

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
ТУЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА
СОЮЗ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ТУЛЬСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ,
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ОБРАЗОВАНИИ И ЭКОЛОГИИ**

**ДОКЛАДЫ X ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

Издательство «Инновационные технологии»
ТУЛА 2012

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ОБРАЗОВАНИИ И ЭКОЛОГИИ: доклады X всероссийской науч.-техн. конф. – Тула: Издательство «Инновационные технологии», 2012 – 82с.

Рассмотрены теоретические и прикладные вопросы разработки моделей и информационных систем в научных исследованиях, экологии и промышленности. Предложены современные технологии моделирования и исследования различных процессов и объектов. Описаны методы поиска данных и документов в информационных системах, методы компьютерной диагностики визуализации. Изложены аспекты экологии, охраны окружающей среды, безопасности жизнедеятельности и медицины.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся проблемами моделирования и применения информационных технологий в различных областях научной и производственной деятельности.

Редакционная коллегия

Акад. РАН Алдошин С.М., чл.-корр. РАН Мешалкин В.П., д-р техн. наук, проф. Соколов Э.М., канд. техн. наук Перлов Н.А., канд. техн. наук Сокол Б.А., д-р техн. наук, проф. Панарин В.М., канд. техн. наук Хадченко С.М., канд. тех. наук Горюноква А.А.

Техническая редакция Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВУЗА

М.Г. Акашкина, И.В. Баранов, Н.А. Егорова, Д.С. Истомин, А.Н. Корчева,
М.Р. Овсянникова, С.А. Петров
Национальный исследовательский университет "МЭИ",
г. Москва

Формирование корпоративной информационной среды вуза (КИС ВУЗ) обеспечивает интеграцию информационных ресурсов и позволяет создать информационную инфраструктуру в соответствии с действующей организационной структурой и принятыми бизнес-правилами.

На современном этапе деятельности вуза информационная среда из средства предоставления доступа к необходимой информации превращается в обязательный компонент инфраструктуры управления университетом с совокупностью интеллектуальных сервисов. Без них невозможно представить организацию управления и обучения в современном вузе [1, 2].

КИС ВУЗ предоставляет возможность собирать, хранить и накапливать всю текущую информацию по учебному процессу.

Грамотная организация накопления и хранения информации по направлениям деятельности вуза и по персонам, участвующим в процессе обучения, позволяет:

- в оперативном режиме извлекать необходимые сведения о персоналиях, участвующих в учебном процессе;

- формировать в соответствии со стандартами всю необходимую документацию, сопровождающую деятельность вуза, начиная с документов о поступлении в вуз, сопровождения процесса обучения в вузе, кончая выдачей диплома об образовании;

- оперативно предоставлять информацию по нерегламентированным запросам для принятия управленческих решений;

- предоставлять корректные данные для построения регламентированных форм и разовых запросов от организаций и ведомств.

Подсистема КИС ВУЗ "Студент" реализует описанную выше функциональность и предоставляет интуитивно понятный интерфейс для работы пользователей. Данный модуль предназначен для информационного

обеспечения большинства бизнес процессов, связанных с подготовкой специалистов в системе высшего образования. Модуль поддерживает централизованное ведение справочников, поиск любых информационных объектов (персоны, студенты, сотрудники, приказы и т.д.) по любым критериям, гибкий режим разграничения полномочий между пользователями в зависимости от их должностных обязанностей и административной принадлежности, поддерживает ведение архива приказов, архива отчетных форм, хранение истории изменений всех информационных объектов. Модуль поддерживает реальное движение контингента студентов посредством приказов. Любые изменения свойств студента осуществляются посредством ввода в действие приказа (перевод, изменение состояния, изменения свойств личности и т.д.). Система предоставляет гибкий механизм настройки шаблонов приказов и маршрута движения приказа.

Подсистема “Студент” реализована на платформе Microsoft Dynamics CRM. Данная платформа создана для управления взаимоотношениями с клиентами, однако достаточно широкий функционал по конфигурации позволяет перенастроить её как информационную систему для решения задач деятельности ВУЗа [3]. Для расширения функционала использовались технологии Silverlight 5, ASP.NET и HTML5, которые дают возможность создавать визуально насыщенный материал, и в то же время поддерживают работу с фундаментальными функциями для быстрой разработки. В дополнение к Silverlight использовался набор компонентов от Telerik, которые помогают создавать богатые в оформлении, понятные и интерактивные приложения за счёт вспомогательных элементов управления.

Для извлечения необходимой информации предусмотрен Web-интерфейс, через который возможно просматривать и изменять все данные хранящиеся в ИС. На рис.1 представлено главное окно программы, в котором, с помощью элементов навигации, можно перейти на необходимую закладку для просмотра информации. Одной из доработок стандартных элементов навигации является расширение “Иерархия подразделений”, которое отображает всех студентов в иерархии Административная единица-Курс-Группа-Студент. Стандартные средства позволяют просматривать информацию плоским списком, с возможностью использовать сложные запросы для поиска с сохранением этих запросов. Результаты запроса можно экспортировать в один из многих поддерживаемых форматов.

Ещё одним расширением является “браузер личности”, который в удобном виде аккумулирует всю информацию о личности, ходе её обучения в институте, связанных событиях, контактах, информацию для военно-учётного стола и многое другое. Имеется возможность загрузки и отображения фотографии личности. Расширяя стандартный механизм Аудита платформы CRM 2011, “браузер личности” позволяет просматривать всю историю изменений по личности и связным сущностям.

Особое внимание уделено проблеме параллельного изменения данных на сервере и клиенте – в этом случае пользователю будет предложено либо отказаться от внесения изменений, либо игнорировать чужие поправки.

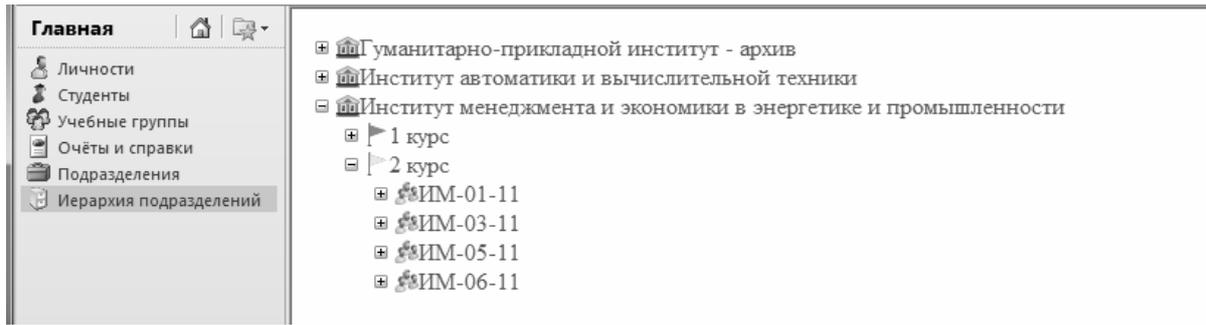


Рис.1. Иерархия подразделений

Отдельной задачей является ведение в системе информации об адресах. Для этих целей в системе студент используется Федеральная информационная адресная система (ФИАС). ФИАС ведётся федеральной налоговой службой и содержит достоверную единообразную и структурированную адресную информацию по территории Российской Федерации, доступную для использования органами государственной власти, органами местного самоуправления, физическими и юридическими лицами. Адресная информация, содержащаяся в ФИАС, является открытой и предоставляется на бесплатной основе. Для использования адресной информации ФИАС в КИС ВУЗ она загружается в базу данных на платформе Microsoft SQL Server и индексируется для полнотекстового поиска. Это позволило организовать механизм ввода с “подскоком” (рис. 2.): когда пользователь начинает вводить неструктурированные элементы адреса (регион, город, улицу) в разнорядной, не учитывая приоритет позиции, система автоматически находит подходящие адреса и предлагает выбрать адрес из списка. При выборе улицы отображаются доступные дома. Выбор адреса из ФИАС является не обязательным, и при желании пользователь может сохранить введённую им строку адреса.

Создание адреса			
Ввод адреса:	<input type="text" value="Красноказарменна"/>	дом <input type="text"/>	кв <input type="text"/>
Ивановская обл, Шуйский р-н, Шуя г, Красноказарменная 2-я ул			
Ивановская обл, Шуйский р-н, Шуя г, Красноказарменная 1-я ул			
Москва г, Красноказарменная ул			
Москва г, Красноказарменная наб			
Московская обл, Раменский р-н, Раменское г, Красноказарменная ул			
Москва г, Красноказарменная пл			

Рис.2. Ввод адреса с поиском по ФИАС

Для подготовки необходимых отчётных форм для “быстрых” отчётов используется встроенная в MS CRM 2011 функциональность, которая позволяет быстро создать новый отчёт на основании данных хранимых в системе. Для сложных, с точки зрения времени построения, отчётов, был настроен куб OLAP. OLAP (англ. online analytical processing, аналитическая

обработка в реальном времени) — технология обработки данных, заключающаяся в подготовке суммарной (агрегированной) информации на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу. Использование этой технологии позволило пользователям системы “Студент” в короткие сроки получать регламентированные формы, и обрабатывать разовые запросы от организаций и ведомств.

Деятельность вуза связана с необходимостью подготовки множества справок, как массовых, так и единичных. В системе “Студент” имеется возможность подготовить одну справку либо использовать их массовое создание. При генерации справок система на основании типа справки и студента, для которого готовится справка, отображает таблицу шаблонных параметров и значений, часть которых вычисляется автоматически, а часть вводится пользователем. Для генерации справки используется формат OpenXML и по окончании пользователю предлагается загрузить документ в формате WORD.

Важной частью КИС ВУЗ является подсистема «Приказы», которая обеспечивает электронный документооборот, гарантирующий юридическое подтверждение любого изменения состояния контингента путем автоматического генерирования того или иного приказа. В основе подсистемы лежит концепция подготовки и обработки приказов для информационных систем контингента сотрудников (система «Кадры») и студентов (система «Студент») КИС ВУЗ. Эта концепция предполагает подготовку юридического документа средствами информационной системы параллельно с созданием задания на изменение состояния информационных объектов, после чего выполнением задания на изменения информационных объектов в момент вступления в силу юридического документа. Такой подход позволяет снижать трудоемкость процессов управления контингентом и обеспечивать беспрецедентно высокую достоверность данных о контингенте.

Модуль “Студент” активно взаимодействует с подсистемой “Приказы”, которая реализована на платформе .NET Framework 4.5 с использованием технологии Silverlight 5 и пакета компонентов Telerik Rad Controls для ввода и отображения форматированного текста приказа. Следует отметить, что подсистема в малой степени зависит от платформы реализации систем, обеспечивающих хранение и управление состоянием информационных объектов. Изменение платформы повлечет за собой только изменение реализации компонент, обеспечивающих взаимодействие с платформой хранения состояния.

