний объектов, включающее изменение значений логических атрибутов объекта или презентационных атрибутов. Могут быть изменены связи составных объектов с другими объектами сцены в иерархии родительский-дочерний объекты.

Для изменения состояний объектов интерпретатор должен пройти по всем описанным в модели атрибутам нового состояния объекта и выполнить:

1. Изменение визуального отображения объекта сцены (связанное с такими презентационными атрибутами объекта, как: трехмерная модель объекта, текстура, координаты, повороты, коэффициенты масштабирования) на клиентском компьютере.

2. Изменить логические и презентационные атрибуты объектов в декларативном проекте в состоянии и на сервере.

Обработка действий интерпретатором может зависеть от множества различных параметров, включающих атрибуты объектов, параметры сцены в целом. Алгоритм получения результата может быть реализован во внешнем модуле. Поэтому основная обработка информационных результатов находится на серверной части, на которую с клиента отправляется соответствующее сообщение. На клиентском компьютере выделяются следующие подзадачи:

1. Сформировать сообщение серверу о необходимости выполнения некоторого алгоритма для получения результата.

2. Получить ответное сообщение от сервера с результатом выполнения.

3. Отобразить пользователю результат обработки.

Задача интерпретатора — найти результат, соответствующий всем полученным параметрам, отобразить его пользователю в виртуальной среде, получить оценку этого результата, выполнить объяснение этого результата в соответствии со сценарием, заданным в декларативной модели.

В работе рассмотрен метод интерпретации виртуальных интерактивных сред по его декларативному проекту. В настоящее время создан и экспериментально исследован прототип системы, с помощью которого реализован пробный тренажер обследования зрения по таблицам Сивцева для офтальмологии. Полнофункциональный инструментальный комплекс реализован и находится в состоянии тестирования и внедрения в облачную платформу IASaaS. Данный программный комплекс планируется использовать

при создании интерактивных виртуальных сред для решения различных задач.

Список литературы:

1. Грибова В.В., Петряева М.В., Федорищев Л.А. Разработка виртуального мира медицинского компьютерного обучающего тренажера // Дистанционное и Виртуальное Обучение. — 2011. — № 9. — С. 56—66.
2. Грибова В.В., Федорищев Л.А. «Виртуальная реальность в образовании: система разработки интернет-проектов» // НИТО, 2012. — С. 116—118.
3. Грибова В.В., Федорищев Л.А. Разработка виртуальных интерактивных сред на основе онтологического подхода // КИИ, 2012. — С. 144—151.
4. Клещев А.С. Роль онтологии в программировании. Ч. 1. Аналитика // Информационные технологии 2008. № 10. — С. 42—46.
5. Концер Т. «Облачные» вычисления: всё как сервис // PC Week/RE. — 2009. — № 32. — с. 12—13.
6. Соснин П.И. Создание и использование онтологий проектов в разработке автоматизированных систем // КИИ 2010, Тверь. — 2010. Том 2. — с. 187—195.

СЕКЦИЯ 2.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

СЖАТИЕ АНИЗОТРОПНОГО ИДЕАЛЬНОПЛАСТИЧЕСКОГО СЛОЯ ПРИ ОБОБЩЕНИИ УСЛОВИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ МИЗЕСА-ХИЛЛА

Балашникова Анжелика Вениаминовна

*аспирант кафедры математического анализа
Чувашский государственный педагогический университет
им. И.Я. Яковлева,
г. Чебоксары
E-mail: info3006@yandex.ru*

COMPRESSION OF ANISOTROPIC IDEALLY PLASTIC LAYER AT GENERALIZATION OF THE CONDITION OF PLASTICITY OF MIZESA-HILLA

Balashnikova Anshelika

*Postgraduate student, Department of Mathematical Analysis, I. Yakovlev
Chuvash State Pedagogical University,
Cheboksary*

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается предельное состояние слоя из идеальнопластического материала при трансляционной анизотропии, сжатого параллельными шероховатыми плитами [2].

ABSTRACT

In work the limit condition of a layer from an idealnoplachestsky material is considered at the transmitting anisotropy, squeezed by parallel rough plates.

Ключевые слова: сжатие; слой; идеальная пластичность; трансляционная анизотропия.

Keywords: compression; layer; ideal plasticity; transmitting anisotropy

Запишем уравнения равновесия

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= 0.\end{aligned}\tag{1}$$

Условие пластичности [1] запишем в виде

$$A(\sigma_x - \sigma_y)^2 + B(\sigma_y - \sigma_z)^2 + C(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6[D\tau_{xy}^2 + F\tau_{yz}^2 + E\tau_{xz}^2] = 6k_0^2,\tag{2}$$

где: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{xz}$ — компоненты напряжения, $A, B, C, D, F, E, k_0 - const$, определяющие предел текучести и параметры анизотропии.

В дальнейшем перейдем к безразмерным величинам, все величины, имеющие размерность напряжений отнесем к величине предела текучести k_0 и сохраним обозначения напряжений σ_{ij} .

Условие пластичности (2) примет вид

$$A(\sigma_x - \sigma_y)^2 + B(\sigma_y - \sigma_z)^2 + C(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6[D\tau_{xy}^2 + F\tau_{yz}^2 + E\tau_{xz}^2] = 6,\tag{3}$$

Соотношения связи между напряжениями и скоростями деформаций согласно ассоциированному закону течения, имеют вид

$$\begin{aligned}
\varepsilon_x &= 2\lambda \cdot (A(\sigma_x - \sigma_y) - C(\sigma_z - \sigma_x)), \\
\varepsilon_y &= 2\lambda \cdot (-A(\sigma_x - \sigma_y) + B(\sigma_y - \sigma_z)), \\
\varepsilon_z &= 2\lambda \cdot (-B(\sigma_y - \sigma_z) + C(\sigma_z - \sigma_x)), \\
\varepsilon_{xy} &= 6\lambda \cdot D\tau_{xy}, \\
\varepsilon_{yz} &= 6\lambda \cdot F\tau_{yz}, \\
\varepsilon_{xz} &= 6\lambda \cdot E\tau_{xz},
\end{aligned} \tag{4}$$

где: $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \varepsilon_{xy}, \varepsilon_{yz}, \varepsilon_{xz}$ — компоненты скорости деформации.

Из (4) следует условие несжимаемости

$$\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = 0 \tag{5}$$

Используя условие несжимаемости (5) из (4) выразим:

$$(\sigma_z - \sigma_x) = -(\sigma_x - \sigma_y) - (\sigma_y - \sigma_z) \tag{6}$$

Подставляя полученное выражение (6) в ассоциированный закон течения (4) найдем

$$\begin{cases}
\frac{\varepsilon_x}{2\lambda} = (A + C)(\sigma_x - \sigma_y) + C(\sigma_y - \sigma_z), \\
\frac{\varepsilon_y}{2\lambda} = -A(\sigma_x - \sigma_y) + B(\sigma_y - \sigma_z).
\end{cases} \tag{7}$$

Определитель данной системы (7) равен

$$\Delta = \begin{vmatrix} A + C & C \\ -A & B \end{vmatrix} = AB + BC + AC.$$

Найдем решения системы (7):

$$\begin{aligned}
 (\sigma_x - \sigma_y) &= \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{B\varepsilon_x - C\varepsilon_y}{2\lambda\Delta}, \\
 (\sigma_y - \sigma_z) &= \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{A\varepsilon_x + (A+C)\varepsilon_y}{2\lambda\Delta}, \\
 (\sigma_z - \sigma_x) &= \frac{\Delta_3}{\Delta} = -\frac{(A+B)\varepsilon_x + A\varepsilon_y}{2\lambda\Delta}, \\
 \tau_{xy} &= \frac{\varepsilon_{xy}}{6\lambda\Delta}, \tau_{yz} = \frac{\varepsilon_{yz}}{6\lambda\Delta}, \tau_{xz} = \frac{\varepsilon_{xz}}{6\lambda\Delta}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Полученное решение подставим в уравнение пластичности (2) и выразим λ :

$$\begin{aligned}
 6\lambda &= \frac{1}{\Delta} \sqrt[3]{2[M] + D\varepsilon_{xy}^2 + F\varepsilon_{yz}^2 + E\varepsilon_{xz}^2}, \\
 M &= A(B\varepsilon_x - C\varepsilon_y)^2 + B(A\varepsilon_x + (A+C)\varepsilon_y)^2 + C((A+B)\varepsilon_x + A\varepsilon_y)^2.
 \end{aligned} \tag{9}$$

Имеют место формулы Коши

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x}, \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}, \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), \\
 \varepsilon_{yz} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right), \varepsilon_{xz} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)
 \end{aligned} \tag{10}$$

где: u, v, w — скорости перемещения.

Имеем

$$\sigma = \frac{1}{3} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = \sigma_x + \frac{1}{3} ((\sigma_y - \sigma_x) + (\sigma_z - \sigma_x)). \tag{11}$$

Используя (11) из (4) выразим напряжения через компоненты скорости деформации:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sigma + \frac{1}{6\lambda\Delta} \left((A + 2B)\varepsilon_x + (A - C)\varepsilon_y \right), \\ \sigma_y &= \sigma + \frac{1}{6\lambda\Delta} \left((A - B)\varepsilon_x + (A + 2C)\varepsilon_y \right), \\ \sigma_z &= \sigma + \frac{1}{6\lambda\Delta} \left(-(2A + B)\varepsilon_x - (2A + C)\varepsilon_y \right).\end{aligned}\tag{12}$$

Предположим, что все компоненты девиаторов напряжений, и скорости деформации ε_{ij} , зависят только от z :

$$\sigma'_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij}\sigma = \sigma'_{ij}(z).\tag{13}$$

Положим аналогично Прандтлю:

$$\tau_{xz} = az, \tau_{yz} = bz,\tag{14}$$

где: $a, b - const$.

Из (4), (14) следует

$$\varepsilon_{xz} \cdot Fb = \varepsilon_{yz} \cdot Ea\tag{15}$$

Согласно принятым предположениям уравнения равновесия (1) примут вид

$$\frac{\partial\sigma}{\partial x} + a = 0, \frac{\partial\sigma}{\partial y} + b = 0, \frac{\partial\sigma_z}{\partial z} = 0, \frac{\partial\sigma}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{-(2A + B)\varepsilon_x - (2A + C)\varepsilon_y}{6\lambda\Delta} \right) = 0.\tag{16}$$

Из (16) находим

$$\sigma_z = -ax - by + C, \sigma = -ax - by + C + \frac{(2A+B)\varepsilon_x + (2A+C)\varepsilon_y}{6\lambda\Delta}, C - const \quad (17)$$

Условие несжимаемости (5), согласно (10), имеет вид

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (18)$$

Положим

$$\begin{aligned} u &= m_1 x + n_1 y + \varphi_1(z), \\ v &= m_2 x + n_2 y + \varphi_2(z), \\ w &= m_3 x + n_3 y + qz, \end{aligned} \quad (19)$$

где: $m_i, n_i, q - const$

Согласно (10), (18) формулы Коши перепишем, учитывая предположение (14) получим

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= m_1, \varepsilon_y = n_2, \varepsilon_z = q, \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2} \cdot (n_1 + m_2), \\ \varepsilon_{yz} &= \frac{1}{2} \cdot \left(n_3 + \frac{d\varphi_2}{dz} \right), \varepsilon_{xz} = \frac{1}{2} \cdot \left(m_3 + \frac{d\varphi_1}{dz} \right), m_1 + n_2 + q = 0. \end{aligned} \quad (20)$$

Для нахождения λ в соотношение (9) подставим полученные формулы Коши (20) и найдем:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{1}{\Delta} \sqrt{\frac{3}{2} [N] + D\varepsilon_{xy}^2 + F\varepsilon_{yz}^2 + E\varepsilon_{xz}^2}, \\ N &= A(Bm_1 - Cn_2)^2 + B(Am_1 + (A+C)n_2)^2 + C((A+B)m_1 + An_2)^2 \end{aligned} \quad (21)$$

Согласно (12), (15), (17), (20) получим

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sigma_z + \frac{3}{6\lambda\Delta} [(A+B)\varepsilon_x + A\varepsilon_y] = -ax - by + C + \frac{3}{6\lambda\Delta} [(A+B)m_1 + An_2], \\ \sigma_y &= \sigma_z + \frac{3}{6\lambda\Delta} [A\varepsilon_x + (A+C)\varepsilon_y] = -ax - by + C + \frac{3}{6\lambda\Delta} [Am_1 + (A+C)n_2], \\ \tau_{xy} &= \frac{\varepsilon_{xy}}{6\lambda\Delta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{n_1 + m_2}{6\lambda\Delta}, \\ (\sigma_x - \sigma_y) &= \frac{3}{6\lambda\Delta} [Bm_1 - Cn_2], (\sigma_y - \sigma_z) = \frac{3}{6\lambda\Delta} [Am_1 + (A+C)n_2], \\ (\sigma_z - \sigma_x) &= -\frac{3}{6\lambda\Delta} [(A+B)m_1 + An_2].\end{aligned}\tag{22}$$

В условие пластичности (3) подставим предположение (14), полученные формулы для напряжений (22) и найдем λ :

$$\begin{aligned}\frac{1}{6\lambda} &= Q \cdot \sqrt{1 - (Ea^2 + Fb^2)z^2}, Q = \frac{\Delta}{\sqrt{\frac{3}{2}[N] + \frac{1}{4}D(n_1 + m_2)^2}}, \\ N &= A(Bm_1 - Cn_2)^2 + B(Am_1 + (A+C)n_2)^2 + C((A+B)m_1 + An_2)^2.\end{aligned}\tag{23}$$

Обозначим толщину слоя $2h$, предположим, что в некоторой точке $x_0 y_0$ определено осредненное давление

$$p = \frac{1}{2h} \int_{-h}^h \sigma dz, p - const\tag{24}$$

Для нахождения константы C подставим полученные данные (16), (23), в формулу (24), сделав преобразования, получим:

$$\begin{aligned}
 C &= p + ax_0 + by_0 - \frac{(2A + B)m_1 + (2A + C)n_2}{2h\Delta} \int_{-h}^h \frac{dz}{6\lambda} = \\
 &= p + ax_0 + by_0 - \frac{(2A + B)m_1 + (2A + C)n_2}{h\Delta} Q \left[\sqrt{1 - (Ea^2 + Fb^2)h^2} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\arcsin\left(h \cdot \sqrt{Ea^2 + Fb^2}\right)}{\sqrt{Ea^2 + Fb^2}} \right]
 \end{aligned}
 \tag{25}$$

Согласно (17), (23), (25) величина сдвигивающего напряжения σ_z будет зависеть от характера деформирования плиты.

Список литературы:

1. Балашникова А.В. О сжатии пространственного идеальнопластического слоя при трансляционной анизотропии при обобщении условия пластичности Мизеса // Вестник Чуваш. гос. пед. ун-та им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. — 2012. — № 1 (11). — С. 56—59.
2. Максимова Л.А. О предельном состоянии слоя, сжатого шероховатыми плитами // ПММ. — 2000. — Т. 64. Вып. 6. — С. 1099—1104.

**О ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ
КУСОЧНО-НЕОДНОРОДНЫХ
ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ В СЛУЧАЕ
ТРАНСЛЯЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ**

Деревянных Евгения Анатольевна

*аспирант кафедры математического анализа
Чувашского государственного педагогического университета*

им. И.Я. Яковлева,

г. Чебоксары

E-mail: jane-evgeniya@yandex.ru

**ABOUT THE LIMIT CONDITION
OF PIECEWISE AND NON-UNIFORM
PRISMATIC CORES IN CASE
OF TRANSMITTING ANISOTROPY**

Derevyannikh Evgeniya

Postgraduate student, Department of Mathematical Analysis, I. Yakovlev

Chuvash

State Pedagogical University, Cheboksary

АННОТАЦИЯ

Использование новых методов пластической деформации является одним из наиболее перспективных направлений в создании мелкокристаллических материалов с уникальными свойствами. В качестве способа деформации часто выбирают кручение. В работе рассматривается предельное состояние кусочно-неоднородных призматических стержней. Предполагается, что составляющие стержня являются идеальнопластическими, обладающими независимыми предельными условиями, при наличии трансляционной анизотропии.

ABSTRACT

Use of new methods of plastic deformation is one of the most perspective directions in creation of fine-crystalline materials with unique properties. As a way of deformation often choose torsion. In work the limit condition of piecewise and non-uniform prismatic cores is considered. It is supposed that components of a core are perfectly plastic, possessing independent limit conditions, with transmitting anisotropy.

Ключевые слова: кручение; напряжение; предел текучести; предельное состояние; треугольные стержни.

Keywords: torsion; tension; fluidity limit; limiting condition; prismatic cores.

В работе рассматривается предельное состояние кусочно-неоднородных призматических стержней [3]. Предполагается, что составляющие стержня являются идеальнопластическими, обладающими независимыми предельными условиями, при наличии трансляционной анизотропии.

Рассмотрим цилиндрический или призматический стержень [1], ориентированный в прямоугольной декартовой системе координат x, y, z . Ось z направим параллельно образующей стержня. Предположим, что стержень закручивается вокруг оси z .

Рассмотрим кручение стержня, поперечное сечение которого есть треугольник, разделенный на две области линией неоднородности CD (рис. 1 а). Каждая область обладает своей анизотропией. Касательные напряжения направлены вдоль сторон треугольника.

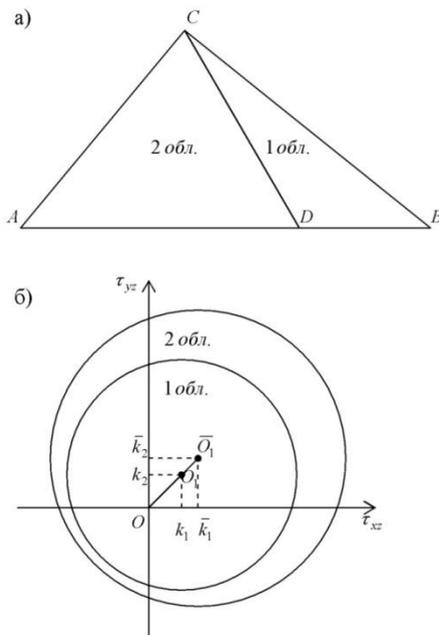


Рисунок 1. Кусочно-неоднородных призматических стержней

В первой области (рис. 1 б) условие пластичности имеет вид [2]:

$$(\tau_{xz} - k_1)^2 + (\tau_{yz} - k_2)^2 = k_0^2, \quad k_0, k_1, k_2 - \text{const}, \quad (1)$$

во второй области условие пластичности запишется в виде:

$$(\bar{\tau}_{xz} - \bar{k}_1)^2 + (\bar{\tau}_{yz} - \bar{k}_2)^2 = \bar{k}_0^2, \quad \bar{k}_0, \bar{k}_1, \bar{k}_2 - \text{const}. \quad (2)$$

Положим

$$\tau_{xz} = k(\theta) \cos \theta, \quad (3)$$

$$\tau_{yz} = k(\theta) \sin \theta, \quad (4)$$

$$\text{tg} \theta = \frac{\tau_{yz}}{\tau_{xz}}. \quad (5)$$

Из (1), (3), (4) найдем

$$k(\theta) = \rho \cos(\theta - \mu) + \sqrt{1 - \rho^2 \sin^2(\theta - \mu)}, \quad k(\theta) > 0, \quad (6)$$

где:

$$\rho = \sqrt{k_1^2 + k_2^2}, \quad \frac{k_1}{\rho} = \cos \mu, \quad \frac{k_2}{\rho} = \sin \mu, \quad \text{tg} \mu = \frac{k_2}{k_1}. \quad (7)$$

Дифференциальное уравнение равновесия при кручении имеет вид:

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} = 0. \quad (8)$$

Подставляя выражения (3), (4) в уравнение равновесия (8), получим:

$$(k' \cos \theta - k \sin \theta) \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} + (k' \sin \theta + k \cos \theta) \cdot \frac{\partial \theta}{\partial y} = 0, \quad (9)$$

где:

$$k' = \frac{dk}{d\theta}. \quad (10)$$

Соответствующие уравнения для определения характеристик имеют вид:

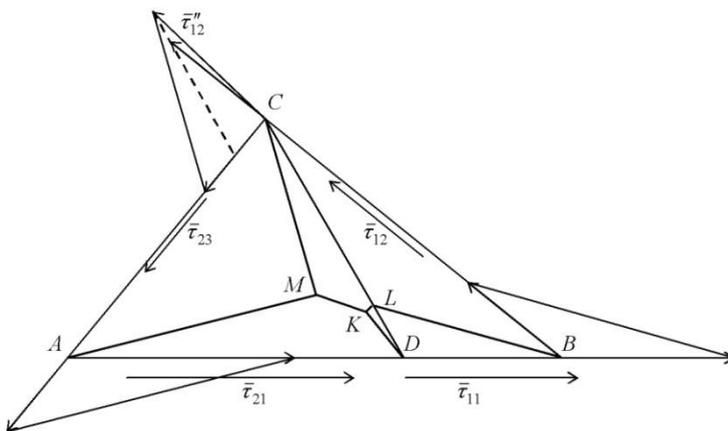
$$\frac{dx}{k' \cos \theta - k \sin \theta} = \frac{dy}{k' \sin \theta + k \cos \theta} = \frac{d\theta}{0}. \quad (11)$$

Из уравнения (11) следует, что характеристики суть прямые

$$y = \frac{k' \sin \theta + k \cos \theta}{k' \cos \theta - k \sin \theta} \cdot x + \Phi(\theta), \quad \theta = const. \quad (12)$$

На рис. 2 представлен случай кручения треугольных стержней разделенных на две области.

Построим линии разрыва напряжений в каждой области.



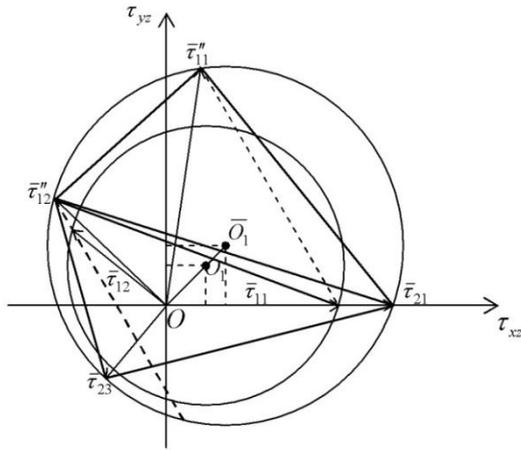


Рисунок 2. Линии разрыв напряжений

Линия неоднородности CD сама является линией разрыва напряжений.

Линия разрыва BL первой области образована векторами касательных напряжений $\bar{\tau}_{11}$, $\bar{\tau}_{12}$ и пересекает линию неоднородности CD в точке L .

Линия разрыва AM второй области образована векторами касательных напряжений $\bar{\tau}_{21}$ и $\bar{\tau}_{23}$. При переходе через линию неоднородности CD вектор касательного напряжения $\bar{\tau}_{12}$ первой области переходит в вектор $\bar{\tau}_{12}''$ второй области. Линия разрыва напряжений CM второй области образована векторами касательных напряжений $\bar{\tau}_{12}''$ и $\bar{\tau}_{23}$. Линии разрыва AM и CM пересекаются в точке M . Линия разрыва MK исходит из точки M и образована векторами касательных напряжений $\bar{\tau}_{21}$ и $\bar{\tau}_{12}''$. При переходе через линию неоднородности CD вектор касательного напряжения $\bar{\tau}_{11}$ первой области переходит в вектор $\bar{\tau}_{11}''$ второй области. Линия разрыва DK исходит из точки D и образована векторами

касательных напряжений $\bar{\tau}_{21}$ и $\bar{\tau}_{11}''$. Линия разрыва LK исходит из точки L и образована векторами касательных напряжений $\bar{\tau}_{11}''$ и $\bar{\tau}_{12}''$.

Линии разрыва MK , LK , DK пересекаются в одной точке K .

Таким образом, дано построение напряженного состояния треугольных стержней, разделенных на две области при трансляционной анизотропии.

Список литературы:

1. Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности / Д.Д. Ивлев. — М.: Наука, 1966. — 231 с.
2. Ивлев Д.Д. О соотношениях трансляционной идеально-пластической анизотропии при кручении / Д.Д. Ивлев, Б.Г. Миронов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. — 2010. — № 2 (8). — Ч. 3. — С. 576—579.
3. Митрофанова Т.В. О предельном состоянии анизотропных призматических стержней при кручении / Т.В. Митрофанова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. — 2010. — № 2 (8). — Ч. 3. — С. 601—609.

ИНВЕРСИЯ РАЗМЕРНОЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НА ЭТАПЕ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

Колчков Вячеслав Иванович

*канд. техн. наук, профессор Московского государственного
машиностроительного университета (МAMI),
г. Москва
E-mail: micr@bk.ru*

INVERSION OF DIMENSIONAL AND GEOMETRICAL ACCURACY OF PARTS ON ASSEMBLAGE OF MACHINES

Kolchkov Vyacheslav

Candidate of Technical Sciences, Professor of MSMU, Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены результаты исследований инверсии точности функциональных размерных и геометрических характеристик деталей и соединений поршневых машин на стадии сборки при воздействии расчётных, а также реальных силовых факторов из-за погрешностей изготовления и сборки.

ABSTRACT

In article results of researches of inversion accuracy of functional dimensional and geometrical characteristics of details and connections of piston machines at an assemblage stage because of the action of nominal forces, real forces and manufacturing errors and assembly.

Ключевые слова: точность параметров; размерные характеристики; геометрические характеристики; детали машин; допуск; инверсия; погрешность размера; функциональная взаимозаменяемость; деформация; действие сил.

Keywords: accuracy parameters; dimensional characteristics; geometrical characteristics; machine parts; tolerance; inversion; error size; functional interchangeability; deformation; action of forces.

Основные положения по обеспечению функциональной взаимозаменяемости в машиностроении предусматривают проведение исследований, по установлению взаимосвязей показателей качества изделия с функциональными параметрами его деталей и сборочных единиц, в том числе размерной и геометрической точности: допусков и предельных отклонений размеров, допусков формы, ориентации, месторасположения и биения поверхностей [5, с. 206]. Результаты теоретических и экспериментальных исследований конкретных объектов машиностроения, проведённые для различных вариантов конструкторско-технологических решений, необходимы для последующего обобщения и оптимизации норм точности, размерных и геометрических характеристик деталей с использованием современных компьютерных методов: электронного представления изделий, твердотельного моделирования, технико-экономической оптимизации. Результатом должно быть обеспечение высоких показателей качества функционирования при производстве однородной продукции в заданных пределах.

Изделие на стадиях жизненного цикла при обработке и контроле деталей, сборке и функционировании проходит несколько состояний или инверсий (обращений). Точность функциональных размерных и геометрических характеристик изделий формируется на всех этих стадиях, причём на каждом из них существуют свои особенности, связанные с инверсией [1].

Многочисленными исследованиями установлено, что точность размеров и отклонения от правильной геометрической формы, оказывают значительное влияние на эффективность функционирования поршневых машин. Эти размерные и геометрические характеристики являются одними из главных причин шума, вибраций, неравномерного распределения нагрузки в собранных узлах, нарушения газо- и гидродинамического центрирования, разрушения от действия статических и циклических нагрузок, коррозионного разрушения и других явлений, нарушающих нормальную работу машин. Нарушение центровки и соосного направления движения поршня в цилиндре, а также точности формы сопряжённых деталей вызывает повышенные износы в поршневых машинах [6, с. 123]. Точность формы и качество поверхности влияет на герметичность запорной арматуры, регулирующих клапанов и герметизирующих резьбовых соединений, входящих в состав химических установок [3], [4].

Размеры, форма и взаимное расположение поверхностей деталей машин и агрегатов, полученные в результате механической обработки, изменяются под воздействием силовых и температурных деформаций,

возникающих при сборке и при эксплуатации машины. Силовые деформации деталей машин при сборке могут достигать значений сравнимых, а, иногда, и превосходящих по величине допуски размеров на обработку и являться причиной нарушения работоспособности.

В процессе сборки машины, а в дальнейшем в работающей машине под воздействием нагрузок от внешних усилий в деталях создаются сложные напряженные состояния, которые характеризуются неоднородным распределением напряжений и деформацией. Деформированное состояние детали зависит от ее конструкции и характера приложенной внешней нагрузки.

При сборке и при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания и компрессоров деформации, возникающие из-за погрешностей сборки, усилий крепления деталей, рабочих температур и давления вызывают изменение размеров гильз цилиндров и отклонение их от правильной геометрической формы. Основными причинами, оказывающими влияние на деформацию гильз, является наличие неравномерности толщины и физико-механических свойств уплотнительных резиновых колец, а также неравномерность затяжки резьбовых соединений блока и головки цилиндров. Возможен также перекос гильзы в блоке цилиндров и односторонний упор ее (в случае неправильно выбранной посадки) в блок в зоне нижнего посадочного пояса, что вызывает деформацию гильзы. Перекос гильзы обусловлен наличием торцевых биений опорных поверхностей. Кроме того, под воздействием нагрузки на фланец втулки возникает распределенный по окружности изгибающий момент [6, с. 164]. Значительное влияние на деформацию гильз оказывает неравномерность затяжки шпилек крепления крышки и головки цилиндров.

Конструктивное исполнение цилиндров поршневых машин (компрессоров, насосов, двигателей) определяется схемой поршневой машины, его компоновкой, родом сжимаемого газа, а также схемой охлаждения. Цилиндры выполняются либо с втулкой «сухого» типа (непосредственно не омываемой охлаждающей жидкостью или не обдуваемой воздухом), либо с втулкой «мокрого» типа (наружная поверхность омывается охлаждающей жидкостью или обдувается воздухом). В некоторых случаях, например, в поршневых компрессорах высокого давления цилиндры всех ступеней выполняются, как правило, со сменными втулками «мокрого» типа, что позволяет упростить конструкцию цилиндров и улучшить условия охлаждения. Водяная полость в местах сопряжения цилиндра и «мокрой» втулки уплотняется резиновыми кольцами. Герметичность сопряжения крышки цилиндра и торца втулки обеспечивается

прокладкой, обжимаемой усилием от затяжки резьбовых шпилек. Усилие от затяжки передается через кольцевой уступ крышки (или клапанной доски) и прокладку на торец втулки. Силовое замыкание происходит посредством упора бурта втулки на кольцевой выступ цилиндра.

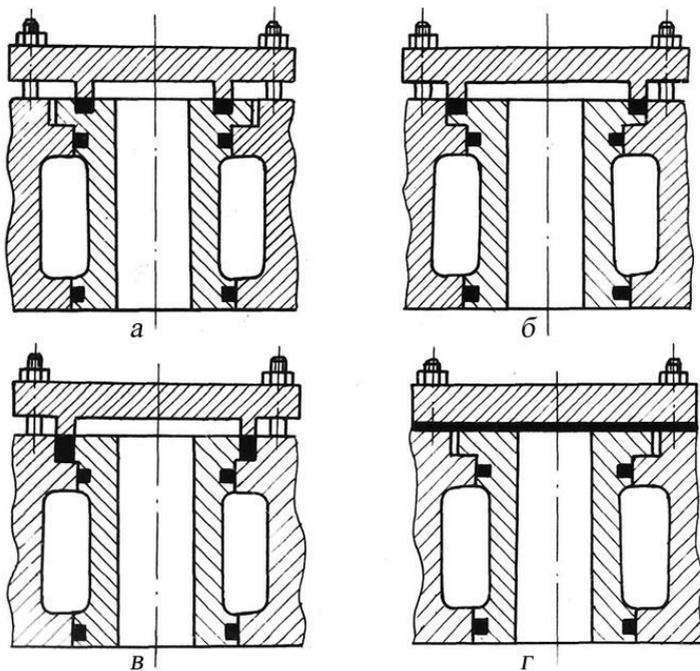


Рисунок 1. Конструктивные схемы цилиндров с «мокрой» втулкой

Исходя из рассмотрения различных конструкций цилиндров поршневых машин с «мокрыми» втулками, представилось возможным выделить несколько типов конструктивного исполнения сопряжений уплотнительного узла втулка-цилиндр-крышка, отличающихся условиями силового нагружения втулки, от которого, в свою очередь зависят величина и характер отклонений формы и расположения рабочих поверхностей деталей (рис. 1).

Анализ силовых взаимодействий сопряженных деталей, возникающих при затяжке резьбовых соединений, позволил в каждом случае предложить расчетные схемы (рис. 2), а также, на основе известных из теории сопротивления материалов зависи-

мостей [7, с. 689], уравнения для определения перемещений точек цилиндрической поверхности втулки.

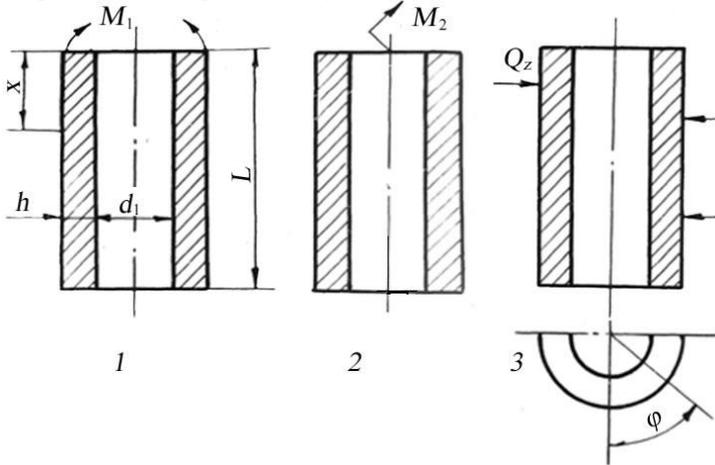


Рисунок 2. Расчетные схемы для определения деформаций втулок

На рисунке. 1, а изображен случай, когда направление действия усилия, передаваемого от крышки, не совпадает с вектором реакции опоры бурта втулки на выступ цилиндра. При таком конструктивном исполнении можно предположить, что стенка втулки подвергается действию распределенного по окружности момента M_1 со стороны фланца, обладающего достаточно большой жесткостью (расчётная схема 1, рис. 2). Формула для расчета перемещений точек цилиндра, нагруженного по торцу распределенным моментом, имеет вид

$$W(x) = \frac{M_1}{2\beta^2 d_1} e^{-\beta x} (\cos \beta x - \sin \beta x), \quad (1)$$

где: $\beta = \sqrt[4]{\frac{3(1-\mu^2)}{R^2 h^2}}$, $M_1 = \eta \frac{Q_c l_1}{2\pi r_{cp}}$;

μ — коэффициент Пуассона;

e — основание натуральных логарифмов;

Q_c — осевая сила от затяжки всех шпилек;

r_{cp} — радиус срединной поверхности;

l_1 — расстояние от точки приложения реакции до срединной поверхности;

η — коэффициент, зависящий от трения.

Кроме указанного распределенного момента M_1 на втулку может действовать изгибающий момент M_2 , который возникает из-за наличия погрешностей изготовления деталей, а именно, торцевых биений упорной поверхности бурта втулки и опорной поверхности выступа цилиндра, а также погрешностей при монтаже. Момент M_2 имеет место в том случае, если зазоры в посадочных поясах оказываются недостаточными для компенсации углового поворота втулки при силовом замыкании опорных торцов.

Решение задачи о наличии изгибающего момента M_2 осуществляется методами размерных цепей. Если момент M_2 действует, то изгиб втулки определяется на основании расчетной схемы 2 (рис. 2) по формуле

$$W(x) = \frac{M_2 x^3}{6IE \cdot J_x}, \quad (2)$$

где: E — модуль упругости материала втулки; J_x — момент инерции относительно оси x .

В случае, когда наружный диаметр прокладки близок к диаметру фланца (рис. 1, б), линия действия силы, передаваемой от крышки, совпадает с вектором реакции опоры и распределенный момент M_1 отсутствует. Однако, также как и в ранее рассмотренном варианте, здесь имеется вероятность появления изгибающего момента M_2 .

На рисунке 1, в представлена конструкция уплотнительного узла с разгруженным торцом втулки — действие усилия от затяжки резьбовых соединений непосредственно воспринимается опорным выступом цилиндра. Моменты M_1 и M_2 здесь отсутствуют, однако, возникают радиальные силы, обусловленные неравномерным обжатием прокладки. Равнодействующая неравномерно распределенных радиальных сил Q_z уравнивается реакциями опоры в местах расположения резиновых уплотнительных колец (расчетная схема 3, рис. 2). Действие этих сил, вызывает перемещения точек прецизионной поверхности втулки, как в радиальном, так и в меридиональном сечениях. Уравнение, определяющее перемещение любой точки цилиндрической поверхности, в этом случае имеет вид

$$W(x, \varphi) = \frac{2Q_z}{\pi E h} \cdot \phi^3 \sum_{n=2,4..}^n \frac{n}{(n^2 - 1)^{\frac{3}{2}}} \left(\cos \frac{n\sqrt{n^2 - 1}}{2ae} \xi + \sin \frac{n\sqrt{n^2 - 1}}{2ae} |\xi| \right) \cdot e^{-\frac{n\sqrt{n^2 - 1}}{2ae} |\xi|} \cdot \cos n\varphi, \quad (3)$$

где: $\phi = \sqrt[4]{3(1 - \mu^2)} \cdot \sqrt{\frac{R}{h}}; \xi = \frac{x}{R},$

φ — угловая координата в поперечном сечении;

N — целое число, ближайшее к $\phi/2$.

В конструкции узла, изображенного на рисунке 1, z , силовое воздействие на втулку можно считать близким к случаям, показанным на рисунках 1, a и 1, b и применить расчётные схемы 1 и 2 (рис. 2).

Предложенные расчетные зависимости не учитывают действия целого ряда реальных факторов: податливости деталей (фланца втулки, цилиндра, крышки); конечной длины втулки; действия контактных напряжений и др. Исходя из сказанного, расчетные результаты будут отличаться от действительных. Условия применимости формул (1), (2), (3) для оценки отклонений размеров и формы втулок цилиндров при затяжке резьбовых соединений необходимо уточнять на основании экспериментальных исследований. Измерение деформаций деталей осуществлялось методами тензометрирования, непосредственного измерения и преобразователей [2].

Экспериментальные данные, представлены на рисунках 3 и 4 в виде графических зависимостей относительной деформации и отклонений диаметра зеркала цилиндра по высоте детали. Положительная деформация соответствует уменьшению диаметра, отрицательная — его увеличению. Как видно из рисунка 3 деформированная образующая втулки проходит через точку, в которой деформация равна нулю (узловая точка). Положение узловой точки не меняется при изменении момента затяжки.

Деформации втулки при затяжке резьбовых шпилек, вызывающие уменьшение диаметра, распространяются на определённую глубину от торца и дальше переходят в деформации противоположного знака. Исследованиями установлено, что затяжка сборщиком без контроля равномерности величины момента (произвольная затяжка) при среднем моменте затяжки 120 Нм вызывает деформации значительно большие по величине, чем при том же моменте, но при равномерной затяжке. Точки, обозначенные на рисунке 3 крестиками, получены расчетом по формуле (1).

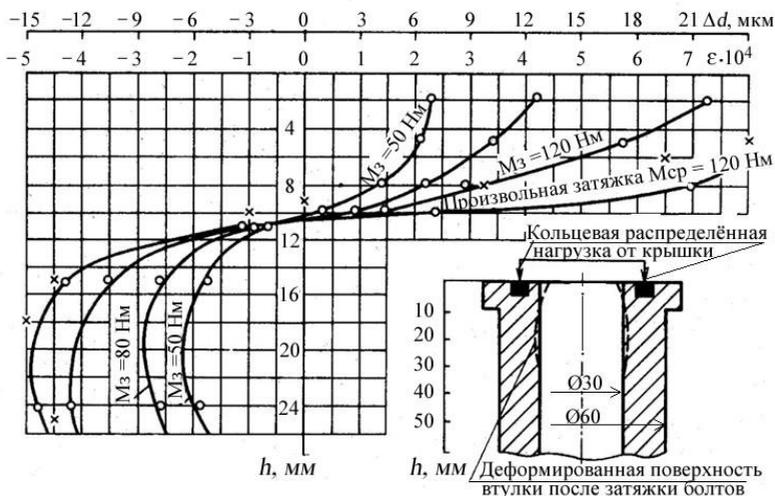


Рисунок 3. Деформация втулки цилиндра высокого давления при сборке

На рисунке 4 представлены зависимости изменения отклонения диаметра зеркала цилиндра по высоте втулки в 2-х взаимно перпендикулярных плоскостях. Как видно из рисунка, деформированная под действием усилий затяжки втулка в поперечном сечении представляет собой эллипс с изменяющимися от сечения к сечению большой и малой осями.

Следует отметить, что деформированная образующая тонкостенной втулки на рисунке 4 также как и втулки на рисунке 3, имеет узловую точку, в которой деформации изменяют знак. Эта особенность отмечена также при исследовании деформаций втулок в блоках цилиндров ДВС. Характер деформации втулки (рис. 4), определенный экспериментально, подобен изменению геометрической формы тонкостенного кругового цилиндра, подвергнутого сжатию сосредоточенными диаметрально противоположными силами, приложенными вблизи одного из его концов. Подобная схема была реализована с использованием программного комплекса САПР — SolidWorks, что позволило обобщить и расширить полученные результаты.

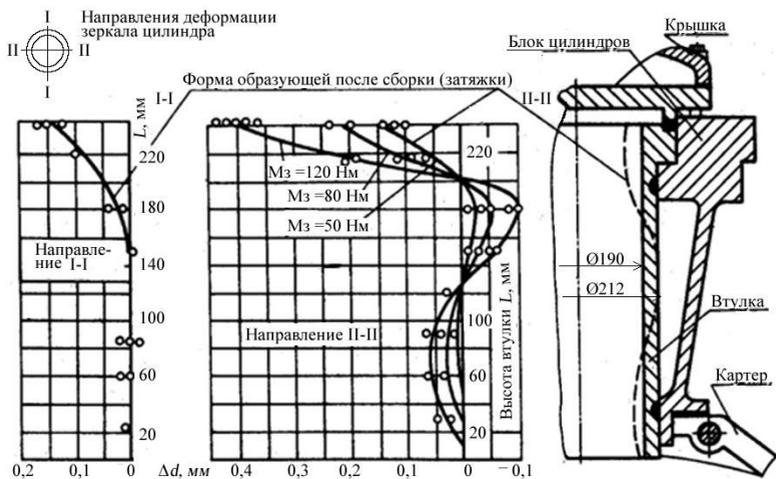


Рисунок 4. Деформация тонкостенной втулки при сборке

Вопросы, рассмотренные выше, активно обсуждаются в зарубежных научных источниках и связываются с различными применениями в области расчёта и назначения точности деформируемых в технологических и эксплуатационных условиях, деталей и узлов [8].

Результаты приведённых выше исследований, позволяют сделать вывод о необходимости учитывать при конструировании инверсию точности ответственных деталей и соединений, с целью назначения таких норм точности размерных и геометрических характеристик, которые позволили бы получить геометрические формы поверхностей, ориентации, месторасположения и биения поверхностей в реальных, эксплуатационных условиях соответствующие в заданных пределах номинальным.

Список литературы:

1. Колчков В.И. Инверсия точности размерных параметров деталей на этапах жизненного цикла изделия // Технические науки — от теории к практике. — 2012. — 16. С. 7—13 / НЭБ. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://elibrary.ru/download/39684731.pdf> (дата обращения: 20.03.2013).
2. Колчков В.И., Муравьев С.В. А/С СССР № 1672346 «Вихретоковый преобразователь для неразрушающего контроля». Опубликовано: 23.08.1991. Бюл. № 31.

3. Колчков В.И., Симелидис Г.А., Иванин А.А. А/С СССР № 1596161 «Пробковый кран». Опубликовано: 30.09.1990. Бюл. № 36.
4. Колчков В.И., Новицкий В.М., Лавров В.В. и Григорьев С.П. А/С СССР № 1609969 «Газлифтный клапан». Опубликовано: 30.11.1990. Бюл. № 44.
5. Колчков В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник. — М.: Гуманитар. изд. центр Владос, 2010. — 398 с.
6. Никифоров А.Д., Колчков В.И., Поликарпов М.И. Обеспечение качества нефтехимического оборудования. М.: Машиностроение, 1984. — 174 с.
7. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-х томах. [Под ред. Биргера И.А. и Пановко Я.Г]. Том 1. — М.: Машиностроение, 1988. — 832 с.
8. Abenham G.N., Desrochers A., Tahan A.S. Nonrigid parts' specification and inspection methods: notions, challenges, and recent advancements // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2012. Volume 63. Issue 5—8. P. 741—752. DOI 10.1007/s00170-012-3929-2.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ
РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ОБКАТОЧНОЙ ФРЕЗЫ
ПРИ ВЗАИМОПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ОСЯХ
ЗАГОТОВКИ И ИНСТРУМЕНТА**

Парненко Валерия Сергеевна

*ассистент, кафедра интегрированных технологий машиностроения,
Национальный Технический Университет Украины
«Киевский Политехнический Институт», г. Киев
E-mail: art@artograph.com.ua*

**DETERMINATION OF THE SHAPE
OF THE TOOL TIP OF SHAPED MILLING CUTTER,
WHEN THE AXIS OF THE WORKPIECE
AND THE MILLING CUTTER
IS PERPENDICULAR TO EACH OTHER**

Parnenko Valeriia

*assistant, Department of Integrated Technology Engineering, National
Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv*

АННОТАЦИЯ

Целью настоящей статьи является развитие теории проектирования фасонных фрез. Для достижения поставленной цели в данной статье рассматривается последовательность определения формы режущей кромки, обеспечивающей обработку без переходных кривых деталей с наклонным зубом при взаимоперпендикулярных осях заготовки и фрезы.

ABSTRACT

The purpose of this article is to develop a theory of design shaped milling cutter. To achieve this goal, this article discusses the determination of the shape of the tool tip, providing processing without transition curves of parts with inclined tooth, when the axis of the workpiece and the milling cutter is perpendicular to each other.

Ключевые слова: фасонная фреза; режущая кромка; геометрические параметры.

Keywords: shaped milling cutter; cutting edge; geometric parameters.

С неравномерным шагом зубьев изменяются координаты точек С и В соответствующих профилей.

Смещение L вершин зуба фрезы

$$L_i = 0,5 \times D \times \sin(\varphi + \gamma) - H_i \times \sin \varphi \quad (3)$$

где: H_i — высота обрабатываемой канавки, измеренной по передней плоскости.

Введем систему координат XYZ, связанную с деталью. Ось Z направим по оси детали, ось Y — по кратчайшему расстоянию между осями детали и фасонной обкаточной фрезы. Отрезок «b» отсекаемый передней плоскостью на оси γ равен:

$$b = \frac{0,5 \times D \times \sin \gamma}{\sin \varphi} \quad (4)$$

В системе XYZ уравнение передней плоскости, профиль которой АВ, будет:

$$Y = X \times \cot \varphi \times \frac{0,5 \times D \times \sin \gamma}{\sin \varphi} \quad (5)$$

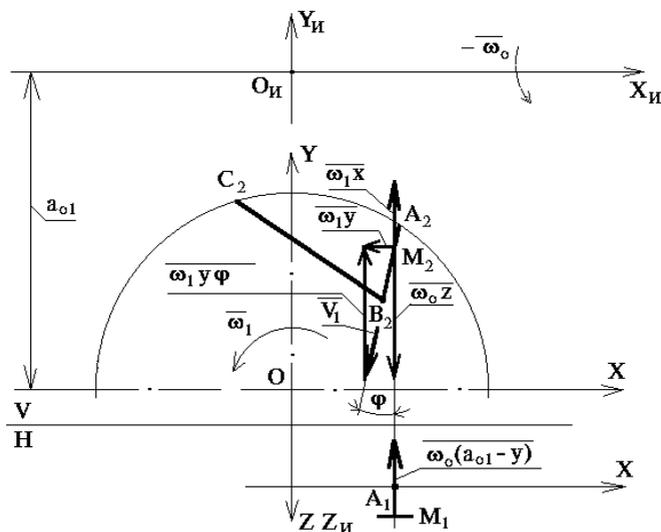


Рисунок 2. Система координат, связанная с фасонной обкаточной фрезой

С фасонной обкаточной фрезой свяжем систему координат $X_n Y_n Z_n$. Ось X_n совпадает с осью вращения инструмента. Ось Y_n совпадает с осью Y , ось Z_n идет параллельно оси Z . Расстояние между началами систем координат (межосевое расстояние) обозначено через α_{01} . Формулы преобразования координат в этом случае записываются таким образом:

$$X_n = X; Z_n = Y - \alpha_{01}; Z_n = Z \quad (6)$$

Характеристику на передней плоскости детали будем определять, основываясь на следующем положении: в точках характеристики вектор скорости движения передней плоскости относительно инструмента лежит в передней плоскости. При обработке деталь вращается вокруг своей оси с угловой скоростью

$$\bar{\omega}_i = \bar{k} \times \omega_i \quad (7)$$

На передней плоскости детали, рассмотрим произвольную точку М. Скорость точки М при вращении с угловой скоростью будет

$$\bar{\omega}_1 = \bar{k} \times \omega_1 \quad (8)$$

$$\bar{V}_{M1} = \bar{i} \times (-\omega_1 \times Y) + \bar{j} \times \omega_1 \times X \quad (9)$$

Инструмент вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω_0 . Для того, чтобы рассмотреть относительное движение передней плоскости по всей системе, сообщаем вращение с угловой скоростью ω_0 . Тогда в результате вращения с угловой скоростью ω_0 скорость точки М будет равна:

$$\bar{V}_{M2} = -\bar{j} \times \omega_0 \times Z - \bar{k} \times \omega_0 \times (\alpha_{01} - Y) \quad (10)$$

Составляющая скорости - $\bar{k} \times \omega_0 \times (\alpha_{01} - Y)$ лежит в передней плоскости для любой М точки. Поэтому необходимо, чтобы в точках характеристики лежал в передней плоскости суммарный вектор

$$\bar{V}_\Sigma = \bar{i} \times (-\omega_1 \times Y) + \bar{j} \times \omega_1 \times X - \bar{j} \times \omega_0 \times Z \quad (11)$$

Вектор $\bar{i} \times (-\omega_1 \times Y)$ разложили на два вектора

$$\bar{i} \times (-\omega_1 \times Y) = \bar{V}_1 + \bar{j} \times (\omega_1 \times Y \times \cot \varphi) \quad (12)$$

Вектор \vec{V}_1 — лежит в передней плоскости. Для того чтобы скорость \vec{V}_2 относительного движения располагалась в передней плоскости необходимо чтобы проекция скорости на ось Y была в рассматриваемом случае равна 0.

Следовательно

$$\omega_1 \times X + \omega_1 \times Y \times \cot \varphi = \omega_0 \times Z \quad (13)$$

Отсюда

$$Z = \frac{\omega_1}{\omega_0} \times (X + Y \times \cot \varphi) \quad (14)$$

Таким образом, в системе координат XYZ, связанной с деталью, координаты точек характеристики в рассматриваемый момент времени вычисляются в такой последовательности:

1. Выбирается в пределах профиля АВ координата X.
2. В соответствии с уравнением передней плоскости рассчитывается координата Y.

$$Y = X \times \cot \varphi - \frac{0,5 \times D \times \sin \gamma}{\sin \varphi} \quad (15)$$

3. По уравнению контакта определяется координата Z .

$$Z = \frac{\omega_1}{\omega_0} \times (X + Y \times \cot \varphi) \quad (16)$$

Так как характеристика в рассматриваемом случае является прямой линией достаточно рассчитать координаты двух ее точек, например точки А и точки В. Координаты XY точки А будут:

$$\begin{aligned} X_A &= 0,5 \times D \times \sin(\varphi + \gamma) \\ Y_A &= 0,5 \times D \times \cos(\varphi + \gamma) \end{aligned} \quad (17)$$

Координаты точки В будут:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A - H \times \sin \varphi \\ Y_B &= Y_A - H \times \cos \varphi \end{aligned} \quad (18)$$

Зная координаты характеристики в системе XYZ по формулам преобразования координат определяются координаты точек характеристики в системе $X_n Y_n Z_n$, которую принимаем за режущую кромку инструмента:

$$X_n = X; Y_n = Y - a_{01}; Z_n = Z \quad (19)$$

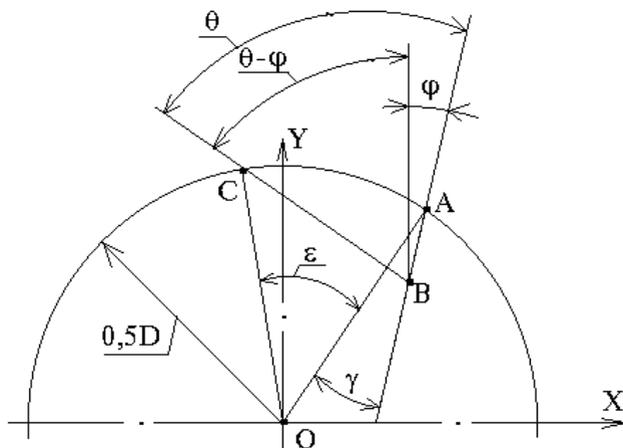


Рисунок 3. Координаты точки характеристики, соответствующей точке C профиля детали

Координаты точки характеристики, соответствующей точке C профиля детали рассчитываются в такой последовательности (рис. 3). Координаты X, Y точки C будут:

$$\begin{aligned} X_c &= 0,5 \times D \times \sin(\varphi + \gamma - \varepsilon) \\ Y_c &= 0,5 \times D \times \cos(\varphi + \gamma - \varepsilon) \end{aligned} \quad (20)$$

где: ε — угловой шаг зубьев детали.

Координата Z_c точки C определяется по уравнению контакта:

$$Z_c = \frac{\omega_1}{\omega_0} \times (X - Y \times \cot(\theta - \varphi)) \quad (21)$$

Координаты точки C характеристики в системе $X_n Y_n Z_n$ определяются по формулам преобразования координат. Три точки A, B

и С характеристик определяют положение передней плоскости проектируемой фасонной обкаточной фрезы.

Таким образом, в системе координат XYZ, связанной с деталью, координаты точек характеристики в рассматриваемый момент времени для изделий с неравномерным шагом зубьев вычисляются в такой последовательности:

1. Выбирается в пределах профиля АВ координата X.

2. В соответствии с уравнением передней плоскости рассчитывается координата Y.

$$Y = X \times \cot \varphi - \frac{0,5 \times D \times \sin \gamma}{\sin \varphi} \quad (22)$$

3. По уравнению контакта определяется координата Z.

$$Z = \frac{\omega_1}{\omega_0} \times (X + Y \times \cot \varphi) \quad (23)$$

Т. к. характеристика является прямой достаточно рассчитать координаты точек А и В.

Координаты точки А рассчитываются также, как и для изделий с равномерным шагом зубьев, т. е.

$$\begin{aligned} X_A &= 0,5 \times D \times \sin(\varphi + \gamma) \\ Y_A &= 0,5 \times D \times \cos(\varphi + \gamma) \end{aligned} \quad (24)$$

Координаты точки В рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A - H_i \times \sin \varphi \\ Y_B &= Y_A - H_i \times \cos \varphi \end{aligned} \quad (25)$$

Координаты точки С, соответствующей профилю детали, рассчитываются в следующей последовательности

$$\begin{aligned} X_C &= 0,5 \times D \times \sin(\varphi + \gamma - \varepsilon_i) \\ Y_C &= 0,5 \times D \times \cos(\varphi + \gamma - \varepsilon_i) \end{aligned} \quad (26)$$

где: ε_i — соответствующий профилю детали угловой шаг.

Координаты X_C точки С определяется по уравнению контакта:

$$Z_C = \frac{\omega_1}{\omega_2} \times (X - Y \times \cot(\theta - \varphi)) \quad (27)$$

Координаты точек характеристики А, В и С в системе $X_n Y_n Z_n$ определяются по формулам преобразования координат.

Список литературы:

1. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. К., Вища школа. Головное изд-во, 1986. — 455 с.
2. Родин П.Р. Основы теории проектирования режущих инструментов. К., Машгиз, 1960. — 160 с.

НАСТРОЙКА ПОДСИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ НЕЖЕСТКИХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Расторгуев Дмитрий Александрович
канд. техн. наук, доцент ТГУ, г. Тольятти
E-mail: Rast_73@mail.ru

Шевчук Андрей Николаевич
магистрант, ТГУ, г. Тольятти
E-mail: v-grooved@mail.ru

ADJUSTING TOOL SUBSYSTEM FOR VIBRATING PROCESSING OF NON-RIGID AXISYMMETRIC PARTS

Rastorguev Dmitry
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of TGU, Togliatti

Shevchuk Andrey
Undergraduate of TGU, Togliatti

АННОТАЦИЯ

Обосновано и экспериментально исследовано изменение упругой системы станка, связанное с ослаблением жесткости в касательном направлении для повышения точности и производительности обработки. Приведены результаты экспериментальных исследований по вибрационному точению.

ABSTRACT

Substantiated and experimentally studied the change of the elastic system machine tool associated with the weakening of the stiffness in the tangential direction to improve the accuracy and productivity of of processing. The results of experimental studies of vibrational turning.

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

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

Повышение точности обработки маложестких деталей типа вал невозможно без управления динамическими погрешностями, возникающими в процессе точения. На динамические показатели процесса обработки влияют технологические факторы (глубина резания, подача, скорость резания) и конструктивные параметры технологической системы. Последние при обработке длинномерных валов значительно изменяются по величине. Следовательно, необходимо обеспечивать постоянство динамических характеристик процесса резания путем стабилизации ее параметров. Для снижения влияния переменных факторов на точность обработки могут использоваться управляемые по амплитуде, частоте и форме вибрации технологической системы [4].

Разработан способ вибрационной обработки, использующий для создания колебаний свойства замкнутости технологической системы. Спроектирован ряд средств инструментального оснащения с ослабленными конструктивно державками [2]. Для точения разработан резец с режущей частью и с державкой прямоугольного сечения, в которой ослаблено сечение треугольными пазами, сдвинутыми относительно друг друга. В пазах реализовано соединения типа «паз-клин». Это соединение выполнено на верхней и нижней грани державки поперек ее оси. Оно может также быть сделано на боковых гранях. На вертикальных гранях державки пазы расположены в одной плоскости поперечного сечения. Клинья выполнены упругодеформируемыми и зафиксированы в пазах зажимами [2].

Динамические процессы упругой системы станка обусловлены силовым воздействием на нее при резании. При учете смещений технологической подсистемы (или инструмента, или заготовки) в плоскости резания, касательной к обрабатываемой поверхности, система уравнений, описывающих поведение системы с учетом запаздывания силы от смещений [1, 3], имеет вид:

$$\begin{aligned}
 T_{1Y}^2 y'' + T_{2Y} y' + y &= g_Y \cdot F_Y, \\
 T_{1Z}^2 z'' + T_{2Z} z' + z &= g_Z \cdot F_Z, \\
 F_Z + T_Z F'_Z &= m_Z \cdot y + n_Z \cdot f + h_1 z', \\
 F_Y + T_Y F'_Y &= m_Y \cdot y + n_Y \cdot f + h_2 z', \\
 f &= K_K \cdot z,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где: h_1, h_2 — коэффициенты демпфирования по осям z и y из-за касательных колебаний, соответственно для касательной F_Z и радиальной F_Y составляющей силы резания силы;

T_Z, T_Y — постоянные времени составляющих силы резания от изменения параметров сечения среза;

$T_{1,2,Y}, T_{1,2,Z}$ — инерционные постоянные времени и постоянные времени демпфирования нормального и касательного контуров;

y, z — смещения по соответствующим осям;

m_Z, n_Z, m_Y, n_Y — коэффициенты передачи процесса резания по приращению ширины и толщины срезаемого слоя для составляющих сил резания F_Z и F_Y соответственно;

K_K — коэффициент преобразования касательных смещений в продольные;

f — изменение толщины среза;

g_Y, g_Z — податливости нормального и касательного контуров.

Значения коэффициентов для расчета силы резания взяты по материалам источников [1, 4] и из натуральных экспериментов. Для определения постоянных запаздывания силы резания от изменения толщины среза длина пути резания бралась для касательной составляющей 0,12 мм, для нормальной составляющей 0,51 мм. Постоянная запаздывания для составляющей силы резания P_Z для разных материалов заготовки меньше в 2—5 раз составляющей P_Y . В случае возмущений деформации элементов технологической системы с дополнительной степенью свободы сначала происходят в касательной к поверхности резания плоскости, а затем в нормальной. Влияние смещения в направлении тангенциальной силы резания на точность на порядок меньше, чем в радиальном. Генерирование же колебаний в касательном направлении способствует перераспределению энергии возмущений и рассеиванию ее при колебаниях. Поэтому необходимо учитывать демпфирование в формуле для сил резания, хотя колебания при резании генерируются в диапазоне от 150 до 2500 Гц.

Для расчета постоянных времени технологической системы использовались экспериментальные данные (коэффициенты демпфирования, жесткости, приведенная масса), полученные при измерении затухающих свободных колебаний. Жесткость динамической системы в тангенциальном направлении при введении упругого элемента уменьшается в 2—4 раза.

Из системы уравнений (1) получены передаточные функции динамической системы:

$$G_1(s) = \frac{y}{F_Y} = \frac{g_Y}{T_{1Y}^2 s^2 + T_{2Y} s + 1}, \quad G_2(s) = \frac{z}{F_Z} = \frac{g_Z}{T_{3Z}^2 s^2 + T_{4Z} s + 1},$$

$$G_3(s) = \frac{F_Z}{y} = \frac{m_Z}{1+T_Z s}, G_4(s) = \frac{F_Z}{f} = \frac{n_Z}{1+T_Z s}, G_5(s) = \frac{F_Z}{z} = \frac{h_1 s}{1+T_Z s},$$

$$G_6(s) = \frac{F_Y}{y} = \frac{m_Y}{1+T_Y s}, G_7(s) = \frac{F_Y}{f} = \frac{n_Y}{1+T_Y s}, G_8(s) = \frac{F_Y}{z} = \frac{h_2 s}{1+T_Y s},$$

$$G_9(s) = \frac{f}{z} = K_K,$$

где: s — оператор Лапласа.

По данным передаточным функциям построена структурная схема процесса обработки. В MATLAB было проведено исследование устойчивости системы и построены АФЧХ для радиального направления для системы со стандартным и упругим резцом (рис. 1).

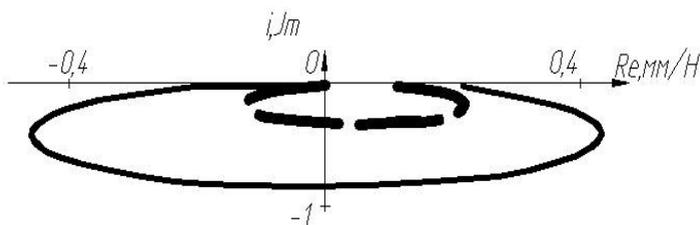


Рисунок 1. АФЧХ динамических систем без (___) и с касательным контуром (___)

Как видно из них, введение дополнительной степени свободы приводит к повышению статической и динамической жесткости в радиальном направлении, а также уменьшает время, необходимое для затухания переходных процессов в технологической системе при действии на нее возмущений.

Для обеспечения волновой настройки зоны резания необходимо поддерживать в определенном диапазоне частоту колебаний элемента технологической системы, генерирующего колебания, а через нее соответственно форму и амплитуду колебаний. С этой целью для различных по характеру операций необходимо использовать различные настройки технологической системы с учетом нелинейной формы АЧХ подсистемы инструмента.

Форма колебаний резца, используемого для создания колебаний, определяется как функция частоты возбуждения и собственной

частоты колебаний подсистемы инструмента. Черновое точение необходимо вести на восходящей (дорезонансной) ветви амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) нелинейной подсистемы «упругий элемент-заготовка». Для чистовой обработки используется резонансная ветвь АЧХ.

Частота и амплитуда колебаний задаются параметрами технологической наладки: характеристиками упругого элемента и режимами резания. Подстройка частоты возмущения зоны стружкообразования к собственной частоте подсистемы инструмента осуществляется по формуле:

$$f = \frac{1000v_c}{60k_L l}, \quad (3)$$

где: v_c — скорость резания;

k_L — коэффициент усадки стружки;

l — длина сегмента стружки. Управляя скоростью резания, стабилизируют частоту стружкообразования.

Черновая обработка с резонансом на частоте продольных колебаний обеспечивает устойчивое дробление стружки. При резонансе на касательной составляющей колебаний с соответствующей частотой вибраций обеспечивается максимальная точность формы в поперечном сечении и расположения.

Результаты экспериментов показали, что при точении менее жесткой заготовки влияние тангенциальных колебаний инструмента на амплитуду относительных поперечных колебаний больше. После двух проходов точность размеров выше в 2 раза, процесс резания более стабилен (переменная составляющая глубины резания меньше в 2—3 раза). Наибольшее влияние оказывается на точность расположения, причем максимальный эффект достигается на первом проходе. Коэффициент уточнения для вибрационной обработки

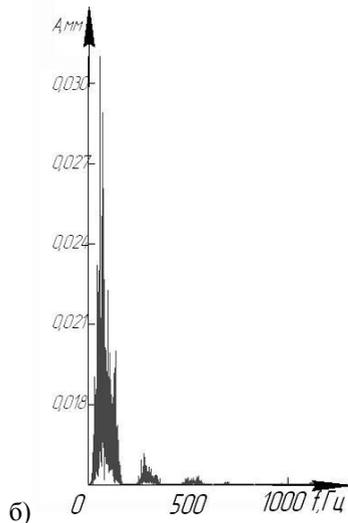
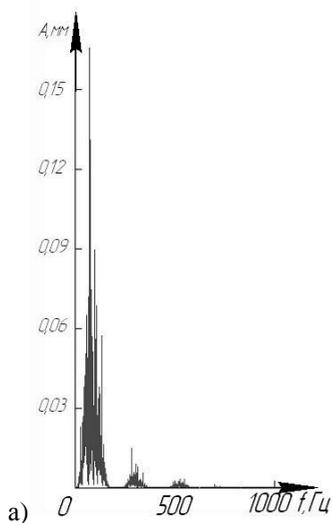
$$K = \frac{\Delta_{\text{опер}}}{\Delta_{\text{загот}}} = 0,04, \quad \text{где } \Delta_{\text{опер}}, \Delta_{\text{загот}} \text{ — погрешности расположения}$$

(биение) после обработки и заготовки; при обработке стандартным инструментом $K = 0,28$. При этом стабильность обработки существенно выше при вибрационном резании: разброс значений биения меньше в 12 раз, чем для стандартной обработки. При этом начальный разброс биения больше был у заготовок для вибрационной обработки.

Результаты эксперимента показали следующее. Радиальное биение обработанной поверхности при точении резцом с упругой

державкой меньше в 1,4—2,3 раза по сравнению с обработкой стандартным резцом. Точность размеров повышается в 1,5—2 раза. Шероховатость после точения резцом с упругой державкой составляла не более Ra 2,5 мкм с формированием регулярного микропрофиля обработанной поверхности, стандартным резцом — Ra 6,3 мкм.

Как видно из результатов стабильность колебаний в направлении оси y при обработке резцом предложенной конструкции повысилась в 3—4 раза, причем это характерно для всех частотных составляющих сигнала (рис. 2). Так как это достигается увеличением амплитуды колебаний в касательном к поверхности резания направлении, соответствующие характеристики колебаний по оси z возрастают. Если анализировать амплитудно-частотные характеристики сигнала, то видно, что уровень сигнала для колебаний по оси y снизился на порядок и имеет более локализованный на определенных частотах вид для обработки упругим резцом. Для колебаний по оси z при обработке упругим резцом, частоты более локализованы, а по уровню сигнал больше, чем при обработке обычным резцом.



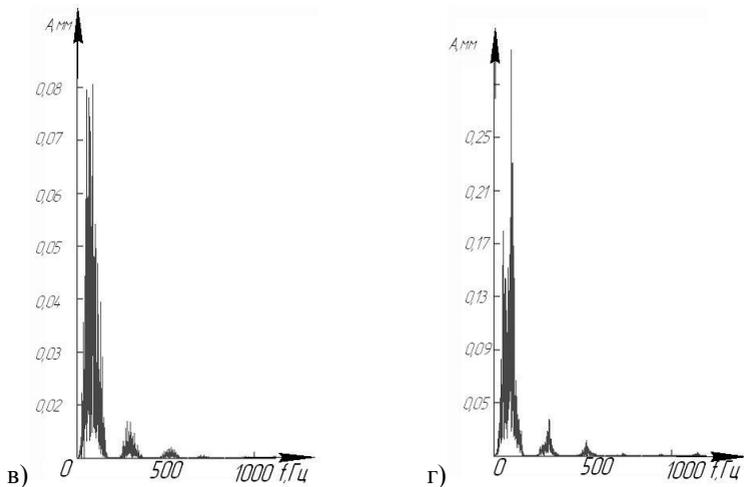


Рисунок 2. АЧХ колебаний для низкочастотной компоненты по оси: а — у для обработки стандартным резцом; б — у для обработки резцом с упругой державкой; в — z для обработки стандартным резцом; г — z для обработки резцом с упругой державкой

Для примера при точении по сигналам у, z были построены фазовые траектории (рис. 3) движения инструмента, причем вдоль оси у откладывались относительные колебания инструмента и заготовки, которые и определяют точность при резании.

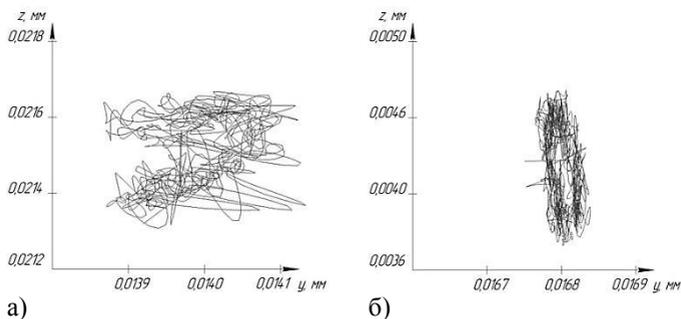


Рисунок 3. Фазовая траектория движения инструмента: а — обработка стандартным резцом; б — обработка резцом с упругой державкой

Для обработки резцом с упругой державкой, реализующей принцип вибрационного резания, в касательном направлении по оси z среднее квадратичное отклонение коэффициентов вейвлет разложения $S_{d1}=6,8778$; $S_{d2}=34,564$; $S_{d3}=63,767$, среднее квадратичное отклонение компонент $S_{Sd1}=4,8572$; $S_{Sd2}=24,357$; $S_{Sd3}=44,784$. Для смещений в направлении оси y соответствующие характеристики сигнала составили: $S_{d1}= 3,0392$; $S_{d2}=2,7455$; $S_{d3}=3,412$, а для соответствующих компонент $S_{Sd1}= 2,1462$; $S_{Sd2}= 1,9348$; $S_{Sd3}= 2,4038$.

Как видно из результатов расчета стабильность колебаний в направлении оси y при обработке резцом предложенной конструкции повысилась в 3—4 раза, причем это характерно для всех частотных составляющих сигнала. Так как это достигается увеличением амплитуды колебаний в касательном к поверхности резания направлении, соответствующие характеристики колебаний по оси z возрастают.

Использование резца с упругой державкой с регулируемой жесткостью позволяет повысить при обработке точность размеров и расположения, снизить шероховатость. Как видно, фактические результаты по точности и качеству обработки находят непосредственное отражение в значениях параметров вейвлет коэффициентов, их характеристиках с различной точки зрения (статистической, энергетической). Экспериментальные данные, полученные при обработке маложестких деталей точением, растачиванием, показали, что введение касательного контура повышает точность обработки и снижает шероховатость поверхности.

Во всех случаях наблюдалось повышение точности размеров, но особенно следует отметить значительное снижение погрешностей расположения и формы обработанной поверхности. Микропрофиль поверхности при этом получается с неравномерным рисунком по длине детали из-за переменных условий обработки. Но поверхность без волнистости, в отличии от обработки в тех же условиях с использованием стандартной оснастки.

Обработка нежестких заготовок с управлением динамическими характеристиками процесса резания возможна при минимальной модернизации производственного оборудования и повышает точность по сравнению с традиционной технологией.

Список литературы:

1. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков/С.С. Кедров. — М., Машиностроение, 1978. — 199 с.
2. Патент РФ № 2292990, 10.02.2007.
3. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями/В.Н. Подураев. — М.: Машиностроение, 1970. — 350 с.
4. Эльясберг М.Н. Способ структурного повышения виброустойчивости при резании / М.Н. Эльясберг, В.А. Демченко, И.А. Савинов//Станки и инструмент, 1983, № 4. — С. 3—7.

СЕКЦИЯ 3.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДИСКРИМИНАЦИИ В СФЕРЕ ТРУДА ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Гаглов Эмзар Пореевич

*соискатель ученой степени, канд. тех. наук кафедры УВД МГТУ ГА,
г. Москва*

E-mail: emzar-gagloev@mail.ru

PEDAGOGICAL MEASUREMENTS AS THE WAY OF SOLUTION OF THE PROBLEM OF DISCRIMINATION IN THE SPHERE OF EMPLOYMENT

Emzar Gagloev

Degree seekers of MSTU of CA, Moscow

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены проблемы, связанные с юридическими аспектами деятельности диспетчера управления воздушным движением. Неточные определения и формулировки приказов и правил создают огромные проблемы в подборе персонала. Применение педагогических измерений предлагается как возможный подход решения проблемы дискриминации в сфере труда.

ABSTRACT

The problems, connected with the legal aspects of the activities of an air traffic controller are considered. Inaccurate definitions and formulation of orders and rules create huge problems in the selection of staff. The

application of pedagogical measurements is proposed as a possible approach to solution of the problem of discrimination at work.

Ключевые слова: проблема; дискриминация; решение.

Key words: the problem; the discrimination; the decision.

Воздушный транспорт является неотъемлемой частью экономической и социальной жизни государства. Авиация — хорошо регулируемая отрасль, это реальность, которая определяется функциями государства и обязанностями государства в отношении обеспечения полетов [7]. Особенности авиационной деятельности в Российской Федерации (РФ) в значительной степени определяют участие государства в ее регулировании. В условиях реструктуризации отрасли гражданской авиации (ГА) Российской Федерации авиатранспортная система постоянно преобразовывается. Появляются секторы различных форм собственности, создаются или упраздняются структурные элементы системы, подразделения организации, обеспечения и обслуживания полетов. «Реструктуризация» представляет собой структурную перестройку в целях эффективного распределения и использования ресурсов предприятия гражданской авиации, заключающуюся в ее развитии на основе распределения, соединения, ликвидации действующих организации, создание новых структурных подразделений.

Таким образом, для обеспечения нормального функционирования авиатранспортной системы при выполнении условий реструктуризации необходимо решение следующих задач:

- определение места и роли созданного структурного элемента в системе, а также выполнение или возложение функций ликвидированных структурных подразделений;
- организация деятельности каждого элемента системы с учетом организованных или ликвидированных структурных подразделений, исходя из специфики их деятельности;
- организация взаимодействия с учетом организованных или ликвидированных структурных элементов системы между собой, а также взаимодействие со службами управления воздушным движением (УВД);
- влияние организованных или ликвидированных структурных элементов системы на деятельность самой системы, в которую они входят, а также на службы УВД в первую очередь.
- проведение исследований с целью поиска оптимальных способов и методов использования ресурса системы.