Подсистема “Приказы” позволяет подготовить одиночные и групповые проекты приказов по субъектам, используя шаблоны, данные о субъекте и вводимую информацию. На основе введенных в шаблон данных формируется текст приказа, разбитый на параграфы. Текст приказа можно посмотреть, сохранить и распечатать (рис.3).

Приказ Параметры Этапы утверждения Параметры подключения

|Сгенерировать текст приказа|

Научно-исследовательский университет
МЭИ

ПРИКАЗ

« _____ » _____ 20 г. г. Москва №

Институт: Институт тепловой и атомной энергетики (02)

Содержание: Смена фамилии.

Шифры: 12345

Рис.3. Окно для отображения текста приказа

Важной функциональностью является возможность отправки проекта приказа по выбранному маршруту утверждения и его последующего движения с передачей его далее по маршруту в каждой точке движения или возвращением в предыдущую точку рассмотрения на доработку (если это допустимо). Шаблоны приказов и маршруты утверждения могут настраиваться администратором посредством гибкого механизма. В начале каждого движения запускается валидатор, заданный по шаблону проекта приказа, который производит проверку актуальности данных в сформированном приказе. В конечной точке движения (передача в Архив) проект приказа регистрируется и производится актуализация данных в системе учета контингента в момент вступления в силу юридического документа. Информация о зарегистрированных приказах накапливается в системе учета контингента, откуда можно посмотреть список приказов по конкретному субъекту, сделать выписку из приказа.

Все компоненты КИС ВУЗ имеют функционал гибкого разграничения прав доступа для различных групп пользователей вуза в зависимости от их должностных обязанностей.

Системообразующие, инфраструктурные и серверные технологии КИС ВУЗ базируются на платформе Microsoft Windows Server. Эта же платформа обеспечивает идентификацию и аутентификацию пользователей, а также процедуры обеспечения безопасности. Программное обеспечение рабочих мест (клиентов) также построено на платформе Microsoft: Windows XP, 7, 8. Кроме того КИС ВУЗ использует платформу Microsoft Office.

Платформа и инструментарий реализации КИС ВУЗ поддерживают динамику предметной области (деятельность вуза). Рассмотренные программные продукты используются в составе КИС ВУЗ (МЭИ). Они могут выступать как отдельные системы (автономные модули).

Список литературы

1. Решения ИВЦ МЭИ (ТУ) для информационного обеспечения образовательного процесса. Корпоративная информационная система вуза. – Электронный ресурс – <http://icc.mpei.ru/documents/00000899.pdf>.
2. Информационная управляющая система МГТУ им. Н.Э. Баумана «Электронный университет»: концепция и реализация. Под ред. И.Б. Федорова, В.М. Черненко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
3. Электронная библиотека Microsoft. – Электронный ресурс – <http://www.msdn.com>.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ ЦЕОЛИТОВ В МНОГОЦИКЛОВЫХ ПРОЦЕССАХ

Н.А. Самойлов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

В ходе промышленной эксплуатации цеолитов в процессах осушки и разделения органических веществ практически всегда наблюдается дезактивация адсорбентов, которая приводит к снижению поглощающей способности сорбента и снижению производительности установки по очищаемому сырью или к снижению глубины извлечения сорбируемых примесей из сырья. Основной причиной дезактивации являются каталитические процессы, в результате которых десорбируемый в ходе высокотемпературной регенерации цеолитов адсорбат подвергается реакциям поликонденсации, полимеризации с образованием крупных молекул, не проходящих в окна структурных единиц – полостей цеолитов. Без учета дезактивации невозможно качественное проектирование сорбционных процессов. В связи с этим была выполнена разработка математических моделей дезактивации для различных специфических дезактивационных процессов, в частности, для тривиальной дезактивации, когда в ходе каталитического процесса участвуют все активные центры поверхности адсорбента занятые молекулами адсорбата, потенциально участвующими в каталитическом процессе, и для пролонгированной дезактивации, когда лишь часть активных центров поверхности адсорбента занята молекулами адсорбата, потенциально участвующими в каталитическом процессе. В границах разработанной феноменологической теории рассмотрены:

- метод расчета молекулярных площадок адсорбированных молекул;
- механизмы каталитической дезактивации цеолитов и инвариант подобия дезактивации для идентификации механизма дезактивации в конкретных ситуациях;
- полная модель тривиальной дезактивации;

- ряд приближенных моделей тривиальной дезактивации, отличающихся видом функции распределения каталитически активных участков поверхности сорбента по суммарной дезактивируемой поверхности адсорбента при этом средняя доля дезактивации поверхности рассматривалась как константа или в виде гиперболической и логарифмической зависимости ее от числа циклов работы адсорбента;
- модель пролонгированной дезактивации цеолитов;
- модель дезактивации цеолитов в псевдоднепрерывном процессе.

Величина доли дезактивации определяется в ходе математической обработки экспериментальных данных для начального участка многоциклового процесса. Расчет 14 процессов осушки, очистки и разделения углеводородов в паровой и жидкой фазах показал, что во всех случаях наблюдалось приемлемое соответствие поведения моделей и контрольных объектов.

ДИАГНОСТИКА И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ФРАКЦИОНИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.К. Чуракова, Н.А. Самойлов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Математическое моделирование работы фракционирующего оборудования - это базовый инструмент методологии анализа работы фракционирующего оборудования. Диагностика работы существующих ректификационных и абсорбционных колонн, рассмотрение вариантов их модернизации на данный момент невозможны без этого метода научного исследования. Прогнозирование результатов реконструкции при помощи математических моделей позволило оценить серьезные экономические эффекты по снижению энергозатрат при замене тарелок на перекрёстноточные насадочные модули (ПНКМ) даже в процессах разделения под высоким давлением. Последующий анализ результатов модернизации массообменного оборудования в процессах стабилизации [1], газофракционирования [2-3] на ОАО «Славнефть-ЯНОС», ОАО «Орскнефтеоргсинтез», Оренбургском ГПЗ показал либо снижение энергозатрат на 15-17 %, либо значительное сокращение потерь фракций с одним из продуктов благодаря сочетанию высокой эффективности и малого перепада давления, характерных для перекрёстноточных насадок.

Положительные результаты внедрений перекрёстноточных насадочных контактных устройств (ПНКУ) в процессах стабилизации и газофракционирования [1-3] позволили нам методом математического моделирования проанализировать совершенствование работы колонны получения изобутановой фракции П-К-5 на установке ГФУ ОАО «Уфанефтехим» на основе контактных устройств данного типа. На первой

стадии расчетных исследований методом математического моделирования на ЭВМ была изучена фактическая работа колонны получения изобутановой фракции II-K-5 с 79-ю тарелками желобчатого типа. При расчете фактического варианта работы колонны в качестве исходных данных использовали производственные данные о составе, качестве сырья и продуктов разделения, а так же показатели технологического режима работы колонны. Критериями моделирования являлось совпадение: температурного режима, расходов всех внешних потоков, тепловых нагрузок по аппарату и качества продуктов разделения. Совпадение данных критериев свидетельствовало о создании адекватной математической модели. Расчеты показали, что при складывающихся жидкостных и паровых нагрузках желобчатые тарелки работают с низким КПД на уровне 40 % и не обеспечивают достаточной разделительной способности (таблица 1, вариант 1).

На второй стадии исследования с использованием полученной математической модели была рассмотрена работы колонны при условии замены желобчатых тарелок на ПНКУс КПД на уровне 80 % при получении того же качества дистиллята (таблица 1, вариант 2). Расчетами показано, что замена желобчатых тарелок на ПНКУ позволит увеличить разделительную способность колонны и сократить кратность орошения в 1,4 раза. Теплоподвод в низ колонны при этом снизится в 1,2 раза (с 2623 до 2100 Мкал/ч).

Таблица 1

Сравнительный анализ технологических параметров работы колонны II-K-5

Параметр	Вариант 1	Вариант 2
1. Давление, кгс/см ² :		
- верха	7,4	7,4
- низа	7,8	7,56
2. Температура, °С:		
- верха	51	51
- сырья	42	42
- низа	65	63
3. Качество:		
- изобутана в дистилляте	85,06	85,06
4. Теплоподвод, Мкал/ч	2623	2100

Таким образом, методом математического моделирования было показано, что замена желобчатых тарелок на перекрёстноточные насадочные модули в колонне II-K-5 позволит реализовать энергосберегающую технологию получения изобутановой и бутановой фракций за счет снижения энергозатрат на процесс разделения на 20 %.

Список литературы

1. Костюченко В.П. Обоснование необходимости реконструкции колонны стабилизации гидроочищенного бензина на насадочный вариант работы / В.П. Костюченко, С.К. Чуракова. // В кн.: Матер.научно-практ.конф. «Современное состояние проц. переработки нефти». - Уфа: ГУП ИНХП, 2004. - С.145-147.

2. Чуракова С.К. Промышленная реализация гибкой технологии газофракционирования в новой перекрестноточной насадочной колонне / С.К. Чуракова., К.Ф. Богатых, И.Д. Нестеров, А.В. Чураков // Теория и практика массообменных процессов химической технологии (Марушкинские чтения): Тезисы докладов III Всерос. научн. конф. - УГНТУ, 2006. - С. 49-46.

3. Нестеров И.Д. Увеличение выработки пропан-бутановой фракции на Оренбургском ГПЗ за счёт замены клапанных тарелок на перекрёстноточную насадку в колоннах 374С02 и 374С03 / И.Д. Нестеров, С.К. Чуракова, К.Ф. Богатых //Башикирский химический журнал - Уфа: Изд-во «Реактив», 2009.- Т. 16. - № 3. - С.67-70.