Очевидно, что для решения перечисленных задач нужны знания и опыт, а также законодательная база и механизмы ее реализации. В настоящее время проведена значительная работа по организации структуры гражданской авиации, введены и действуют «Трудовой кодекс Российской Федерации» (ТК РФ), новые Федеральные авиационные правила (ФАП), тем не менее, полного решения проблем функционирования гражданской авиации мы не имеем [4]. Во многих статьях ТК РФ, Правилах, Приказах и Постановлениях нет четких указаний по организации структуры авиатранспортной системы, а в ряде случаев они имеют не точные, разноречивые определения и предписания. Для примера можно рассмотреть Приказа № 128 от 31.07.2009 года «Об утверждении Федеральных авиационных правил. Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации (ФАП-128)», на основании которого в некоторых аэропортах созданы диспетчерские пункты управления движением воздушных судов на перроне [6]. Согласно этому приказу, при наличии специализированного подразделения аэропортового комплекса по управлению движением на перроне могут осуществляться указанным подразделением. Какое именно специализированное подразделение? Какие требования к персоналу этого подразделения? На эти вопросы в указанном документе ответов нет.

Решение выше перечисленных проблем, связанных с их применением в деятельности персонала управления воздушным движением (УВД) необходимо проведение исследований в этой области, определение несоответствий и принятие мер по их устранению. Но это очень долгая и дорогостоящая процедура, поэтому решение поставленных задач предлагается путем подбора персонала УВД высокой квалификации, способных осуществлять деятельность в сложных условиях, принимать решение в условиях ограниченного лимита времени, обрабатывать большие объемы информации, рационально использовать ресурс времени и грамотно осуществлять взаимодействие со службами обеспечения полетов. Диспетчеру УВД приходится осуществлять деятельность в условиях скоротечности процессов и невозможностью их остановки, поэтому он должен быть способным найти выход из сложившейся трудной ситуации.

Персонал УВД условно можно разделить на две группы:

Первая группа, в которую входят диспетчеры УВД с определенными латентными свойствами и способными осуществлять деятельность в условиях неопределенности, принимать оптимальное решение и иметь способность предвидения будущей воздушной обстановки. Как правило, эти специалисты с высшим специальным образованием. Такие диспетчеры УВД выполняют функции по УВД

и по взаимодействию со службами обеспечения полетов хладнокровно, тихо и спокойно, можно сказать, без особых усилий.

Вторая группа, в которую входят диспетчеры УВД, которые дисциплинированы, строго выполняют требования инструкций, но не способные к принятию самостоятельного решения. Как правило, эти специалисты со средним специальным образованием. В условиях повышенной трудности и отсутствия точных инструкций персонал, входящий во вторую подгруппу, подвергается сильному влиянию вредного психологического фактора, стрессу, быстро утомляется и теряет самообладание и самоконтроль [2].

Таким образом, для решения поставленных задач, в предложенном случае, в авиапредприятиях гражданской авиации (ГА) с высокой интенсивностью полетов необходим подбор персонала УВД, входящий в первую группу. Персонал второй подгруппы может быть рекомендован в авиапредприятия ГА со слабой интенсивностью полетов.

Трудовые отношения в Российской Федерации регулируются трудовым законодательством, целью которого является установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание благополучных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей [5]. В статье три ТК РФ изложено:

1. Каждый имеет равные возможности для реализации своих трудовых прав.

2. Никто не может быть ограничен в трудовых правах и свободах или получать какие-либо преимущества независимо от пола, цвета кожи, национальности, языка, происхождения, имущественного, семейного, социального и должностного положения, возраста, места жительства, отношения к религии, политических убеждений, принадлежности или непринадлежности к общественным объединениям, а также от других обстоятельств, не связанных с деловыми качествами работника.

3. Не являются дискриминацией установление различий, исключений, предпочтений, а также ограничение прав работников, которые определяются свойственными данному виду труда требованиями, установленными Федеральным законом, либо обусловлены особой заботой государства о лицах, нуждающихся в повышении социальной и правовой защите.

Первые два пункта статьи три ТК РФ имеют декларативный характер. Без сомнения, здесь выполняются принципы равноправия и справедливости. Но каким образом возможно выполнение первых двух пунктов? Нет механизма их реализации, пунктом три исключается принцип справедливости и равноправия, изложенный в пунктах

один и два. Представим себе картину, когда на одну вакантную должность диспетчера УВД претендуют два и более соискателя. Все они имеют одинаковый возраст, образование, квалификацию и т. д. Все они годны по состоянию здоровья, но на указанную должность может быть принят только один из них, и предпочтение при этом, должно отдаваться лучшему претенденту.

Таким образом, в любом случае, нарушаются требования пункта два:

- для принятого на должность — это получение какого-либо преимущества;
- для непринятого — ограничение в трудовых правах.

Оспорить решение работодателя, его предпочтения или установление различий невозможно. Это зависит от цели, заинтересованности и индивидуальных качеств работодателя. Работодатель уполномочен принимать любое неоспоримое решение в пользу того или того претендента без каких-либо объективных объяснений, а также оценок деловых качеств потенциального работника. Такая формулировка статьи позволяет ее применение и работодателем, и претендентом на должность в личных, корыстных целях. Как правило, работодатель при принятии решения в пользу того или иного претендента на должность руководствуется следующими принципами:

- просьбы и указания вышестоящего начальства;
- знакомства, родственные и дружеские отношения;
- материальная заинтересованность.

Таким образом, мы пришли к вытекающим из выше изложенного, вопросам:

1. На каком основании устанавливаются предпочтения или ограничения?
2. Являются ли принятые предпочтения или ограничения справедливыми?
3. Справится ли диспетчер УВД, получивший предпочтение, с выполнением производственного плана (со своими должностными обязанностями)?

Очевидно, что для поиска ответов на все вопросы, необходимо применение метода, который бы позволил получение численных показателей свойств личностей претендентов, на основании которых, мы могли бы принять любое справедливое решение.

Таким методом является метод измерений деятельности, представляющий собой результаты педагогических измерений, разработанный на основе применения математической модели Г. Раша. Согласно предложенной математической модели, решаются проблемы

объективизации измерений деятельности посредством математического моделирования зависимости результата деятельности от соотношения уровня собственности личности Θ_i и трудности задания β_i . В технологическом смысле математическая модель Г. Раша можно определить как процесс и метрическая система трансформации результатов тестирования в педагогические измерения. Педагогические измерения понимается как процесс определения меры интересующего латентного свойства личности испытуемого на интервальной шкале, посредством качественного теста, состоящего из системы заданий равномерно возрастающей трудности, позволяющего получить педагогически целесообразные результаты, отвечающие критериям надежности, валидности, объективности и эффективности. Эта система заданий равномерно возрастающей трудности, позволяющая качественно оценить структуру и измерить уровень подготовленности испытуемых. Для получения заданий возрастающей трудности рассмотрим почасовое распределение суточного плана полетов (табл. 1).

Таблица 1.

Распределение интенсивности движения воздушных судов

Время	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Кол-во ВС	09	09	08	07	20	19	19	20	21	33	50	34
Время	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Кол-во ВС	35	26	37	35	33	30	42	38	44	47	42	34

Используя данные таблицы 1 рассмотрим график распределения интенсивности движения отбывающих ВС. На оси абсцисс откладываем время, а на оси ординат количество воздушных судов (ВС) и получим:

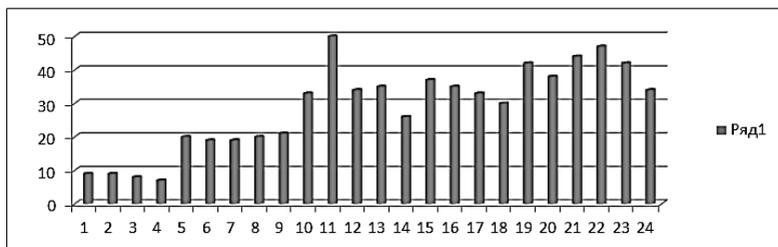


Рисунок 1. График распределения интенсивности движения

Из рисунка 1 следует, что суточная интенсивность обслуживаемого движения распределена не равномерно, что дает нам возможность ее деления на этапы трудности (табл. 2).

В основу разработки своей системы измерения Г. Раш положил метафору противоборства испытуемого с тестовым заданием. Если испытуемый имеет более чем достаточную подготовку для решения очередного задания, то он станет вероятным победителем противоборства, а потом получить победный балл. Если подготовка недостаточна, побеждает, можно условно сказать, задание. Следствием чего испытуемый получит ноль баллов.

Таблица 2.

Распределение интенсивности движения по трудности

<i>Кол-во ВС</i>	<i>β-трудность выполнения задания</i>	<i>Кол-во ВС</i>	<i>β-трудность выполнения задания</i>
от 0 до 10	1	от 51 до 60	6
от 11 до 20	2	от 61 до 70	7
от 21 до 30	3	от 71 до 80	8
от 31 до 40	4	от 81 до 90	9
от 41 до 50	5	от 91 до 100	10

В модели Г. Раша принимается, что вероятность правильного ответа испытуемого на задание теста зависит только от двух показателей — от уровня подготовленности испытуемого и от трудности задания. Чем больше эта разность, тем больше вероятность правильного ответа испытуемого с номером *i* на задание с номером *j*. Если испытуемый знает больше, чем того требует задание, значение разности больше, а потому большей чем 0,5 становится и вероятность правильного ответа. При любых значениях Θ_i и β_j значение вероятности правильного ответа испытуемых с различной подготовкой на задания различного уровня трудности остаются в пределах от нуля до единицы.

Результаты ответа испытуемого *i* по заданию рассматриваются как величина x_{ij} , зависящая от уровня квалификации и трудности задания. Таким образом, результат может рассматриваться как функция от взаимодействия двух основных факторов — уровня развития интересующего свойства (квалификации Θ и трудности задания β). Следовательно, в каждом конкретном случае вероятность правильного ответа на каждый вопрос тем ближе к единице, чем выше

Θ и соответственно ниже β [1]. Эти условия записываются как функция от разности двух параметров:

$$P\{X_{ij}=1/\Theta_i, \beta_j\}=f(\Theta_i - \beta_j) \quad (1).$$

В математической модели Г. Раша, результат сравнения шансов на успех в тестовом задании зависит исключительно от сравнения квалификации отдельных проверяемых и совсем не зависит от сложности задания [3].

Проведение качественных измерений методом Г. Раша возможно, когда есть четко выраженная концепция измеряемого свойства личности, подобрано нужное содержание теста, сформулированы задания в наиболее подходящей для данного содержания тестовой форме. В нашем случае интересующими измеряемыми индивидуальными свойствами личности каждого из трех претендентов на вакантную должность диспетчера УВД, являются определения теоретических знаний и практических навыков (квалификации), необходимых для выполнения должностных обязанностей. По результатам тестирования составляется матрица численных результатов. Численные показатели результатов испытуемых выстраиваются в порядке убывания (табл. 3.)

Таблица 3.

Матрица численных результатов испытаний

Испыту- емый i	N_j										Индивиду- альный балл испытуемых x_{ij}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1-Иванов	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
2-Петров	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8
3-Сидоров	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Число правильных ответов	3	3	3	3	2	2	2	2	1	0	

Таким образом, получая численные показатели, путем выполнения педагогических измерений трех претендентов и определяя необходимые профессиональные качества претендентов на должность диспетчера УВД, отдаем предпочтение кандидату, получившему наибольшее количество баллов. Претендент под номером один получил больше всех баллов, тем самым подтвердил свою высокую по сравнению другими претендентами, квалификацию и получает

право занимать желаемую должность. Результаты испытуемого под номером два тоже высокие, поэтому его можно зачислить в кадровый резерв. Что касается испытуемого под номером три, то он показал слишком слабые знания, поэтому с ним необходимо распрощаться.

Данный метод может быть применен во всех службах гражданской авиации для подбора высококвалифицированного персонала, а также в любой отрасли народного хозяйства.

Список литературы:

1. Аванесов В.С. Применение тестовых форм в Rash Measurement. Педагогические измерения, № 4, 2005, — С. 2—3.
2. Гаглоев Э.П. «Руление» — подразделение управления воздушным движением (УВД)//Научный вестник МГТУ ГА. — 2012. — № 178 (4). — С. 131—134.
3. Гаглоев Э.П. Централизация и децентрализация деятельности службы управления воздушным движением.//«Технические науки от теории к практике»: материалы XV Международной заочной научно-практической конференции.(12 ноября 2012 года); [под. ред. Я.А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «СибАК», 2012. — 162 с.
4. Гаглоев Э.П., Юркин Ю.А. Задачи диспетчера по использованию воздушного пространства в авиакомпаниях Российской Федерации. //Научный вестник МГТУ ГА. — 2010. — № 159 (9). — С. 97—100.
5. Комментарий к трудовому кодексу Российской Федерации (краткий, постатейный) / Отв. ред. проф. Ю.П. Орловский. — М.: КОНТРАКТ: ИНФРА-М, 2006 — 574 с.
6. Приказа № 128 от 31.07.2009 года «Об утверждении Федеральных авиационных правил, Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской федерации (ФАП-128)».
7. Юркин Ю.А. Государственное регулирование гражданской авиационной деятельности: Учебное пособие. — М.: МГТУ ГА, 2007. — С. 28—54.

**ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ
ПО РЕМОНТУ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Смирнов Виктор Александрович
канд. техн. наук, доцент ОмГУПС,
г. Омск
E-mail: smirnovva@bk.ru

**SELECTION OF PROJECT
DECISIONS QUALITY ESTIMATION
INDICATORS OF ROLLING
STOCK REPAIRING ENTERPRISES**

Smirnov Victor
Associate Professor Chair of Electric Railway Transport, OSTU, Omsk

АННОТАЦИЯ

В работе анализируются показатели технологических систем предприятий по ремонту подвижного состава, синтезируется класс показателей для решения задач оценки качества проектных решений и оптимизации производства.

ABSTRACT

In the article indicators of technological systems of rolling stock repairing enterprises are analyzed, a group of indicators for estimation of project decisions quality and production optimization is synthesized.

Ключевые слова: ремонт подвижного состава; технологическая подготовка производства; показатели качества проектных решений.

Keywords: rolling stock repair; technological preproduction; parameters of project decision quality.

Качественный ремонт подвижного состава является важнейшим фактором обеспечения надежности и безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Основная задача предприятий ремонтного комплекса ОАО «РЖД» — обеспечение требуемых показателей безопасности движения, надежности и техни-

ческой готовности подвижного состава компании при экономически оправданном уровне финансовых затрат.

Эффективность работы ремонтных предприятий с позиций экономических интересов собственников, можно оценить по рентабельности продукции, рассчитываемой как процентное отношение прибыли, полученной от реализации услуг по ремонту подвижного состава к себестоимости. При формировании затратной части, кроме фонда оплаты труда, амортизационных отчислений, затрат на комплектующие и топливно-энергетические ресурсы, учитываются издержки, связанные со страхованием рисков безопасности движения по причине некачественного ремонта [3]:

$$r_p = \frac{k_r}{1 + s_p} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где: k_r — коэффициент рентабельности (для ремонтного производства ≈ 10 —30 %);

s_p — страховая надбавка на покрытие штрафов за некачественный ремонт.

$$s_p = w^E(1) + \frac{x_\alpha}{\sqrt{N_p}} \cdot \sqrt{x_\alpha \cdot w^E(1) \cdot (1 - w^E(1))}, \quad (2)$$

где: c_p — себестоимость единицы ремонта;

$w^E(1)$ — среднегодовой параметр потока отказов подвижного состава по вине ремонта;

N_p — годовая программа ремонта;

x_α — квантиль вероятности неразорения α ($\alpha = 0,9 \dots 0,95$).

С позиции качества функционирования ремонтного предприятия в рамках обеспечения единого перевозочного процесса, основными показателями являются: уровень восстановления оборудования по показателям безотказности в эксплуатации, срок, объемы и стоимость ремонта.

Комплексная оценка качества функционирования предприятия может быть произведена по интегральному критерию — показателю функциональной эффективности:

$$v_p = \frac{T^E(t) \cdot A}{c_p + A \cdot T(t_p)} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где: c_p — цена ремонта,
 t_p — время ремонта,
 A — средний доход на единицу наработки подвижного состава,
 $T(t_p)$ — наработка подвижного состава за интервал времени t_p ,
 $T^E(t)$ — средняя наработка на отказ, тыс. км.

Таким образом, задача оценки качества и оптимизации проектных решений сводится к выбору комплекса показателей, характеризующих ожидаемую рентабельность и функциональную эффективность проектируемой технологической системы. С учетом вышеизложенного, можно сформулировать следующие требования к синтезируемому классу показателей:

- состав показателей должен удовлетворять принципу полноты представления об объекте проектирования и выполняемых им функциях;
- показатели должны быть экономически-измеримыми;
- быть независимыми в пределах одной объектно-функциональной группы.

Множество показателей технологической системы предприятия по ремонту подвижного состава [3, 2] по объектно-функциональному признаку может быть разделено на следующие группы: показатели технического уровня производства, ресурсо- и энергоемкости, фондоемкости, производительности, качества функционирования.

Показатели технического уровня характеризуют технологическую систему предприятия с позиции прогрессивности и эффективности применяемых средств производства: уровень технологии, автоматизации и механизации производства, технологической гибкости производственных участков. На практике, для характеристики технического уровня производства наиболее часто используют коэффициент автоматизации, определяемый как простое соотношение двух видов оборудования или с учетом звенности машин, и коэффициент механизации [1]. Последний оценивается как мера замещения ручного труда машинным:

$$k_m = \frac{T - T_p}{T}, \quad (4)$$

где: T_p — время ручной работы слесарей по ремонту подвижного состава;

T — общий фонд рабочего времени на ремонт одной единицы.

Недостатком подхода является то, что данные коэффициенты не отражают техническое совершенство применяемых технологий

и следовательно не могут характеризовать потенциально достижимый уровень качества ремонта.

Альтернативным вариантом является оценка технического уровня производства путем сравнения предлагаемых технологий с современным оборудованием, применяемым на передовых предприятиях отрасли:

$$k_{\text{ты}} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot u_i, \quad 0 < u_i \leq 1, \quad (5)$$

где: a_i — весовые коэффициенты,

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1, \quad u_i — \text{экспертные оценки по шкале от } 0 — \text{отсталая}$$

не применяемая технология, до 1 — технология, соответствующая современным мировым стандартам.

Экспертная оценка производится в комплексе для технологического участка или позиции, обеспечивающего выполнение ремонта определенного вида оборудования. Веса назначаются по уровню «значимости» данного оборудования, например в обеспечении надежности подвижного состава (по статистике отказов на линии).

Под технологической гибкостью системы подразумевается возможность переналадки оборудования под изменения структуры ремонтного задания, в рамках установленной технической заданием на проект номенклатуры. Коэффициент технологической гибкости производства определяется как:

$$k_r = 1 - \frac{B_n}{F}, \quad (6)$$

где: B_n — среднее время переналадки технологической системы;

F — эффективный фонд времени работы оборудования.

Коэффициент технологической гибкости влияет на среднее время ремонта подвижного состава и учитывается при расчете производственной мощности предприятия.

Ресурсно-энергетические показатели технологической системы характеризуют затраты на приобретение топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), материалов, комплектующих и создание оборотного фонда объектов ремонта при использовании обезличенного

агрегатного метода. К классу показателей, характеризующих качество проектных решений можно отнести:

- удельную энергоемкость ремонта подвижного состава;
- максимальный уровень потребления ТЭР за период;
- размер переходного запаса объектов ремонта, обеспечивающий заданную ритмичность и производительность предприятия;
- неснижаемый запас материалов и комплектующих.

Методики и алгоритмы для расчета ресурсно-энергетических показателей содержатся в соответствующей научно-технической, методической и справочной литературе, посвященной вопросам технического аудита, проектированию, организации и подготовке производства [1, 4].

Показатели фондоемкости влияют на размер амортизационных отчислений при формировании себестоимости ремонта и включают в себя: стоимость оборудования и других производственных фондов, производственные площади, длину железнодорожных путей, площадь земельного участка предприятия. Подробный анализ показателей и методик их расчета приведен в [2].

К группе показателей производительности технологической системы относятся: производственная мощность, максимальная производительность, время ремонта подвижного состава и его отдельных узлов и агрегатов. Проектная мощность производственного подразделения с учетом показателей технического оснащения и надежности оборудования определяется выражением:

$$N_p^{(np)} = \prod_{i=1}^n k_i \cdot r_m \cdot F \cdot e^{(-t\lambda)}, \quad (8)$$

где: k_i — коэффициенты, учитывающие показатели прогрессивности оснащения, механизации, автоматизации, гибкости технологического оборудования и другие особенности производства, $n \in Z_+$;

r_m — производительность лимитирующего технологического участка или цеха, 1/ч;

F — годовой фонд рабочего времени, ч;

t — время работы технологического оборудования, ч.;

λ — приведенная интенсивность отказов оборудования, 1/ч.

Показатели производительности учитываются при расчете функциональной эффективности технологической системы предприятия,

а также при формировании цены ремонта в расчете прямых затрат и накладных расходов.

Под качеством функционирования технологической системы понимается эффективность использования производственного потенциала. К показателям данной группы относятся: объем незавершенного производства, длина очередей, коэффициенты использования технологического оборудования и др. Достоверные значения перечисленных показателей на этапе проектирования технологической системы могут быть получены по результатам имитационного моделирования.

Показатели качества функционирования учитываются при расчете итоговых значений производительности, времени, энерго- и ресурсоемкости ремонта путем умножения идеальных расчетных значений на коэффициент потерь.

Список литературы:

1. Проектирование автоматизированных участков и цехов / В.П. Вороненко, В.А. Егоров, М.Г. Косов и др.; под ред. Ю.М. Соломенцева. — М.: Высшая школа, 2003. — 272 с.
2. Проектирование промышленных предприятий: Принципы. Методы. Практика / Клаус-Герольд Грундиг; Пер. с нем. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. — 340 с.
3. Смирнов В.А. Выбор показателей технологического оснащения предприятий по ремонту железнодорожного подвижного состава с учетом рисков безопасности движения / В.А. Смирнов, В.Ф. Кузнецов, А.М. Семенов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. № 1, 2012. С. 112—117.
4. Смирнов В.А. Энергосбережение при ремонте и техническом обслуживании локомотивов / В.А. Смирнов, А.С. Талызин // Известия Транссиба. № 4, 2011.

СЕКЦИЯ 4.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТНО- КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АЭРОФОТОСИСТЕМ

Молчанов Андрей Сергеевич

соискатель ученой степени кандидата технических наук,

ГЛИЦ им. В.П. Чкалова,

г. Ахтубинск

E-mail: 9171900070@rambler.ru

USING FREQUENCY-COLORIMETRIC INDICATOR TO EVALUATION IMAGES DURING FLIGHT TEST AEROFOTOSYSTEMS

Molchanov Andrei

Competitor of the degree of candidate of technical sciences, State Flight

Test Center them. Chkalov, Akhtubinsk

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность применения частотно-колориметрического показателя для оценки фотоизображений. Показана целесообразность его использования при проведении испытаний по оценке аэрофотосистем военного назначения.

ABSTRACT

The possibility of using frequency-colorimetric indicator to assess the facsimiles. The expediency of its use in flight tests to assess military aerofotosystems.

Ключевые слова: аэрофотосистема; фотоизображение; показатель; испытания.

Keywords: aerofotosystem; photo; index; test.

Поскольку информация, зарегистрированная на аэрофотоматериал, предназначена для дешифрования человеком, то при оценке фотоизображений необходимо учитывать особенности процессов зрительного восприятия цветного изображения. Перечислим основные особенности процесса зрительного восприятия [3, 4, 6, 8]:

1. зрительный анализатор можно представить в виде модели Фурье-фильтра, где каждый канал настроен на выделение решетки с определенной пространственной частотой;

2. зрительная система человека обладает способностью к инвариантному распознаванию объектов, т.е. может узнавать их несмотря на изменения яркости, контраста, цвета, изменения размера и искажения формы. При этом форма и цвет распознаются независимо;

3. зрительная система человека, благодаря механизму адаптации, может работать в диапазоне освещенностей, составляющем 10 логарифмических единиц. Когда глаз адаптирован к некоторому уровню освещенности, его динамический диапазон составляет примерно две логарифмические единицы [4];

4. уменьшение угловых размеров объекта приводит к изменению ощущения его цветности. При малых угловых размерах ($10' \leq \alpha \leq 60'$) возникает цветовое зрение, при котором, вследствие выпадения синеощущающего аппарата, дешифровщик видит все разнообразие цветов как смесь оранжево-красных цветов с зелено-голубыми. При $\alpha \leq 10'$ глаз не различает цветов и воспринимает детали изображения как черно-белые [4].

В настоящее время в качестве основных показателей оценки АФС применяются [7]: захват при аэрофотографировании, высоты боевого применения, масштаб изображения, допустимый диапазон отношения путевой скорости к высоте полета летательного аппарата, угол обзора АФС, спектральный диапазон работы АФС, величина ошибки измерения координат, вероятность обнаружения (распознавания) объекта.

Все перечисленные показатели, полученные в процессе летных испытаний, ориентированы на анализ конечного исхода. Недостатком этих показателей АФС является то, что эти оценки получены при соблюдении определенной совокупности условий проведения летного эксперимента. Изменение одного или нескольких

из них может существенно повлиять на показатель оценки. Необходимо всегда оговаривать условия, в которых АФС оценивалась.

Одним из показателей при оценке цветных изображений может стать величина цветового различия между объектом и фоном в равноконтрастной системе, рекомендованной к применению Международной колориметрической организацией (МКО). В основе этого показателя лежит система координат цвета, в которой равным отрезкам линии, проведенной между точками, изображающими любые два цвета соответствовали бы равные цветовые контрасты — равные числа порогов [1].

Таким образом, показатель оценки качества АФС с получением цветофотографических изображений должен прямо или косвенно учитывать особенности зрительного анализатора дешифровщика как конечного получателя информации.

Два излучения, имеющих разные координаты цвета, воспринимаются глазом как разноцветные, если разница в цвете равна или больше порога цветоразличения. Пороговую разность цвета можно представить в пространстве в виде расстояния между концами векторов двух цветов, различаемых с заданной вероятностью. Чем больше это расстояние, тем больше их различие и цвета становятся более контрастными. В этом смысле пороговую разность цвета принято называть цветовым порогом, а сверхпороговое различие, выраженное минимальным числом цветовых порогов, — цветовым контрастом.

В настоящее время применяется равноконтрастная модель системы МКО — 1976 $L^*a^*b^*$. Цветовое пространство $L^*a^*b^*$ определяется тремя координатами L^* , a^* , b^* . Где L^* — светлота, a^* — красно-зеленые цвета и b^* — желто-синие цвета.

*В цветовом пространстве МКО $L^*a^*b^*$ каждому цвету соответствует точка, положение которой определяется тремя независимыми координатами: светлотой — L^* и двумя хроматическими координатами - a^* и b^* , связанными с координатами цвета X , Y , Z . Числовые значения цветового различия могут быть определены [9]:*

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}}, \quad (1)$$

где: ΔL^* , Δa^* , Δb^* — координаты цвета равноконтрастного цветового пространства;

$$\begin{aligned}
 \Delta a^* &= a_{об}^* - a_{ф}^* \\
 \Delta b^* &= b_{об}^* - b_{ф}^* \\
 \Delta L &= L_{об}^* - L_{ф}^*
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где: «об» и «ф» — индексы цветовых координат объекта и фона соответственно.

Цветовые координаты можно определить [5, 9]:

$$\begin{aligned}
 L^* &= 116 \left(\frac{y}{y_0} \right)^{1/3} - 16 \\
 a^* &= 500 \left[\left(\frac{x}{x_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{y}{y_0} \right)^{1/3} \right] \\
 b^* &= 200 \left[\left(\frac{y}{y_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{z}{z_0} \right)^{1/3} \right]
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

x_0, y_0, z_0 — координаты цвета идеального рассеивателя для выбранного стандартного источника освещения А, В, С, D₅₀, D₅₅, D₆₅, D₇₅.

Координаты X, Y, Z определяются из соотношений [5]:

$$\begin{aligned}
 x &= \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \Phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) \tau(\lambda) d\lambda \\
 y &= \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \Phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) \tau(\lambda) d\lambda \\
 z &= \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \Phi_{e\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) \tau(\lambda) d\lambda
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где: λ — длина волны, мкм;

$\Phi_{e\lambda}(\lambda)$ — относительное спектральное распределение энергии источника света;

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ — ординаты кривых сложения цветов в системе XYZ;

$\tau(\lambda)$ — спектральный коэффициент пропускания образца.

Предложенный показатель позволяет сопоставлять и сравнивать между собой различные АФС — чем больше величина ΔE^* в пределах требуемого диапазона пространственных частот, тем лучше рассматриваемая аэрофотосистема.

Оценка качества цветных изображений по величине цветового различия между объектом и фоном позволяет сопоставлять между собой изображения различной цветности и яркости и, кроме того, учесть особенности восприятия цветных изображений дешифровщиком.

Список литературы:

1. Домасев М.В., Гнатюк С.П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения, СПб.: ПИТЕР, 2003. — 224 с.
2. Дубинский Г.П., Кононов В.И., Федоровский А.Ф. Методы оценки качества оптических систем. — М.: Машиностроение, 1978. — 231 с.
3. Зрительное опознавание и его нейрофизиологический механизм. Под редакцией Глезера В.Д. — Л.: Недра, 1975. — 272 с.
4. Карпович И.Н. Военное дешифрирование аэрофотоснимков. — М.: Воениздат, 1990. — 544 с.
5. Луизов А.В. Цвет и свет. — Л.: Энергоатомиздат, 1989. — 256 с.
6. Новаковский С.В. Цвет в цветном телевидении. — М.: Радио и связь, 1988. — 288 с.
7. Ребрин Ю.К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов. — Киевское ВВАИУ, 1988. — 450 с.
8. Трофимов Б.Е., Куликовский О.В. Передача изображений в цифровой форме. — М.: Связь, 1980. — 120 с.
9. CIE. Improvement to industrial colour-difference evaluation. Vienna: CIE Publication № 142-2001, Central Bureau of the CIE; 2001. — 6 с.

СЕКЦИЯ 5.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ В ЗДАНИИ С НЕВЕНТИЛИРУЕМОЙ КРЫШЕЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Жуков Артем Николаевич

*ассистент ВолгГАСУ, г. Волгоград
E-mail: ya.elektronka2011@yandex.ru*

TEMPERATURE MODE OF THE ROOM IN THE BUILDING WITH UNVENTED ROOF DURING THE WARM PERIOD OF YEAR

Zhukov Artem Nikolaevich

assistant VolgGASU, Volgograd

АННОТАЦИЯ

В статье освещается исследование температурного режима в помещении верхнего этажа общественного здания с неventилируемой совмещенной крышей в теплый период года. Проведена оценка соответствия температурного режима помещения требуемым параметрам обеспечения комфортного микроклимата.

ABSTRACT

In article research of a temperature mode in the top floor of the public building with unvented combined roof during the warm period of year is shined. The assessment of compliance of a temperature mode of the room to demanded parameters of providing a comfortable microclimate is carried out.

Ключевые слова: температурный режим; неventилируемые крыши; перегрев; теплый период года.

Keywords: temperature mode; unvented roof; overheat; the warm period of year.

Исследование температурного режима помещения верхнего этажа в здании с неветилируемой совмещенной крышей основано на результатах натуральных теплотехнических испытаний в теплый период года.

Здание имеет неветилируемую совмещенную крышу по типовой серии 2Р-02-1. Согласно типовому проекту материалы конструкции обладают следующими теплофизическими характеристиками начиная с внутреннего слоя (рис. 1): 1 слой — штукатурка цементно-песчаная с окраской побелкой, толщина $\delta_1 = 0,02$ м; коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 0,76$ Вт/(м·°С); плотность $\rho_1 = 1800$ кг/м³; коэффициент паропроницаемости $\mu_1 = 0,09$ мг/(м·ч·Па); коэффициент теплоусвоения $s_1 = 9,6$ Вт/(м²·°С); 2 слой — железобетонная многопустотная плита перекрытия, толщина $\delta_2 = 0,22$ м; коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 1,92$ Вт/(м·°С); плотность $\rho_2 = 2500$ кг/м³; коэффициент паропроницаемости $\mu_2 = 0,03$ мг/(м·ч·Па); коэффициент теплоусвоения $s_2 = 17,98$ Вт/(м²·°С); 3 слой — пергамин, $\delta_3 = 0,002$ м; $\lambda_3 = 0,26$ Вт/(м·°С); $\rho_3 = 600$ кг/м³; $\mu_3 = 0,001$ мг/(м·ч·Па); $s_3 = 3,53$ Вт/(м²·°С); 4 слой — керамзит по уклону, $\delta_4 = 0,16$ — $0,18$ м; $\lambda_4 = 0,15$ Вт/(м·°С); $\rho_4 = 500$ кг/м³; $\mu_4 = 0,23$ мг/(м·ч·Па); $s_4 = 2,25$ Вт/(м²·°С); 5 слой — цементно-песчаная стяжка, $\delta_5 = 0,05$ м; $\lambda_5 = 0,76$ Вт/(м·°С); $\rho_5 = 1800$ кг/м³; $\mu_5 = 0,09$ мг/(м·ч·Па); $s_5 = 9,6$ Вт/(м²·°С); 6 слой — битумно-эмульсионная мастика на твердых эмульгаторах, $\delta_6 = 0,003$ м; $\lambda_6 = 0,17$ Вт/(м·°С); $\rho_6 = 1400$ кг/м³; $\mu_6 = 0,008$ мг/(м·ч·Па); $s_6 = 6,8$ Вт/(м²·°С).

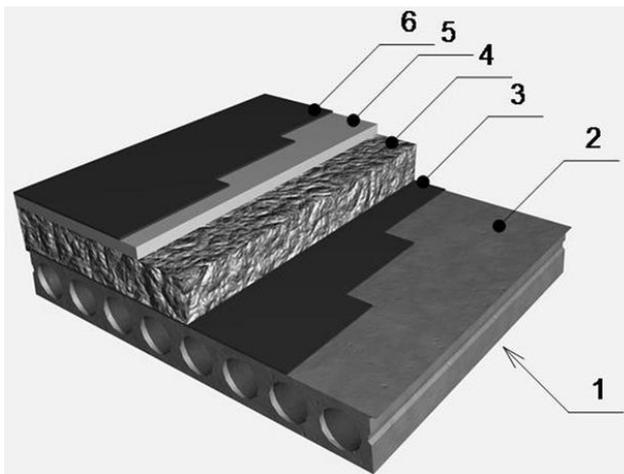


Рисунок 1. Схема конструкции неветилируемой крыши типовой серии 2Р-02-1

Перед началом испытаний с наружной стороны светопроема устанавливали солнцезащитные устройства в виде шторы-жалюзи с горизонтальными металлическими пластинами, расположенными под углом 45° к плоскости окна и имеющие коэффициент теплопропускания солнечной радиации 0,15. В помещении плотно закрывали окна и двери, создавая закрытый воздушный режим.

Эксперимент заключался в комплексном исследовании температурного режима в помещении, включающего измерение температуры внутреннего воздуха и температуры внутренней поверхности крыши.

Для измерений температур внутренней поверхности ограждающей конструкции устанавливали три датчика электронного измерителя ИТП МГ-4.03/Х(1) «Поток». Участок для установки датчиков выбирали на расстоянии не менее одной толщины ограждающей конструкции от оконного проема и примыкающих к ней конструкций стен. Для контроля температур дополнительно устанавливали рядом мобильные терморегистраторы РТВ-2. Напротив каждого датчика на расстоянии 100 мм от поверхности потолка подвешивали датчики для измерения температур припотолочной зоны.

Для измерения температуры внутреннего воздуха в помещении устанавливали 3 датчика прибора ИТП МГ-4.03/Х(1) «Поток». Один датчик подвешивали посередине помещения на расстоянии 1,5 м от плоскости пола, два остальных датчика на расстоянии 1 м от ограждающих конструкций помещения на расстоянии 1,5 м от пола. Также для контроля температуры и влажности внутри помещения устанавливали зонд электронного термогигрометра ТГЦ-МГ4 и термоанемометр Testo 405V1 посередине помещения, а также терморегистраторы РТВ-2 и психрометр Ассмана.

Для измерения температуры наружного воздуха датчик устанавливали на кронштейне на расстоянии 0,5 м от ограждающей конструкции и защищали его от попадания прямых солнечных лучей и дополнительного нагрева.

Все датчики приборов крепились с использованием термопасты кремнийорганической теплопроводной КПП-8, которая обеспечивает надежный контакт и препятствует образованию воздуха и улучшению теплопроводности между исследуемыми поверхностями.

Для защиты от действия солнечной радиации датчики закрывали колпачками из алюминиевой фольги.

Провода и системный модуль электронного измерителя располагали в соседнем помещении, подключали его к электронному блоку и программировали.

Испытания в теплый период года проводились в наиболее жаркий период непрерывно в течение 10 суток.

Измерение значений температур поверхностей, внутреннего и наружного воздуха, влажности в помещении и скорости воздуха записывались и архивировались с 30-минутным интервалом. Часовые и суточные архивы вычислялись как среднеарифметические из числа измерений за расчетный период.

В качестве расчетных значений принимались результаты трех суточных циклов испытаний с наибольшей повторяемостью измеряемых параметров.

На формирование внутреннего температурного режима в помещении оказывают влияние температура наружного воздуха и температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций, которая зависит от теплотехнических свойств материалов и теплоустойчивости ограждения.

Анализ результатов эксперимента показал, что наружная поверхность неветилируемой совмещенной крыши под действием высокой температуры наружного воздуха и солнечной радиации нагревалась до $+60...+65^{\circ}\text{C}$, в результате чего температура внутренней поверхности ограждения составляла $+33...+35^{\circ}\text{C}$.

Проведенный расчет по результатам исследования неветилируемой совмещенной крыши типовой серии 2Р-02-1 свидетельствует о недостаточной теплоустойчивости ограждения. Это связано с тем, что приведенная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности по результатам натурных исследований составляет $A_{\text{тв}}^{\text{нп}} = 4,3^{\circ}\text{C}$ и превышает требуемую $A_{\text{тв}}^{\text{мп}} = 2,2^{\circ}\text{C}$, определяемую по [2, стр. 18] в 1,9 раз.

Согласно таблице 2 [1, с. 5] оптимальная температура внутреннего воздуха в теплый период года в помещениях общественных зданий с постоянным пребыванием людей составляет $+23 \dots +25^{\circ}\text{C}$, допустимая $+18 \dots +28^{\circ}\text{C}$.

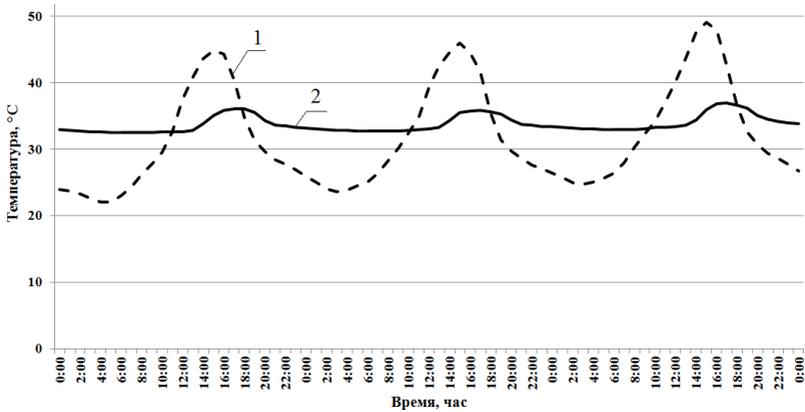


Рисунок 2. Распределение температур наружного воздуха и внутри помещения: 1 — температура наружного воздуха, °С; 2 — температура внутри помещения, °С

На основании полученных результатов исследования (рис. 2) в помещении верхнего этажа под конструкцией невентилируемой совмещенной крыши по типовой серии 2Р-02-1 максимальная температура наблюдалась в 16 часов 30 минут и составила $+37,2^{\circ}\text{C}$, среднесуточная температура внутреннего воздуха равна $+33,8^{\circ}\text{C}$. Превышение температуры внутреннего воздуха по результатам исследования над допустимой составило $+5,8^{\circ}\text{C}$.

В результате недостаточной теплоустойчивости и перегрева конструкции невентилируемой крыши температурный режим помещений не отвечает санитарно-гигиеническим и комфортным условиям для жизнедеятельности и здоровья человека. Для обеспечения требуемого температурного режима в помещении необходимы мероприятия по повышению тепловой устойчивости ограждения.

Список литературы:

1. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Госстрой России, 1996. — 14 с.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: ГОССТРОЙ РФ, 2004. — 45 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА НЕВЕНТИЛИРУЕМОЙ КРЫШИ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Жуков Артем Николаевич

*ассистент ВолгГАСУ, г. Волгоград
E-mail: ya.elektronka2011@yandex.ru*

MODELLING OF THE THERMAL MODE UNVENTED ROOF DURING THE WARM PERIOD OF YEAR

Zhukov Artem Nikolaevich

assistant VolgGASU, Volgograd

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты моделирования теплового режима невентилируемой совмещенной крыши общественного здания с помощью программного продукта «Теплосол 1.0». А также предлагается один из вариантов повышения тепловой устойчивости ограждающей конструкции для обеспечения требуемого теплового режима в помещении, располагаемого под исследуемой конструкцией.

ABSTRACT

The paper presents the results of modeling the thermal mode of the combined unvented roof of a public building with a software product «Теплосол 1.0». As well as offering one of the options to improve the thermal stability of the building envelope to provide the required thermal conditions in the room, located under the study construction.

Ключевые слова: тепловой режим; невентилируемые крыши; теплый период года.

Keywords: thermal mode; unvented roof; the warm period of year.

При проектировании зданий, в которых должны обеспечиваться требуемые параметры микроклимата, приходится рассматривать различные варианты решений и выполнять сложные и многочисленные расчеты. Поэтому для надежности, быстроты и точности используются программы для ЭВМ.

С этой целью был разработан программный продукт «Теплосол 1.0» [3], позволяющий проводить расчеты нестационарной теплопроводности многослойных конструкций и определять оптимальные условия для создания требуемых параметров теплового режима в помещениях.

Для составления алгоритма программы расчета «Теплосол 1.0» использовалось решение нестационарной теплопроводности многослойных конструкций методом конечных разностей в явном виде. Исследуемая физическая модель представляет составную конструкцию из n — слоев. Задавшись граничными условиями на наружной и внутренней поверхности, а также на стыке слоев последовательно определяются температуры в внутри каждого слоя, на границе и поверхностях конструкции. При этом в программе учитывается также влияние интенсивности солнечной радиации и месяц года, выбранный для расчета.

В качестве исследуемой конструкции была рассмотрена конструкция невентилируемой совмещенной крыши по типовой серии 2Р-02-1 общественного здания.

Для проведения расчета теплового режима в программный продукт «Теплосол 1.0» была загружена конструкция, материалы которой, согласно типовому проекту, имеют следующие параметры, начиная с внутреннего слоя: 1 слой — штукатурка цементно-песчаная с окраской побелкой толщиной 20 мм; 2 слой — железобетонная многопустотная плита перекрытия 220 мм; 3 слой — пергамин 2 мм; 4 слой — керамзит по уклону толщиной 160—180 мм; 5 слой — цементно-песчаная стяжка 50 мм; 6 слой — битумно-эмульсионная мастика на твердых эмульгаторах 3—5 мм.

Также в программу загружались температуры наружного воздуха и внутри помещения.

Расчет производился для наиболее жаркого месяца в году — июля.

На рис. 1 представлены результаты моделирования теплового режима невентилируемой крыши по программе «Теплосол 1.0».

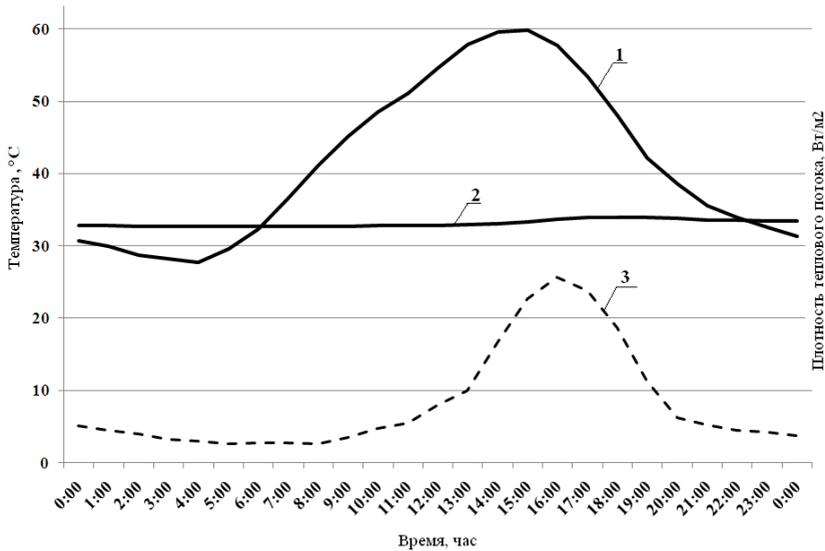


Рисунок 1. График распределения температур и теплового потока неветилируемой крыши: 1 — расчетная температура наружной поверхности крыши, °C; 2 — расчетная температура внутренней поверхности крыши, °C; 3 — расчетная плотность теплового потока, Вт/м²

По результатам моделирования было получено, что под действием наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации в июле месяце, наружная поверхность неветилируемой крыши нагревается до + 60°C. В связи с недостаточной тепловой устойчивостью конструкции крыши, температура внутренней поверхности ограждения составляет + 33 ... +35°C.

Допустимая температура внутреннего воздуха в помещении в теплый период года согласно [1, с. 5] составляет + 28°C. Согласно [2, с. 5] перепад между температурой воздуха в помещении и температурой поверхности ограждения не должен превышать 2,5°C. Соответственно рассмотренная конструкция крыши не удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям. Перегрев конструкции неветилируемой крыши приводит к повышению теплового режима в помещениях, что неблагоприятно сказывается на здоровье и жизнедеятельности человека.

Для обеспечения требуемых параметров микроклимата в помещении в теплый период года необходимо, чтобы ограждающие конструкции обладали требуемой тепловой устойчивостью.

Для повышения теплозащитных свойств невентилируемых совмещенных крыш применяются несколько возможных вариантов. Среди них наиболее эффективными являются устройство дополнительных теплоизоляционных слоев из минеральной ваты с последующим устройством нового гидроизоляционного ковра, устройство вентилируемых каналов или аэраторов. Одним из наиболее экономичных является устройство дополнительного теплоизоляционного покрытия на основе огнеупорной асбестовой ткани, покрытой белой суспензией, состоящей из акрила, силикона и водоизоляционного герметика. Данное покрытие обладает низким коэффициентом поглощения солнечной радиации, поэтому может являться эффективным мероприятием по снижению температуры наружной и внутренней поверхности ограждения.

Для подтверждения возможности применения данного покрытия было произведено моделирование теплового режима невентилируемой совмещенной крыши по программе «Терпсол 1.0». Аналогичным образом в программу были загружены конструкция крыши с новым теплоизоляционным слоем, температуры наружного и внутреннего воздуха.

На рис. 2 представлен график распределения температуры наружной и внутренней поверхности крыши с дополнительным теплоизоляционным слоем и плотности теплового потока через конструкцию. По результатам моделирования температура наружной поверхности невентилируемой крыши снизилась на 15—18°C. Это привело к снижению температуры на внутренней поверхности ограждения на 5—7°C. В результате перепад между температурой внутренней поверхности и внутреннего воздуха удовлетворяет требуемым санитарно-гигиеническим условиям. А тепловой режим в помещении соответствует требуемым параметрам.

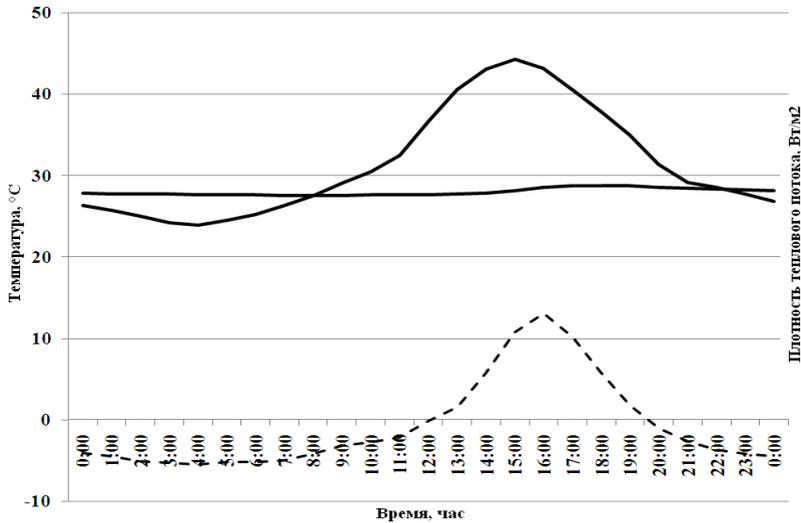


Рисунок 2. График распределения температур и теплового потока крыши с дополнительным теплоизоляционным слоем:

- 1 — расчетная температура наружной поверхности крыши, °С;
 2 — расчетная температура внутренней поверхности крыши, °С;
 3 — расчетная плотность теплового потока, Вт/м²**

С помощью разработанного программного продукта «Терпосол 1.0» возможно моделировать тепловые режимы различных многослойных конструкций, подбирать вид и толщину теплоизоляционных слоев при проектировании зданий и сооружений.

Список литературы:

1. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Госстрой России, 1996. 14 с.
2. СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. М.: Минюст РФ, 2010. 16 с.
3. Терпосол 1.0: свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ № 2013610364; № 2012660091; заявл. 21.11.2012; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 09.01.2013 г.

СЕКЦИЯ 6.

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Пиляева Ольга Владимировна

*канд. тех. наук, доцент Ачинского филиала Красноярского
государственного аграрного университета, г. Ачинск
E-mail: olga_pilyaeva@mail.ru*

Книга Юрий Анатольевич

*канд. тех. наук Ачинского филиала Красноярского государственного
аграрного университета, г. Ачинск
E-mail: in_ob@mail.ru*

PRINCIPAL DIRECTIONS OF ENERGY SAVING WHEN IN SERVICE OF GRAIN-CLEANING AND DRYING COMPLEXES OF AGRICULTURAL DESIGNATION

Olga Pilyaeva

*Candidate of Science, associate professor of branch of Krasnoyarsk
State Agrarian University, Achinsk*

Yuriy Kniga

*Candidate of Science of branch of Krasnoyarsk State Agrarian University,
Achinsk*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные направления по снижению энергозатрат при подготовке зерна к длительному хранению путем проведения аналитических исследований.

ABSTRACT

Principal directions of energy cost reduction during grain preparation to long-term storage have been examined by means of analytic survey.

Ключевые слова: зерно; энергосбережение; комплексный подход; зерноочистительно-сушильный комплекс.

Key words: grain; energy saving; complex approach; grain-cleaning and drying complex.

Высокий уровень и постоянный рост цен на электрическую энергию и топливо, ставят в жёсткие экономические условия деятельность производителей сельскохозяйственной продукции. К числу одних из наиболее энергозатратных технологических процессов в растениеводстве относится сушка, подготовка зерна к хранению. Поэтому одним из условий обеспечения рентабельности предприятия является минимизация затрат за счёт модернизации оборудования и снижение неоправданных потерь энергии.

Следует отметить, что обязателен комплексный подход в поиске решений указанной проблемы. Рассмотрим возможные направления снижения энергозатрат при осуществлении различных технологических операций.

1. Усовершенствование конструкции топок, распылительных устройств и теплогенераторов, обеспечивающих полноту сгорания и отсутствие утечек топлива вследствие негерметичности.

2. Снижение потерь теплоты за счёт термоизоляции корпуса зерносушилок; применение рекуперативных теплообменников, в которых использованный агент сушки отдаёт тепло, направляемое для повторного использования, использование систем рециркуляции отработанного теплоносителя. Система теплоизоляции и система рециркуляции отработанного теплоносителя позволяют значительно (до 30 %) снизить расход топлива зерносушилкой, особенно если принимать во внимание агроклиматические условия зернопроизводящих регионов РФ [3].

3. Фракционирование зерна перед сушкой. В этом случае зерновая масса при поступлении в комплекс фракционируется и схема подготовки к длительному хранению выглядит по-разному. Семенная и продовольственная фракции направляются в сушилку, а фуражная

подвергается химическому консервированию, подвергается охлаждению, либо идет немедленно на корм. Таким образом, затраты энергии приходятся только на снижение влажности первых двух фракции. По прогнозам [4, с. 9] использование такой технологии фуражния зерна с одновременным строгим соблюдением режимов даст возможность снизить энергозатраты на топливе до 40 %.

4. Проведение первичной очистки с последующей подачей зерновой массы на сушку. Отметим, что зерновой ворох содержит значительное число различных примесей, имеющих более высокую влажность, чем сами зерновки. В этом случае производится первичная очистка с последующей подачей зернового материала в сушилку. Однако, в случае поступления высоковлажного зерна, когда эффективность воздушно-решётных машин значительно снижена, сначала производится снижение влажности в сушилке до приемлемых её величин, при которых обеспечивается предварительная очистка. При осуществлении такой технологической схемы большая часть энергии затрачивается и на высушивание примесей. Выход из данной ситуации представляется возможным при использовании воздушно-гравитационных зерноочистительных машин (напр. аэродинамические сепараторы САД), либо совмещением операций приема предварительного подсушивания и приёма [2, с. 19—22].

5. Снижение числа транспортирующих перемещений при осуществлении технологических операций зерноочистительно-сушильного комплекса (ЗОСК); это условие может быть достигнуто как снижением числа циклов обработки, так и изменением конструкции ЗОСК, например каскадным расположением оборудования.

6. Рациональный выбор зерноочистительного и сушильного оборудования по производительности и снижение простоев элементов технологических линий ЗОСК.

7. Выбор конструкций зерносушилок и способов сушки с учетом свойств зернового материала, культуры, сорта.

8. Использование возможностей радиационного естественного способа сушки. Известно, что течение дня при благоприятных погодных условиях влажность зерна может быть снижена на 3—4 % [6, с. 50]. В настоящее время предлагаются проекты гелиосушильных установок, использующих аккумуляторы, позволяющих выполнять технологический процесс в ночное время [5].

9. Выбор оптимальных режимов сушки зерна. Необходимым условием энергосбережения при сушке зерна является выбор режимов, при которых обеспечивается высокое качество зерна и достигаются наилучшие технико-экономические показатели работы сушилки.

Несоблюдение требований к выбору температуры агента сушки, его влагосодержания и предельной температуре нагрева зерна приводит не только к количественным потерям продукции, но и к неоправданным затратам энергии. Например, в случае перегорания семенного и продовольственного зерна; или при низкой (хотя допустима более высокая) температуре нагрева фуражного зерна, когда возникает необходимость дополнительных пропусков обрабатываемого материала через сушилку, что вызывает дополнительные затраты на транспортировку внутри комплекса.

10. Применение микропроцессорных систем управления технологическими операциями зерноочистительно-сушильного комплекса; Обеспечение оптимальных режимов работы ЗОСК как с точки зрения обеспечения качества продукции так с точки зрения энергосбережения немислимо без применения автоматизированных систем управления (АСУ) на базе логических программируемых контроллеров. АСУ дают возможность выполнять значительное количество операций, основные из которых — обеспечение постоянства регулировок технологических параметров, контроль и анализ заданных режимов работы, что положительно влияет на экономию энергии.

11. Рациональный выбор способа продувки теплоносителя. Практика, многократные исследования, а также опыт ведущих мировых производителей показывают, что зерносушилки, работающие на разряжение более экономичны, экологичны и пожаробезопасны, нежели зерносушилки, работающие на нагнетание теплоносителя [3].

12. Значительный эффект энергосбережения может (до 20 %) быть за счёт совершенствования системы управления предприятием, улучшения организационной структуры, мобилизации скрытых резервов, проведения энергетического обследования всех систем энергообеспечения, совершенствования системы морального и материального стимулирования за экономию энергии и других управленческих решений [4, с. 9].

13. Особое внимание в работе по энергосбережению следует обратить на внедрение системы энергетического менеджмента. Энергетический менеджмент — это система управления, основанная на проведении энергоаудитов, типовых измерений и проверок, обеспечивающая такую работу по энергообеспечению предприятия, при которой потребляется только необходимое, но достаточное для эффективного производства количество энергии [4, с. 9].

14. Выполнение необходимых и своевременных регулировок и настроек агрегатов зерноочистительно-сушильных комплексов, проведение технологического обслуживания, целью которого является

повышение эффективности использования машин благодаря улучшению качества выполнения технологических операций [1, с. 26—27]. Однако в аграрном секторе Российской Федерации остро ощущается недостаток квалифицированных кадров механизаторов и инженеров. В связи с этим выполнение вышеуказанного не всегда возможно. При этом значительно не только количественные и качественные потери обрабатываемого материала, но и неоправданные затраты тепловой и электрической энергии.

Следует отметить, что существуют достаточно большое количество путей по осуществлению мероприятий энергосбережения.

Таким образом, все направления по снижению энергетических затрат на подготовку зерна к хранению можно группировать по трём направлениям: технические, технологические и организационные и необходимо применять комплексно.

Список литературы:

1. Капустин В.П. Технологическое обслуживание сельскохозяйственных машин и агрегатов / В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков // Техника в сельском хозяйстве. — 2010. — № 1. — С. 26—27.
2. Книга Ю.А. Повышение эффективности приёма и предварительной подработки зерна с использованием приёмников активного типа. [Текст]: дис. канд. тех. наук: 05.20.01: защищена 22.04.11; утв. 15.07.02 / Книга Юрий Анатольевич. — Красноярск, 2011. — 147 с.
3. Паспорт инновационного проекта «Технология энергосберегающей сушки зерна на основе гелиосушительных установок» [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.bryanskobl.ru/region/innovations/projects.php?id=17> (дата обращения 05.03.2013).
4. Перекопский А.Н. Развитие механизации послеуборочной обработки зерна в северо-западном регионе России / А.Н. Перекопский, В.М. Могильницкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2012. — № 3. — С. 9.
5. Рекомендации по выбору зерносушильной техники. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://urozhaunagryadka.narod.ru/zernosyshka.htm> (дата обращения 05.03.2013).
6. Цугленок Н.В. Зерносушилки сельскохозяйственного назначения / Н.В. Цугленок, С.К. Манасян, Н.В. Демский; Краснояр. гос. аграр. ун-т. — Красноярск, 2008. — 100 с.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В ЗАУРАЛЬЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Саитгалиева Гузель Эльмировна
аспирант ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, г. Уфа
E-mail: sguzelru@mail.ru

THE ANALYSIS OF THE CONDITION AND USE OF LAND IN THE TRANSURALS REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Sayetgaliyeva Guzel Elmirovna
post graduate FSEE HPE Bashkir State Agrarian University, Ufa

АННОТАЦИЯ

В работе произведен анализ состояния пахотных угодий Зауралья Республики Башкортостан. Выявлено современное состояние плодородия земель и указаны пути воспроизводства почвенного плодородия.

ABSTRACT

The work is dedicated to the analysis of the state of the arable lands of the Urals Republic of Bashkortostan. The current state of the fertility of the land and indicated ways of reproduction of soil fertility.

Ключевые слова: чернозем; почвенная влага; гумус; плодородный слой; эрозия.

Keywords: soils; soil moisture; humus; the fertile layer; erosion.

Сельское хозяйство районов Зауралья РБ в настоящее время испытывает тяжелейший экологический кризис. Сложившаяся в регионе экологическая ситуация вызвана чрезмерными антропогенными нагрузками на агроэкосистемы.

Башкирское Зауралье вовлечено в сферу активного сельскохозяйственного использования и играет ключевую роль в производстве зерна. Доля пашни в составе сельскохозяйственных угодий на равнинной части его территории достигает 70 % и более. Средняя продуктивность

по степному Зауралью составляет: пашни — 11,7 ц к. е./га, сенокосов — 4,2 и пастбищ — 2,7 ц к. е./га [1].

Такая низкая продуктивность объясняется тем, что земледелие в Зауралье ведется в резко континентальных природно-климатических условиях и входит в зону рискованного земледелия. Крайне сложно обеспечить стабильное функционирование отрасли растениеводства, так как каждые 6—7 лет из 10 бывают в разной степени засушливыми, а каждые 2—3 года — острозасушливыми.

Зауралье РБ характеризуется повышенной распаханностью земель, более 50 % которых эродированы, что привело к снижению содержания гумуса и разрушению структуры черноземов [3]. Кроме того, уменьшение площади пастбищ и повышение поголовья скота привели к усиленной пастбищной депрессии степных травостоев, к снижению их продуктивности и биоразнообразия [2].

Преобладающим типом почв в Зауралье являются черноземы. Наиболее распространены выщелоченные, обыкновенные и южные подтипы, представляющие зональный ряд с севера на юг региона.

Лимитирующими факторами плодородия почв в Зауральской степной зоне являются почвенная влага и низкое содержание подвижного фосфора [2].

Потери запасов гумуса составляют на почвах Зауралья от 0,2 до 2,5 т/га в год. Прежде всего, произошло обеднение пахотных почв органическим веществом и их переуплотнение. За последние десять лет в Хайбуллинском районе площадь почв с низким содержанием гумуса увеличилась на 48 %, в Баймакском — на 14 %. Основной причиной снижения гумусированности черноземов являются усиливающие процессы водной и ветровой эрозии, низкий уровень применения органических удобрений. В среднем он сократился почти наполовину [1].

В пахотных почвах в районах складывается отрицательный баланс основных элементов питания растений и органического вещества, т. е. вынос элементов питания с урожаем превышает поступление их в почву с корневыми и пожнивными остатками, удобрениями и т. д. Все это говорит об усиливающемся процессе деградации пахотных почв. Многолетняя глубокая вспашка склоновых земель с неглубоким залеганием коренных отложений непосредственно способствует переносу камней в пахотный горизонт. Постепенное выдувание и смыв верхнего наиболее плодородного слоя почвы приводит к появлению на поверхности ранее погребенных каменистых горизонтов.

В Зауралье всегда остро стоял вопрос производства кормов в достаточном количестве и высокого качества, так как часто повторяющиеся засухи приводят к получению низкого урожая.

В конце 1980-х годов, в период относительно развитого состояния сельского хозяйства, в Зауралье республики работали оросительные системы на площади около 11000 га. Доля Зауралья в объеме орошаемых земель республики составляла 8 % при удельном весе зауральской пашни в площади республиканской пашни 12 % [3].

Одним из угрожающих процессов, приводящих к снижению плодородия почвы, сокращению пахотопригодных земель и пастбищ Зауралья РБ, является эрозия почв. В настоящее время эрозии различной степени подвержено более 50 % пахотных почв. Площади эродированных земель ежегодно возрастают. В степном Зауралье Башкортостана преимущественно проявляется ветровая эрозия и слабой степени — водная. 38,4 % пашни подвержено слабой эрозии, 7,6 % — средней, 2,4 % — сильной [3].

Такая же картина наблюдается по всей республике, в пахотных почвах ежегодно теряется до 0,9 т/га гумуса. В результате эрозии ежегодно безвозвратно уносится с полей 0,57 т/га гумуса. Подсчеты показывают: если допустить, что минерализация гумуса и развитие эрозионных процессов носят линейный характер, то запасов гумуса хватило бы на 410 лет. При предотвращении эрозионных потерь гумуса хватило бы на 1164 года. Однако процессы минерализации и гумусообразования — в основном процессы нелинейные и подвержены постоянным динамическим флуктуациям даже в течение вегетационного периода. Со временем до определенного момента устойчивость системы возрастает, т. к. в первую очередь минерализуются подвижные неустойчивые компоненты гумуса [4].

Утрата плодородного слоя чернозема толщиной всего лишь 1 мм приводит к потере на площади 1 га 45 кг азота, 18 кг фосфора и 180 кг калия. В то же время на выращивание 1 т зерна в среднем расходуется 33 кг азота, 10 кг фосфора и 26 кг калия. Проявление и водной, и ветровой эрозии несколько усложняет разработку противоэрозионных приемов. Водная эрозия усиливает проявление ветровой. Смытая со склонов почва расплывается, разрушается ее структура, снижается противоэрозионная устойчивость. Отложившийся на шлейфах склонов и других пониженных элементах рельефа эрозионный мелкозем легко выдувается ветром [3].

Кроме того, происходит загрязнение почв тяжелыми металлами (медь, цинк, свинец, кадмий и др.), так как эти районы являются горнопромышленными. В горнорудных районах природные геохими-

ческие аномалии с геоэкологических позиций относятся к зонам загрязнения. Наиболее интенсивно почвы загрязняются в связи с деятельностью предприятий цветной металлургии, особенно в процессе добычи руд, их транспортировке и обогащении, с учетом мощности промышленных предприятий, направленностью господствующих ветров, интенсивностью воздухообмена, осаждения частиц, рельефа, а также особенностями микроклимата в зависимости от сезонов года и др. [2].

Резкий переход к рыночной экономике привел к уменьшению мероприятий по воспроизводству почвенного плодородия. Поэтому актуальным является поиск эффективных, ускоренных, экологически безопасных и экономически выгодных путей восстановления деградированных почв. Одним из таких методов является фитомелиорация, основанная на мелиоративном потенциале самих растений. Наиболее эффективными фитомелиорантами считаются многолетние травы, которые благодаря накоплению органического вещества стабилизируют гумусное состояние, способствуют улучшению комплекса водно-физических свойств почвы, снижают интенсивность процесса эрозии.

Подводя итоги можно сказать, что сегодня сельское хозяйство становится рыночным и нет больше теперь кладбищ техники, которую еще можно отремонтировать, не везут в год засухи солому на корм скоту за тысячи километров, не сваливают удобрения в овраги, не используют пестициды «по плану»: в высоких дозах и вне зависимости от того, нужно это делать или не нужно.

Резко сокращены площади пашни за счет малопродуктивных эродированных почв, где нормы высева и урожай зерна часто были почти равными, сокращено избыточное поголовье скота. Все это улучшило экологическую ситуацию: эродируемых почв стало меньше, уменьшились и нагрузки на естественные пастбища, на поля пришла более экономичная и экологичная безотвальная обработка почвы. Но к сожалению, по-прежнему мало гороха, который нужен и почвам как почвоулучшающая культура, и скоту как белковая добавка к комбикормам, и людям как высокопитательный продукт, способный отчасти заменить мясо.

Однако кроме этих плюсов есть и свои минусы. Резко снизились дозы внесения минеральных и органических удобрений, что ведет к формированию дефицитных балансов минеральных веществ и органики, резко сократились масштабы лесомелиораций, началось повальное увлечение экономически нерентабельными культурами (такими, например, как подсолнечник), которые выносят из почвы много элементов питания и, при отсутствии в севообороте почвовос-

становливающих культур и низких дозах удобрений, подрывают плодородие почв.

Чтобы остановить деградацию и повысить плодородие почв в условиях Зауралья РБ многолетние травы являются важнейшими источниками органического вещества для фитомелиорации почвы, а сохранить структуру, предотвратить переуплотнение почв и улучшить их качественное состояние помогут современные технологии земледелия без пахоты.

Сохранение главного богатства человечества — почвы является не только государственной, но и всенародной задачей. Пока будет почва, способная плодоносить, будет и человечество. Если мы будем хищнически использовать данный природный дар, израсходуем его запасы, последующие поколения окажутся в очень тяжелой ситуации.

Список литературы:

1. Магадиев У.Г. Состояние почвенного плодородия Зауралья [Текст] / У.Г. Магадиев // Плодородие почв РБ (Сборник статей). — Уфа, 2006. — 92 с.
2. Миркин Б.М. Синантропная растительность Зауралья и горно-лесной зоны РБ: фиторекультивационный эффект, синтаксономия, динамика [Текст]: учебник / Б.М. Миркин — Уфа: Гилем, 2008. — 512 с.
3. Отчет о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Республики Башкортостан за 2011 г. [Текст]. — Уфа: Управление по Землеустройству при Министерстве сельского хозяйства Республики Башкортостан, 2012. — 75 с.
4. Сафин Х.М. Состояние и использование сельхозугодий в Башкортостане [Текст] / Х.М. Сафин // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2009. — № 2. — С. 23—26.

СЕКЦИЯ 7.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ АКТИВИРОВАННЫХ O,N-ГЕТЕРО-1,3-ДИЕНОВЫХ СИСТЕМ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ 1,3,4,6- ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Козьминых Владислав Олегович

*зав. кафедрой химии, д-р хим. наук, профессор Пермского
государственного гуманитарно-педагогического университета,
г. Пермь*

E-mail: kvoncstu@yahoo.com

MODERN ACHIEVEMENTS IN CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY OF ACTIVATED O,N-HETERO-1,3-DIENE SYSTEMS: SYNTHESIS, STRUCTURE OF 1,3,4,6-TETRACARBONYL COMPOUNDS AND THEIR DERIVATIVES

Kozminykh Vladislav

*Head of the Chemical Department, Doctor of Chemical Sciences, Professor
of Perm State Humanistic Pedagogical University, Perm*

АННОТАЦИЯ

Представлены современные данные о состоянии и достижениях в химии и химической технологии O,N-гетеро-1,3-диеновых систем, сопряжённых с карбонильными акцепторами: получении, химическом разнообразии и особенностях строения 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений и некоторых их производных — бис-1,3-дикетонатов металлов(I).

ABSTRACT

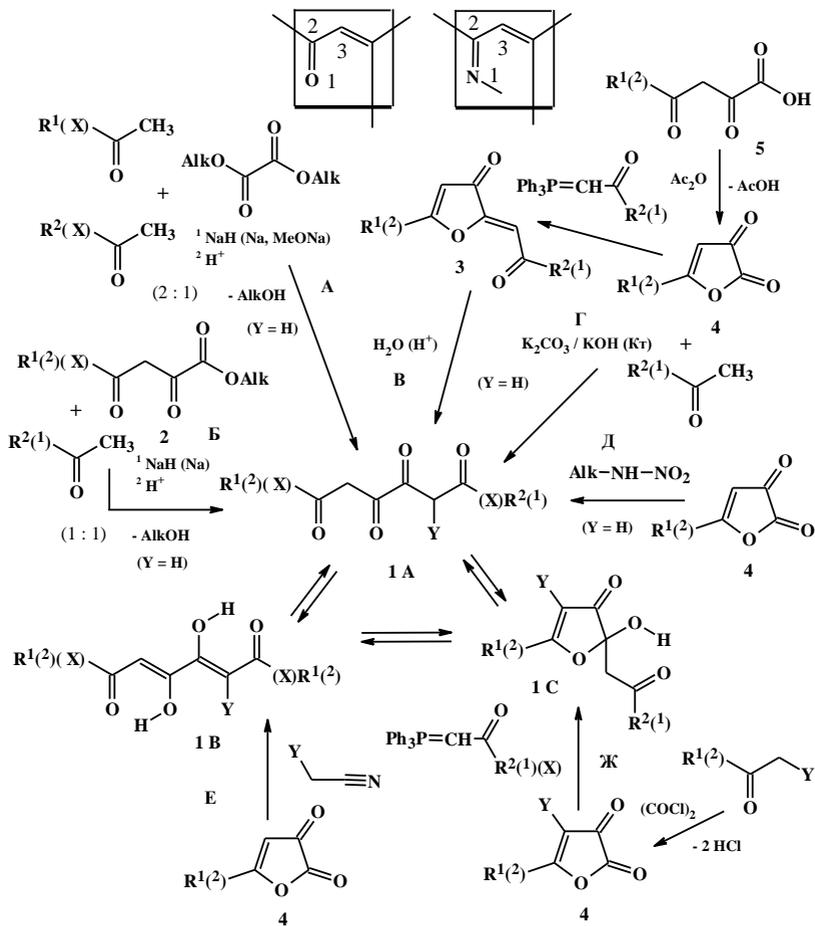
Contemporary data on modern state and achievements in chemistry and chemical technology of *O,N*-hetero-1,3-diene systems, conjugated to carbonyl acceptors: preparation, chemical diversity and structure peculiarities of 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds and their several derivatives — metal(I) *bis*-1,3-diketonates — are presented.

Ключевые слова: активированные *O,N*-гетеро-1,3-диеновые системы; 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения; *bis*-1,3-дикетонаты металлов(I); получение; химическое разнообразие; строение.

Keywords: activated *O,N*-hetero-1,3-diene systems; 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds; metal(I) *bis*-1,3-diketonates; synthesis; chemical diversity; structure.

1,3,4,6-Тетракарбонильные системы (**1**, ТКС, схема 1) представляют особый раздел своеобразных по строению и физико-химическим свойствам оксосоединений, в которых присутствует уникальное сочетание сочленённых 1,3-диоксофункций с общим 1,2-дикарбонильным звеном. Это существенно отличает ТКС как от традиционных моно- β -дикетонов, так и от дикарбонильных соединений с двумя и более изолированными 1,3-диоксофрагментами, в том числе отдалёнными на два и более атомов углерода. С конца 80-х годов прошлого века проводится целенаправленный поиск препаративных методов получения, детальное изучение физико-химических свойств и химической технологии разнообразных активированных карбонильными акцепторами *окса (аза)*-1,3-диеновых систем, в том числе енольных производных ТКС и продуктов их химических превращений. Осуществляется разработка технологических областей использования этих систем и практического применения в биологии и медицине, в частности, создание перспективных молекулярных магнетиков на основе координационных соединений ТКС с переходными металлами, скрининг фармакологической активности и выявление эффективных лекарственных субстанций.

На схеме 1 представлены основные методы получения ТКС **1** и некоторых исходных веществ для их синтеза, в том числе способы, используемые для препаративной технологической наработки разнообразных соединений **1**. На схемах 2 и 3 в квадратных скобках указаны ссылки на источники основных публикаций, в том числе по синтезу тетраоксосоединений.