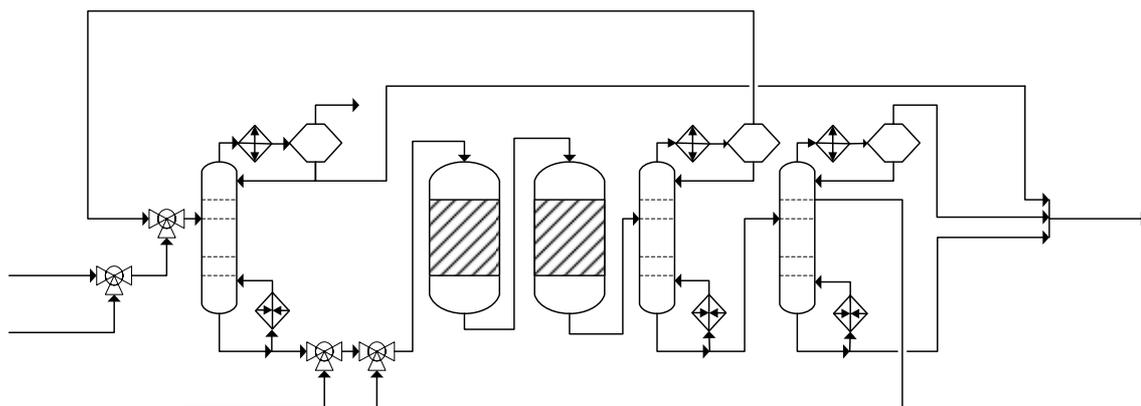
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ ПЕНТАН - ГЕКСАНОВОЙ ФРАКЦИИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.К. Чуракова, Г.Ф. Мусина, Д.В. Чичканова
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

В настоящее время для снижения суммарного содержания в товарном бензине ароматических углеводородов в качестве октаноповышающих добавок, наряду с базовым компонентом смешения – риформатом, используются изомеризат, алкилат, эфиры (МТБЭ, ЭТБЭ, ТАМЭ). Изомеризация на данный момент считается наиболее эффективным способом производства экологически чистых высокооктановых компонентов бензинов. Целью исследований, проводимых в данной работе, являлся выбор схемы процесса изомеризации пентан – гексановой фракции с учетом сырьевых ресурсов ОАО «Газпром нефтехим Салават».

Расчет технологической схемы разделения проектируемой установки изомеризации проводился в программном пакете Unisim Design. В основу были заложены нормы технологического режима установки изомеризации Л – 35 – 5 ОАО «Уфанефтехим» (схема с колонной ДИГ). Количественные и качественные составы сырьевых потоков взяты с действующих производств НПЗ ОАО «Газпром нефтехим Салават». Результаты наших расчетов и литературные данные по анализу эффективности различных схем процесса изомеризации [1,2] показывают, что наибольший прирост октанового числа наблюдается при предварительной деизопентанизации сырья и рециркуляции n-пентана, n-гексана и метилпентанов (схема с колонной деизопентанизации

(ДИП) и колонной деизогексанизации (ДИГ)). Колонна ДИП обеспечивает : извлечение изопентановой фракции из сырья на стадии его подготовки для большей степени превращения нормального пентана в изопентан (выгодное смещение термодинамического равновесия); выделение дополнительного высокооктанового компонента (изопентановая фракция) отдельным потоком; разгрузку реакторного блока; регулирование состава сырья по легким углеводородам; получение большего значения ОЧИМ изомеризата. Колонна ДИГ предусматривает рециркуляцию непрореагировавших низкооктановых компонентов (метилпентанов и н-гексана) в реактор, что увеличивает конверсию гексанов, но не повышает содержания изопентанов в продукте. На начальной стадии разработки проекта установки изомеризации в качестве сырья рассматривались фракции: н.к.-62 °С риформата и прямогонная гидроочищенная фракция н.к.-70 °С. В рамках программы модернизации НПЗ предлагается разделить на гидроочистке фракцию н.к.-70 °С на две фракции: н.к.-35 °С (пентан-изопентановую фракцию - ПИФ) и фракцию 35 – 70 °С. В этой связи на установке изомеризации можно организовать отдельную подачу сырьевых потоков: фракцию н.к.-62 °С риформата после смешения с гидроочищенной ПИФ подать в колонну ДИП, гидроочищенную фракцию 35 – 70 °С с низким содержанием изопентана напрямую направить в реактор изомеризации (рис.1).



Результаты расчета показывают, что оптимальным вариантом ведения процесса изомеризации для ОАО «Газпром нефтехим Салават» является схема с отдельным питанием сырьевыми потоками и тремя колоннами разделения (ДИП, ДП, ДИГ), позволяющая повысить ОЧИМ изомеризата с 86 до 90-91 пунктов (по сравнению со схемой с колонной ДИГ). Эти разработки могут быть учтены в рамках реализации программы модернизации НПЗ.

Список литературы

1. Буй Чонг Хан, Сравнительный анализ различных схем изомеризации пентан-гексановой фракции / Буй Чонг Хан, Нгуен Ван Ты, А.Ф. Ахметов // *Нефтегазопереработка и нефтехимия*. – 2008. - №2. – С. 22-25.
2. Литвак Е.И., Комплексная математическая модель процесса изомеризации пентан-гексановой фракции /Е.И. Литвак, Э.Д.Иванчина, Н.В.Чеканцев, Э.Д. Кравцов // *Материалы между. научно- практ. конф. «Нефтегазопереработка-2011»*. – Уфа: Изд. ГУП ИНХП РБ, 2011. – С. 181-182.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА МОДУЛЯЦИИ РАДИОСИГНАЛА

С.А. Маркатов
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург

Организация информационных потоков и способы их передачи в системах связи за последние несколько десятков лет претерпели значительные изменения. Увеличение объема передаваемой информации приводит к необходимости использования всё большего числа различных каналов радио- и проводной связи, применения сложных видов модуляции и кодирования, оптимально согласованных с конкретными физическими каналами.

Радиосигналы имеют множество характеристик: скорость передачи, ширина полосы занимаемых частот, количество каналов, вид модуляции, наконец. Ряд научных центров по всему миру занимается разработкой алгоритмов и методов автоматической идентификации сигналов систем радиосвязи. Данный вопрос занимает не последнее место в области изучения радиоэлектроники, и, в первую очередь, это связано с увеличением количества незаконных излучений в радиоэфире и, как следствие, укреплением роли радиомониторинга. При обнаружении таких излучений ставится задача быстрой их идентификации. Именно автоматическая идентификация может значительно ускорить данный процесс.

Одним из частных и непростых вопросов в идентификации сигналов радиопередач является вопрос оптимизированного автоматического распознавания сигналов с фазовой манипуляцией (ФМ) и с частотной манипуляцией с минимальным сдвигом (ЧММС), а также дальнейшее разделение сигналов с ЧММС и с двухуровневой частотной манипуляцией (ЧМ-2). При решении этой задачи был разработан и смоделирован алгоритм,

позволяющий с высокой степенью точности различать указанные виды модуляции.

В реализованном алгоритме в качестве входных сигналов применялись записи смоделированных сигналов в формате PCM. На первом этапе работы алгоритма строится гистограмма фаз сигнала по известному принципу построения диаграммы Стокса, с той лишь разницей, что отсчеты сигнала для расчета необходимо брать не через длительность элементарной посылки, а чаще, например, с частотой дискретизации сигнала F_d . Таким образом, на каждый такт производится вычисление фазы сигнала в текущий момент времени и разности фаз текущего момента и предыдущего с дальнейшим помещением ее на гистограмму.

При появлении на гистограмме фаз двух ярко выраженных максимумов, принимается решение о наличии в сигнале частотной манипуляции (рис.1). Дальнейшее определение конкретного вида частотной манипуляции (ЧМ-2 или ЧММС) сводится к анализу спектра сигнала и спектра сигнала, возведенного в квадрат. На обоих видах спектра определяются номиналы частот максимумов. Затем значения частот, полученных на спектре квадрата сигнала, делятся пополам, и, при соответствии полученных величин значениям частот максимумов на спектре сигнала, выносится решение о наличии двух четко различимых поднесущих, соответствующих сигналу с двухуровневой частотной манипуляцией. В противном случае принятый сигнал является сигналом с ЧММС.

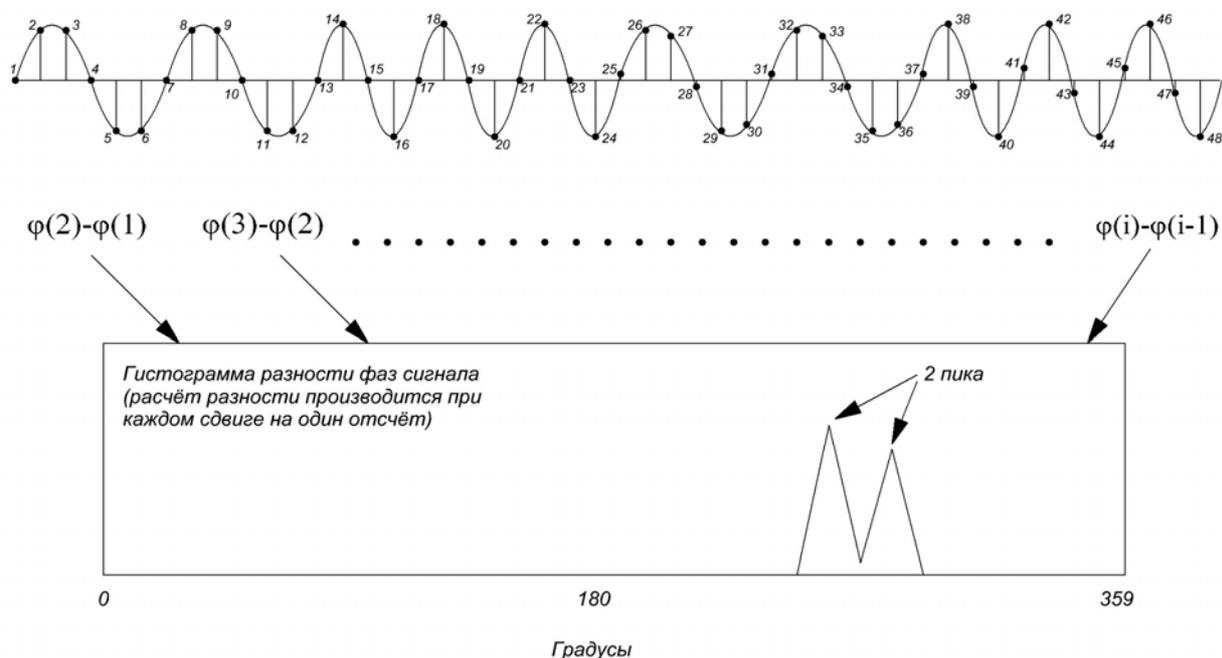


Рис.1. Идентификация сигналов с частотной манипуляцией

Данное различие возможно ввиду того, что при сглаживании спектра сигнала с ЧММС наблюдается явный максимум между реальными поднесущими, удвоенная частота которого не совпадает ни с одним из значений частот максимумов, полученных на спектре квадрата сигнала.