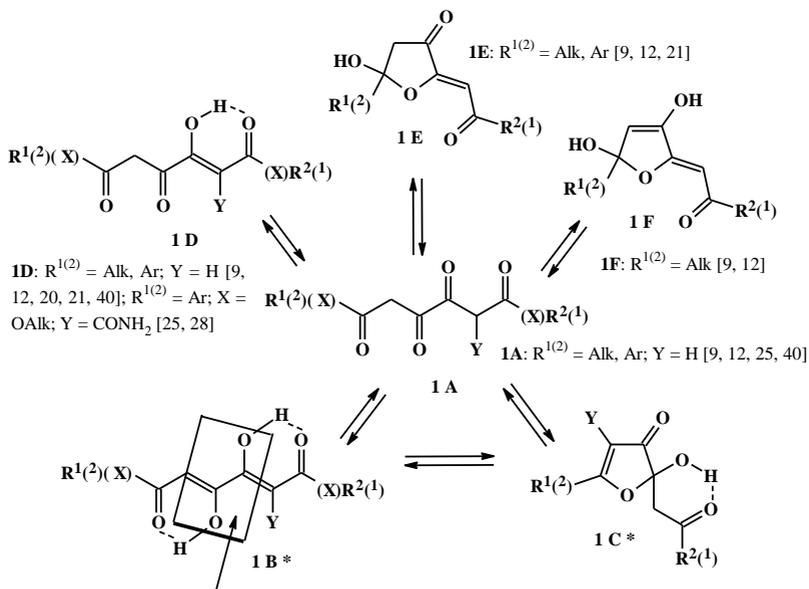
1: R¹, R² = Alk, Ar, Het; X = OAlk; Y = H, CO₂Et, CONH₂, COPh, CN
(формы: минорная 1A, преобладающие 1B и 1C)

Рисунок 1. Схема 1. Основные способы получения 1,3,4,6-тетракарбонильных систем (1)

Разработаны новые технологичные и усовершенствованы известные способы получения ТКС 1, представлены семь современных путей их синтеза (схема 1) [1, 3—6, 8—16, 20—30, 32]. Среди них для препаративной наработки в области химической технологии разнообразных 1,6-дизамещённых 1,3,4,6-тетраоксоалканов 1 (R¹ = R²

= Alk, Ar, Het; Y = H), их ближайших производных и эфиров 3,4-диоксо-1,6-гександиовой (кетипиновой) кислоты **1** (X = OAlk, Y = H) наиболее часто используется сложноэфирная конденсация Гейтера-Клайзена метилкетонов или алкилацетатов с диалкилоксалатами (метод **A**) при соотношении реагентов 2:1 [4, 9, 10, 12, 13, 20, 21, 24—27, 29, 32, 35, 37, 40] или метилкетонов с эквимольным количеством ацилпируватов (**2**) (метод **B**) [4, 25] в присутствии оснований (гидрид натрия, натрий, метилат натрия и другие алкоголяты щелочных и щелочноземельных металлов). Менее значимый в настоящее время, но перспективный метод **B** [4, 29] заключается в кислотно катализируемом присоединении воды к 2-оксолиденпроизводным фуран-3(2*H*)-онов (**3**), легко получаемым реакцией Виттига 2,3-фурандионов (**4**) с ацилметилентрифенилфосфоранами [4, 29, 34, 41]. Отметим, что лактоны **4**, имеющие значительный синтетический потенциал, легко образуются при циклодегидратации доступных ацилпировиноградных кислот (**5**) или действии оксалилхлорида на метиленкарбонильные соединения (схема 1). Фурандионы **4** в результате альдольной конденсации с арилметилкетонами, циануксусным эфиром или малонодинитрилом, протекающей по лактонному карбонилу C(2) (методы **Г** [4, 41], **Е** [24, 28]), или реакции с алкилнитраминами (метод **Д** [4, 41]), легко образуют ТКС **1** (R¹⁽²⁾ = Ar) с препаративными выходами. По методу **Ж** [34] из оксолактона **4** реакцией Виттига с фосфоранами получен доступный бензоильный аналог ТКС **1** (Y = PhCO). Кроме результатов наших исследований, литературные данные по синтезу и строению ТКС приведены в источниках, цитируемых в сводных публикациях [4, 24—26, 32] и диссертационных работах (см. авторефераты [1, 3, 15, 16, 36, 39]).

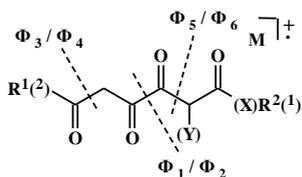
На схемах 1 и 2 представлены основные учитываемые равновесные структуры ТКС (**1A**, **1B**, **1C**).



бис-окса-1,3-диеновый аспект **1B, 1C:** $\text{R}^{1(2)} = \text{Alk, Ar, Het; Y} = \text{H}$ [9, 12, 20, 21, 25, 40];

1B: $\text{X} = \text{OAlk; Y} = \text{H}$ [32, 37]; $\text{R}^{1(2)} = \text{Ar; Y} = \text{CO}_2\text{Et, CONH}_2, \text{CN}$ [25, 28]; **1C:** $\text{R}^1 = \text{Ar; R}^2 = \text{Alk, OAlk; Y} = \text{H, Y} = \text{PhCO}$ [34, 35]

*Доминантные формы в твёрдом состоянии (**1B:** $\text{Y} = \text{H}$) и растворах: неполярных (**1B:** $\text{Y} = \text{H}$), полярных (**1C:** $\text{Y} = \text{H, PhCO}$) [9, 10, 12, 13, 20, 21, 25, 28, 32, 37, 40]



1: $\text{R}^{1(2)} = \text{Alk, Ar (X} = \text{OAlk); Y} = \text{H, CONH}_2$ [8, 28]

$\Phi_1 / \Phi_2 = \text{R}^{1(2)}\text{COCH}_2\text{CO} / \text{R}^{1(2)}\text{COCH}=\text{C}=\text{O}$]+

$\Phi_3 / \Phi_4 = \text{R}^{1(2)}\text{CO} / \text{M} - \text{R}^{1(2)}\text{CO}$]+

$\Phi_5 / \Phi_6 = (\text{X})\text{R}^{1(2)}\text{COCH}_2 / (\text{X})\text{R}^{1(2)}\text{COCH}_3 / \text{M} - (\text{X})\text{R}^{1(2)}\text{COCH}_2$]+

Рисунок 2. Схема 2. Особенности строения, динамика равновесий в растворах и основные направления масс-фрагментации 1,3,4,6-тетракарбонильных систем (1)

ТКС **1** в твёрдом состоянии выделены в линейной 1,6-диоксо-3,4-диенольной форме (**1B**), стабилизированной внутримолекулярной

водородной связью (ВВС) $\text{OH} \cdots \text{O}=\text{C}$ внутри двух сопряжённых шестичленных *ОН*-хелатов [4, 9, 10, 12, 13, 20, 21, 28, 29, 32, 37, 41]. Таким образом, тетракетоны **1** следует рассматривать как 1,6-дизамещённые 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионы (нумерация проведена по карбонильному скелету молекулы). В растворах ТКС кроме таутомера **1В** в заметном количестве проявляется равновесная кольчатая оксофурановая форма (**1С**) [9, 10, 20, 21, 25, 28, 32, 37, 40] (схемы 1, 2). В спектрах ЯМР ^1H обнаружены также минорные изомеры (номинальный **1А** и его производные **1D**, **1E**, **1F**) в количестве, не превышающем 3—5 % [9, 12, 20, 21]. В неполярных растворах соединения **1** представлены, в основном, диоксодиенольным таутомером **1В**, содержание которого всегда превышает сумму остальных форм (при их наличии) и часто достигает практически до 100 % [9, 20, 21, 28, 32, 37]. В полярных растворах у тетракетонов **1** обычно значительно возрастает содержание циклического таутомера **1С**, стабилизированного ВВС *ОН*-хелатного типа [9, 12, 20, 21], а в некоторых случаях этот таутомер является единственным [34, 35] (схема 2).

Изучены качественные динамические прототропные кольчато-цепные превращения и кольчато-кольчатые интерконверсии в растворах соединений **1** [9, 12, 20, 21]. Составлены базы данных на основе спектров ЯМР ^1H и масс-спектров 1,3,4,6-тетраоксосистем, часть результатов исследований представлена в публикациях 2011—2012 гг. [5, 6, 8, 9, 11, 12, 14].

Масс-фрагментация ТКС **1** в условиях электронного удара осуществляется преимущественно с распадом молекулы пополам на два более или менее равноценных звена — с разрывом связи C(3)-C(4) по скелетной оси симметрии (присутствуют главные фрагменты Φ_1 и Φ_2), а также с элиминированием ацильного звена $\text{R}^{(2)}\text{CO}$ (ионы Φ_3 и Φ_4) или образованием соответствующих ионов метилкетонов Φ_5 или Φ_6 [8, 28] (схема 2). Молекулярный ион в спектрах соединений **1** всегда присутствует, его интенсивность возрастает при переходе от алкильных заместителей $\text{R}^{(2)}$ к арильным и сложноэфирным звеньям X.

В ходе однореакторной или выполняемой постадийно оксалильной конденсации щавелевых эфиров с двукратным избытком одноимённых метилкетонов или эквимольными количествами различающихся заместителями R^1 и R^2 метилкетонов, или с алкилацетатами ($\text{X} = \text{OAlk}$) в присутствии оснований первоначально образуются легко выделяемые и довольно устойчивые *бис*-натрий-1,3-дикетонаты или *бис*-еноляты кетоэфиров ($\text{X} = \text{OAlk}$) (**6**) [7, 17—

23, 26, 31—33] (схема 3) — основа для получения *бис*-дикетонатов металлов(II) [2]. Соли **6** при подкислении легко переходят в целевые диоксодиенолы **1** (кетокарбоксилаты или кетипинаты). Спектральные данные (ИК, ЯМР) свидетельствуют о наличии у енолятов **6** (Z,Z)-изомерной структуры (**6A**) с «выровненными» π -связями за счёт делокализации электронной плотности при сольватации в растворах. В твёрдом состоянии соединения **6** имеют структуру осесимметричного по связи C(3)-C(4) 3,4-диенолята (2Z,4Z)-(**6B**) и, возможно, изомерного 1,6-диенолята (1Z,5Z)-(**6C**). В ряде случаев не исключена вероятность присутствия в растворах также 1,4-ONa-диенолята (1Z,4Z)-(**6D**) [18, 19, 32, 33]. В растворах соединений **6** отмечены также дополнительные равновесия с участием (Z,E)- и (E,E)-изомеров. Так, одним из источников таких равновесий является изомерная структура (Z,E)-(**6E**) с делокализованными двойными связями. В качестве конкретных структур здесь выступают наиболее вероятный (2Z,4E)-(**6F**)-изомер, а также возможные (1Z,5E)-(**6G**)- и (1E,4Z)-(**6H**)-геометрические формы [19, 32, 33]. В спектрах эфиров (X = OAlk) и трикетозэфиров (R¹ = Ar, X = OAlk) отмечены как изомер **6H**, так и в значительном количестве енолят (2E,4E)-(**6I**) [33] (схема 3). Окончательный индивидуальный выбор в пользу того или иного изомера диенолятов в настоящее время довольно затруднителен, так как аморфные соединения **6** не удаётся очистить в достаточной степени с желаемым результатом, а их растворение для записи спектра сопровождается побочными процессами, например сольволиза (гидролиза). Исключение составляют динатриевые производные гексадиендиенолятов и кетипинатов в виде (2Z,4Z)-(**6B**), (1E,4Z)-(**6H**) и (2E,4E)-(**6I**)-изомеров, описанные в работе [33].

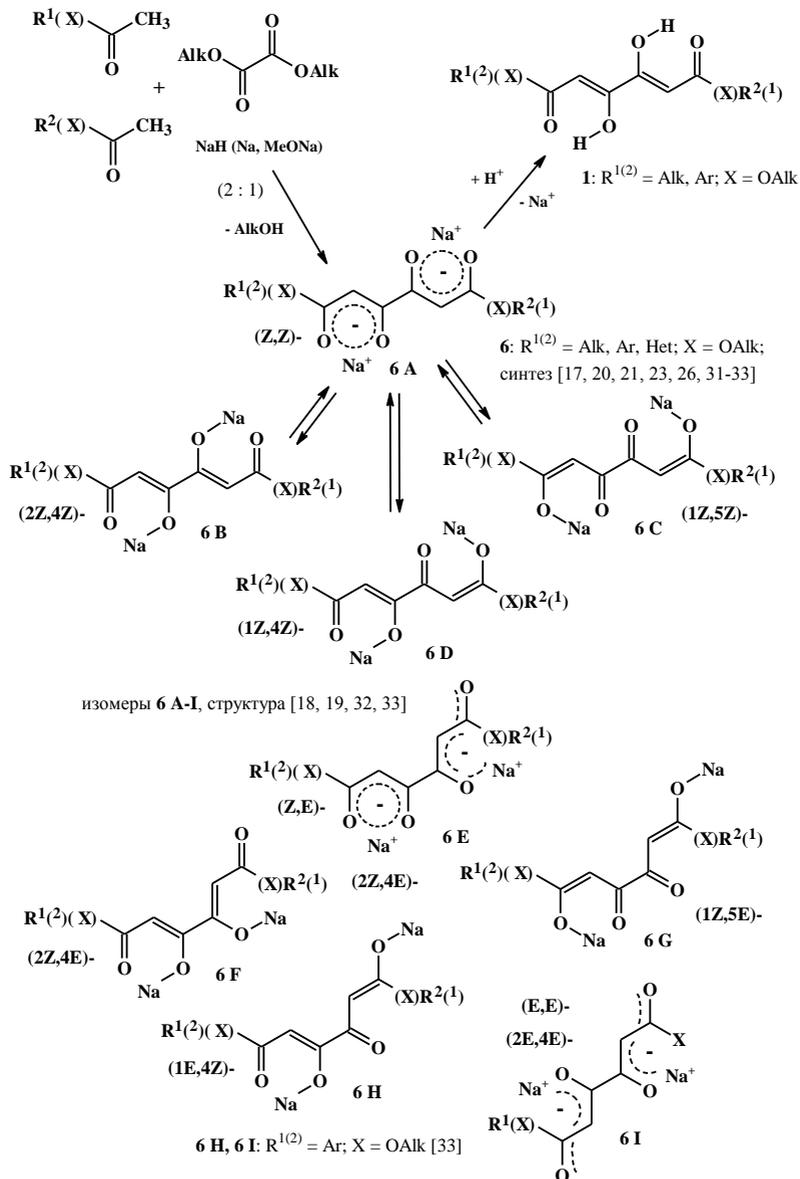


Рисунок 3. Схема 3. Синтез и строение натриевых бис-1,3-дикетонатов (диенолатов) (6)

Таким образом, 1,3,4,6-тетракарбонильные системы и их металло(I)производные — *бис*-1,3-дикетонаты — могут быть получены с удовлетворительными выходами и препаративно наработаны разнообразными методами, а также характеризуются уникальными особенностями строения и связанным с этими особенностями широким комплексом технологически важных физико-химических свойств.

Исследование выполнено в рамках проекта 1.3.09 Федерального агентства по образованию РФ на 2011—2013 гг.

Список литературы:

1. Гончаров В.И. Синтез, химические превращения биологически активных функционализированных (O,N)-гетеро-1,3-диенов и их кольчатых аналогов. Автореф. дис. доктора хим. наук. Ставропольская гос. мед. акад. — Астрахань, 2007. — 46 с.
2. Игидов Н.М. Рециклизация 5-арил-2-ацилметилден-2,3-дигидро-3-фуранонов и продуктов их гидратации по экзо-этиленовой связи под действием моно- и бинуклеофилов. Автореф. дис. канд. хим. наук. Пермский гос. ун-т. — Пермь, 1993. — 16 с.
3. Игидов Н.М. Синтез биологически активных веществ на основе взаимодействия 1,3,4,6-тетракарбонильных и некоторых 1,2,4-трикарбонильных систем с нуклеофильными реагентами. Автореф. дис. доктора фарм. наук. Пермская гос. фарм. акад. — Пермь, 2003. — 46 с.
4. Игидов Н.М., Козьминых Е.Н., Софьина О.А., Широнова Т.М., Козьминых В.О. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. 3. Синтез, особенности строения и противомикробная активность 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Химия гетероцикл. соедин. — 1999. — № 11. — С. 1466—1475.
5. Карманова О.Г., Зыкова С.С., Козьминых В.О., Муковоз П.П. Синтез и особенности строения 1,6-диалкилзамещённых 1,3,4,6-тетраоксогексанов // Научное творчество XXI века. Сборник статей по итогам V Международной науч.-практ. конф. Том 3. Красноярск, январь 2012 г. — Красноярск: изд-во «Научно-инновационный центр», 2012. — С. 264—269.
6. Карманова О.Г., Зыкова С.С., Муковоз П.П., Козьминых В.О. Новый модифицированный метод получения 1,6-диалкилзамещённых 3,4-дигидрокси-1,6-гексадиен-1,6-дионов // Современные фундаментальные и прикладные исследования. Международное научное издание. — Кисловодск: изд-во УЦ «Магистр», 2011. — № 3. — С. 106—109.
7. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П. Синтез и строение динатрий-*бис*-диалкил-1,3-дикетонатов. Сообщение 4 [Металлопроизводные α - и β -диоксофрагментами] // Башкирский химический журнал. — 2012. — Т. 19. — № 2. — С. 82—84.

8. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П. Синтез и хромато-масс-спектрометрия 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Вопросы естественных наук: биология, химия, физика. Материалы Международной заочной науч.-практ. конф., Новосибирск, 4 апреля 2012 г. — Новосибирск: изд-во «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — С. 95—101.
9. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. 1,6-Диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионы: синтез и особенности строения // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия «Химия». Вып. 8. — Челябинск, 2012. — № 13 (272). — С. 4—9.
10. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. Особенности структурного разнообразия 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений, их аналогов и азотсодержащих производных (обзор) // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия «Химия». Вып. 9. — Челябинск, 2012. — № 24. — С. 39—45.
11. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. От оксо-форм 1,2,4-трикарбонильных и 1,3,4,6-тетракарбонильных систем через оксоенолы и 1,3-оксадиены к О-ацеталам и оксофуранам: длинный путь к истине // Успехи синтеза и комплексообразования. Всероссийская науч. конф. (с международным участием). К 95-летию со дня рождения Н.С. Простакова. Тез. докл. Москва, Российский ун-т дружбы народов, 23—27 апреля 2012 г. Часть 1. Секция «Органическая химия». — Москва: изд-во РУДН, 2012. — С. 226.
12. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. Синтез и структурное разнообразие 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. — Иваново: ИГХТУ, 2013. — Т. 56. — № 1. — С. 13—16.
13. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П., Козьминых Е.Н. Современные достижения в области синтеза и изучения строения 1,3,4,6-тетракарбонильных систем и их ближайших аналогов // Башкирский химический журнал. — 2012. — Т. 19. — № 3. — С. 109—114.
14. Карманова О.Г., Муковоз П.П., Козьминых В.О. Синтез и структурное разнообразие 1,6-диалкилзамещённых 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений // Проблемы теоретической и экспериментальной химии. Тез. докл. XXII Российской молодёжной науч. конф., посвящённой 100-летию со дня рождения А.А. Тагер. Екатеринбург, 24—28 апреля 2012 г. — Екатеринбург: изд-во Уральского ун-та, 2012. — С. 334—335.
15. Касаткина Ю.С. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения: синтез, строение и биологическая активность. Автореф. дис. канд. фарм. наук. Пермская гос. фарм. акад. — Пермь, 2003. — 21 с.
16. Кириллова Е.А. Синтез, особенности строения и свойства три- и тетракарбонильных соединений. Автореф. дис. канд. хим. наук. Оренбургский гос. ун-т. — Ярославль, 2010. — 22 с.

17. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез динатрий-(2Z,4Z)-1,6-диоксо-1-фенил-2,4-гептадиен-3,4-диолята и его реакция с о-фенилендиамином // Материалы конференции молодых учёных и специалистов Оренбургской области. Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, февраль 2009. — Вып. 2. — С. 163.
18. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез и изучение строения натриевых производных енолов с активированным моно- и бис-1,3-дикарбонильным звеном // Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки. Часть 8. Органическая химия. Труды 10-й Международной конф. Самара, 16—18 декабря 2009 г. — Самара: изд-во Самарского гос. областного ун-та, 2009. — С. 15—19.
19. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения арилзамещённых натрий-оксоенолятов и бис-1,3-дикетонатов // Актуальные проблемы химии и методики её преподавания. Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием. Нижний Новгород, Нижегородский гос. пед. ун-т, 10—12 декабря 2009 г. — Нижний Новгород: НГПУ, 2009. — С. 157—160.
20. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез, цепная таутомерия и кольчато-цепные интерконверсии замещённых 3,4-дигидрокси-2,4-алкадиен-1,6-дионов // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия «Химия». Вып. 2. — Челябинск, 2009. — № 23 (156). — С. 9—15.
21. Кириллова Е.А., Муковоз П.П., Виноградов А.Н., Козьминых В.О., Дворская О.Н. Синтез, особенности строения и таутомерия 1,6-дизамещённых 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. — Иваново: ИГХТУ, 2011. — Т. 54. — № 4. — С. 18—22.
22. Кириллова Е.А., Муковоз П.П., Голоцван А.В., Козьминых В.О. Синтез поликарбонильных систем как лигандов для моно- и полиядерных металлокомплексов — перспективных полифункциональных наноматериалов // Фотоника молекулярных наноструктур. Материалы Международной конф. Оренбург, 16—19 сентября 2009 г. — Оренбург: изд-во Оренбургского гос. ун-та, 2009. — С. 70—71.
23. Козьминых В.О., Бердинский В.Л., Гончаров В.И., Муковоз П.П., Кобзев Г.И., Свиридов А.П., Макаров А.Г., Курдакова С.В., Кириллова Е.А., Щербаков Ю.В., Литвинова Е.С., Козьминых Е.Н., Ноздрин И.Н. Синтез, экологические аспекты безопасности три- и тетракарбонильных лигандов и конструирование на их основе металл-хелатов и металла-криптанов как потенциальных молекулярных магнетиков // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Проблемы экологии Южного Урала. Часть 2. — Оренбург, октябрь 2007. — Спец. вып. 75. — С. 171—174.

24. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Конденсация Клайзена метилкетонов с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 2) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, 2007. — Вып. 4 (68). — С. 121—129.
25. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Конденсация Клайзена метилкетонов с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 3) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, 2007. — Вып. 5 (69). — С. 138—148.
26. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н., Муковоз П.П. Конденсация эфиров метиленактивных карбоновых кислот с диалкилоксалатами (обзор) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, 2007. — Вып. 9 (73). — С. 134—149.
27. Козьминых В.О., Игидов Н.М., Березина Е.С., Козьминых Е.Н., Касаткина Ю.С. Пивалоилпировиноградная кислота — новый реагент для ацилирования аминов // Известия Академии Наук. Серия хим. — 2000. — № 9. — С. 1564—1568.
28. Козьминых В.О., Игидов Н.М., Касаткина Ю.С. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. VI. Синтез эфиров и амидов 2-замещённых 6-арил-3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-гексадиеновых кислот // Журн. орган. химии. — 2001. — Т. 37. — № 11. — С. 1604—1609.
29. Козьминых В.О., Игидов Н.М., Козьминых Е.Н., Коньшина Л.О., Семёнова З.Н., Лядова Н.В., Плаксина А.Н., Андрейчиков Ю.С. Синтез и противомикробная активность 2-замещённых 5-арил-2,3-дигидро-3-фуранонов и 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов // Хим.-фарм. журнал. — 1991. — Т. 25. — № 12. — С. 43—47.
30. Козьминых В.О., Кириллова Е.А., Виноградов А.Н., Муковоз П.П., Щербakov Ю.В., Мозгунова Е.М., Голоцван А.В., Козьминых Е.Н. Металлопроизводные р-π-электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочленёнными α- и β-диоксофрагментами. Сообщение 3. Синтез и строение металло(II)хелатов 4-оксозамещённых эфиров 2-гидрокси-2-алкеновых кислот // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, апрель 2009. — Вып. 4. — С. 135—149.
31. Козьминых В.О., Кириллова Е.А., Щербakov Ю.В., Муковоз П.П., Виноградов А.Н., Карманова О.Г., Козьминых Е.Н. Металлопроизводные р-π-электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочленёнными α- и β-диоксофрагментами. Сообщение 1. Обзор литературы // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, сентябрь 2008. — Вып. 9 (91). — С. 185—198.
32. Козьминых В.О., Муковоз П.П., Кириллова Е.А. 1,3,4,6-Тетракарбонильные системы. Сообщение 9. Диэтилкетипинат: синтез, особенности строения и взаимодействие с 1,2-диаминобензолом // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, май 2009. — Вып. 5. — С. 155—166.

33. Козьминых В.О., Муковоз П.П., Кириллова Е.А., Щербаков Ю.В., Виноградов А.Н., Соловьёва Е.А., Мозгунова Е.М., Литвинова Е.С., Свиридов А.П., Нарбеков И.В., Гамбург Т.В., Федосеев С.А., Козьминых Е.Н. Металлопроизводные р-π-электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочленёнными α- и β-диоксофрагментами. Сообщение 2. Синтез и строение натриевых енолятов оксопроизводных 1,3-дикарбонильных соединений // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — Оренбург, январь 2009. — Вып. 1 (95). — С. 128—140.
34. Козьминых Е.Н., Гончаров В.И., Айткен Р.А., Козьминых В.О. Необычное протекание реакции 4-бензоил-5-фенилфуран-2,3-диона с ацетилметилентрифенилфосфораном и метиловым эфиром трифенилфосфоранилиденуксусной кислоты // Журн. общей химии. — 2006. — Т. 76. — № 8. — С. 1276—1281.
35. Козьминых Е.Н., Гончаров В.И., Оборин Д.Б., Козьминых В.О. Простой метод синтеза эфиров 2-гидрокси-3-оксо-2,3-дигидрофуран-2-илуксусной кислоты // Химия гетероциклических соединений. — 2007. — № 5 (479). — С. 782—784.
36. Муковоз П.П. Синтез, строение и свойства эфиров 3,4-диоксо-1,6-гександиовой кислоты. Автореф. дис. канд. хим. наук. Пермский гос. педагогический ун-т. — Ярославль, 2010. — 24 с.
37. Муковоз П.П., Дворская О.Н., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения эфиров 3,4-дигидрокси-1,6-гександиовой кислоты // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. — Иваново: ИГХТУ, 2011. — Т. 54. — № 5. — С. 96—100.
38. Новикова В.В. Противомикробная активность гетерофункциональных азот- и кислородсодержащих карбонильных соединений. Автореф. дис. канд. фарм. наук. Пермская гос. фарм. акад. — Пермь, 2003. — 22 с.
39. Новикова О.А. Исследование взаимодействия поликарбонильных систем, содержащих сближенные α- и β- диоксофрагменты, с некоторыми бифункциональными аминами. Автореф. дис. канд. хим. наук. Пермская гос. фарм. акад. — Пермь, 2004. — 17 с.
40. Широнова Т.М., Игидов Н.М., Козьминых Е.Н., Коньшина Л.О., Касаткина Ю.С., Козьминых В.О. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. IV. Взаимодействие 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов с гидразином и арилгидразинами // Журн. орган. химии. — 2001. — Т. 37. — № 10. — С. 1555—1563.
41. Kozminykh V.O., Konshina L.O., Igidov N.M. 1,3,4,6-Tetracarbonyl compounds. 1. The novel synthesis of 1,6-diaryl-3,4-dihydroxy-2,4-hexadiene-1,6-diones from 5-aryl-2,3-furandiones // J. prakt. Chem. (Chem.-Ztg.). — 1993. — Bd 335. — № 8. — P. 714—716.

СЕКЦИЯ 8.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ ДИФРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Андросик Андрей Борисович

канд. техн. наук, доцент МГОУ, г. Москва

Воробьев Сергей Андреевич

канд. техн. наук, профессор МГОУ, г. Москва

Мировицкая Светлана Дмитриевна

канд. техн. наук, доцент МГОУ, г. Москва

E-mail: scotchwood@yandex.ru

DIFFRACTION METHOD OF MODELING DIELECTRIC CYLINDERS

Andrey Androsik

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of MSOU, Moscow

Sergei Vorobev

Candidate of Technical Sciences, Professor of MSOU, Moscow

Svetlana Mirovitskaya

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of MSOU, Moscow

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности расчета картин дифракции на диэлектрических цилиндрах различных типов.

ABSTRACT

The peculiarities of calculation of pictures of diffraction on a dielectric cylinders of various types are considered.

Ключевые слова: дифракция; моделирование; диэлектрический цилиндр.

Keywords: diffraction; simulation; dielectric cylinder

Работа посвящена анализу основ теории дифракции плоских волн на диэлектрических цилиндрах, на основе которого создан модифицированный метод [1, с. 43, 2, с. 124, 3, с. 209]. Решение задачи дифракции плоской волны на круговом металлическом и однородном диэлектрическом цилиндре записывается в виде разложения по цилиндрическим функциям, как для параллельной, так и перпендикулярной поляризации волн относительно оси цилиндра. Базовой моделью является однородный цилиндр без оболочки с радиусом R_1 и показателем преломления диэлектрика n_1 , на который падает монохроматическая волна длиной λ , распространяющаяся в окружающем пространстве с показателем преломления n_0 . Сформированная картина дифракции наблюдается в дальней зоне. Интенсивность излучения $I(\alpha)$, рассеянного в направлении азимутального угла α в дальней зоне на расстоянии r от оси металлического цилиндра много больше, чем его диаметр ($r \gg 2R_1$) описывается формулой

$$I(\alpha) = \left| \frac{2}{\pi k r} e^{(-ikr + i\omega t - i\frac{3}{4}\pi)} \sum_{m=-\infty}^{\infty} b_m e^{im\alpha} \right|^2,$$

которая получена из точного решения уравнений Максвелла с соответствующими граничными условиями. Для случая диэлектрического цилиндра поле представляется в виде двух частных решений для обеих геометрических зон: вне световода и внутри него, учитывающих поляризацию падающего излучения

$$U = \sum_{m=-\infty}^{\infty} F_m [J_m(n_0 k r) - b_m^{(E)} H_m^{(2)}(n_0 k r)].$$

При нормальном падении излучения коэффициенты в выражениях для рассеянного поля имеют вид: поле параллельно XZ

$$b_m^{(E)} = \frac{J_m(nx)J'_m(x) - nJ'_m(nx)J_m(x)}{J_m(nx)H_m^{(1)'}(x) - nJ'_m(nx)H_m^{(1)}(x)},$$

поле параллельно YZ

$$b_m^{(H)} = \frac{nJ'_m(x)J_m(nx) - J_m(x)J'_m(nx)}{nJ_m(nx)H_m^{(1)'}(x) - J'_m(nx)H_m^{(1)}(x)}.$$

Дифракционная картина для диэлектрического цилиндра с $R_1=200$ мкм и $n_1=1,5818$, построенная с точностью 600 точек/градус в диапазоне углов $\alpha=0-0,3$ представлена на рис. 1.

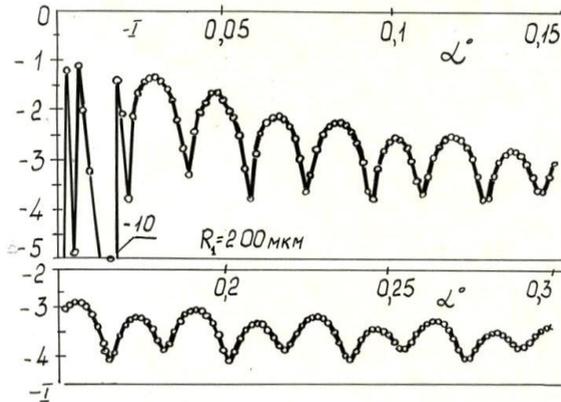


Рисунок 1. Дифракционная картина диэлектрического цилиндра

В случае полого диэлектрического цилиндра с большим наружным диаметром регулярный участок картины рассеяния незначителен ($\alpha \approx 0 - 0,25$) при $2R_1 = 1400$ мкм, $2R_2 = 700$ мкм, и $n_1 = 1,6$, $n_2 = 1,0$ (рис. 2). С увеличением угла α регулярность пропадает, а перепады интенсивности увеличиваются.

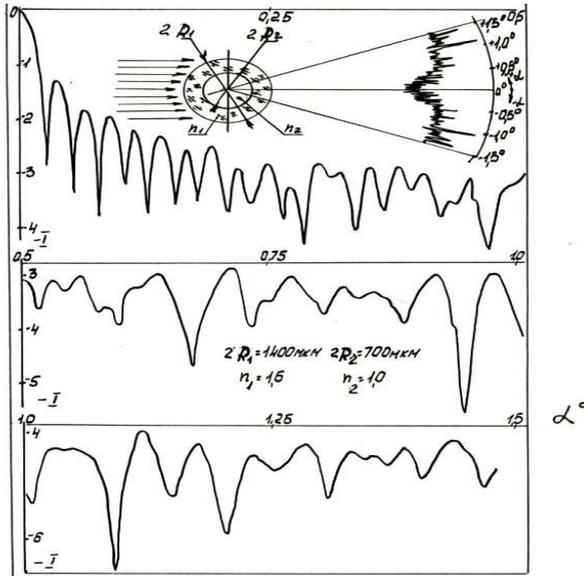


Рисунок 2. Дифракционная картина полого цилиндра

Поведения картин принципиально различно, что свидетельствует о весьма высокой зависимости дифракционных диаграмм от изменения параметров диэлектрического цилиндра, а, следовательно, чувствительности дифракционного метода измерений цилиндров.

Особенности явления рассеяния волн диэлектрическим цилиндром при облучении его двумя плоскими волнами, распространяющимися под различными углами. Целесообразно осуществлять исследование формы поперечного сечения цилиндров путем зондирования его двумя облучающими пучками. Рассмотрим падение на цилиндр перпендикулярно оси двух синфазных плоских E — поляризованных волны равной амплитуды. Направление распространения первой плоской волны составляет с осью OX азимутальный угол θ , а второй волны — угол $(-\theta)$. Итак, угол между направлениями распространения двух волн составляет (2θ) . Диаграмма рассеяния (асимптотическое поведение рассеянного суммарного поля в дальней зоне при большом удалении от цилиндра) представима в виде:

$$J(\varphi) = c \sum_{m=0}^{\infty} E_m b_m \cos(m(\varphi - \theta)) + C \sum_{m=0}^{\infty} E_m b_m \cos m\varphi \cos m\theta,$$

$$E_m = \begin{cases} 1 & \text{если } m=0 \text{ или,} \\ 2 & \text{если } m>0 \end{cases}$$

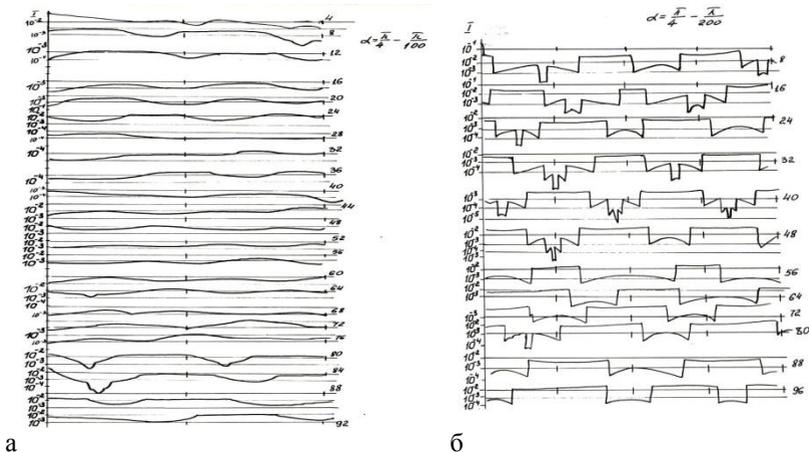
где:

C — коэффициент, зависящий от интенсивности падающего излучения, угол φ отсчитывается от положительного направления оси OX . Коэффициенты b_m для двухслойного цилиндра с радиусом сердцевин и оболочки R_2 и R_1 и показателями преломления сердцевин и оболочки n_2 и n_1 вычисляются по формулам

$$b_m^{(H)} = \frac{\left[\frac{B_m(nx)}{n} + \frac{m}{x} \right] J_m(x) - J_{m-1}(x)}{\left[B_m(nx) + \frac{m}{x} \right] H_m^{(1)}(x) - H_{m-1}^{(1)}(x)},$$

$$b_m^{(E)} = \frac{\left[nB_m(nx) + \frac{m}{x} \right] J_m(x) - J_{m-1}(x)}{\left[nB_m(nx) + \frac{m}{x} \right] H_m^{(1)}(x) - H_{m-1}^{(1)}(x)}.$$

Модельные исследования облучения двухслойных диэлектрических цилиндров двумя волнами иллюстрируются серией кривых рис. 3, а-е при $R_1 = 20$ мкм, $R_2 = 15$ мкм, $n_1 = 1,3$, $n_2 = 1,6$ с точностью вычисления 75 точек/градус при различных углах между облучающими пучками.



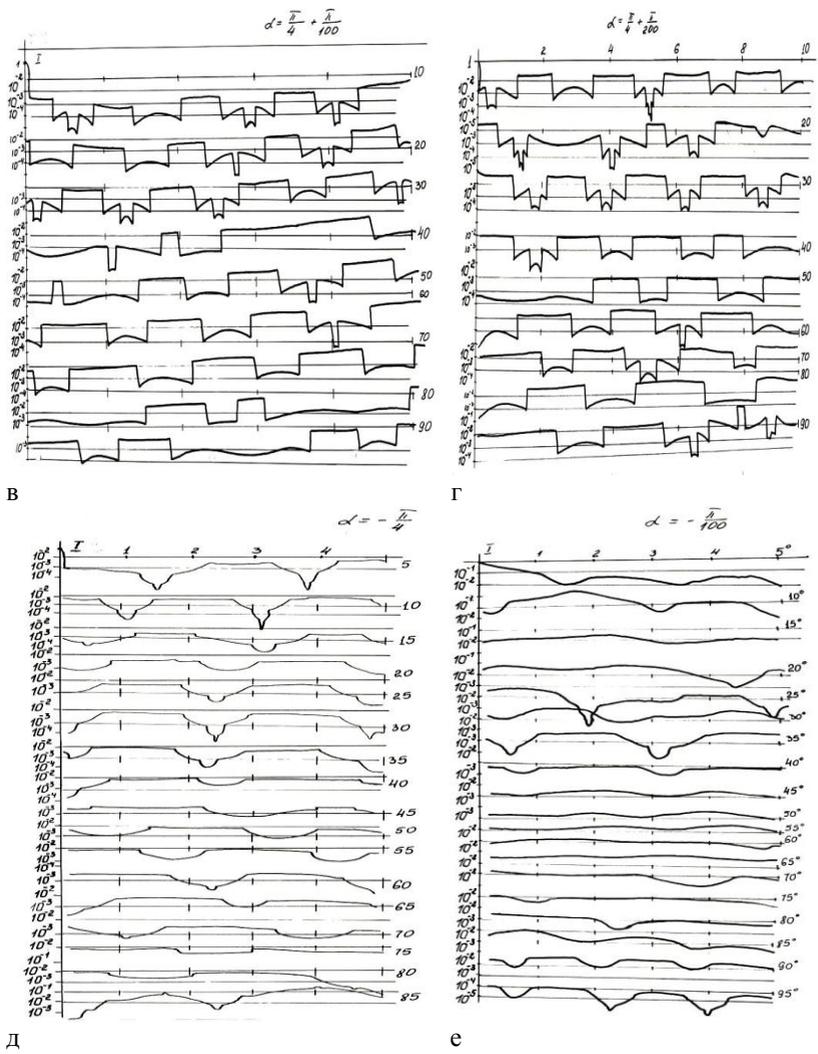


Рисунок 3. Дифракционные картины двухслойных диэлектрических цилиндров при облучении двумя пучками

Анализ кривых показывает, что когда угол между лучами мал, наблюдается расширение центрального максимума. Поведение дифракционных диаграмм резко меняется при добавлении к углу $\alpha = \pi/4$ малых величин: $\Delta\alpha = \pi/100$ и $\Delta\alpha = \pi/200$ (рис. 3, в, г).