Описанная в тезисах модель реализует алгоритм автоматизированного определения некоторых видов фазоманипулированных и частотноманипулированных сигналов, в частности сигналов с ФМ, ЧМ-2 и ЧММС. Вероятность верного определения вида модуляции данной моделью, полученная в результате выполнения большого количества опытов, составляет 0,98. Данное значение свидетельствует об эффективности применения описанного алгоритма для целей радиомониторинга.

Список литературы

1. Степанов А.В., Матвеев С.А. *Методы компьютерной обработки сигналов систем радиосвязи* — М.: СОЛОН-Пресс, 2003. — 145 с.
2. Оппенгейм А., Шафер Р. *Цифровая обработка сигналов. Издание 2-е, исправленное* — М.: Техносфера, 2007. — 856 с.
3. Скляр Б. *Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ.* — М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. — 1104 с.: ил. — Парал. тит. англ.

МОДЕЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФТОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ

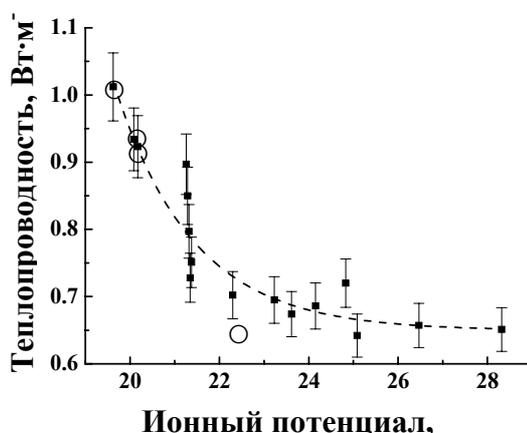
В.А. Хохлов^{*}, И.В. Корзун^{*}, В.Н. Докутович^{*}, А.А. Омельчук^{**}, Р.Н. Савчук^{**},
Ю.П. Зайков^{*}, А.Е. Дедюхин^{*}

^{*}Институт высокотемпературной электрохимии,
Россия, г. Екатеринбург

^{**}Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского,
Украина, г. Киев

Для разработки ядерных энергетических устройств (жидкосолевых реакторов) нового поколения необходима всесторонняя информация о расплавленных солевых системах, которые рассматриваются в качестве перспективных топлив и теплоносителей [1]. Однако надежных экспериментальных данных по физическим и химическим свойствам многих подходящих по ядерным характеристикам солевых расплавов, содержащих фториды лития, натрия, бериллия, циркония, урана и тория, недостаточно из-за их высокой коррозионной активности по отношению к конструкционным материалам измерительных приборов. Возможность оценить теплофизические свойства (вязкость, теплоемкость, теплопроводность) подходящих для ядерных реакторов многокомпонентных фторидных расплавов, плавящихся при температурах от 700 до 1000 К, используя сведения о свойствах индивидуальных солей или их бинарных смесей весьма ограничена из-за отсутствия исходных данных [2,3]. Удобное для использования и удовлетворительно описывающее опытные величины эмпирическое уравнение, связывающее теплофизические свойства расплавов с не требующей экспериментального определения молекулярной массой фторидных

композиций найдено только для мало меняющейся с температурой теплоемкости [5]. Для свойств переноса (вязкого течения и теплопроводности), весьма чувствительных к реальному ионному составу многокомпонентных солевых смесей, подобная закономерность не соблюдается, поскольку она плохо отражает сложную структуру расплавов, содержащих наряду с элементарными ионами (Li^+ , Na^+ и др.) комплексные группировки типа $\text{MF}_x^{(x-z)-}$, образованные катионами поливалентных металлов М (Be, Zr, U, Th и др.) с номинальным зарядом z , которые принимают участие в передаче импульса и тепла как самостоятельные частицы. Прочность и концентрация этих комплексных группировок зависит как от числа x и пространственной координации лигандов – ионов фтора, так и от энергии их взаимодействия с окружающими частицами, как правило, ионами щелочных металлов. Аналогичные структурные особенности свойственны также фторидным расплавам, используемым в качестве электролитов алюминиевого производства. Их теплофизические свойства изучены гораздо полнее [5]. Многие свойства (вязкость, электропроводность, теплопроводность) солевых расплавов могут быть удовлетворительно оценены по их эффективным ионным потенциалам $\mu_a = \sum N_i \cdot z_i \cdot r_i^{-1}$, где N_i , z_i , и r_i – мольная доля i -компонента солевой смеси, номинальный заряд и кристаллохимический радиус составляющих их ионов. Ионный потенциал солевой среды является удобным параметром, адекватно описывающим взаимодействие между компонентами солевых смесей, определяющее их структуру и влияющее на их физические и химические свойства. Это можно видеть (см. рисунок) на примере корреляции между средним потенциалом катионов многокомпонентных фторидных смесей, содержащих LiF , NaF , BeF_2 , MgF_2 , CaF_2 , AlF_3 , ZrF_4 , и ThF_4 и теплопроводностью их расплавов при 1000 К, измеренной стационарным методом коаксиальных цилиндров [4]. Кружками отмечены опытные значения теплопроводности расплавленных эвтектических смесей $0.78\text{LiF}-0.22\text{ThF}_4$, $0.70\text{LiF}-0.08\text{CaF}_2-0.22\text{ThF}_4$, $0.55\text{LiF}-0.22\text{NaF}-0.23\text{ZrF}_4$ и $0.07\text{LiF}-0.64\text{NaF}-0.29\text{BeF}_2$, представляющих практический интерес для жидкосолевых реакторов.



Соотношение между эффективным ионным потенциалом катионов двух- и трехкомпонентных фторидных расплавов

Список литературы

1. Игнатьев В.В., Фейнберг О.С., Загнитько А.В. и др. Жидкосольевые реакторы: новые возможности и решения/ Атомная энергия, 2012, т. 112, № 3, с. 135-143.
2. Khokhlov V., Afonichkin V., Ignatiev V. Evaluating physical properties of molten salt reactor fluoride mixtures/ J. Fluorine Chem., 2009, vol. 130, p. 30-37.
3. Beneš O., Konings R.J.M. Molten Salt Reactor Fuel and Coolant/ Comprehensive Nuclear Materials, 2012, vol. 3, p. 359-389.
4. Khokhlov V., Korzun I., Dokutovich V., Filatov E. Heat capacity and thermal conductivity of molten ternary lithium, sodium, potassium, and zirconium fluorides mixtures/ J. Nucl. Mat., 2011, vol. 410, p. 32-38.
5. Khokhlov V., Filatov E., Solheim A., Thonstad J. Thermal Conductivity in Cryolitic Melts – New Data and Its Influence on Heat Transfer in Aluminum Cells/ Proc. 127 TMS Annual Meeting, 1998, p. 501-506.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований и Национальной академией наук Украины (проект № 12-03-90412-Укр_a).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОЛЬТАМПЕРНОЙ КРИВОЙ, КАК МЕТОД РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПОЛИКОМПОНЕНТНОМ РАСТВОРЕ

А.Н. Кошев, В.В. Кузина

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза

В работе [1] предложен метод для определения концентраций ионов металлов и электрохимических параметров в электролитах, основанный на методе вольтамперометрии. Для математической обработки вольтамперометрической кривой предлагается численный полуаналитический метод решения краевой задачи для уравнения диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}; \quad C(x, 0) = C_0; \quad C(\delta, \tau) = C_0; \quad \frac{\partial C}{\partial x}(0, \tau) = \frac{i(\tau)}{ZF D} \quad (1).$$

$$i(\tau) = i_0 \left(\frac{C(0, \tau)}{C_0} \exp \left[\frac{\alpha Z F}{RT} (E(\tau) - E_0) \right] - \exp \left[\frac{(\alpha - 1) Z F}{RT} (E(\tau) - E_0) \right] \right), \quad (2)$$

где $C(x, \tau)$ – концентрация электроактивного компонента в точке x ($0 \leq x \leq \delta$) диффузионного слоя $[0, \delta]$ в момент времени τ ; C_0 – концентрация этого компонента в глубине раствора; $i(\tau)$ – плотность тока на электроде; α, z, F, R, T – физические константы и электрохимические параметры, которые в рассматриваемом случае считаются заданными; D – коэффициент диффузии; $E(\tau)$ – потенциал системы; E_0 – равновесный потенциал электрода.

В случае поликомпонентного электролита, содержащего n электроактивных веществ, принимающих участие в электродной реакции, уравнения (1)–(2) преобразуются в систему:

$$\frac{\partial C_k}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 C_k}{\partial x^2}; \quad C_k(x, 0) = C_{k0}; \quad C_k(\delta_k, \tau) = C_{k0}; \quad \frac{\partial C_k}{\partial x}(0, \tau) = \frac{i_k(\tau)}{Z_k F D_k} \quad (3)$$

$$i_k(\tau) = i_{k0} \left(\frac{C_k(0, \tau)}{C_{k0}} \exp \left[\frac{\alpha_k Z_k F}{RT} (E(\tau) - E_{k0}) \right] - \exp \left[\frac{(\alpha_k - 1) Z_k F}{RT} (E(\tau) - E_{k0}) \right] \right) \quad (4)$$

$$i(\tau) = \sum_{k=1}^n i_k(\tau), \quad k=1, \dots, n, \quad (5)$$

где $i_k(\tau)$ – парциальные плотности тока соответствующих электродных реакций; $\alpha_k, z_k, E_{k0}, i_{k0}$ – электрохимические параметры k -й электрохимической реакции.

В данной работе описывается метод решения задачи разделения суммарной вольтамперной кривой (5) на составляющие с целью последующего определения парциальных концентраций C_{k0} . Отметим, что разделение хотя бы некоторых участков суммарной поляризационной кривой на сумму парциальных кривых дает возможность при заданных начальных значениях концентраций C_{k0} ставить и решать важную задачу по определению эффективных значений электрохимических параметров $\alpha_k, z_k, E_{k0}, i_{k0}$.

При разработке метода численного решения обратной гранично-коэффициентной задачи типа (3)–(6) нами использовалась известная в теоретической электрохимии теорема о том, что время наступления стационарного концентрационного профиля зависит только от диффузионных характеристик электрохимического процесса и не зависит от тока, подаваемого на электроды. Использование этого положения позволяет расщепить задачу на суперпозицию двух подзадач, в каждой из которых отдельно учитывается влияние диффузионных и токовых режимов на изменение концентрации веществ, принимающих участие в электродной реакции.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы по заданным электрохимическим параметрам и кривой ток – потенциал определить такие значения концентраций электроактивных компонентов C_{k0} , чтобы теоретическая и экспериментальная кривые были наиболее близки друг к другу:

$$\sum_{j=1}^m [i(\tau_j) - i_j]^2 \rightarrow \min_{C_{k0}}.$$

Здесь $i(\tau_j)$ – значения плотностей тока, полученные из теоретической зависимости, а i_j – экспериментальные значения, вычисленные и наблюдаемые в одних и тех же временных точках τ_j .

$$S\left(\frac{1}{C_{10}}, \dots, \frac{1}{C_{k0}}\right) = \sum_{j=1}^m \left\{ \sum_{k=1}^n i_{k0} \left[\frac{1}{C_{k0}} C_k(0, \tau_j) \exp\left(\frac{\alpha_k Z_k F}{RT} (E(\tau_j) - E_{k0})\right) - \exp\left(\frac{(\alpha_k - 1) Z_k F}{RT} (E(\tau_j) - E_{k0})\right) \right] - i_j \right\} \rightarrow \min_{C_{k0}} \quad (6)$$

Рассмотрим решение задачи, когда в растворе присутствуют два электроактивных компонента (например медь и цинк, рис. 1,а). Положим, что на некоторых интервалах $[\tau_i, \tau_{i+1}]$, $i = 1, 2, \dots$ кривая $E(\tau) - i(\tau)$ допускает линейное представление. Выберем один из таких интервалов $[\tau_i, \tau_{i+1}]$. В рассматриваемом случае линеаризованная поляризационная кривая $f(\tau)$ (рис. 1,б) на выбранном участке с определенной степенью точности может быть представлена, как сумма двух парциальных линеаризованных кривых $f_1(\tau)$ и $f_2(\tau)$: $f(\tau) = f_1(\tau) + f_2(\tau)$, соответствующих парциальным реакциям восстановления меди и цинка. Действительно, линейная форма суммарной кривой $f(\tau)$ может быть получена только в случае, когда парциальные монотонно возрастающие кривые $f_1(\tau)$ и $f_2(\tau)$ на рассматриваемом участке также допускают линеаризацию, так как обе эти кривые, в соответствие с их аналитическими выражениями, являются выпуклыми, а для нелинейных слагаемых функций линейная сумма возможна только тогда, когда одна из суммируемых функций выпуклая, а вторая вогнутая.

Таким образом, имеем равенства (рис. 1, б):

$$i_1 = i_1^1 + i_1^2; \quad i_2 = i_2^1 + i_2^2 \quad (7)$$

Обозначим $\xi_1 = \frac{1}{C_{10}}, \xi_2 = \frac{1}{C_{20}}$ и решим задачи минимизации трех функций.

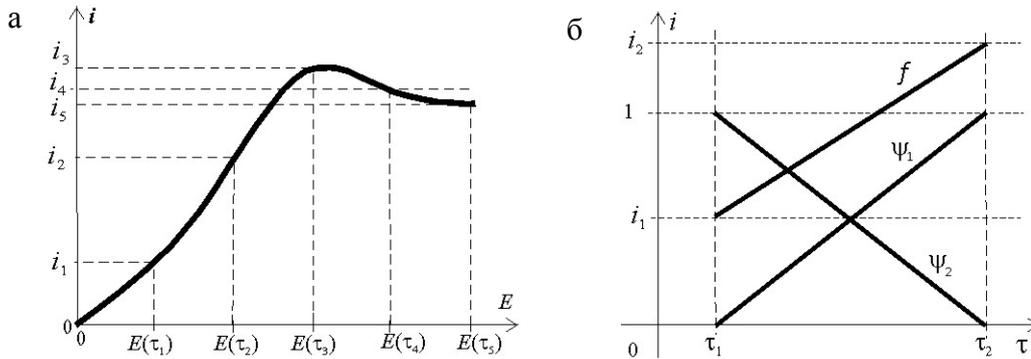


Рис. 1: а – вольт-амперные кривые сернокислого электролита;
б – линейная функция в виде суммы 2-х функций

$$S(\xi_1, \xi_2) = \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{k=1}^2 i_{k0} \left[\xi_k C_k(0, \tau_j) \exp\left(\frac{\alpha_k Z_k F}{RT} (E(\tau_j) - E_{k0})\right) - \exp\left(\frac{(\alpha_k - 1) Z_k F}{RT} (E(\tau_j) - E_{k0})\right) \right] - i_j \right\} \rightarrow \min_{\xi_1, \xi_2} \quad (8)$$

$$S_1(\xi_1) = \sum_{j=1}^2 \left\{ i_{10} \left[\xi_1 C_1(0, \tau_j) \exp\left(\frac{\alpha_1 Z_1 F}{RT} (E(\tau_j) - E_{10})\right) - \right. \right. \\ \left. \left. - \exp\left(\frac{(\alpha_1 - 1) Z_1 F}{RT} (E(\tau_j) - E_{10})\right) \right] - i_1^j \right\} \rightarrow \min_{\xi_1} \quad (9)$$

$$S_2(\xi_2) = \sum_{j=1}^2 \left\{ i_{20} \left[\xi_2 C_2(0, \tau_j) \exp\left(\frac{\alpha_2 Z_2 F}{RT} (E(\tau_j) - E_{20})\right) - \right. \right. \\ \left. \left. - \exp\left(\frac{(\alpha_2 - 1) Z_2 F}{RT} (E(\tau_j) - E_{20})\right) \right] - i_2^j \right\} \rightarrow \min_{\xi_2} \quad (10)$$

Искомые значения являются $\xi_1, \xi_2, i_1^1, i_1^2, i_2^1, i_2^2$ – всего шесть неизвестных, которые могут быть найдены из шести уравнений: два уравнения из группы (7) и четыре уравнения, необходимые для решения задач (8)–(10):

$$\frac{\partial S}{\partial \xi_1} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial \xi_2} = 0, \quad \frac{\partial S_1}{\partial \xi_1} = 0, \quad \frac{\partial S_2}{\partial \xi_2} = 0 \quad (11)$$

После решения этих уравнений нетрудно разделить результирующую поляризационную кривую на составляющие и далее определять по парциальным кривым все необходимые электрохимические параметры.

Заметим следующее. Если в растворе присутствуют три компонента, участвующих в электродной реакции, то, поступая аналогично методу, описанному выше, используя один линейный фрагмент результирующей и парциальных поляризационных кривых, получим систему уравнений (11), аналогичную системе (7), которая будет состоять из семи уравнений, но содержать восемь неизвестных. Для того чтобы система была замкнутой относительно числа уравнений и неизвестных, необходимо рассмотреть два линейных участка поляризационных кривых и составить систему уравнений аналогично предыдущему случаю, рассматривая суммы квадратов отклонений теоретических значений плотностей тока от экспериментально полученных, в трех точках. Рассуждая аналогично, нетрудно установить, что в случае присутствия в электролите r различных ионов для определения их концентраций и разложения поляризационной кривой на составляющие, необходимо рассматривать $(r - 1)$ линеаризованный участок поляризационной кривой.

Опишем метод расчета значений $C_l(0, \tau_j)$, $l = 1, 2$, участвующих в уравнениях (8)–(10). Аналогично тому, как это было сделано в работе [1] для однокомпонентной системы, нетрудно показать, что кусочно-линейные функции $i_1(\tau)$, $i_2(\tau)$ представимы в виде: $i_r(\tau) = i_r^1 \psi_1 + i_r^2 \psi_2$, $r = 1, 2$, где $\psi_1(\tau)$, $\psi_2(\tau)$ – линейные функции на интервале $[\tau_1, \tau_2]$, изображенные на рис. 1,б.

Функции $C_k(x, \tau)$ из задачи (3)–(5) представимы в виде:

$$C_k(x, \tau) = C_{k0} + i_k^1 \varphi_1(x, \tau) + i_k^2 \varphi_2, \quad (12)$$

где $\varphi_i, i=1, 2$ – решения задач:

$$\frac{\partial \varphi_i}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2}; \quad \varphi_i(x, 0) = 0; \quad \varphi_i(\delta_i, \tau) = 0; \quad \frac{\partial \varphi_i}{\partial x}(0, \tau) = \frac{\psi_i(\tau)}{z_i F D_i} \quad (13)$$

Развернутое доказательство такого представления приведено в [1]. Очевидно, что в случае многокомпонентной системы доказательство совершенно аналогично.

Подстановка выражений для $C(x, \tau), C_1(x, \tau), C_2(x, \tau)$ из (12) в выражения для функций $S(\xi)$ из (8)–(10) приведет эти функции к виду:

$$S(\xi_1, \xi_2) = \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{k=1}^2 i_{j0} \left[\begin{array}{l} \left(1 + \xi_k (i_j^1 \varphi_1(0, \tau) + i_j^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_j Z_j F}{RT} (E(\tau_k) - E_{j0})} \\ - e^{\frac{(\alpha_j - 1) Z_j F}{RT} (E(\tau_k) - E_{j0})} \end{array} \right] - i_j \right\}^2;$$

$$S(\xi_1) = \sum_{k=1}^2 \left\{ i_{10} \left[\begin{array}{l} \left(1 + \xi_k (i_1^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_1^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_1 Z_1 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{10})} \\ - e^{\frac{(\alpha_1 - 1) Z_1 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{10})} \end{array} \right] - i_1^k \right\}^2;$$

$$S(\xi_2) = \sum_{k=1}^2 \left\{ i_{20} \left[\begin{array}{l} \left(1 + \xi_k (i_2^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_2^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_2 Z_2 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{20})} \\ - e^{\frac{(\alpha_2 - 1) Z_2 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{20})} \end{array} \right] - i_2^k \right\}^2.$$

Запишем систему (7), (11) в явном виде: $i_1 = i_1^1 + i_1^2; \quad i_2 = i_2^1 + i_2^2;$

$$\sum_{j=1}^2 \left(\sum_{k=1}^2 2 \cdot \left\{ i_{j0} \left[\begin{array}{l} \left(1 + \xi_k (i_j^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_j^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_j Z_j F}{RT} (E(\tau_k) - E_{j0})} \\ - e^{\frac{(\alpha_j - 1) Z_j F}{RT} (E(\tau_k) - E_{j0})} \end{array} \right] - i_j \right\} \times \right. \\ \left. \times i_{10} (i_1^1 \varphi_1(0, \tau) + i_1^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_1 Z_1 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{10})} \right) = 0;$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{j=1}^2 \left(\sum_{k=1}^2 2 \cdot \left\{ i_{j0} \left[\begin{array}{l} \left(1 + \xi_k (i_j^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_j^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_j Z_j F}{RT} (E(\tau_k) - E_{j0})} \right) \\ - e^{\frac{(\alpha_j - 1) Z_j F}{RT} (E(\tau_k) - E_{j0})} \end{array} \right] - i_j \right\} \times \right. \\
& \quad \left. \times i_{20} (i_2^1 \varphi_1(0, \tau) + i_2^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_2 Z_2 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{20})} \right) = 0; \\
& \sum_{k=1}^2 2 \cdot \left\{ i_{10} \left[\begin{array}{l} \left(1 + \xi_1 (i_1^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_1^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_1 Z_1 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{10})} \right) \\ - e^{\frac{(\alpha_1 - 1) Z_1 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{10})} \end{array} \right] - i_1^k \right\} \times \\
& \quad \times i_{10} (i_1^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_1^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_1 Z_1 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{10})} = 0; \\
& \sum_{k=1}^2 2 \cdot \left\{ i_{20} \left[\begin{array}{l} \left(1 + \xi_2 (i_2^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_2^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_2 Z_2 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{20})} \right) \\ - e^{\frac{(\alpha_2 - 1) Z_2 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{20})} \end{array} \right] - i_2^k \right\} \times \\
& \quad \times i_{20} (i_2^1 \varphi_1(0, \tau_k) + i_2^2 \varphi_2(0, \tau_k)) e^{\frac{\alpha_2 Z_2 F}{RT} (E(\tau_k) - E_{20})} = 0.
\end{aligned} \tag{14}$$