При анализе случая облучения двухслойного цилиндра двумя плоскими волнами установлено следующее: если сердцевина цилиндра симметрична, то и диаграмма рассеяния также симметрична. Если же форма сердцевины изменяется, то симметрия диаграммы пропадает. Этим предложенным методом легко установить концентричность сердцевины и оболочки прозрачного диэлектрического цилиндра.

Список литературы:

1. Андросик А.Б., Воробьев С.А., Мировицкая С.Д. Волноводная и интегральная фотоника. М.: МГОУ, 2011. — 370 с.
2. Воробьев С.А., Андросик А.Б., Мировицкая С.Д. Вычислительная фотоника. Основы, задачи, методы анализа. — Lambert Academic Publishing — 2012 — 183 с.
3. Лазарев Л.П., Мировицкая С.Д. Контроль геометрических и оптических параметров волокон. М.: Радио и связь, 1988. — 280 с.

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Парфеньева Ирина Евгеньевна

канд. техн. наук, доцент МГМУ (МАМИ) г. Москва

E-mail: iparfeneva@mail.ru

Аксёнов Артур Николаевич

студент МГМУ (МАМИ), инженер ФБУ «Ростест-Москва» г. Москва

E-mail: artur.aksenov@mail.ru

THE ANALYSIS OF AUTHENTICITY VERIFICATION OF PRESSURE MEASUREMENT

Parfenyeva Irina

Candidate of Technical Science, Associate Professor of MGMU (MAMI),

Moscow

Aksenov Artur

Student of MGMU (MAMI), engineer of Metrology FBU «Rostest-Moscow»,

Moscow

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является установление технически обоснованного подхода для выбора требований к допускаемой погрешности поверки. В статье рассмотрена поверка средств измерений давления (датчиков), критерии достоверности поверки и параметры методики поверки. Для конкретного типа датчиков получена расчетная таблица для проведения анализа достоверности поверки. Полученные результаты использовались при разработке методики поверки на датчики в ФБУ «Ростест-Москва».

ABSTRACT

The aim of this work is to establish a technically sound approach to select the requirements of the tolerable error checking. The article is devoted to the checking of means of measurements of pressure (gauges), the criteria for validity verification and settings calibration procedure. For a specific type of sensors received by the target table for the analysis of

reliability of verification. The obtained results were used in the development of the methods for the calibration of the sensors in the FBU «Rostest-Moscow».

Ключевые слова: поверка средств измерений; критерии достоверности поверки; параметры поверки; контрольный допуск; датчики давления.

Key words: checking of means of measurements; criteria of reliability of the calibration; parameters calibration; control access; pressure sensors.

Для определения метрологических характеристик средств измерений (СИ) и подтверждения их соответствия установленным требованиям проводится поверка СИ — совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) с целью установления пригодности СИ к применению.

Основной метрологической характеристикой датчиков давления (далее датчиков) является основная погрешность. Пределы допускаемой основной погрешности датчиков выражаются в процентах диапазона измерений или верхнего предела измерений и составляют от $\pm 0,1$ до $\pm 1,5$ %.

Основную погрешность определяют следующими способами:

1. по образцовому СИ на входе датчика устанавливают измеряемый параметр, равный номинальному, а по другому образцовому СИ измеряют значение выходного сигнала;
2. по образцовому СИ на выходе датчика устанавливают расчетное значение выходного сигнала, соответствующее номинальному значению измеряемого параметра, а по другому образцовому СИ измеряют значение этого параметра на входе датчика;
3. сравнением выходных сигналов проверяемого и образцового датчиков.

Основную погрешность определяют как максимальное отклонение действительных значений от расчетных.

Наличие погрешностей эталонных СИ, а также погрешности метода поверки приводят к тому, что всегда существует погрешность поверки, которая будет оказывать влияние на результат поверки.

Очевидно, что из-за погрешностей поверки возможны ошибки двух видов: имеется риск принять в качестве дефектного фактически годное СИ (фиктивный брак), или в качестве годного фактически дефектное СИ (необнаруженный брак). Ошибку в первом случае считают ошибкой первого рода, а во втором — ошибкой второго рода.

Очевидно, что ошибки первого и второго родов имеют разное значение для изготовителей и потребителей (заказчиков) контролируемой продукции.

Наличие необнаруженного брака опасно тем, что будут использованы СИ, погрешность которых превышает допустимое значение. В результате увеличивается погрешность измерений, проводимых с помощью этого СИ, и не будет обеспечиваться требуемая точность и достоверность измерений.

Фиктивный брак опасен для предприятий — изготовителей СИ (при первичной поверке) и предприятий, эксплуатирующих СИ (при периодической поверке), так как это приводит к дополнительным затратам на ремонт, регулировку, перепроверку в действительности годных СИ.

Уменьшение уровня брака поверки можно достичь путем снижения погрешности поверки (использовать более точное эталонное СИ, изменить методику поверки, ужесточить требования к условиям поверки и др.). Однако на практике это уменьшение имеет определенные границы, обусловленные рядом технико-экономических факторов: наличием эталонных СИ требуемой точности, неточностью применяемых методов поверки и т. д.

Другим способом уменьшения брака поверки является установление контрольного допуска путем введения некоторого коэффициента сужения для предела погрешности поверяемого СИ. Вводимый коэффициент снижает вероятность ошибки второго рода, как наиболее опасной по последствиям.

В этих условиях необходим технически обоснованный подход к установлению требований к допускаемой погрешности поверки, обеспечивающих ее требуемую достоверность.

За основные критерии достоверности поверки принимаются:

- наибольшая вероятность ошибочного признания годным любого в действительности дефектного экземпляра СИ $P_{\text{бам}}$ (необнаруженный брак);
- отношение наибольшего возможного модуля контролируемой характеристики погрешности СИ, которое может быть ошибочно признано годным, к пределу ее допускаемых значений $(\delta_m)_{\text{ба}}$ (наибольший выход за допуск);
- наибольшая средняя для совокупности годных экземпляров СИ вероятность ошибочного признания дефектным в действительности годных экземпляров СИ $(P_{\text{гр}})_{\text{мг}}$ (фиктивный брак).

При выборе допускаемых значений критериев достоверности поверки следует руководствоваться технико-экономическими данными с учетом назначения и области применения конкретных СИ. Допускаемые значения $\{P_{\text{bam}}\}_P$ и $\{(\delta_m)_{\text{ba}}\}_P$ должны задаваться в НТД, содержащих методику поверки СИ.

Рекомендуется принимать $\{(\delta_m)_{\text{ba}}\}_P$ не более 1,35 — для СИ, основная погрешность которых составляет незначительную (менее 1/5) долю в погрешности измерений; не более 1,25 — для СИ, основная погрешность которых вносит такой же вклад в погрешность измерений, что и все остальные составляющие; не более 1,15 — для СИ, применяемых для измерений, погрешность которых практически полностью определяется основной погрешностью СИ; не более 1,00 — если известно, что такое СИ применяется для ответственных измерений, когда нельзя допускать выхода его основной погрешности за допускаемое значение.

Графическая иллюстрация критериев приведена на рис. 1, где $\chi = \frac{Q}{|G_P|}$ — отношение значения контролируемой характеристики

Q к модулю ее предельно допускаемого значения G_P (рисунок иллюстрирует случай, когда $\chi \geq 0$); $L(\chi)$ — условная вероятность признания поверяемого экземпляра СИ годным при условии, что χ имеет некоторое конкретное значение; $\chi = 1$ — нормализованная (в долях модуля G_P) граница, левее которой находится область значений χ для годных в действительности экземпляров СИ, правее — для дефектных в действительности СИ; $\beta = \frac{G_\beta}{|G_P|}$ — нормализованная граница области $0 \leq Q \leq G_\beta$ таких значений Q , для которых отрицательные результаты контроля (экземпляр СИ признается дефектным) рекомендуется считать ошибочным.

Критерию P_{bam} соответствует ордината кривой $L(\chi)$ в точке $\chi = 1$.

Критерию $(\delta_m)_{\text{ba}}$ соответствует абсцисса кривой $L(\chi)$, при которой ее ордината P_0 равна (или практически близка) нулю. При этом $(\delta_m)_{\text{ba}} = \frac{Q_m}{|G_P|}$, где Q_m — наибольшее возможное

значение контролируемой характеристики Q экземпляра СИ, который может быть ошибочно признан годным с вероятностью P_0 . Наиболее приемлемой областью значений для P_0 следует считать область от 0 до 0,05.

Критерию $(P_{gr})_{m\bar{g}}$ соответствует заштрихованная на рисунке площадь, численно характеризующая отношение числа ошибочно забракованных в области $(0-\beta)$ экземпляров СИ к их общему числу в области $(0-1)$. Наиболее приемлемой областью для критерия $(P_{gr})_{m\bar{g}}$ следует считать область от 0 до 0,05. Значение $(P_{gr})_{m\bar{g}}$ не должно превышать 0,3.

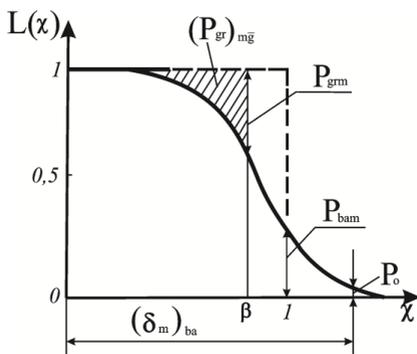


Рисунок 1. Графическая иллюстрация критериев достоверности поверки

Пунктирной линией на рисунке показана идеальная оперативная характеристика, которая имела бы место при идеальном методе поверки. Вид реальной оперативной характеристики полностью определяется методикой поверки и ее параметрами. Критерию P_{gm} соответствует дополнению ординаты кривой $L(\chi)$ до единицы в точке $\chi = \beta$. Выделение области $0 \leq \chi \leq \beta$, т. е. принятие $\beta < 1$ имеет смысл в тех случаях, когда контролируемая характеристика может после контроля изменяться настолько, что вскоре после контроля возможен ее выход за границы поля допуска. Введение $\beta < 1$ как бы учитывает заинтересованность потребителя в том, чтобы

экземпляры СИ, контролируемые характеристики которых близки к границам поля допуска, признавались (с некоторой вероятностью) дефектными. В противном случае принимается $\beta = 1$. Значение β рекомендуется принимать равным 0,8.

Рассмотрим параметры методики поверки.

1. Число и расположение контрольных точек m по диапазону измерения СИ; определяется характером функции $\Delta_{os}(x)$ — зависимостью систематической составляющей Δ_{os} основной погрешности СИ от входного сигнала x . В нормализованном виде указанная зависимость имеет вид $\chi_{os}(x) = \Delta_{os}(x)/|\Delta_{osp}|$, где Δ_{osp} — предел допускаемой систематической составляющей основной погрешности СИ. Выбор числа проверяемых точек ведется из условия, что для любого экземпляра СИ разность Ω между наибольшим значением непрерывной функции $\chi_{os}(x)$ и ее наибольшим значением в проверяемых точках удовлетворяет условию $\Omega \leq \Omega_p$, где допускаемое значение Ω_p обычно принимают равным 0,05 или 0,1. Число контрольных точек m при указанных Ω_p обычно не превышает 5—6 для достаточно большого класса встречающихся функций $\Delta_{os}(x)$, обладающих следующими свойствами: их реализации изменяются достаточно плавно, в пределах диапазона измерения СИ делают не более одного-двух полных колебаний и описываются тригонометрическим или степенным полиномом не выше третьей степени.

Количество контрольных точек значительно влияет на вероятностные характеристики поверки. Если годное СИ может быть ошибочно забраковано даже при поверке в одной точке, то при m проверяемых точках вероятность такой ошибки значительно возрастает.

При вероятности забракования годного СИ P_{gr} в одной точке средняя вероятность его забракования в m точках будет равна $P_{gm} = 1 - (1 - P_{gr})^m$.

Например, для $P_{gr} = 0,05$ и $P_{gr} = 0,1$ (при $m=1$) значения P_{grm} будут равны

m	1	2	5	10
$P_{grm}(P_{gr} = 0,05)$	0,05	0,1	0,23	0,4
$P_{grm}(P_{gr} = 0,1)$	0,1	0,19	0,41	0,66

С другой стороны, негодное СИ может быть выпущено лишь при условии совместной ошибки поверки во всех m точках диапазона, поэтому средняя вероятность этой ошибки P_{bam} резко убывает с увеличением m : $P_{bam} = P_{ba}^m$.

Например, для $P_{ba} = 0,05$ и $P_{ba} = 0,5$ (при $m=1$) значения P_{bam} будут равны

m	1	2	5	10
$P_{bam}(P_{ba} = 0,05)$	0,05	0,0025	$3 \cdot 10^{-7}$	10^{-13}
$P_{bam}(P_{ba} = 0,5)$	0,5	0,25	$3 \cdot 10^{-2}$	10^{-3}

2. Число наблюдений в проверяемой точке n ; при проверке объектов с несущественной случайной составляющей основной погрешности $n = 1$ и для объектов с существенной случайной составляющей основной погрешности $n > 1$.

3. Параметр α_p , равный отношению предела допускаемого значения погрешности поверки Δ_{ip} к пределу допускаемого значения основной погрешности СИ Δ_{op} ; предельные значения α_p выбираются из ряда: 1/10; 1/5; 1/4; 1/3; 1/2,5; 1/2. В частном случае α_p является отношением погрешностей эталонного и поверяемого СИ, которое устанавливается в поверочных схемах. При поверке СИ необходимо установить такое соотношение α_p , которое обеспечивало бы выполнение требований: $P_{bam} \leq \{P_{bam}\}_p$ и $(\delta_m)_{ba} \leq \{(\delta_m)_{ba}\}_p$.

Это возможно лишь при условии сравнения полученного при проверке значения погрешности не с пределом допускаемого значения погрешности средства измерения Δ_{op} , а с контрольным допуском Δ_{oy} , который определяется через параметр γ по формуле $|\Delta_{oy}| = \gamma |\Delta_{op}|$.

4. Параметр γ , равный абсолютному значению отношения границ поля контрольного допуска к модулю допускаемого значения характеристики; значение γ устанавливается на основании критериев достоверности поверки и выбранного значения α_p .

По установленным значениям α_p можно выбрать необходимое по точности эталонное СИ, а по значению γ установить положение контрольной границы, обеспечивающее получение требуемых характеристик достоверности.

Основой определения параметров методик поверки являются таблицы, приведенные в МИ 188-86 «ГСИ. Установление значений параметров методик поверки», отражающие взаимосвязь критериев достоверности P_{bam} , $(\delta_m)_{ba}$ с параметрами α_p и γ . Таблицы составлены для различных видов СИ (мер, измерительных приборов и т. п.) и в зависимости от значимости случайной составляющей и изменения систематической составляющей основной погрешности поверяемого СИ. Использование таблиц упрощает процедуру установления допускаемой погрешности поверки.

Установление значений параметров α_p и γ производится в следующем порядке. Для заданных значений критериев достоверности $\{P_{bam}\}_p$ и $\{(\delta_m)_{ba}\}_p$ по табл. 1 проводят границу области, внутри которой лежат значения α_p и γ , обеспечивающие выполнение основных требований: $P_{bam} \leq \{P_{bam}\}_p$ и $(\delta_m)_{ba} \leq \{(\delta_m)_{ba}\}_p$. Полученную границу переносят в табл. 2, в которой представлены значения $(P_{gr})_{m\bar{g}}$. Далее по табл. 1 и 2, двигаясь по границе области, устанавливают ряд значений $\alpha_p, \gamma, (P_{gr})_{m\bar{g}}$, при которых выполняется сформулированное выше требование. Полученный ряд включает все возможные значения α_p от 0,1 до 0,5 и служит основой для выбора приемлемого в каждом конкретном случае α_p .

и соответственно γ . Значение α_p выбирает разработчик НТД на методику поверки СИ путем компромисса между возможностью практической реализации α_p , которое определяется наличием эталонных СИ требуемой точности, трудоемкостью поверки и т. д., и приемлемым значением критерия $(P_{gr})_{m\bar{g}}$, которое определяется трудоемкостью регулировки или ремонта ошибочно забракованных СИ, введением дополнительной их перепроверки и т. д. Для выбранного значения α_p в установленном ряду находят соответствующие ему значения γ для установления контрольного допуска при поверке.

В качестве примера установим значения параметров методики поверки преобразователей дифференциального давления (фирмы «Testo AG», Германия) с несущественной случайной составляющей основной погрешности. Заданы допускаемые значения критериев поверки: $\{P_{bam}\}_p = 0,2$; $\{(\delta_m)_{ba}\}_p = 1,25$; $m = 5$; $n = 1$; $\Omega_p = 0,05$.

1. В табл. 1 проводим границу области для α_p и γ' (в данном случае обозначение γ , используемое в табл. 1, заменяется на γ'), обеспечивающих условия $P_{bam} \leq 0,2$ и $(\delta_m)_{ba} \leq 1,25$ (см. выделенную линию в табл. 1).

Двигаясь по границе области, записываем ряд значений

α_p	1/10	1/5	1/4	1/3	1/2,5	1/2
γ'	0,97	0,94	0,93	0,91	0,82	0,70

Таблица 1.

Значения γ (числитель) и $(\delta_m)_{ba}$ (знаменатель) при P_{bam} , равном

α_p	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
1/10	$\frac{0,90}{1,00}$	$\frac{0,94}{1,04}$	$\frac{0,95}{1,05}$	$\frac{0,96}{1,06}$	$\frac{0,97}{1,07}$	$\frac{0,98}{1,08}$	$\frac{0,98}{1,08}$	$\frac{0,99}{1,09}$	$\frac{0,99}{1,09}$	$\frac{1,00}{1,10}$	$\frac{1,00}{1,10}$
1/5	$\frac{0,80}{1,00}$	$\frac{0,88}{1,08}$	$\frac{0,91}{1,11}$	$\frac{0,93}{1,13}$	$\frac{0,94}{1,14}$	$\frac{0,96}{1,16}$	$\frac{0,97}{1,17}$	$\frac{0,98}{1,18}$	$\frac{0,99}{1,19}$	$\frac{0,99}{1,19}$	$\frac{1,00}{1,20}$
1/4	$\frac{0,75}{1,00}$	$\frac{0,85}{1,10}$	$\frac{0,88}{1,13}$	$\frac{0,91}{1,16}$	$\frac{0,93}{1,18}$	$\frac{0,95}{1,20}$	$\frac{0,96}{1,21}$	$\frac{0,97}{1,22}$	$\frac{0,98}{1,23}$	$\frac{0,99}{1,24}$	$\frac{1,00}{1,25}$
1/3	$\frac{0,67}{1,00}$	$\frac{0,80}{1,13}$	$\frac{0,85}{1,18}$	$\frac{0,88}{1,21}$	$\frac{0,91}{1,24}$	$\frac{0,93}{1,26}$	$\frac{0,94}{1,27}$	$\frac{0,96}{1,29}$	$\frac{0,98}{1,31}$	$\frac{0,99}{1,32}$	$\frac{1,00}{1,33}$
1/2,5	$\frac{0,60}{1,00}$	$\frac{0,76}{1,16}$	$\frac{0,82}{1,22}$	$\frac{0,86}{1,26}$	$\frac{0,89}{1,29}$	$\frac{0,91}{1,31}$	$\frac{0,93}{1,33}$	$\frac{0,95}{1,35}$	$\frac{0,97}{1,37}$	$\frac{0,98}{1,38}$	$\frac{1,00}{1,40}$
1/2	$\frac{0,50}{1,00}$	$\frac{0,70}{1,20}$	$\frac{0,77}{1,27}$	$\frac{0,82}{1,32}$	$\frac{0,86}{1,36}$	$\frac{0,89}{1,39}$	$\frac{0,92}{1,42}$	$\frac{0,94}{1,44}$	$\frac{0,96}{1,46}$	$\frac{0,98}{1,48}$	$\frac{1,00}{1,50}$

Таблица 2.

Значения $(P_{gr})_{m\bar{g}}$ для γ и α_p , выбранных из табл. 1

α_p	0,00	0,005	0,10	1,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
1/10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/5	0,028	0,005	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1/4	0,067	0,016	0,009	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
1/3	0,140	0,047	0,027	0,018	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002
1/2,5	0,207	0,079	0,047	0,032	0,023	0,019	0,015	0,012	0,009	0,007	0,006
1/2	0,305	0,133	0,087	0,062	0,045	0,035	0,027	0,023	0,019	0,016	0,013

2. Составляем новый ряд значений α_p и γ , рассчитывая γ по формуле $\gamma = \gamma' - \Omega_p = \gamma' - 0,05$.

α_p	1/10	1/5	1/4	1/3	1/2,5	1/2
γ	0,92	0,89	0,88	0,86	0,77	0,65

3. Для каждой пары значений α_p и $\gamma(\gamma')$ предыдущих рядов вычисляем значения α_p'' и γ'' по формулам

$$\alpha_p'' = c \cdot \alpha_p; \quad \gamma'' = \gamma' - (1 - c) \cdot \alpha_p$$

где

$$c = 1,5 - \sqrt[m]{0,5}; \quad m'' = [1 - (\gamma - \alpha_p)] \cdot (m - 1) + 1,$$

а рассчитанные значения m'' округляем до ближайшего целого числа. Для удобства целесообразно пользоваться следующим заранее рассчитанным по формуле рядом значений c в зависимости от m''

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
									0	
c	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		,79	,71	,66	,63	,61	,59	,58	,57	,57

Записываем ряд полученных значений α_p'' и γ''

m''	2	2	2	3	4	4
c	0,79	0,79	0,79	0,71	0,66	0,66
α_p''	0,08	0,16	0,20	0,23	0,26	0,33
γ''	0,95	0,90	0,88	0,81	0,68	0,53

4. Для каждой пары значений α_p'' и γ'' полученного ряда по табл.1 и 2, находим значения $(P_{gr})_{mg}$. Если в табл.1 и 2 нет нужных значений α_p'' и γ'' , то используют ряд, приведенный в табл.3. Если в приведенном ряду (табл. 3) нет значения, в точности равного

найденному, то его находят путем интерполяции ближайших значений.

Таблица 3.

К определению оценки погрешности критериев

$(\gamma - \beta)/\alpha_p$	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0
$(P_{gr})_{m\bar{g}}/\alpha_p$	1,000	0,903	0,804	0,706	0,610	0,517	0,428	0,266	0,197	0,140

Продолжение таблицы 3.

$(\gamma - \beta)/\alpha_p$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$(P_{gr})_{m\bar{g}}/\alpha_p$	0,097	0,064	0,041	0,025	0,014	0,007	0,003	0,001	0,000	0,000

Записываем найденные значения $(P_{gr})_{m\bar{g}}$

$(P_{gr})_{m\bar{g}}$	0	0,001	0,005	0,028	0,126	0,271
-----------------------	---	-------	-------	-------	-------	-------

5. Дополняем ряд значений α_p'' и γ'' , установленных в п. 2, соответствующими значениями $(P_{gr})_{m\bar{g}}$. Полученные данные представлены в табл.4.

Таблица 4.

**Значения параметров методики поверки датчиков
с несущественной случайной составляющей основной
характеристики**

α_p	1/10	1/5	1/4	1/3	1/2,5	1/2
γ	0,92	0,89	0,88	0,86	0,77	0,65
$(P_{gr})_{m\bar{g}}$	0	0,001	0,005	0,028	0,126	0,271
$(\delta_m)_{ba}$	1,07	1,14	1,18	1,24	1,22	1,20
P_{bam}	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,05

Полученные результаты позволяют проводить анализ достоверности поверки СИ в зависимости от точности имеющихся в лаборатории эталонных СИ. Например, если разработчик установил,

что может быть реализовано значение $\alpha_p = 1/3$ (отношение погрешностей эталонного и поверяемого СИ), из полученного ряда следует, что средняя вероятность ошибочного признания дефектным годного СИ будет составлять 2,8 %, т. е. $(P_{gr})_{mg} = 0,028$, и контрольный допуск будет составлять 0,86 допускаяемой погрешности поверяемого СИ, т. е. $\Delta_{oy} = 0,86\Delta_{op}$.

Если разработчик установил, что может быть реализовано только значение $\alpha_p = 1/2$, в этом случае средняя вероятность ошибочного признания дефектным годного СИ будет уже составлять 27,1 %, а контрольный допуск будет составлять 0,65 допускаяемой погрешности поверяемого СИ, т. е. $\Delta_{oy} = 0,65\Delta_{op}$ и т. д.

Таким образом, приведенные в табл. 4 данные позволяют производить целенаправленный поиск таких значений параметров методики поверки α_p и γ (а значит, и погрешности поверки), которые обеспечили бы допускаяемые значения критериев достоверности поверки (ошибок первого и второго родов).

Отрицательным следствием сужения контрольных нормативов является резкое возрастание вероятности ошибочного забракования. Чтобы этого избежать, нужно применять эталонные СИ более высокой точности при умеренных снижениях нормативов. В ряде случаев целесообразно перейти от однократных измерений к многократным.

Одним из основных показателей достоверности поверки является соотношение допускаяемых погрешностей эталонных и поверяемых СИ. Чем выше это соотношение, тем выше достоверность поверки. В идеале это соотношение должно быть 1:10. Однако его достижение на практике связано с большими экономическими затратами.

Анализ достоверности поверки — это один из вопросов, требующих рассмотрения при разработке методики поверки. Внимание также следует уделить расчету (корректировке) межповерочного интервала в случае периодической поверки на основе моделирования процессов дрейфа метрологических характеристик СИ; обработке и представлению результатов измерений в терминах классической теории точности и с позиций теории неопределенностей. Решение этих вопросов является предметом дальнейших исследований.

Полученные результаты использовались при разработке методики поверки на датчики в ФБУ «Ростест-Москва».

Список литературы:

1. Артемьев Б.Г. Справочное пособие для работников метрологических служб: в 2 кн. Кн. 1 / Б.Г. Артемьев, С.М. Голубев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство стандартов, 1990. — 528 с.
2. Бикулов А.М. Поверка средств измерений давления и температуры: учебное пособие/ А.М. Бикулов. — М.: АСМС, 2005. — 450 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Скулкина Юлия Сергеевна

аспирант ДВФУ, г. Владивосток

E-mail: sashulya-05@mail.ru

Кравченко Александр Петрович

доцент кафедры приборостроения ДВФУ, г. Владивосток

E-mail: petrovich_krav@mail.ru

AUTOMATED PROCESSING OF MICROSCOPIC IMAGES IN SCIENTIFIC RESEARCH

Yulia Skulkina

Graduate student of FEFU, Vladivostok

Alexander Kravchenko

Associate Professor of FEFU, Vladivostok

АННОТАЦИЯ

Цель работы — разработка методики для анализа медико-биологических препаратов в автоматизированном режиме.

Разрабатываемые средства и методики автоматизированного микроскопического анализа позволяют измерять большую группу

морфологических характеристик клеток, разрабатываемый комплекс автоматизированной микроскопии решает ряд задач цитологического анализа. Предложенная и апробированная методика даёт достоверные результаты автоматизированного анализа научных исследований.

ABSTRACT

Purpose — development methods for the analysis of medical and biological preparations in an automated way.

The tools and techniques of automated microscopic analysis can measure the morphological characteristics of a large group of cells, developing a set of automated microscopy solves a number of problems of cytology. Proposed and tested method gives reliable results of the automated analysis of research.

Ключевые слова: автоматизированная микроскопия; цитологические препараты; анализ изображений

Key words: automated microscopy; cytological preparations; image analysis

Применяемая в настоящее время ручная микроскопия требует высокой квалификации врача, часто изнурительна по трудоемкости, связана с высоким напряжением и психологическим дискомфортом. Проточные гемоанализаторы измеряют малое количество диагностических признаков и не позволяют врачу-диагносту участвовать в процессе анализа. Обнаружение и идентификация атипичных клеток при их низкой концентрации недоступны как автоматическим гемоанализаторам, так и ручной микроскопии.

Преодоление указанных недостатков может быть достигнуто прежде всего за счет автоматизации трудоемкого этапа сбора выборки объектов анализа и за счет современных технологий обработки, хранения и передачи изображений. При этом выдвигается жёсткий набор требований к техническим характеристикам алгоритма обнаружения объектов анализа:

1. Высокое быстродействие;
2. Практически полное отсутствие пропусков объектов;
3. Малое число ложных тревог;
4. Обнаружение должно сопровождаться контролем качества мазка и работы самого обнаружения. Необходимо контролировать возможное наличие пропусков и предупреждать об этом [1].

Одной из важнейших задач, возникающих при анализе изображений цитологических препаратов, является задача сегментации изображений. От качества сегментации зависит точность вычисления

морфологических признаков микрообъектов, а, следовательно, и точность классификации и диагностики.

Трудность автоматизации сегментации медико-биологических микрообъектов заключается в том, что эти объекты, как и все объекты естественного происхождения, отличаются большим разнообразием строения и большой вариабельностью параметров даже внутри одного класса. Микрообъекты часто соприкасаются, накладываются друг на друга, форма искажается [2]. Поэтому полностью автоматизировать процесс сегментации изображений разнотипных медико-биологических микрообъектов на сегодняшний день затруднительно. Это возможно при анализе препаратов только одного типа микрообъектов с использованием специальной стабильной окраски. Несмотря на значительные усилия, затраченные на разработку способов сегментации цитологических изображений, в настоящее время эта проблема далека от полного решения.

Наиболее ценную информацию для врача-диагноста при постановке диагноза и лечении множества заболеваний представляет дифференциальный подсчёт лейкоцитов. Автоматическое дифференцирование лейкоцитов в микроскопических изображениях обычно состоит из четырех главных этапов: предварительная обработка, сегментация изображения, выделение признаков и классификация (рисунок 1) [4].



Рисунок 1. Дифференцирование лейкоцитов

Цель сегментации лейкоцитов состоит в том, чтобы отделить лейкоциты от других различных компонентов на изображении крови. Типичное изображение мазка периферической крови состоит из четырех компонентов: фона, красных кровяных клеток (безъядерные клетки), ядерных клеток — лейкоцитов и цитоплазмы. Лейкоциты более темнее, чем фон, эритроциты лежат в промежуточном уровне яркости. Существует довольно много методов сегментации изображений, но все они являются в той или иной степени вариантами двух: порогового преобразования и обнаружения границ. При анализе изображений препаратов крови цвет является одним из главных факторов, на основе которых возможно выделение и классификация элементов, поэтому работу с изображениями необходимо проводить в том цветовом пространстве, которое наиболее соответствует цветовосприятию человека [3]. Система HSV имеет перед другими системами важное преимущество: она больше соответствует природе цвета и хорошо согласуется с моделью восприятия цвета человеком. Поэтому для работы выбрана именно эта модель.

Вычисляются значения HSV по следующим формулам:

$$H = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = MIN \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0, \text{ если } MAX = R \text{ и } G \geq B \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360, \text{ если } MAX = R \text{ и } G < B \\ 60 \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120, \text{ если } MAX = G \\ 60 \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240, \text{ если } MAX = B \end{cases}, (1)$$

$$S = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX} \end{cases},$$

$$V = MAX$$

Где: MAX — максимальное значение из R, G и B,

MIN — минимальное из них.

Стадия предварительной обработки включает повышение качества полученного изображения и, по существу, выполняется, чтобы подготовить изображение к важной стадии сегментации. Объекты интереса отделяются от фона в процессе сегментации. При этом важно уделить достаточно внимания данному этапу обработки, так как он него зависит конечный результат диагностирования.

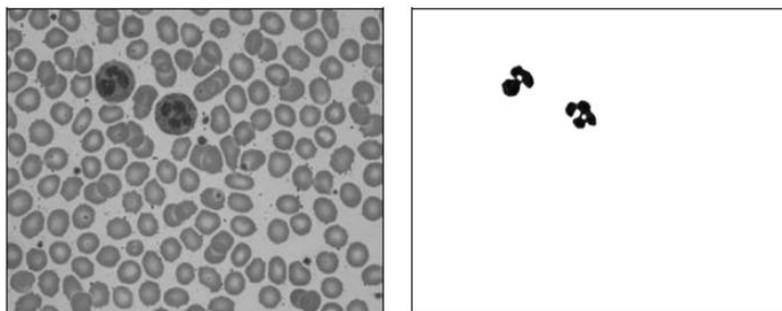


Рисунок 2. Результат сегментации: исходное изображение; сегментированное ядро

Важным этапом в дифференцировании лейкоцитов является вычисление геометрических параметров формы (Площадь, центр масс объекта, эквивалентный диаметр, длина максимальной оси инерции, длина минимальной оси инерции, эксцентриситет эллипса и отношение площади цитоплазмы к площади ядра).

В целях эксперимента мы используем четыре набора признаков $F1$, $F2$, $F3$ и $F4$ для классификации:

$F1$ = (площадь, отношение длины максимальной оси инерции к длине минимальной оси инерции, периметр, эксцентриситет эллипса),

$F2$ = (площадь, эксцентриситет эллипса, эквивалентный диаметр, периметр),

$F3$ = (площадь, эксцентриситет, эквивалентный диаметр, периметр, отношение областей ядра и цитоплазмы),

$F4$ = (площадь, отношение длины максимальной оси инерции к длине минимальной оси инерции, периметр, отношение областей ядра и цитоплазмы),

Результаты вычисления минимальных и максимальных значений параметров клеток лейкоцита представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Минимальные и максимальные значения геометрических параметров лейкоцитов

Типы клеток		Площадь	Эксцентриситет эллипса	Эквивалентный диаметр	Периметр	Отношение площадей ядра и цитоплазмы
Лимфоциты	Мин	724	0.321	30.35	118	1.1997
	Макс	1092	0.804	36.72	155	1.690
Базофилы	Мин	1076	0.5924	37.0136	154	1.754
	Макс	1738	0.8408	47.0414	267	1.890
Эозинофил	Мин	774	0.7019	31.3925	125	1.1234
	Макс	1057	0.8770	36.6853	167	1.5667
Моноциты	Мин	1256	0.524	30.32	167	0.8676
	Макс	1756	0.926	47.28	254	1.2208
Нейтрофилы	Мин	1098	0.51	30.01	162	0.41734
	Макс	1901	0.76	35.01	206	1.481

Если полученное значение параметра клетки находится в пределах $[\min, \max]$ для определенного класса лейкоцитов, то клетка принадлежит к этому классу [5—6].

Для демонстрации работы технологии и выбранных признаков были проведены исследования на реальных изображениях. Была получена выборка из 100 фрагментов изображений, содержащих лейкоциты. Априорно был определен тип каждого лейкоцита. Произведено выделение лейкоцитов на изображении и расчет признаков по каждому лейкоциту.

Экспериментальные результаты сравнивались с результатами, полученными вручную. Предложенный метод сегментации дает коэффициент классификации в диапазоне 92 % к 98 % для различных клеток лейкоцита, и наилучшие коэффициенты в диапазоне 98 % к 99 % в случае набора признаков F4. Этот результат может быть улучшен лучшими методами предварительной обработки и наборами признаков. Предложенная и апробированная методика дает достоверные результаты автоматизированного анализа научных исследований.

Области интереса, каждая из которых содержала лейкоциты, были автоматически извлечены из цветных микроскопических изображений. Автоматическая сегментация изображений была успешно выполнена. Было найдено, что методы пороговой обработки способны к автоматическому извлечению полезного набора признаков из областей интереса. Используемые наборы признаков оказались достаточными, чтобы классифицировать лейкоциты, достигая 98%-ой точности классификации.

Список литературы:

1. Медовый В.С. Автоматизированная микроскопия: новый этап точности, информативности и контроля качества медицинских анализов биоматериалов// Здравоохранение России, Выпуск 8. — 2007. — С. 535—537.
2. Мурашов Д.М. Метод автоматизированной сегментации изображений цитологических препаратов на основе модели активного контура// ТРУДЫ МФТИ. — 2009. — Том 1. — № 1. — С. 80—89.
3. Farnoosh S. A Framework for White Blood Cell Segmentation in Microscopic Blood Images Using Digital Image Processing // Shulin Li (ed.), Biological Procedures Online. — Volume 11. — № 1. — 2009.
4. Nurul H.A. Performance Comparison between Multilayer Perceptron and Fuzzy ARTMAP Networks for Acute Leukemia Detection// International Journal of Research and Reviews in Computer Science (IJRRCS). — Vol. 2. — № 5. — October 2011.
5. Ongun G. Feature extraction and classification of blood cells for an automated differential blood count system // Neural Networks. Proceedings. IJCNN '01. International Joint Conference on vol. 4. — 2001. P. 2461—2467.
6. Pilar G.A Feature Extraction Method Based on Morphological Operators for Automatic Classification of Leukocytes // IEEE Computer Society. — October 2008. P. 227—232.

**ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА
ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИЙ
У ЖЕНСКОГО ПЕРСОНАЛА ВО ВРЕМЯ
ДЛИТЕЛЬНОГО ПРЕБЫВАНИЯ НА КОРАБЛЕ**

Сошина Наталья Сергеевна

*аспирант, инженерная школа, кафедра приборостроения,
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
E-mail: vizavi_pati@mail.ru*

Короценцев Владимир Иванович

*д-р физ.-мат. наук; профессор, зав. кафедрой приборостроения
Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток
E-mail: ykoroch@mail.ru*

Кравченко Александр Петрович

*доцент Дальневосточного федерального университета,
г. Владивосток
E-mail: petrovich_krav@mail.ru*

**ORGANIZATION OF THE COMPLEX
FOR THE EARLY DETECTION
OF PATHOLOGIES IN WOMEN
STAFF DURING LONG STAY ON SHIP**

Soshina Natalia

*graduate student, school of engineering, department of Instrumentation,
Far Eastern Federal University, Vladivostok*

Korochentsev Vladimir

*doctor of physical and mathematical sciences, professor, head department
of instrumentation Far Eastern Federal University, Vladivostok*

Kravchenko Alexander

associate professor of the Far Eastern Federal University, Vladivostok

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является выявление на ранних стадиях новообразований у женского персонала на плавбазах, а также наблюдение и передача данных через информационные каналы связи на стационарный специализированный центр. Для сбора данных будут использоваться результаты двух методов исследования: функционально-топическая диагностика организма человека и обработка маммографических изображений. Применение одновременно двух методов позволяет определять опасные поля корабля и выявить наиболее рискованные зоны деятельности женщин на корабле.