Решение этой системы относительно неизвестных $\xi_1, \xi_2, i_1^1, i_1^2, i_2^1, i_2^2$ позволяет разделять совокупную поляризационную вольтамперметрическую кривую на парциальные, а также находить неизвестные объемные концентрации ионов металлов в исследуемом электролите. Функции $\varphi_i(0, \tau)$, $i = 1, 2$, необходимые для численного решения системы (14), можно определить из решения задачи (13) аналогично тому, как это описано в работе [1]. В результате получим выражения:

$$\varphi_1(0, \tau) = \frac{1}{ZFD(\tau_2 - \tau_1)} \cdot \left[-2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^4 D} \left[\exp^{\lambda_n^2 D(\tau_2 - \tau)} - \exp^{\lambda_n^2 D(\tau_2 - \tau_1)} \right] - (\tau_2 - \tau_1) \right];$$

$$\varphi_2(0, \tau) = \frac{1}{ZFD(\tau_2 - \tau_1)} \cdot \left[2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^4 D} \left[\exp^{\lambda_n^2 D(\tau_2 - \tau)} - \exp^{\lambda_n^2 D(\tau_2 - \tau_1)} \right] - (\tau_2 - \tau_1) \right];$$

$$\lambda_n = (2n + 1)\pi/2.$$

Таким образом, линейзация определенных участков вольтамперной кривой позволяет представить обратную задачу по нахождению C_{k0} и других неизвестных электрохимических параметров в виде систем нелинейных алгебраических уравнений. При этом порядок системы и точность вычислений зависят от количества компонентов электродной реакции и интервалов линейзации вольтамперметрической кривой.

Список литературы

1. Кошев А. Н. Моделирование и расчет концентрации электроактивного компонента в процессе электролиза / А. Н. Кошев, В. В. Кузина. – Управление большими системами. Выпуск 33. – 2011. – С. 233-253.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ТПЭ¹

И.Г. Гвоздева, А.Н. Кошев

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза

Электрохимические реакторы с трехмерными проточными электродами на основе углеродных волокнистых материалов (УВМ) используются для интенсификации различных окислительно-восстановительных процессов, в том числе для извлечения металлов из растворов электролитов [1]. Одной из основных задач оптимизации работы такого рода реакторов является обеспечение высокой эффективности электрохимического процесса, что подразумевает равномерное осаждение металла на реакционной поверхности с высокой скоростью его осаждения.

Одним из эффективных управляющих параметров работы электрохимической системы с ТПЭ является электропроводность материала, из которого изготовлен электрод. Наибольший интерес представляет случай, когда в качестве материала катода используется УВМ с неодинаковыми электропроводящими свойствами в различных точках по толщине ТПЭ.

Наиболее эффективным аппаратом исследования и подбора оптимальных условий функционирования ТПЭ, является математическое моделирование. В статье [2], приведена постановка задачи оптимального управления, где в качестве управляющего воздействия выбрана зависимость электропроводности углеграфитовой основы проточного электрода и намечены пути решения задачи.

Целью данной работы является построение алгоритма расчета электропроводности твердой фазы системы, как функции координаты по толщине электрода, для обеспечения равномерного распределения электрохимического процесса по толщине ТПЭ, при этом предлагается решать задачу как задачу математического программирования.

Кроме того, в цель работы входило численное исследование закономерностей работы ТПЭ при различном распределении электропроводности по толщине проточного электрода.

Дифференциальное уравнение, связывающее функции плотности тока $J(x)$ и потенциала $E(x)$ в каждой точке ТПЭ - x , когда удельная

¹ Трехмерный проточный электрод

электропроводность твердой фазы Π_T есть функция от координаты - $\Pi_T(x)$ выглядит следующим образом:

$$\frac{d^2 E}{dx^2} + \frac{dE}{dx} \cdot \frac{d\chi_T}{dx} \cdot \frac{\chi_{жс}}{\chi_T(\chi_T + \chi_{жс})} = S_v \left(\frac{1}{\chi_T} + \frac{1}{\chi_{жс}} \right) J(x), \quad (1)$$

здесь χ_c - удельная электропроводность жидкой фазы, S_v - удельная поверхность электрода.

Функция $J(x)$ в общем случае может быть представлена как функция потенциала электрода и концентрации электроактивного компонента $C(x)$:

$$J(x) = j_0 \frac{\exp(\alpha ZFE(x)/RT) - \exp((\alpha - 1)ZFE(x)/RT)}{1 + j_0 \exp(\alpha ZFE(x)/RT) / ZFK_m C(x)}, \quad (2)$$

где j_0 - плотность тока обмена, K_m - коэффициент массопереноса, вид которого для ПТЭ в том числе и для углеродных волокнистых материалов определен зависимостью:

$$k_m = a \cdot w^b. \quad (3)$$

Здесь коэффициент a отражает свойства электрода и жидкости и зависит от пористости электрода, размера и конфигурации элементов пористого слоя, кинематической вязкости раствора, коэффициента диффузии. Показатель b отражает гидродинамический режим течения раствора.

Очевидно, что коэффициент массопереноса, будет зависеть от степени перемешивания, то есть и от скорости протока и от свойств углеграфитового материала, что приводит к затруднениям при численных расчетах.

Если рассматривать гидродинамические и электрохимические закономерности процессов, имеющих место в некотором элементарном объеме пористого трехмерного электрода и совместное влияние этих закономерностей на уравнение поляризационной кривой, для ее использования при расчетах процессов в ПТЭ, то можно прийти к выводу, что коэффициент массопереноса может быть заменен на скорость протока $w(x)$. Тогда уравнение (2) переписывается в виде:

$$J(x) = j_0 \frac{\exp(\alpha ZFE(x)/RT) - \exp((\alpha - 1)ZFE(x)/RT)}{1 + j_0 \exp(\alpha ZFE(x)/RT) / ZF w(x) C(x)} \quad (4)$$

Кроме того, плотность тока $J(x)$ и концентрация электроактивного компонента $C(x)$ связаны уравнением:

$$\frac{dC}{dx} = - \frac{S_v}{w(x)ZF} J(x) \quad (5)$$

w - линейная скорость протока электролита.

Начальные и граничные условия запишем в виде:

$$\frac{dE}{dx}(0) = -\frac{J_{cp}}{\chi_T 0}; \quad \frac{dE}{dx}(L) = \frac{J_{cp}}{\chi_{жс}}; \quad C(0) = C_0; \quad (6)$$

Система уравнений (1), (4)-(6) полностью описывает распределение потенциала и тока в порах ТПЭ при электроосаждении одного компонента, если пренебречь процессом выделения водорода, который, при необходимости может быть легко учтен.

Таким образом, задача заключается в определении функции $\chi_T(x)$, такой, чтобы решение уравнений (1), (4)-(6) удовлетворяло критерию наилучшей равномерности распределения тока, например:

$$\int_0^L \left| E(x) - \int_0^L E(x) dx / L \right| dx \rightarrow \min \quad (7)$$

Функцию распределение электропроводности УВМ по толщине пористого электрода, вид которой необходим для проведения численных экспериментов, мы принимали постоянной, а так же в виде линейной и квадратичной зависимости χ_T от координаты x .

Если зависимость электропроводности твердой фазы χ_T от координаты по толщине электрода x представить в виде параболы $\chi_T(x) = A \cdot x^2 + B \cdot x + C$, то, выбрав оптимальным образом коэффициенты A , B и C , можно достичь улучшения равномерности распределения электрохимического процесса по объему электрода.

Заметим, что если принудительно принять $A = 0$, $B = 0$, то после оптимизации получим значение $\chi_T(x)$ в виде постоянной величины, а если только $A = 0$, то в виде линейной формы.

Задача оптимизации решалась в два этапа. Вначале находили приближение к оптимальным значениям коэффициентов функции $\chi_T(x)$ методом перебора следующим образом. Строилась сетка, где ось x соответствует толщине электрода, а ось y – значениям электропроводности электрода. Поочередно вершина параболы помещалась в каждый узел сетки, в зависимости от значения коэффициента C , вычислялись значения коэффициентов A и B . Далее решалась система дифференциальных уравнений, вычислялся критерий оптимизации. В результате, по окончании первого этапа найдены значения коэффициентов A , B , C , при которых критерий оптимизации имеет минимально возможное значение по принятому алгоритму. Эти значения представляют собой некоторое приближение к оптимуму, поэтому далее они уточнялись методом покоординатного поиска.

Описанный алгоритм решения задачи позволяет, во-первых, свести оптимизацию к наименьшему числу шагов и, во-вторых, отслеживать все локальные минимумы целевой функции.

На каждом шаге итерационного процесса поиска оптимума решалась задача Коши для системы дифференциальных уравнений (1), (4)–(6), причем, для ее решения необходимо каждый раз находить недостающее начальное условие $E(0)$. Система дифференциальных уравнений решалась методом Рунге-Кутты. Недостающее начальное условие находилось известным в вычислительной математике «методом стрельбы».

Программа вычислений выполнена в интегрированной вычислительной среде MathCad. Там же построены все графические зависимости.

Параметры электрода и электролита, используемые при проведении расчетов соответствовали системе для извлечения серебра из тиомочевинных растворов на электрод из УВМ и приведены в табл. 1.

В расчетах использовался электрод с тыльным токоподводом и тыльной подачей раствора в электрод, т.е. наиболее распространенная в практике конструкция электрохимических реакторов с углеродно-волоконистыми электродами (УВЭ) [1].

Таблица 1
Параметры электрода и электролита, при проведении расчетов

Наименование параметра	Обозначение	Значение	Размерность
Электропроводность электролита	$\chi_{жс}$	0.1	См·см ⁻¹
Скорость протока раствора	w	0.5	см/с
Удельная реакционная поверхность	Sv	300	см ² /см ³
Ток обмена	j_0	10 ⁻⁵	А/см ²
Габаритная плотность тока	$J_{ср}$	0.2	А/см ²
Концентрация	C_0	10 ⁻⁵	моль/см ³
Заряд иона	Z	1	-
Толщина электрода	L	0.4	см
Равновесный потенциал серебра	E_p	-0.07	В

Наилучшие результаты расчетов оптимального распределения электропроводности по толщине объемно-пористого электрода, характеризующиеся равномерностью распределения серебра по толщине электрода и степенью его извлечения, приведены в табл. 2. Заметим, что для

всех приведенных в данной статье параметров процесса степень извлечения серебра из раствора вычислялась по формуле $R=1-C_L/C_0$ при однократном прохождении раствора сквозь объем электрода.

Таблица 2

Наилучшие результаты расчетов оптимального распределения электропроводности по толщине объемно-пористого электрода

№	$\chi_T(x) = Ax^2 + Bx + C$			K _p – показатель равномерн.	R – степень извле- чения	Примечания				
	A	B	C			вид функции	располо- жение верши- ны	направ- ление вет- вей	min функ- ции	max функ- ции
1			0.2	0.011304	0.424	прямая			0.2	0.2
2		0.25	0.1	0.012850	0.465	возрас- тающая прямая			0.1	0.2
3		-1	0.5	0.009508	0.284	убыва- ющая прямая			0.1	0.5
4	- 22.5	9	0.1	0.008740	0.419	парабола	в центре	вниз	0.1	1
5	10	-4	0.7	0.015652	0.431	парабола	в центре	вверх	0.3	0.7
6	-1.315	0.02 6	0.3	0.0090009	0.317	парабола	слева x=0.01	вниз	0.1	0.3
7	2.63	- 0.053	0.3	0.0135555	0.483	парабола	слева x=0.01	вверх	0.3	0.7
8	-0.625	0.5	0.1	0.0125456	0.495	парабола	справа	вниз	0.1	0.2
9	5.625	-4.5	1	0.0115009	0.254	парабола	справа	вверх	0.1	1

Результаты расчетов позволяют сделать вывод о том, что лучшими из рассмотренных форм кривых распределения электропроводности являются убывающая линейная (строка 3, табл. 2) и выпуклая вверх параболическая (строка 4, табл. 2) зависимости $\chi_T(x)$. Вместе с тем следует отметить, что равномерное распределение электрохимического процесса по толщине электрода не обуславливает высокую степень извлечения металла (R). Наиболее равномерное распределение электрохимического процесса для выбранной системы (электроосаждение серебра из сернокислого тиомочевинного раствора) соответствует параболическому изменению удельной электропроводности по толщине электрода. Обеспечение достаточно равномерного распределения процесса осаждения серебра по толщине электрода и его высокой степени извлечения > 0.4 (при однократном прохождении раствора сквозь объем электрода) также характерно для

параболического профиля электропроводности со смещенной от центра вершиной параболы.

Очевидно, что оптимальное распределение электропроводности по толщине электрода будет определяться индивидуальными свойствами системы электрод-раствор (удельными электропроводностями раствора и электродного материала, кинетикой электродного процесса), толщиной электрода, токовым и гидродинамическим режимом, наличием параллельно протекающих электродных реакций и др.

Поэтому параметры (A , B , C) зависимостей $\chi_T(x)$ должны определяться посредством оптимизации для каждого конкретного электрохимического процесса электроосаждения на проточный объемно-пористый электрод.

Приведенные выше результаты свидетельствуют о корректности предложенного подхода для решения поставленной задачи и позволяют в дальнейшем рассмотреть влияние параметров электрода, электролита и процесса электролиза на оптимальное распределение электропроводности ПТЭ в процессах, связанных с осаждением металлов с учетом основных положений проведения исследований в этом направлении, изложенных в [2].

Список литературы

1. Варенцов В.К. // *Химия в интересах устойчивого развития*, 1997. - В. 5. - С. 147 – 156.
2. Кошев А.Н., Варенцов В.К., Глейзер Г.Н. // *Электрохимия*, 1992. - Т. 28. - С. 1265-1270.
3. Бек Р.Ю., Замятин А.П. // *Электрохимия*, 1978. - Т. 14. - С. 1196 – 1201.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ СЛОЖНОЙ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЫ

О.В. Кузнецова
МГТУ им. Н.Э.Баумана,
г. Москва

В связи с ростом сложности и размеров исследуемых сложных дискретных систем необходим процесс предварительного анализа функционирования системы. Наиболее актуальной среди задач проектирования является задача оптимизации. Выделяется[1] два типа задач оптимизации: структурная и параметрическая. Структурная оптимизация представляет наибольший интерес с практической точки зрения, но является наиболее сложной ввиду того, что она плохо формализуема, поскольку свойства исследуемого объекта зачастую зависят от большого числа случайных, противоречивых и плохо исследованных факторов.

Для постановки задачи оптимизации необходимо определить объект оптимизации и критерии оптимальности, по которым будут оцениваться получаемые решения и выбираться оптимальное среди множества альтернатив.

Объект оптимизации

Существует несколько способов формализации систем массового обслуживания, однако системы со случайными воздействиями и дискретным временем описываются системами массового обслуживания. Эта система представляется в виде множества приборов обслуживания и потоков заявок, перемещающихся между приборами, характеризуемыми законами их функционирования. Помимо этого элементы системы обладают свойствами, задаваемыми объектами реального мира, основными среди которых являются свойства функциональной идентичности и взаимозаменяемости.

Таким образом, модель описывается матрицей связности, задающей топологию СМО, параметрами функционирования приборов обслуживания и накопителей.

Критерии оптимальности

Как было сказано выше, критерии оптимальности необходимы для оценки получаемых решений и для выбора оптимального решения. В теории систем массового обслуживания[2] основными параметрами, характеризующими систему, служат среднее время обслуживания заявки и среднее число отказов. Эти критерии объединяются в целевую функцию по аддитивному критерию. Таким образом, целевая функция имеет вид

$$t = a \sum_{i=1}^N t_{wait_i} + t_{busy_i} + b \sum_{i=1}^N n_{lost_i}, \text{ где}$$

t_{wait_i} - время ожидания обслуживания i -м прибором обслуживания,

t_{busy_i} - время обслуживания i -м прибором обслуживания,

n_{lost_i} - количество отказов i -го прибора обслуживания,

a, b – нормирующие коэффициенты.

Ограничения

При анализе сложной дискретной системы оценка получаемого решения производится не только по значению целевой функции, но и с помощью ограничения множества допустимых значений параметров модели. Таким образом, можно выделить 3 типа ограничений:

- функциональные – описывают требования к особенностям функционирования исследуемой системы,
- количественные – задаются ограничениями на размерность системы,
- топологические – наиболее сложный тип ограничений, в котором можно выделить несколько подтипов:
 - ограничения для одного элемента, описывающие требования

к позиции элемента: первый элемент, последний или же элемент не является ни первым, ни последним;

- ограничения для последовательно расположенных элементов: описывается требование для нескольких элементов об их последовательном расположении. Причем последовательность расположения может быть как строгой, так и нестрогой;
- ограничения для параллельно расположенных элементов: в данном типе ограничений описывается требование наличия для приборов одного или нескольких приборов обслуживания, на которых равновероятно могут поступить заявки.

Для решения такого класса задач наибольшее применение нашли эволюционные методы[3], позволяющие адаптировать перебор возможных решения под специфику решаемой задачи, в следствие чего значительно сокращается сложность алгоритма.

Список литературы

1. *Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 359 с.*
2. *Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. - М.: Наука, 1968. - 400 с.*
3. *Курейчик В.М. Методы генетического поиска: Ч.1. Учебное пособие. - Таганрог: ТРТУ, 1998. - 118 с.*

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ И ЯРКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДОВ

А.В. Беринцев, С.Г. Новиков
Ульяновский государственный университет,
г. Ульяновск

Появления люминесценции у сверхъярких излучающих диодов при токах порядка нескольких микроампер является интересным фактом и стимулирует исследования в области физики работы излучающих диодов и технике их применений [1]. При этом одной из важных задач при изучении явлений люминесценции у излучающих диодов является задача создания

высококачественного измерительного оборудования позволяющего одновременно измерять несколько электрических и светотехнических характеристик и параметров.

В данной работе для проведения экспериментальных исследований зависимостей параметров и характеристик светодиодов от температуры разработан автоматизированный программно-аппаратный комплекс, структурная схема которого приведена на рис. 1.

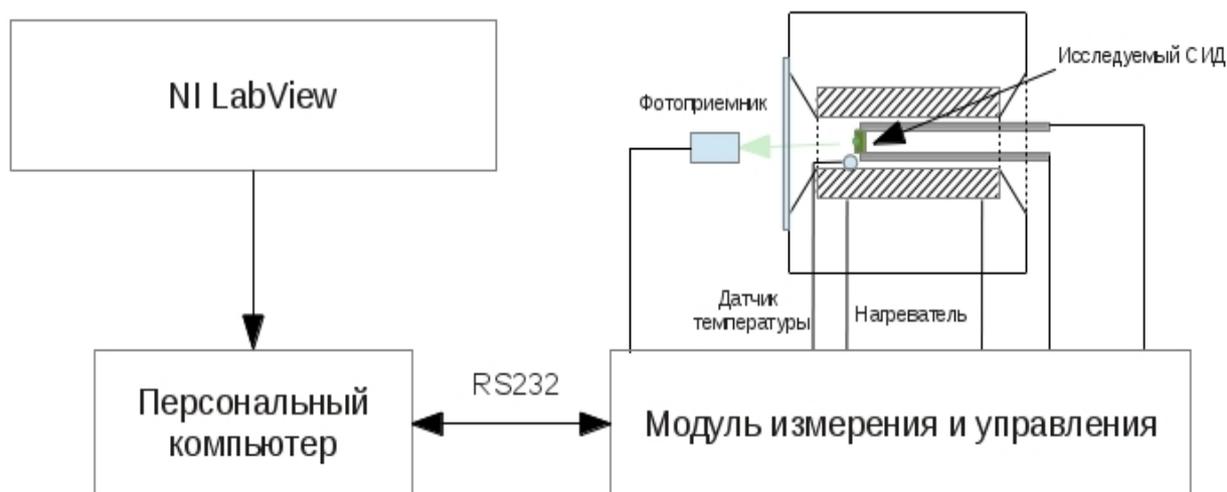


Рис. 1. Структурная измерительного стенда

Аппаратная часть стенда состоит из нагревателя с датчиком температуры, источника тока, фотоприемника, модуля измерения и управления и персонального компьютера. Измеряемые характеристики отображаются на экране компьютера и сохраняются в виде файла, пригодного для дальнейшей обработки. Модуль измерения и управления реализован на ARM-микроконтроллере и обеспечивает управление двумя аналоговыми выходными сигналами, измерение температуры, измерение тока и напряжения на исследуемом светодиоде, обмен данными с персональным компьютером.