ABSTRACT

The purpose of this work is to identify at an early stage tumors in female staff on the floating base, as well as monitoring and data transmission through communication channels due to the stationary specialist center. To collect data to be used the results of two research methods: functional topical diagnosis and treatment of the human body mammographic images. The use of the two methods at the same time allows you to define fields of the ship hazardous and identify the most risky areas of women on the ship.

Ключевые слова: электромагнитное поле; патология; функционально-топическая диагностика.

Keywords: electromagnetic field; pathology; functional topical diagnosis.

Актуальность темы. Главным объектом исследования является поведение организма в зоне воздействия электромагнитных полей океана и кораблей, вибрационных и шумовых помех, которые производят механизмы кораблей. После их длительного влияния на организм человека снижается его общая сопротивляемость к заболеваниям, в том числе возникает склонность к появлению злокачественных новообразований. В особенности недостаточно исследуется влияние физических полей океана и кораблей на женский персонал рыбооловецких заводов, перерабатывающих плавсредств.

Целью данной работы является выявление на ранних стадиях новообразований у женского персонала на плавбазах, а также наблюдение и передача данных через информационные каналы связи на стационарный специализированный центр.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности ЭМП во всех частотных

диапазонах. При относительно высоких уровнях облучающего ЭМП существует тепловой механизм воздействия. При относительно низком уровне ЭМП (к примеру, для радиочастот выше 300 МГц это менее 1 мВт/см^2) говорится о нетепловом или информационном характере воздействия на организм [3, с. 92—94].

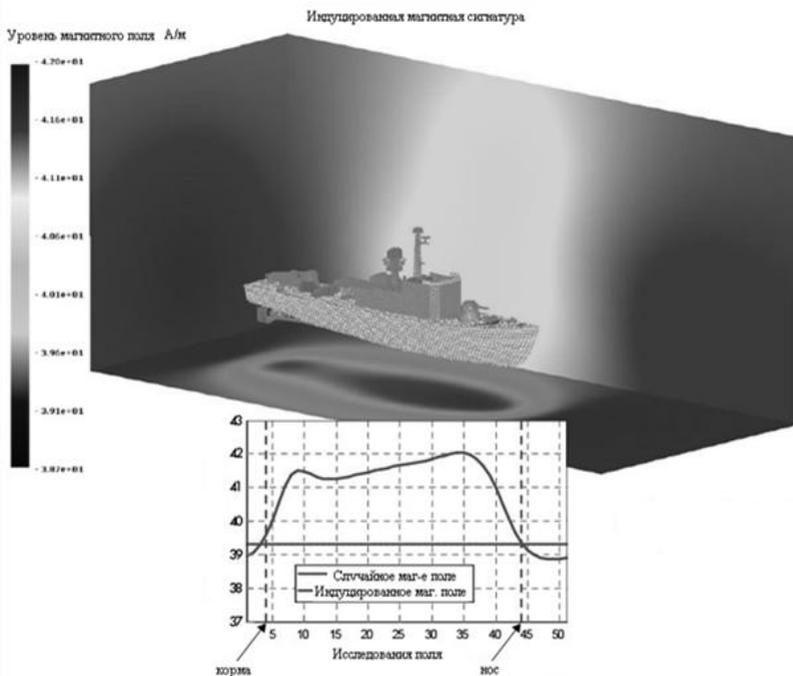


Рисунок 1. Индуцированное магнитное поле корабля

Многочисленные исследования в области биологического действия ЭМП позволят определить, что наиболее чувствительные системы организма человека: эндокринная и половая. Эти системы организма являются критическими. В 22—40 % выявляется отрицательное действие ЭМИ на эндокринную систему женщин, в 18—29 % — на течение беременности (выкидыши, токсикозы, кровотечения, слабость родовой деятельности) [1, с. 67—70]. Биологический эффект ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможно развитие таких сложнейших последствий как рак молочной железы у женщин.

Проблема метрологической оценки поглощенной человеком мощности (и энергии) достаточно сложна. Таким образом, при установлении диагноза поражения микроволнами (наряду с выявлением характерных клинических симптомов) ведущую роль играет система информационного сбора данных и передача их в специализированные поликлиники. Данная методика несомненно актуальна, так как на сегодняшний день очень развиты информационные каналы связи. Таким образом, будет осуществлен непосредственный контроль за плавсредствами, в частности для женщин.

За основу обрабатываемых данных берутся результаты проведения функционально-топической диагностики заболеваний внутренних органов и ранней диагностики выраженных дисфункций, непосредственной задачей которой является дифференцирование норм функциональных или патологических отклонений, регистрация таких процессов на основе изучения картины поведения различных отделов и функций головного мозга.

Спектральный анализ ритмической активности головного мозга производится с помощью магнитоэнцефалографического спектрального анализатора-сумматора, который показывает наличие длительно текущего ритмического процесса, имеющего стабильную частоту, возможность дискретных переходов на другие частоты и высокую индивидуальную повторяемость множества таких частот [2, с. 23].

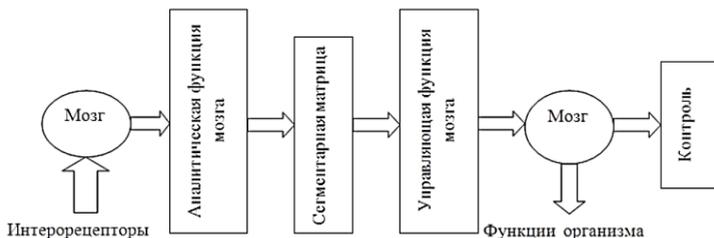


Рисунок 2. Структурная схема модели системы для коррекции дисфункций организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга

Регистрация специфических моноритмов в многопериодических паттернах активирующей системы мозга при зональном раздражении кожного анализатора позволила построить «схему тела» человека в частотном спектре.

Для проверки обрабатываемых данных применяется скрининговая диагностика новообразований методом компьютерной обработки маммографических изображений. Непосредственной информативностью обладают результаты маммографических исследований, предоставленных до начала и после окончания плавания [3, с. 87]. Все полученные изображения будут подвергаться компьютерной обработке с помощью специальных фильтров, заносится в архив для прослеживания тяжести заболевания и соотношения с данными функционально-топической диагностики.

Результаты исследования. Экспертная оценка результатов спектрального анализа позволяет определить дисфункции организма: выявляются очаги усиленного возбуждения (высокие значения амплитуд спектральных компонент), очаги торможения (низкие значения амплитуд), десинхронизация функций в левом и правом полушарии.

В условиях жизни РФ наибольший интерес представляет вопрос безопасного массового пребывания женщин на плавбазах, имеющих в своем составе медперсонал и оснащенные средствами передачи информационных потоков. Функционально-топическая диагностика организма человека может быть использована для массовой оценки на женский организм нетепловых (информационных) воздействий корабля за длительный период. Для этого предлагается разместить на плавбазах системы удаленного мониторинга на основе магнитоэнцефалографических спектральных датчиков, используемых на корабле и удаленного анализатора ритмической активности головного мозга в стационарном специализированном центре на базе ДВФУ.

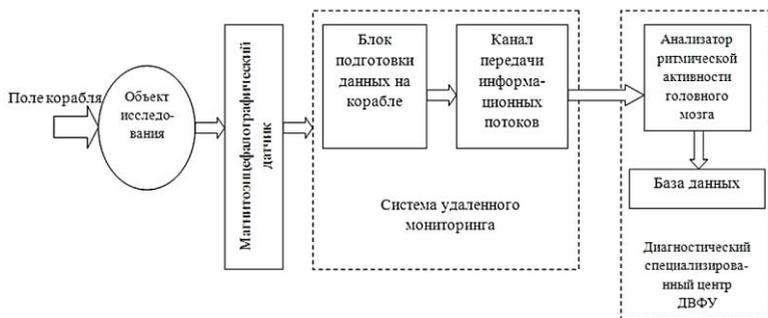


Рисунок 3. Структурная схема системы удаленной диагностики состояния организма женщин на корабле

Обсуждение результатов исследования. В результате длительного наблюдения за очагами неконтролируемой клеточной пролиферации можно убедиться в том, что сначала формируется область функциональной децентрализации, а затем (иногда через значительное время) начинается формирование опухоли. В этом плане обнаружение зоны децентрализации в любом сегменте и по любым функциям (тканевым слоям) представляют собой фактор риска для развития неконтролируемой клеточной пролиферации.

Возможность диагностики стадий воспалительного и опухолевого процессов является решающим звеном в развитии метода функционально-топической диагностики. Выделить координаты очага патологически усиленного возбуждения, устойчивую патологическую систему недостаточно. Только характеристика очагов по стадиям развития воспалительного процесса позволяет осуществить полноценную функциональную диагностику на организменном уровне и впоследствии обозначить разрабатываемый метод как функционально-топическую диагностику внутренних органов человека [4, с. 143—144].

При определении стадий воспалительного процесса по локализации в координатах сегментарной матрицы спектров, полученных на основе анализа ритмической активности головного мозга с помощью диагностических комплексов ДгКТД-01, МЭГИ-01, были отработаны решающие (диагностические) правила для автоматической постановки диагноза [4, с. 140].

Выводы: комплексное применение перечисленных методик способствует выявлению на ранних стадиях новообразований у женского персонала на плавбазах, а также наблюдение и передача данных через информационные каналы связи на стационарный специализированный центр. Такой подход позволит определить опасные поля корабля и выявить наиболее рискованные зоны деятельности женщин на корабле.

Список литературы:

1. Коваль В.Т., Короченцев В.И., Губко Л.В. Морская терапия/Монография. — П.-Кам.: Из-во Камчатского Технического Университета, 2012 г. — 220 с.
2. Лебедев Ю.А., Короченцев В.И., Шабанов Г.А., Рыбченко А.А., Агапова Т.М. Моделирование аналитической и управляющей функции головного мозга человека: научно-технический и прикладной журнал № 9 (134), Известия ЮФУ. Технические науки — Таганрог: Из-во Южного федерального университета, 2012 г. — с. 22—25.

3. Сошина Н.С., Кравченко А.П. Влияние физических полей океана и кораблей на новообразования и средства их ранней диагностики на примере маммографии: сборник материалов научной конференции «Вологдинские чтения» Дальневосточного федерального университета. — Владивосток, 2012. — 5 с.
4. Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Рыбченко А.А. Функционально-топическая диагностика организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. — Владивосток: Дальнаука, 2011. — 206 с.
5. Mageroy N., Mollerlokken O.J. A higher risk of congenital anomalies in the offspring of personnel who served aboard a Norwegian missile torpedo boat: *Occup Environ Med.* — Norway, 2006. — 63(2): p. 92—97.

**КОМПЕНСАЦИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ
ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ
С УЧЕТОМ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ
НЕЛИНЕЙНОСТИ
ТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДАТЧИКА**

Тихоненков Владимир Андреевич

*канд. техн. наук,
Ульяновский государственный технический университет
Ульяновск*

Солуянов Денис Александрович

*аспирант
Ульяновского государственного технического университета
Ульяновск*

E-mail: d.soluyanov@yandex.ru

**COMPENSATION OF MULTIPLICATIVE
TEMPERATURE ERROR OF GAUGE
WITH TAKING INTO ACCOUNT POSITIVE
NONLINEARITY OF SIGNAL OUTPUT
TEMPERATURE CHARACTERISTIC**

Tihonenkov Vladimir Andreevich

*Candidate of Technical Sciences Ulyanovsk state technical university
Ulyanovsk*

Soluyanov Denis Aleksandrovich

Postgraduate student of Ulyanovsk state technical university Ulyanovsk

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена вопросу компенсации мультипликативной температурной погрешности тензорезисторного датчика с учетом положительной нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика.

ABSTRACT

This article focuses on the question of compensation multiplicative temperature inaccuracy gauge sensor based on positive temperature characteristic nonlinearity of sensor signal output.

Ключевые слова: тензорезистор; мультипликативная погрешность; компенсация; нелинейность; температура; выходной сигнал.

Keywords: gauge; multiplicative inaccuracy; compensation; nonlinearity; temperature; signal output.

Современные системы контроля и управления в различных отраслях промышленности предъявляют высокие требования к точности и стабильности средств измерения.

Большое распространение в данной области получили тензорезисторные датчики. Одним из наиболее мощных дестабилизирующих факторов тензодатчиков является температура. Компенсация температурной погрешности является одной из приоритетных задач при разработке и изготовлении тензорезисторных датчиков.

В настоящее время предложены способы компенсации температурной погрешности, которые позволяют учесть нелинейность температурной характеристики девиации выходного сигнала датчика благодаря использованию микропроцессоров. Один из них основан на использовании двух каналов: информационного и температурного [2]. Для подобного решения характерны следующие недостатки:

1. усложнение измерительной схемы из-за наличия двух измерительных каналов;
2. высокие требования к точности и стабильности канала измерения температуры;
3. разница между среднеинтегральной температурой тензорезисторов измерительного канала и температурой, воспринимаемой вторым каналом, может составлять десятки градусов;
4. значительная температурная погрешность при нестационарных тепловых режимах эксплуатации из-за разности температур измерительного и температурного канала;
5. уменьшение частотного диапазона измеряемого физического параметра, которое вызвано необходимой цифровой обработкой измерительной информации.

В другом способе мостовую цепь используют в качестве дополнительного канала, измеряющего температуру [1]. Подобное решение устраняет дополнительную температурную погрешность, вызванную нестационарным тепловым режимом, но не решает вопрос

возникновения температурной погрешности. В этом случае селективность датчика к измеряемой физической величине приводит к уменьшению чувствительности дополнительного канала к температуре на 1—2 порядка по сравнению с предыдущим случаем. В результате снижается нижний порог чувствительности температурного канала, что не позволяет получить требуемую точность компенсации температурной погрешности.

Существующие схемные способы компенсации температурной погрешности лишены данных недостатков, но не позволяют учесть нелинейность температурной характеристики девиации выходного сигнала датчика в рабочем диапазоне температур. По этой причине ведется разработка схемных способов, которые позволят учесть нелинейность температурной характеристики датчика.

В [3] предлагаются схемные способы компенсации мультипликативной температурной погрешности с учетом нелинейности температурной характеристики девиации выходного сигнала датчика. В данных способах компенсационные резисторы могут включаться как в диагональ питания, так и в выходную диагональ. Главным недостатком данных схемных способов является то, что они обеспечивают при компенсации мультипликативной температурной погрешности учет только отрицательной нелинейности температурной характеристики девиации выходного сигнала датчика, удовлетворяющей неравенству $\Delta\alpha_{oo} = \alpha_{oo}^+ - \alpha_{oo}^- \leq -2,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ где α_{oo}^+ — температурный коэффициент чувствительности (ТКЧ) мостовой цепи при температуре t^+ , соответствующей верхнему пределу рабочего диапазона температур, α_{oo}^- — ТКЧ мостовой цепи при температуре t^- , соответствующей нижнему пределу рабочего диапазона температур.

Таким образом, встал вопрос о разработке схемных способов для компенсации мультипликативной температурной погрешности при положительной нелинейности температурной характеристики девиации выходного сигнала датчика.

Введем ряд понятий, необходимых для последующего рассмотрения компенсации мультипликативной температурной погрешности схемным путем. Обозначим температурный коэффициент чувствительности тензорезисторов при температуре t^+ , соответствующей верхнему пределу рабочего диапазона температур, как α_o^+ , а при температуре t^- , соответствующей нижнему пределу рабочего диапазона температур — α_o^- . Нелинейность зависимости чувствительности тензорезисторов от температуры можно характеризовать выражением $\Delta\alpha_o = \alpha_o^+ - \alpha_o^-$.

Как показано в [3] $\Delta\alpha_{oo}$ включает в себя две составляющие:

1. нелинейность, вносимая тензорезисторами, установленными на упругом элементе, которая может принимать как отрицательное, так и положительное значение;
2. нелинейность, вносимая мостовой измерительной схемой, которая всегда является отрицательной при использовании мостовой цепи.

Таким образом, в соответствии с пунктом 2, изменяя составляющую нелинейности, вносимую мостовой измерительной схемой, можно получить смещение нелинейности ТКЧ мостовой цепи в область отрицательных значений. Для этого следует включить в диагональ питания мостовой цепи термонеzависимый резистор R_i .

В данном случае, в соответствии с [3], выходное напряжение мостовой цепи после включения резистора R_i при воздействии температуры может быть представлено следующим образом:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{пит}} \frac{k}{(k+1)^2} \cdot \frac{R_{\text{ex}}(1 + \alpha_{\text{ex}}\Delta t)(1 + \alpha_o\Delta t)}{R_{\text{ex}}(1 + \alpha_{\text{ex}}\Delta t) + R_i} \sum_{j=1}^4 \varepsilon_j, \quad (1)$$

где: $U_{\text{вых}}$ — выходное напряжение мостовой цепи при воздействии температуры;

$U_{\text{пит}}$ — напряжение питания мостовой цепи;

$k = R_1 / R_2 = R_3 / R_4$ — коэффициент симметрии мостовой цепи;

R_{ex} — входное сопротивление мостовой цепи датчика;

α_{ex} — температурный коэффициент сопротивления (ТКС) входного сопротивления мостовой цепи;

$\Delta t = t - t_0$ — изменение температуры;

α_o — ТКЧ тензорезисторов;

R_i — номинал термонеzависимого резистора, включенного в цепь питания;

t — действующая температура;

t_0 — нормальная температура;

ε_j — относительное изменение сопротивления плеча R_j мостовой цепи.

Анализ знаменателя зависимости (2) позволяет сделать следующие выводы:

1. После включения резистора R_i у зависимости напряжения питания от температуры будет составляющая, обратно пропорциональная росту температуры, что приведет к смещению зависимости $\Delta\alpha_{oo}$ в сторону отрицательных значений;

2. С ростом ТКС входного сопротивления мостовой цепи смещение $\Delta\alpha_{\partial\partial}$ в сторону отрицательных значений возрастает.

В соответствии с п. 1 — п. 2 преобразовать положительную нелинейность температурной характеристики выходного сигнала в отрицательную можно двумя способами:

1. Схема 1: включение резистора R_i в диагональ питания;

2. Схема 2: шунтирование входного сопротивления мостовой цепи термозависимым резистором $R_{\partial\partial x}$ и термнезависимым резистором $R_{\partial\partial x}$, которые соединены друг с другом последовательно, с целью увеличения ТКС входного сопротивления при наличии резистора R_i .

Поскольку, как упоминалось выше, включение компенсационных резисторов в выходную диагональ позволяет произвести компенсацию мультипликативной температурной погрешности с учетом отрицательной нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика, то после преобразования положительной нелинейности температурной характеристики выходного сигнала в отрицательную с использованием схемы 1 или 2 возможна последующая компенсация мультипликативной температурной погрешности в соответствии с [3] путем включения термозависимых и термнезависимых резисторов в выходную диагональ мостовой цепи датчика.

На основе численного эксперимента были установлены области применения обеих схем преобразования нелинейности температурной характеристики выходного сигнала, представленные на рис. 1. Как видно из рис. 1, каждая схема не позволяет охватить всю область возможных значений физических параметров металлопленочных датчиков, а области применения схемы 1 и 2 перекрываются. По этой причине был предложен схемный способ компенсации мультипликативной температурной погрешности с учетом положительной нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика, описанный ниже.

Определяют $\alpha_{\partial\partial}^+$, $\alpha_{\partial\partial}^-$, вычисляют $\Delta\alpha_{\partial\partial}$. Если величина $\Delta\alpha_{\partial\partial}$ является положительной, то определяют α_{∂}^+ , α_{∂}^- , и вычисляют $\Delta\alpha_{\partial}$. При температуре t^+ определяют ТКС входного сопротивления мостовой цепи $\alpha_{\partial x}^+$, а при температуре t^- — ТКС $\alpha_{\partial x}^-$. Если параметры датчика принадлежат области применения схемы 1, то вычисляют номинал резистора R_i , который обеспечит выполнение неравенства $\Delta\alpha_{\partial\partial} \leq -2,0 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ и, как следствие, последующую компенсацию мультипликативной температурной погрешности в соответствии с [3]. Для определения номинала R_i решают уравнение:

$$\frac{R_{ex} \alpha_{\delta}^+ (1 + \alpha_{ex}^+ \Delta t^+) + R_i (\alpha_{ex}^+ + \alpha_{\delta}^+ + \alpha_{ex}^+ \alpha_{\delta}^+ \Delta t^+)}{R_{ex} (1 + \alpha_{ex}^+ \Delta t^+) + R_i} - \frac{R_{ex} \alpha_{\delta}^- (1 + \alpha_{ex}^- \Delta t^-) + R_i (\alpha_{ex}^- + \alpha_{\delta}^- + \alpha_{ex}^- \alpha_{\delta}^- \Delta t^-)}{R_{ex} (1 + \alpha_{ex}^- \Delta t^-) + R_i} = -2,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^{\circ}\text{C},$$

где: α_{δ}^+ — ТКЧ тензорезисторов при температуре t^+ ,
 α_{δ}^- — ТКЧ тензорезисторов при температуре t^- ,
 $\Delta t^+ = t^+ - t_0$ — положительный диапазон температур,
 $\Delta t^- = t^- - t_0$ — отрицательный диапазон температур.

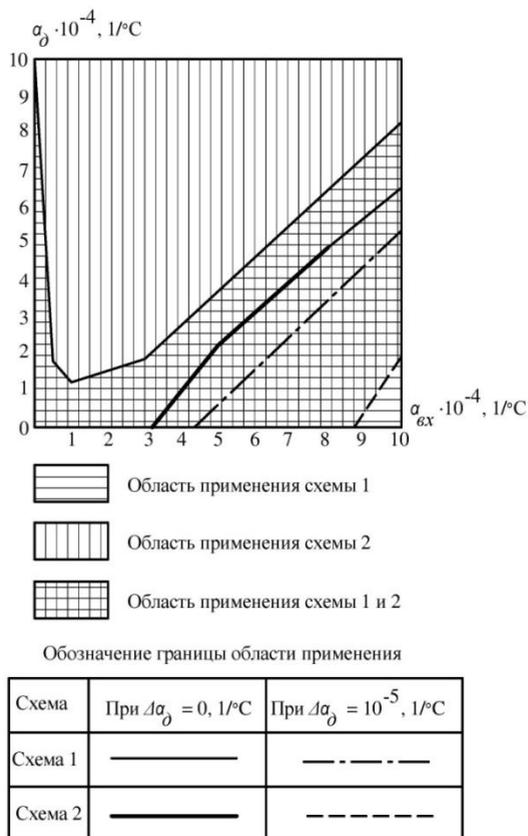


Рисунок 1. Области применения схемы 1 и схемы 2

Если параметры датчика принадлежат области применения схемы 2, то принимают номинал резистора $R_i = 100$ Ом, величину сопротивления шунта равной сопротивлению входному сопротивлению мостовой цепи ($R_{iu} = R_{aex} + R_{dex} = R_{ex}$), определяют номиналы резисторов R_{aex} и R_{dex} , обеспечивающих выполнение неравенства $\Delta\alpha_{\partial o} \leq -2,0 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ и последующую компенсацию мультипликативной температурной погрешности в соответствии с [3]. Для определения номинала резистора R_{aex} решают уравнение:

$$\frac{0,5R_{ex}\alpha_{\partial}^+ (1 + \alpha_{exiu}^+ \Delta t^+) + R_i (\alpha_{exiu}^+ + \alpha_{\partial}^+ + \alpha_{exiu}^+ \alpha_{\partial}^+ \Delta t^+)}{0,5R_{ex} (1 + \alpha_{exiu}^+ \Delta t^+) + R_i} - \frac{0,5R_{ex}\alpha_{\partial}^- (1 + \alpha_{exiu}^- \Delta t^-) + R_i (\alpha_{exiu}^- + \alpha_{\partial}^- + \alpha_{exiu}^- \alpha_{\partial}^- \Delta t^-)}{0,5R_{ex} (1 + \alpha_{exiu}^- \Delta t^-) + R_i} = -2,0 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C},$$

где: $\alpha_{exiu} = \frac{\alpha_{iu} (1 + \alpha_{ex} \Delta t) + \alpha_{ex} (1 + \alpha_{iu} \Delta t)}{2 + \alpha_{ex} \Delta t + \alpha_{iu} \Delta t}$. — ТКС входного сопротивления мостовой цепи после шунтирования;

$$\alpha_{iu} = \frac{R_{aex} \cdot \alpha_{\kappa}}{R_{iu}} \text{ — ТКС шунта, образованного последовательным}$$

включением резисторов R_{aex} и R_{dex} .

Номинал резистора R_{dex} определяют по формуле:

$$R_{dex} = R_{iu} - R_{aex}.$$

После определения номиналов резисторов R_{aex} , R_{dex} и R_i включают резисторы с вычисленными номиналами в диагональ питания мостовой цепи в соответствии с выбранной схемой. Определяют $\alpha_{\partial o}^+$, $\alpha_{\partial o}^-$, вычисляют $\Delta\alpha_{\partial o}$ и производят дальнейшую компенсацию мультипликативной температурной погрешности с учетом полученной отрицательной нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика в соответствии с [3] путем включения термозависимого резистора $R_{авых}$, а также термнезависимого резистора $R_{\partialвых}$ или $R_{ивых}$. В результате электрические схемы при компенсации мультипликативной температурной погрешности с использованием схемы 1 примут вид, представленный на рис. 2, а при использовании схемы 2 — представленный на рис. 3.

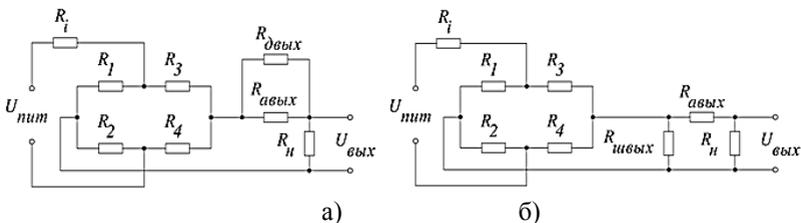


Рисунок 2. Компенсация мультипликативной температурной погрешности с применением схемы 1

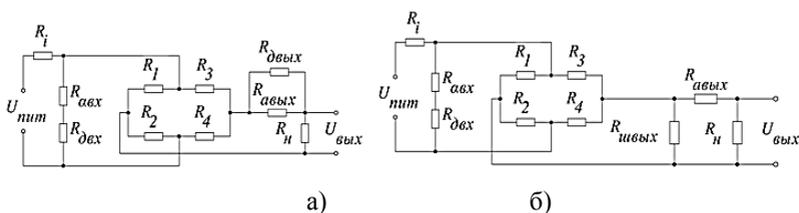


Рисунок 3. Компенсация мультипликативной температурной погрешности с применением схемы 2

Список литературы:

1. Дружинин А.А. Многофункциональный датчик давления и температуры на основе твердых растворов SiGe [текст]/ А.А. Дружинин, И.П. Островский, С.Н. Матвиенко, А.М. Вуйцик// Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2005.— № 6.— С. 24—26.
2. Пат. 2199088 Российская Федерация, МПК G 01 D 3/02, G 01 R 35/00. Способ коррекции статических характеристик измерительных преобразователей/ М. З. Асадуллин, Ф.М. Аминев, В.Ф. Галиакбаров, С.В. Емец, В.Д. Ковшов, Г.Е. Коробков, И.Н. Полищук — № 2002121952/28(023559); заявл. 11.04.02; опубл. 20.02.03, Бюл. № 5.
3. Пат. 2450244 Российская Федерация, МПК G 01 B 7 / 16 Способ настройки тензорезисторных датчиков с мостовой измерительной цепью по мультипликаивной температурной погрешности с учетом нелинейности температурной характеристики выходного сигнала датчика/ Тихоненков В.А., Винокуров Л.Н.; заявитель и патентообладатель Ульяновский государственный технический университет. — № 2010142322/28; заявл. 15.10.2010; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13.

СЕКЦИЯ 9.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

***Гимазутдинова Регина Раяновна**
студент КГЭУ, г. Казань
E-mail: regina.gimazutdi@mail.ru*

***Ибрагимова Алсу Рамилевна**
студент КГЭУ, г. Казань
E-mail: belle91@inbox.ru*

***Ибрагимов Радик Равилевич**
студент КГЭУ, г. Казань
E-mail: radikhenry@mail.ru*

THE TECHNOLOGY OF CLEANING OILED WASTE WATER

***Gimazutdinova Regina Rayanovna**
student of KSPEU, Kazan*

***Ibragimova Alsu Ramilevna**
Student of KSPEU, Kazan*

***Ibragimov Radik Ravilevich**
student of KSPEU, Kazan*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается усовершенствование системы очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ методом фильтрования. Фильтры с зернистой загрузкой, в качестве фильтрующих материалов которых используются отходы агропромышленного комплекса, являются эффективными для снижения загрязнения окружающей природной среды, уменьшения платежей предприятия и не требуют дорогостоящего обслуживания.

ABSTRACT

In this article we describe the improvement of wastewater treatment of oil and suspended solids by filtration. Filters with granular loading, as filter materials that use waste products of agriculture, are effective in reducing environmental pollution, reducing the payments business and require costly maintenance.

Ключевые слова: сточные воды; очистные сооружения; физико-химическая очистка; фильтр; фильтрация.

Key words: wastewater; sewage; clearing constructions physical-chemical cleaning; filter; filtering.

Для минимизации отрицательного воздействия поллютантов на окружающую природную среду используются разнообразные методы очистки сточных вод. Применяемые в настоящее время сооружения по очистке воды обременительны в обслуживании, массивны, имеют большую открытую площадь испарения, отличаются дороговизной. Данные проблемы характерны для предприятий по переработке и транспортировке нефти и нефтепродуктов.

Нефть и нефтепродукты, по данным Юнеско, относятся к числу самых распространенных и опасных загрязнителей окружающей среды. Для эффективной очистки нефтесодержащих сточных вод используются многоступенчатые установки, насыщенные дорогими фильтровальными, сорбционными материалами, коагулянтами, флокулянтами. Для удаления основной массы взвешенных веществ и нефтепродуктов поверхностного стока применяются различные конструкции отстойных сооружений: тонкослойные, горизонтальные и радиальные отстойники, нефтеловушки, фильтры физико-химической очистки, на состоянии которых влияют срок эксплуатации и коррозионные процессы [1, 2]. На сегодняшний день необходимым является поиск и разработка методов, позволяющих извлекать экотоксиканты без дополнительной техногенной нагрузки на окру-

жающую среду и поиск технологических решений по использованию промышленных отходов [5, 4].

Для обеспечения более глубокой степени очистки и интенсификации осветления поверхностного стока, воду очищают способом фильтрования через различные загрузки из природных и синтетических материалов, обрабатывают коагулянтами и флокулянтами. На сегодняшний день широко распространены фильтры с загрузкой из песка, керамзита, пенополиуретана, пенополистирола, сипрона, древесной стружки; проводятся исследования новых фильтрующих материалов, которые отличались бы большей грязеемкостью, обладали невысоким темпом прироста потерь напора при загрязнении и относительно простой регенерацией. Значимость применения фильтрующих полимерных материалов, имеющих олеофильные свойства, обуславливается значительным поступлением на фильтры содержащихся в поверхностном стоке нефтепродуктов. В качестве таких фильтрующих материалов все большее распространение получают полимерные высокопористые полистирол и пенополиуретан. Применение синтетических материалов, обладающих высокой сорбционной емкостью, пористость которых достигает 95 %, позволяет существенно повысить скорость фильтрования, увеличить продолжительность фильтроцикла и осуществлять процесс очистки с меньшими затратами по сравнению с обычными зернистыми фильтрами.

В течение многих десятилетий в процессе глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод традиционно используются активированные угли. Однако, сейчас, дороговизна и дефицитность активированных углей ограничивает их применение в водоочистке. Поэтому, разработка процесса глубокой, фильтрационной очистки нефтесодержащих сточных вод с использованием доступного природного фильтрата и выгодного с технологической, экономической и экологической точек зрения, в настоящее время является весьма актуальной.

Для снижения высокотоксичных концентраций можно рекомендовать к использованию фильтрационные методы очистки. В целях удешевления процесса водоочистки экономически выгодно изготавливать адсорбенты из вторичного сырья. Это позволит одновременно решить сразу две проблемы: очистку воды и утилизацию отходов. В связи с этим работы, направленные на создание новых, дешевых, обладающих высокой адсорбционной емкостью, материалов при модификации отходов весьма актуальны и имеют большое научное и практическое значение [4].

Данная ситуация часто встречается на предприятиях, занимающихся переработкой, хранением, транспортировкой нефти, эти

предприятия зачастую обладают рядом серьезных проблем, связанных с недостаточной очисткой стоков от нефтепродуктов и взвешенных веществ. Источниками образования сточных вод на территории предприятий данной отрасли являются: неэтилированные дождевые стоки с территории резервуарных парков; дождевые стоки с технологических площадок; подтоварные воды из резервуаров.

Сточные воды от резервуарных парков и технологических площадок самотечными сетями собираются в канализационную насосную станцию, откуда перекачиваются в резервуар-отстойник, где происходит основная очистка стоков от нефтепродуктов и взвешенных веществ за счет отстоя в течение 20—24 часов. Резервуар оборудован нефтесборным устройством и устройством для удаления осадка. Выпавший осадок перекачивается передвижным насосом НЦС-3 на иловую площадку после опорожнения резервуаров. Из отстойника стоки самотеком направляются на комплекс доочистки, включающий в себя 6 угольных фильтров. Здесь происходит локальная очистка стоков от нефтепродуктов и взвешенных веществ за счет дополнительного отстаивания и фильтрования. Из комплекса сточные воды поступают в контактные резервуары, где происходит нейтрализация за счет химической реакции с водным раствором перманганата калия. После контактных резервуаров стоки поступают в адсорбционную установку по доочистке нефтесодержащих сточных вод.

Однако данная система не обеспечивает достаточной степени очистки, что проявляется превышением ПДК по нефтепродуктам и взвешенным веществам.

С целью уменьшения содержания нефтепродуктов и взвешенных веществ на выходе из очистных сооружений, и, в соответствии с этим, уменьшения платы за сбросы, а так же снижение общих затрат на оборудование предлагается заменить имеющиеся угольные фильтры комплекса доочистки на зернистые фильтры. В качестве фильтрующих материалов наиболее экономичным и эффективным является использование отходов агропромышленного комплекса (опилки, лузга пшеницы, лузга подсолнечника, шелуха пшеницы). В результате их термической обработки, образуется активный углерод (в процессе термического разложения лигнина и целлюлозы, содержащихся в данных отходах), вследствие чего достигаются оптимальные сорбционные свойства, обуславливающие эффективность фильтрационного материала [3].

Исходя из имеющихся способов очистки, можно отметить, что, используя высокие сорбционные способности высокоэффективных

предложенных материалов в качестве фильтрующих загрузок можно получить компактные очистные установки.

Список литературы:

1. Бариева Э.Р., Королев Э.А., Морозов В.П. Изучение техногенных явлений в системе водоснабжения. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2000. — № 1—2. — С. 126—128.
2. Бариева Э.Р., Серазеева Е.В., Флягина Л.В. Анализ биокоррозионных повреждений системы водоснабжения объектов энергетики. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2012». — Выпуск 1. Том 31. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. — С. 64—65.
3. Собгайда Н.А. Методология очистки сточных вод химических и нефтехимических отраслей промышленности фитосорбентами и модифицированными отходами агропромышленного комплекса. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 2011. — С. 89.
4. Собгайда Н.А., Ольшанская Л.Н., Макарова Ю.А. Фильтры из отходов для очистки сточных вод, Научно-практический журнал «Экология производства». — 2012. — № 3. — С. 68—71.
5. Стрелетов И.В. Разработка технологии очистки нефтесодержащих сточных вод с использованием смешанного реагента. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2012. — С. 71.

**О ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЯХ
ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ГИПСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА
В РАБОЧУЮ ЗОНУ**

Луканин Денис Викторович
аспирант ВолгГАСУ, г. Волгоград

Назарова Марина Александровна
магистр ВолгГАСУ, г. Волгоград
E-mail: Nazarova.64@yandex.ru

Бдоян Элиза Рушановна
магистр ВолгГАСУ, г. Волгоград

**ABOUT THE DUST EJECTION
OF GYPSUM PRODUCTION
IN THE WORKING AREA**

Denis Lukanin
Postgraduate VSUACE, Volgograd

Marina Nazarova
Magister VSUACE, Volgograd

Eliza Bdoyan
Magister VSUACE, Volgograd

АННОТАЦИЯ

Описаны основные особенности производств гипсовых вяжущих, связанные с пылевыведениями в рабочую зону.

ABSTRACT

Describes the basic features of the production of gypsum binders connected with ejection of dust in the working area.

Ключевые слова: аспирация; пыль; рабочая зона.

Keywords: aspiration; dust; work area.

В настоящее время в строительстве широкое применение нашли смеси на основе гипса. Технологический процесс производства гипса сопровождается выделением значительного количества пыли, которая попадает, прежде всего, в рабочую зону и наносит большой вред здоровью задействованного в производстве рабочего персонала.

Производство гипса начинается с добычи гипсового камня размером 0—900 мм из карьера, откуда он транспортируется в щековую дробилку, где он дробится до фракции 20—60 мм. Падение сырья с транспортера и сам процесс дробления сопровождается пылевыведением. Измельчённый материал, пройдя железотделитель, подаётся в мельницы тонкого помола. Тонкий помол гипсового камня может осуществляться в аэробильных, шахтовых, роликово-маятниковых, шаровых, молотковых и других мельницах. Основной помольной установкой для измельчения гипса является шахтная мельница, представляющая собой молотковую мельницу с гравитационным сепаратором. В мельнице происходит измельчение гипсового камня фракции 0—60 мм, который поступает в бункера исходного материала.

Далее материал поступает через барабанные и шлюзовые затворы в винтовые конвейеры, с помощью которых загружается гипсоварочный котел. Находящийся в котле гипс нагревается до температуры дегидратации. В процессе обезвоживания он опускается вниз и отводится в камеру охлаждения.

Гипс, измельченный в загрузочном бункере гипсоварочного котла, пневматически разрыхляется. Для аэрации гипса подается воздух с помощью ротационной воздуходувкой в лотки загрузочного бункера гипсоварочного котла.

Готовый продукт выгружается из котла в приемный бункер, откуда механическим или пневматическим транспортом передается в силосные склады для хранения [2].

Модифицируя технологические условия производства, можно добиться значительного различия свойств готового продукта на выходе, например, используя неоднородное исходное сырье различных месторождений, скорость и длительность нагревания.

Таким образом, анализируя технологию производства гипсового вяжущего, можно выделить основные источники выделения пыли, которыми являются транспортеры, узлы перегрузки, дробилки, мельницы, гипсоварочный котел, охладители. Концентрация гипсовой пыли в выделениях от данного оборудования в рабочую зону в среднем составляет 0,1—10 кг/ч, что представляет собой опасность для персонала без устройства систем аспирации. Наибольшему

влиянию пыли гипсовых производств подвержены органы дыхания, в меньшей степени кожа, глаза, кровь и желудочно-кишечный тракт. При действии пыли на органы дыхания возможно возникновение таких заболеваний как пневмокозиоз, бронхиальная астма, пылевой бронхит, пневмония, бериллиоз. Раздражающие вещества, находящиеся в пыли, нередко вызывают поражение переднего отрезка глаз. Ожоги роговицы с последующим образованием рубцовых изменений, приводящие даже к полной потере зрения возможны в более тяжелых случаях, а конъюнктивиты и каротоконъюнктивиты развиваются в более легких случаях. Поэтому в производственных условиях обязательна локализация пылевыведений от оборудования посредством систем аспирации.

При расчете параметров систем аспирации таких как: расход удаляемого воздуха от технологического оборудования, размер рабочих сечений местных отсосов, скоростей движения воздуха в системе необходимо иметь данные о свойствах обрабатываемых материалов и выделяющейся пыли. Основными свойствами, участвующими в расчете (плотность, аэродинамические свойства, дисперсность частиц) [3].

Гипсовая пыль является сильнослипающейся. Медианный диаметр составляет обычно 20—80 мкм.

Также для пылевыведений от оборудования производства гипса кажущаяся плотность пыли составляет около 1450 кг/м^3 , насыпная плотность — 1350 кг/м^3 .

Частицы, с формой, отличной от шарообразной, характеризуются эквивалентным диаметром d_3 , равным диаметру шара с объемом равным объему данной частицы [1]:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{6V_{ш}}{\pi}} \quad (1)$$

где: $V_{ш}$ — объем шара, м^3 .

Для частиц, форма которых отличается от формы шара, используется динамический коэффициент формы Φ_0 , предложенный Н.А. Фуксом, и представляющий собой отношение сопротивления движению частицы неправильной формы к сопротивлению для сферической частицы того же объема. В общем случае динамический коэффициент формы может быть определен из системы уравнений:

$$\Phi_{\partial} = \frac{F}{F_{uc}} = \frac{d_{q3}^2}{d_{qS}^2}$$

$$\begin{aligned} Re_{\text{ч}} &= \text{idem}, \\ V_{\text{ч}} &= \text{idem}, \\ W - V &= \text{idem} \end{aligned} \quad (2)$$

где: d_{q3} — эквивалентный по объёму диаметр частиц, мкм;

d_{qS} — седиментационный диаметр, определяемый как диаметр шара с той же плотностью, скоростью оседания и массой, что и частица неправильной формы диаметром d_{q3} .

Для определения динамического коэффициента формы частиц в зависимости от параметра Рейнольдса и геометрического коэффициента формы рекомендуются следующие уравнения:

$$\Phi_{\partial} = \left(0,843 \lg \frac{1}{0,065 \Phi_2} \right)^{-1} \quad \text{при } Re_{\text{ч}} < 0,2; \quad (3)$$

$$\Phi_{\partial} = \Phi_2^{0,9} Re_{\text{ч}}^{0,15 \sqrt{\Phi_2 - 1}} \quad \text{при } 0,2 < Re_{\text{ч}} < 2 \cdot 10^3; \quad (4)$$

$$\Phi_{\partial} = 1 + 11,6 (\sqrt{\Phi_2} - 1) \quad \text{при } Re_{\text{ч}} > 2 \cdot 10^3. \quad (5)$$

Для плоских и угловатых частиц значение Φ_2 и Ψ составляют 1,19 и 0,84 соответственно.

Также свойства пыли учитываются при подборе пылеочистного оборудования.

В качестве пылеулавливающего оборудования применяются циклоны как 1 ступень, и электрофильтры как вторая ступень очистки. При работе систем обеспыливающей вентиляции отмечается низкая эффективность улавливания пыли существующими аппаратами. Так на пример эффективность улавливания гипсовой пыли циклонами составляет 41—63 %, эффективность улавливания пыли электрофильтрами составляет 92—95 %.

Низкая эффективность улавливания гипсовой пыли в циклонах зачастую обусловлена перегрузкой его по воздуху, пыли и мелкодисперсностью пыли. Остаточная большая концентрация пыли в пылегазовом потоке после циклонов приводит к снижению эффективности работы электрофильтра. Кроме того, гипсовая пыль имеет высокое удельное электрическое сопротивление порядка 1×10^{13} Ом до 5×10^{13} Ом, что приводит к эффекту обратной короны, поэтому плохо улавливается электрофильтрами. Т. к. дисперсный состав пыли удаляемого от разного оборудования различный,

то рационально очистку удаляемого пылегазового потока от оборудования производить отдельно от каждого отсоса.

Широкое применение на гипсовых производствах нашли аппараты на встречных закрученных потоках. Для повышения степени очистки от пыли рекомендуется воздух, отходящий от оборудования очищать в аппаратах ВЗП, затем направлять на дальнейшую очистку. Аппараты ВЗП обеспечивают высокую степень очистки от пыли до 97 %. Применение такой схемы очистки позволяет разгрузить двойной циклон по воздуху и пыли и снизить концентрацию пыли в газопылевом потоке, входящем в электрофильтр.

Таким образом, анализ физико-химических свойств гипсовой пыли имеет большое значение при организации мероприятий, направленных на защиту здоровья персонала, позволяет более точно подобрать пылеулавливающее оборудование и спрогнозировать его работу.

Список литературы:

1. Боглаев В.И. Совершенствование систем локализующей вентиляции в производстве гипса: дис. к-та техн. наук / В.И. Боглаев. — Волгоград, 2007. — 152 с.
2. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник для вузов/ Под ред. Тимашева В.В. — М.: Высш. школа, 1980. — 472 с.
3. Строительные материалы: Справочник/ А.С. Болдырев, П.П. Золотов, А.Н. Люсов и др.; Под ред. А.С. Болдырева, П.П. Золотова. — М.: Стройиздат, 1989. — 567 с.

ПРОБЛЕМЫ ЗАПЫЛЕННОСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Тараканов Антон Витальевич

магистр КГЭУ, г. Казань

E-mail: bezlikyi77@mail.ru

Бариева Энза Рафаиловна

канд. биол. наук, доцент КГЭУ, г. Казань

PROBLEMS OF THE DUST CONTENT AND WAY OF THEIR DECISION BY PRODUCTION OF POTTERY

Tarakanov Anton

magister of KSPEU, Kazan

Barieva Enza

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of KSPEU, Kazan

АННОТАЦИЯ

В статье автор характеризует запыленность помещений производства керамических изделий, образование, выделение, выбросов и распространение различных вредных примесей, находящихся в пылевидном и газообразном состояниях. Анализирует пылевую обстановку на конкретном производственном объекте и рассматривает возможные пути решения проблем пылеобразования.

ABSTRACT

In article the author characterizes a dust content of rooms of production of pottery, education, allocation, emissions and distribution of the various harmful impurity being in dust-like and gaseous conditions. Analyzes a dust situation on concrete production object and considers possible solutions of problems of dust formation.

Ключевые слова: строительные материалы; керамическое производство; выбросы; пыли; предельно допустимая концентрация (ПДК).

Keywords: construction materials; ceramic production; emissions; dust; maximum permissible concentration (MPC).

Значение промышленности строительных материалов в нашей стране огромно — от уровня их производства всецело зависят темпы и качество строительных работ.

Главными направлениями технического прогресса промышленности строительных материалов являются: создание новых и совершенствование существующих технологических процессов; получение новых видов строительных материалов и изделий с заданными свойствами; широкое внедрение малоотходных и безотходных технологий, использование вторичных продуктов производства [1, 2, 3].

На предприятиях стройиндустрии, выпускающих кирпич, керамику, гипс, керамзит, цемент, санитарно-технические фаянсовые изделия и другие строительные материалы и изделия имеются различные технологические процессы, сопровождающиеся образованием, выделением, выбросом и распространением различных вредных примесей, находящихся в пылевидном и газообразном состояниях.

При изготовлении глиняного и керамического кирпича, нерудных строительных материалов, строительной керамики запыленность производственных помещений превышает санитарные нормы и достигает соответственно 9—11, 8—10 и 6—10 мг/м³ при ПДКр.з. 6 мг/м³. Недостаточная эффективность работы действующего пылеочистного оборудования негативно влияет на окружающую среду предприятий.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» на каждом предприятии проводится плановый контроль выбросов в атмосферный воздух. Данный контроль за выбросами в атмосферный воздух завода ЖБИ города Казани подтверждает неоднократные превышения нормативов ПДВ пыли извести туннельной печи, как в рабочей зоне, так и в зоне жилых комплексов от нескольких процентов до двух и более раз.

На заводе «ЖБИ» установлена пылеочистная установка — циклон ЦН-15. Степень очистки отходящих газов по теоретическим данным должен составлять 94 %. Однако по фактическим данным проверки степень очистки не превышает 70 %.

Сатурационный газ, отбираемый из печи при высокой температуре, содержит много пыли, смолистых веществ, хлоридов металлов и непригоден для перекачки газовыми компрессорами, так как наличие примесей в нем и высокая температура приводят

к быстрому коррозионному и абразивному износу дорогостоящего оборудования — газовых компрессоров и образованию отложений, состоящих из смолистых и других веществ.

Систематических данных по эффективности пылеулавливающего оборудования установленных на кирпичных заводах также накоплено не достаточно. Натурное обследование, ОАО «Завод ЖБИ-3» показало, что пылеулавливающее оборудование эксплуатируется не квалифицировано, его эффективность недостаточна, системы аспирации и пылеулавливающее оборудование часто забиваются пылью.

Пылевая обстановка при производстве керамических стеновых изделий формируется в результате поступления в воздух производственных помещений пылей, выделяющихся из технологического оборудования и в результате взметывания осевшей пыли за счет движения воздушных потоков, людей и оборудования [4, с. 594].

Базовые исследования проводили в производственных помещениях ОАО «Завод ЖБИ-3» г. Казань, где сосредоточены наиболее характерные технологические процессы при производстве кирпича методом полусухого прессования.

Наиболее достоверная оценка степени запыленности воздуха в производственном помещении дается методами с использованием фильтров АФА-В из материала т ФПП. Замеры в производственных помещениях производили на высоте 1,7 м от рабочей поверхности. Фильтры АФА-В располагали в вертикальной плоскости. Кроме концентрации пыли в воздухе определяли и концентрации осевшей пыли.

Анализ приведенных данных показывает, что в производственных помещениях ОАО «ЖБИ-3» запыленность воздушной среды значительно превышает ПДК. Это обусловлено не достаточно эффективной работой систем аспирации, не герметичностью технологического оборудования, повышенной пылеобразующей способностью сырья, особенностями устаревшего оборудования.

Химический состав пыли при производстве керамических изделий определяется составом шихты, используемой в производстве. В химический состав Калининской глины, используемой на ОАО «ЖБИ-3», входят: SiO_2 71,11; Al_2O_3 12,38; Fe_2O_3 5,11; MgO 1,40; CaO 0,89; Na_2O 0,78; K_2O 2,57; ппп 5,58 (масс.%) [1].

Согласно проведенному анализу запыленности воздушной среды на производстве керамических изделий предлагается модернизация существующего пылеочистительного оборудования на циклонно-вихревые аппараты.

Модернизированные вихревые аппараты, по существу совмещают в одном аппарате возможности циклонного и вихревого

пылеуловителей, как наиболее эффективные, и не требующие высоких затрат. Такие аппараты уже начали применять на некоторых предприятиях стройиндустрии, например по производству гипсовых вяжущих, заводах железобетонных изделий и др. Внедрение и изучение было начато на основе аппаратов ВЗП.

Для выявления их конструктивных особенностей был проведен патентный и литературный анализ, который показал, что в настоящее время наметилось два пути совершенствования циклонно-вихревых аппаратов. Первый путь связан с совершенствованием аппаратов на базе аппаратов типа ВЗП и второй на базе традиционных циклонных аппаратов.

Анализ литературных материалов показывает также, что одними из возможных направлений по совершенствованию циклонно-вихревых пылеуловителей является изменение конструкции узла ввода первичного потока запыленного газа [5].

Список литературы:

1. Бариева Э.Р., Королев Э.А. Использование шламовых отходов теплоэнергетических предприятий в производстве керамического кирпича. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2009. — № 5—6. — С. 111—117.
2. Бариева Э.Р., Королев Э.А., Нуриева Е.М. Изучение состава и перспектива использования золошлаковых отходов Казанской ТЭЦ-2 // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2004. — № 9—10. — С. 105—110.
3. Бариева Э.Р., Королев Э.А., Рунов Д.М., Шамсутдинов Л.Ф. Изучение состава золошлаковых отходов и оценка возможности их вторичного использования. // Депонированная рукопись № 454-В2004 19.03.2004.
4. Быховская М.С., Гинзбург С.Я., Хализова С.Д. Методы определения вредных веществ в воздухе. М.: Медицина, 1966. — 594 с.
5. Кучерук В.В. Циклон с диффузором для очистки запыленного воздуха или газа // Передовой научно-технический и производственный опыт. Промышленная очистка воздуха и газа от вредных загрязнений. № 24-63-492/2. М.: ГОСАНТИ, 1963.

СЕКЦИЯ 10.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА БАНОЧНОЙ ЛЕНТЫ ИЗ СПЛАВА 3104 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА

Арышенский Евгений Владимирович

*канд. техн. наук, доцент Самарского Аэрокосмического
Университета имени академика С.П. Королева
(национально исследовательский университет),
г. Самара*

E-mail: ar-evgenii@yandex.ru

Беглов Эркин Джавдатович

*канд. техн. наук, ведущий инженер прокатного производства
ЗАО «Алкоа СМЗ»,
г. Самара*

E-mail: beg@mail.radiant.ru

Арышенский Владимир Юрьевич

*д-р техн. наук,
главный прокатчик ЗАО «Алкоа СМЗ»,
г. Самара*

E-mail: Vladimir.Aryshensky@alcoa.com

Панкратов Михаил Александрович

*технический директор
ОАО «Средневожжский НИИ по нефтепереработке»,
г. Новокуйбышевск*

E-mail: PankratovMA@svniinp.ru

**THE SYSTEM ANALYSIS
OF TECHNOLOGICAL PROCESS PRODUCTION
OF THE CAN TAPE FROM THE ALLOY 3104
FOR THE DETERMINATION OPTIMUM
PARAMETERS OF THE ROLLING COMPLEX**

Evgenii Aryshenskii

*cand. tech. sci., associate professor S.P. Korolev Samara State Aerospace
University (national research university), Samara*

Beglov Erkin Djavdatovich

*cand. tech. sci., the leading engineer Joint-Stock Company «Alcoa SMZ»,
Samara*

Vladimir Aryshenskii

*Doctor of Technical Sciences, Chief roller head of technological
department Joint-Stock Company «Alcoa SMZ», Samara*

Pankratov Michael

*Technical Director JSC “Srednevolzhsky Scientific Research Institute of Oil
Processing”, Novokuibishevsk*

АНОТАЦИЯ

В работе проведен системный анализ производства баночной ленты из сплава 3104 с целью определения оптимальных параметров прокатного комплекса. В качестве критериев оптимизации выбрана максимальная производительность при сохранении наилучшего качества продукции. Приведен общий алгоритм решения этой проблемы.

ABSTRACT

In article is carried out system analysis of technological process production of the can tape from the alloy 3104 for the determination optimum parameters of the rolling complex As criteria of optimization the maximum productivity is chosen at preservation of the best quality of production. The general algorithm of the solution of this problem is given.

Ключевые слова: стан горячей прокатки; стан холодной прокатки; температура прокатки; производительность; системный анализ.

Key words: hot rolling mill; cold rolling mill; rolling temperature; productivity; system analysis.

В общей структуре годового выпуска алюминиевого проката лента под заготовку для производства тары и упаковки занимает около 60 % общего объема. Не менее половину из него составляет корпусная лента для производства банок под напитки из сплава 3104 [4]. Конкуренция с крупнейшими мировыми производителями в этом сегменте рынка очень высока, успешная работа предприятия требует оптимального уровня качества и издержек на производство. В исследованиях посвященных листопрокатному производству имеются решения задач оптимизации количественных и качественных показателей работы прокатных комплексов [3]. Но применительно к производству корпусной ленты эти вопросы еще не обсуждались. Для этого требуются дополнительные исследования, из-за того что при её производстве используется уникальный набор оборудования и технологий.

Следует отметить, что технологическая цепочка производства корпусов банок под напитки из алюминиевых сплавов включает три крупных передела, см. рис. 1, литье, прокатку и штамповку. В настоящей работе технологические процессы прокатки рассмотрены более подробно. Процесс прокатки можно разбить на несколько подпроцессов:

- Нагрев и гомогенизация
- Прокатка в реверсивной клети
- Прокатка в непрерывной группе клетей
- Холодная прокатка
- Низкотемпературным отжигом за счет тепла деформации.



Рисунок 1. Материальный поток при производстве корпусной баночной ленты из сплава 3104

Возможность построения иерархии процессов, когда каждый из процессов имеет подпроцессы и подчинен процессу более высокого уровня и наличие взаимосвязи процессов говорит о том что «Производство банок под напитки» удовлетворяет определению системы [2]. Согласно методологии системного анализа для каждого процесса определяются его внешние и внутренние параметры.

Для каждого из процессов, подсистемы вводится критерий его эффективности, зависящий от внутренних параметров, при этом на диапазоны изменения этих параметров накладываются ограничения, определяемые внешними связями. Значения этих ограничений определяются при поиске критерия эффективности системы, находящейся на более высоком иерархическом уровне и включающей рассматриваемую подсистему.

В нашем случае на верхнем уровне иерархии находится система «производства корпусной ленты из сплава 3104», рис. 1. Ее оптимизация включает рассмотрение вопросов достижения прибыльной работы в условиях рынка готовых изделий банок под напитки и исходного сырья — шихты для производства слитков. Из решения этой глобальной задачи определяются параметры связей прокатного производства с производством корпусов банок и литейным производством. Для прокатного производства параметры этих связей являются допусками на исходный материал — литые слитки и конечный продукт — ленту заготовку. В качестве таких допусков рассматриваем:

- химический состав сплава, макро и микроструктура литого слитка
- толщина и ширина заготовки
- механические свойства и показатели анизотропии
- показатели планшетности.

Эти параметры будут представлять собой внешние ограничения при решении задачи оптимизации. Применим изложенные теоретические положения к конкретному набору прокатного оборудования.

Рассматриваемый прокатный комплекс включает 6-ти клетевой стан горячей прокатки и пятиклетевой стан холодной прокатки. Расположение оборудования тана горячей прокатки показано на рис. 3. Стан горячей прокатки включает участок нагревательных печей, состоящий из 2-х газовых толкательных и двух электропечей шагающими балками. Черновой реверсивной клетки и пятиклетевой непрерывной группы с подпольной моталкой.

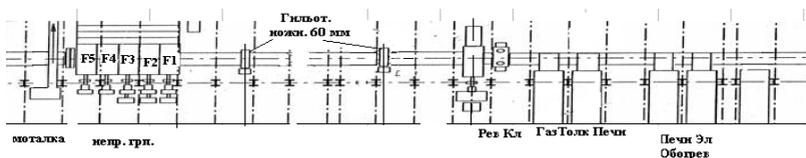


Рисунок 2. Расположение оборудования 6-ти клетьевого стана горячей прокатки

Следуя системному подходу, рассматриваем прокатный комплекс как систему, состоящую из следующих подсистем:

- Участок нагревательных печей.
- Реверсивная заготовочная клеть
- Непрерывная группа клетей стана горячей прокатки
- Стан холодной прокатки

Имеются следующие критерии эффективности работы систем

1. Наивысшая производительность
2. Наименьшие энергозатраты
3. Минимум затрат по переделу

Критерий 3 наиболее общий. Можно показать, что вариант технологии, обеспечивающий выполнение критерия 1 также обеспечивает близкие к оптимальным показатели качества по критериям 2 и 3. Если предположить, что варианты технологических режимов по критерию 1 сильно отличаются от вариантов по критериям 2 и 3, то оказывается, что условно переменные расходы (энергозатраты непосредственно на нагрев и деформацию) не могут различаться существенно, но условно постоянные затраты (энергозатраты на поддержание работы оборудования) будут прямо пропорциональны длительности цикла обработки и будут существенно больше для технологических режимов обработки, удовлетворяющих критериям 2 и 3, чем для рассчитанного по критерию 1. Суммарные затраты по переделу (энергозатраты) оказываются меньшими для режима по критерию 1 чем для режимов по критериям 2 и 3. Полученное противоречие доказывает то, что технологические режимы, рассчитанные по критериям 1, 2 и 3 различаются незначительно.

В силу доказанной практической равноценности трех критериев эффективности применим критерий максимальной производительности. Применительно к системе, «участок нагревательных печей — стан горячей прокатки — стан холодной прокатки». Задача поиска оптимального с точки зрения выбранного критерия технологического режима не может быть рассмотрена без учета ограничений. Первая группа ограничений обусловлена требованием выполнения допусков

на показатели качества, это технологические ограничения. Вторая группа связана с предельными возможностями оборудования — это конструкционные ограничения. Оптимальный технологический режим должен по максимуму удовлетворять выбранному критерию при выполнении всех ограничений, накладываемых на процесс.

К конструкционным относим:

- ограничения на габариты слитка накладываемые конструкцией печей,

- ограничения на длину раскатных полей,
- допустимые нагрузки по моменту и усилию прокатки в клетях,
- допустимые нагрузки по мощности двигателей.

К технологическим относим свойства материала поступающего для переработки и требования к продукции отгружаемой заказчику. В качестве технологических рассматриваем следующие ограничения:

- Габариты и структура слитка;
- Холоднокатаная толщина;
- Планшетность;
- Предел текучести;
- Предел прочности;
- Отношение предела текучести к пределу прочности;
- Фестонистость;
- Величина и морфология твердых интерметаллидов.

Анализировалось влияние факторов на производительность подсистем. При этом учитывалась длина раскатных полей стана. Максимальная длина раската, который можно прокатывать без остановки для обрезки концов перед последним проходом в реверсивной клети, определяется расстоянием между реверсивной клетью гильотинными ножницами, рис. 2. Остановка для промежуточной обрезки резко снижает производительность и приводит к потере температуры раскатом. Для получения раската с габаритами 60x1800x53000 мм необходим слиток размерами 570x1800x5600 мм. Эти габариты использовались при расчетах производительности участков.

Для стана горячей прокатки провели расчет наивысшей производительности для различных температур выгрузки и толщин подката (перед входом в непрерывную группу), определялись производительность непрерывной группы и реверсивной клети. Наивысшая производительность определялась как

$$Q_{ГП} = \underset{Т_{слит}}{MAX} \left(\underset{H_{II}}{MIN}(Q_P, Q_{НЕПР}) \right). \quad (1)$$

где: $Q_{ГП}$ — производительность стана горячей прокатки
 Q_P — производительность реверсивной клетки
 $Q_{НЕПР}$ — производительность непрерывной группы
 $T_{слит}$ — температура выгрузки слитка из печи
 H_{II} — толщина подката перед непрерывной группой
 Некоторые результаты показаны на рис 3 и 4

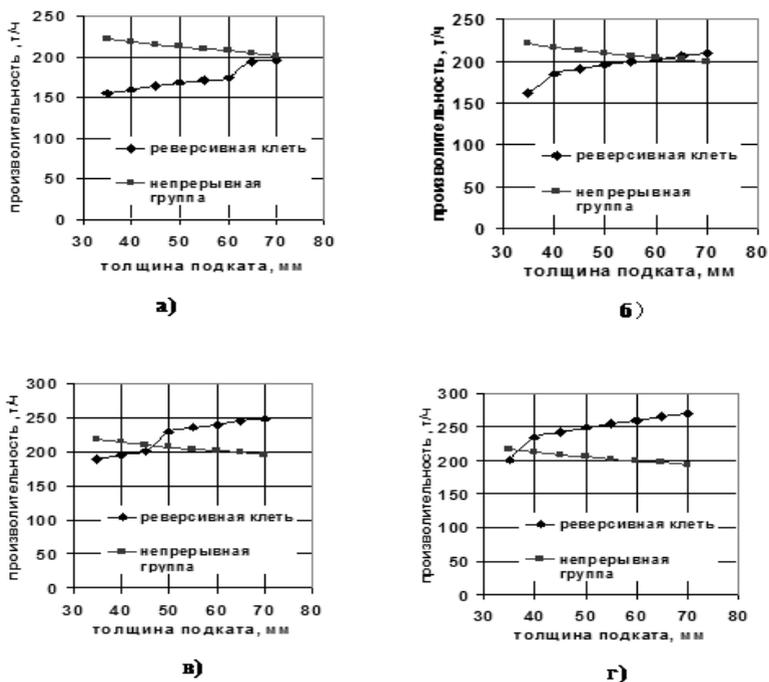


Рисунок 3. Производительность стана горячей прокатки в зависимости от толщины подката, а) температура выгрузки слитка 450 С, б) 470 С, в) 490 С г) 510 С

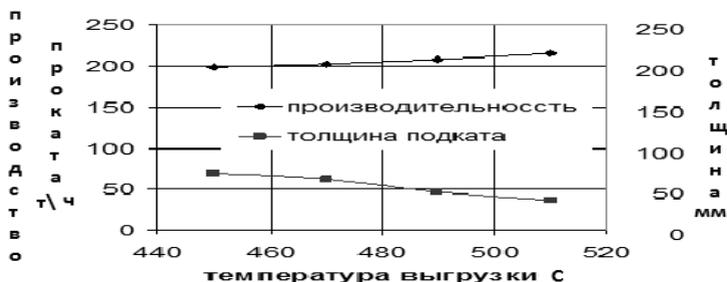


Рисунок 4. Максимальная производительность и толщина подката в зависимости от температуры выгрузки слитка

На рис. 4 показано как меняется соотношение производительности реверсивной клетки и непрерывной группы стана при использовании слитка массой 15 тонн. С ростом толщины подката и температуры выгрузки из печи производительность реверсивной клетки растет, а производительность непрерывной группы падает. Максимум производительности всего стана достигается при равенстве производительностей реверсивной клетки и непрерывной группы. Зависимость максимальной производительности от температуры выгрузки из печи показан на рис. 4. Максимум производительности достигается при толщине подката 37 мм и температуре выгрузки из печи 510 С. Однако, этот результат получен без учета длинны раскатных полей рис. 2, минимальный раскат который может быть размещен на рольганге имеет толщину 50 мм при таком раскате и температуре выгрузки 485 С достигается наивысшая производительность 210 тонн/час.

Чтобы найти вариант, обеспечивающий максимальную производительность всего прокатного комплекса, надо сравнить производительности печей, стана горячей прокатки и стана холодной прокатки.

Производительность стана холодной прокатки определяется максимальной скоростью прокатки стана и массой слитка. В оценке используем слиток массой 15 т шириной 1800 мм. Максимальная производительность стана холодной прокатки в этом случае 130 т/ч.

Типовой режим нагрева совмещенного с гомогенизацией [1] показан на рис. 5. Режим нагрева достаточно длителен в связи с необходимостью проведения гомогенизации. Производительность нагревательного участка составляет 80 тон/час.

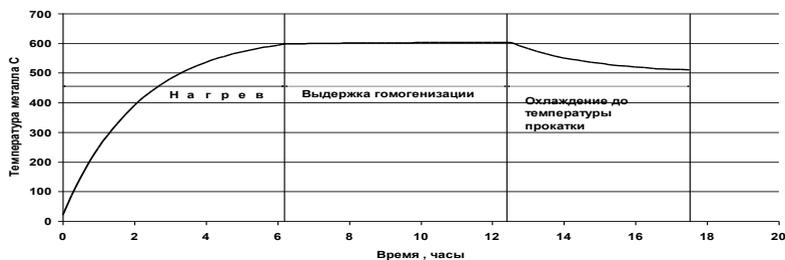


Рисунок 5. Структура типового режима гомогенизации совмещенный с нагревом под прокатку

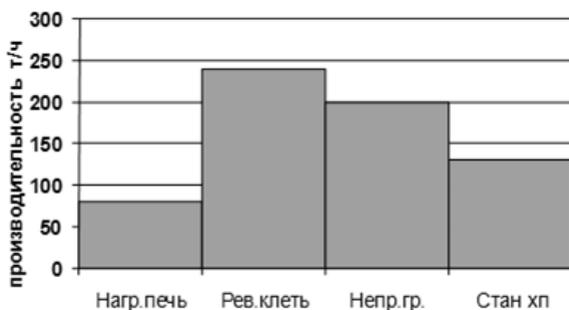


Рисунок 6. Производительность участков

Узким местом является участок нагревательных печей, рис. 6.

Пути повышения производительности

1. Установка дополнительного оборудования.
2. Увеличение массы слитка
3. Сокращение цикла нагрева.

Пункт 1. связан с большими капитальными затратами его рассмотрение выходит за рамки данной работы в связи с необходимостью глубокого анализа экономических факторов и перспектив развития рынка. По схеме расположения оборудования рис. 2 видно, что раскатные поля имеют недостаточную длину с другой стороны энергосиловые возможности непрерывной группы выше типичных показателей танов горячей прокатки алюминия. Поэтому максимизировать массу слитка можно за счет использования больших толщин подката. На рис. 7 показаны ограничения на массу слитка накладываемые длиной раскатных полей

Видно, что за счет увеличения толщины подката можно увеличить массу слитка от 11,5 т при использовании подката 40 мм до 18 т при использовании полката 62,5 мм.

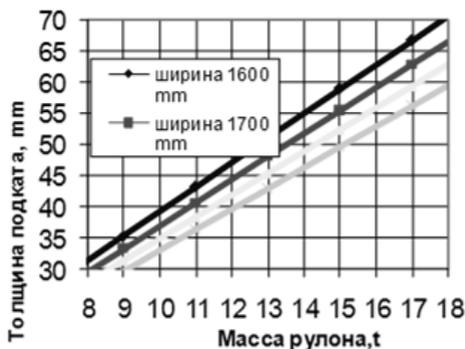


Рисунок 7. Связь массы рулона и толщины подката учетом ограниченной длины раскатных полей

Предварительный расчет показывает, что энергосиловые возможности непрерывной группы клетей допускают такое увеличение толщины подката. Таким образом габариты слитка и толщина подката определены исходя из необходимости достижения максимальной производительности. Но остаются невыбранными параметры определяющие режимы работы подсистем стана такие, как распределение обжатий в непрерывной группе, величины противозгибов, исходная шлифовка валков, работа системы охлаждения для достижения рационального теплового профиля, толщина заготовки для стана холодной прокатки, температура смотки в рулон при холодной прокатке. Для определения этих параметров сформулируем задачу оптимизации качественных для прокатного комплекса, результаты решения задачи о габаритах слитка и толщине подката будут выступать как ограничения. То есть, необходимо получить прокаткой оптимальную по качеству корпусную ленту из слитка определенных габаритов с заданной микроструктурой полученной после гомогенизации и заданным распределением обжатий между непрерывной группой и реверсивной клетью. Требования к качеству состоят из условий на показатели профиля, планшетности, механических свойств и текстуры. Требования на точность толщины в продольном направлении не рассматриваются, так как это показатель качества обеспечивается системами регулирования толщины и качеством

валков не зависимо от параметров практически используемых технологических режимов. Задачу осложняет тот что требования оказываются до некоторой степени противоречивыми, например, за счет выбора схем с невысоким обжатием в последних клетях непрерывной группы можно получить отличные показатели профиля и планшетности, но при этом показатели механических свойств и текстуры окажутся низкими. Для решения предлагается использовать весовые функции, чтобы получить количественное выражение качественных критериев.

$$Kr = \sum W_i G((p_i - p_i^*) / p_i^*) \quad (2)$$

где: W_i — весовой коэффициент i -го показателя,

p_i — анализируемый i -го параметр качества,

p_i^* — целевое значение i -го параметра качества,

$G(\)$ — штрафная функция,

При поиске оптимального варианта технологии необходимо учесть конструкционные ограничения, такие как максимально допустимые моменты и усилия прокатки, мощности приводов и ряд других. Эти ограничения могут быть учтены за счет проверки условий на каждом шаге оптимизации и определении направления следующего шага с учетом ограничений, но в таком случае алгоритм расчета очень усложняется. Более продуктивный подход состоит во включении в формулу для расчета штрафных функций $G(\)$. Эти функции должны быстро возрастать при приближении параметра, например усилия или момента прокатки, к ограничению. В результате режим близкий к нарушению конструкционного ограничения не может оказаться оптимальным.

Таким образом, задача оптимизации параметров процесса по критерию максимального качества сводится к задаче об отыскании безусловного экстремума [5]. Данная задача может быть решена методом «градиентного спуска» в пространстве параметров процесса. При решении первоначально задаем базовый технологический режим и производим расчет критерия эффективности, затем поочередно рассчитываем критерий эффективности для малых изменений только одного из параметров. В результате получаем возможность вычислить с помощью конечных разностей аппроксимацию градиента критерия эффективности в пространстве параметров процесса. Далее произво-

дятся изменение вектора параметров в направлении градиента. Расчет останавливается, когда разность величин критерия полученных на двух последовательных шагах оказывается меньше заданной величины. Укрупненная схема решения задачи показана на рис. 8. На этой схеме также определены основные математические модели технологических процессов необходимые для решения задачи и их взаимосвязи.

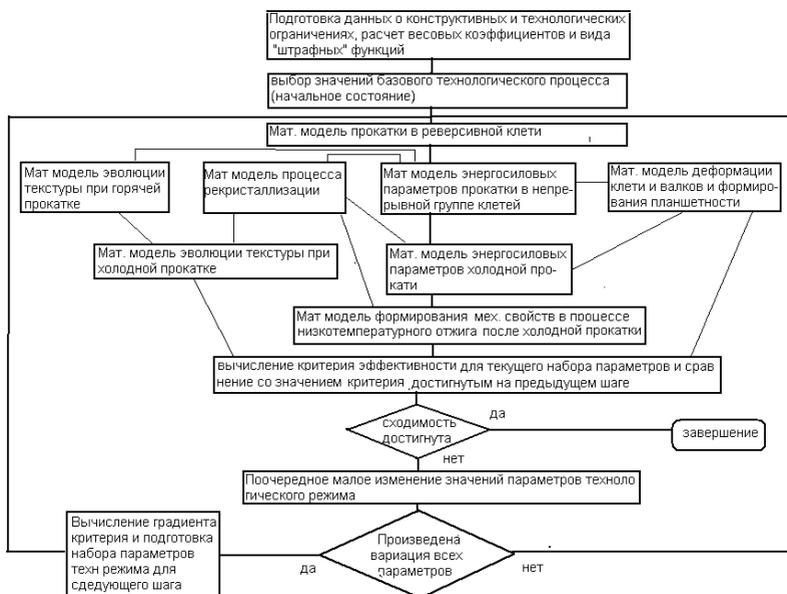


Рисунок 8. Укрупненная блок схема расчета оптимального технологического режима. Толстыми линиями показано направление хода расчетов. Тонкими — обмен данными между математическим моделям отдельных процессов

Выводы. Проанализирован материальный поток и системные связи при производстве корпусов банок под напитки из алюминиевых сплавов. На этой основе сформулирована задача оптимизации процесса производства заготовки корпуса прокаткой. Для решения задачи необходимо создание моделей следующих процессов формирования показателей профиля полосы и планшетности при горячей и холодной прокатке. Эволюция текстуры и формирование

показателей фестонистости и штампуемости, при нагреве и прокатке формирование механических свойств.

Список литературы:

1. Арышенский В.Ю. Разработка формирования заданной анизотропии свойств в процессе прокатки алюминиевых лент для глубокой вытяжки с утонением [Текст]: дисс. док. тех. наук: 05.03.05/Арышенский Владимир Юрьевич. — Самара, 2002. — 312 с.
2. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. — СПб ГТУ, 1999. — 512 с.
3. Lenard J.G. (Editer) Metal forming science and practice [Текст]/ J.G. Lenard // Elsevier Science Ltd., 2002. — 378 p.
4. Pinkham M., Aluminium Cans - History, Development and Market [Текст]/ M. Pinkham // Aluminium International Today. April/May 2002. pp. 37—38.
5. Press W.H. Numerical Recipes in C The art of scientific computing [Текст] / W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T Vetterling, B.P. Flannery // Cambridge University Press; 3 edition (September 10, 2007) — 1256 p.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Материалы XIX международной заочной научно-практической
конференции

20 марта 2013 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 25.03.13. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 11,25. Тираж 550 экз.

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

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