Программная часть стенда выполнена в виде подпрограммы в LabVIEW и позволяет автоматически снимать вольт-амперные, яркостные и температурные характеристики светодиодов, строить графики в реальном времени и сохранять данные в файл для дальнейшей обработки [2]. Схема программного модуля представлена на рис.2. Пользовательский интерфейс программного обеспечения стенда представлен на рис. 3. позволяет задавать диапазон выходных напряжений от 0 до 3,3 В или диапазон температур до 400 град. С.

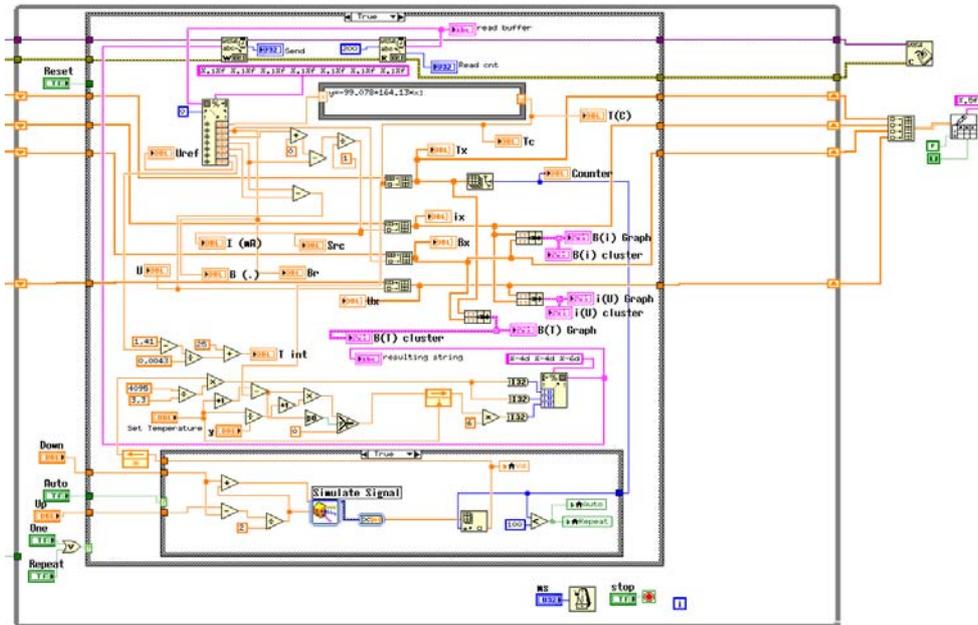


Рис.2. Схема программного модуля

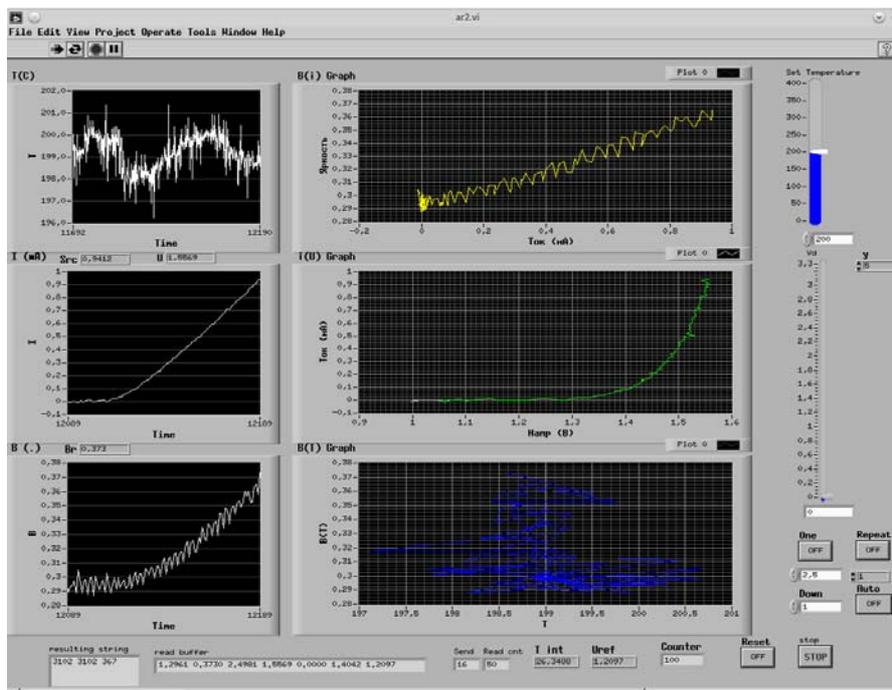


Рис.3. Пользовательский интерфейс программного обеспечения стенда

Данный комплекс обеспечивает погрешность измерения температуры - 0,5 град; напряжения — 8 мВ; тока — 0,003 мА.

Список литературы

4. А.М. Емельянов, Н.А. Соболев, Е.И. Шек Кремниевые светодиоды, излучающие в области зона-зонных переходов: влияние температуры и величины тока // Физика твердого тела, 2004, том 46, вып. 1.
5. Измерения в LabVIEW. Руководство по применению. NI Corp., 2003.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

Т.В. Арутюнян, О.М. Арцыбашева, О.Э. Лужанина, Д.М. Нетребич,
И.И. Пантюхин, А.М. Сабокарь, С.А. Онищук
Кубанский государственный университет,
г. Краснодар

В спортивной медицине в настоящее время накоплены разнообразные массивы данных, отражающие всевозможные встречающиеся в практике ситуации, но при этом из их анализа извлекается непропорционально малое количество информации. В настоящее время происходит качественный скачок в технологиях анализа биомедицинских данных. В настоящее время все большее внимание уделяется разработке компьютерных информационных технологий объединения и совместного анализа массивов таких данных.

Это может оказать существенную помощь тренеру, так как одной из основных его задач является разработка такого графика тренировок, когда каждый спортсмен приходит к соревнованиям в наилучшей форме. Это касается как общего режима тренировок, так и индивидуального подхода к каждому спортсмену. В особенности это относится к спортсменам высокой квалификации.

С использованием информационных технологий для обработки массива данных полезным оказывается статистический анализ, который позволяет получить информацию о взаимосвязях показателей как отдельных спортсменов, так и группы в целом. Из всего многообразия методов статистического анализа можно выделить корреляционный и факторный анализы, которые выявляют математические связи между объектами.

Поэтому целью данной работы было выявление связей между различными биомедицинскими показателями высококвалифицированных спортсменов и основных воздействующих на них статистических факторов.

Исследовались гемограммы, полученные на автоматических анализаторах, общего анализа и биохимии крови, показатели вариационной пульсометрии и ЭКГ на разных этапах тренировочного процесса у высококвалифицированных спортсменов, таких как велосипедисты, гребцы на каноэ и байдарках и пловцы.

Были рассчитаны средние показатели крови. Интерес представляет сравнение показателей крови высококвалифицированных спортсменов разных видов спорта. В частности, по сравнению с велосипедистами и гребцами на каноэ и байдарках у пловцов самые высокие средние по содержанию эритроцитов, тромбоцитов и гемоглобина, процентному содержанию сегментоядерных, самый высокий средний гематокрит, и в то же время самый низкий средний объем эритроцита и самое низкое процентное содержание палочкоядерных.

Вероятно, это связано с разницей интенсивности и продолжительности нагрузок для разных видов спорта. По сравнению, например, с велосипедистами у других спортсменов выступление гораздо менее продолжительное, но более интенсивное.

Были рассчитаны корреляционные матрицы, которая показали как высокие положительные коэффициенты корреляции, высокие отрицательные коэффициенты корреляции, так и отсутствие корреляции вообще. В большинстве случаев результаты были достаточно тривиальны, и скорее указывают на валидность гемограмм. Более важную информацию дало применение факторного анализа.

Было установлено, что при суммарном анализе морфологического, белкового и биохимического состава крови у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в плавании, выделяются 3 ведущих фактора – $F1$, $F2$ и $F3$. Наиболее значимый фактор $F1$ предположительно является фактором анаболической эффективности. Именно судя по вошедшим в него критериям (процентное содержание альбуминов со знаком +, альбумино-глобулиновый коэффициент со знаком +, соотношение тестостерона к кортизолу со знаком + и содержание кортизола со знаком “-“, он и может быть обозначен как фактор превалирующего анаболизма.

В фактор $F2$ вошли процентное содержание лимфоцитов со знаком “+” и процентное содержание нейтрофилов со знаком “-“, что, согласно теории Уколовой и Гаркави, позволяет назвать его фактором неспецифической адаптационной фазы организма.

Фактор $F3$, в который вошли содержание гемоглобина и эритроцитов со знаком “-“ и высокими коэффициентами корреляции ($r=0,85$ и $r=0,74$), может быть обозначен как фактор постнагрузочной гиперволемии или фактор функциональной гиперплазии. Он обусловлен тем, что при интенсивной мышечной деятельности в периферическое кровяное русло поступает большой объем жидкости из тканей. Кровь, по сути, разбавляется, свидетельством чему является тенденция к уменьшению указанных выше показателей красной крови.

Относительно фактора $F4$, вклад которого в общую дисперсию составляет 10 %, было установлено, что его влияние обусловлено преимущественно увеличением уровня сывороточного тестостерона, и он был идентифицирован как фактор специфической адаптации к напряженной мышечной деятельности.

Что касается результатов факторного анализа индивидуальных значений морфологического, белкового и биохимического состава крови, то здесь обращают на себя внимание различия в выделенных факторах, в частности, наличие у 5 из 7 обследуемых спортсменов в качестве фактора с наиболее высоким удельным весом смешанного фактора, сочетающего в себе фактор превалирующего анаболизма и кислородной емкости крови. Дополнительно были выделены фактор эффективной реципрокной регуляции показателей белой крови, фактор превалирующего катаболизма и другие.

Также анализировались 28 параметров ЭКГ. Всего проведено 193 измерения.

Все регистрируемые параметры были подвергнуты ROC-анализу, что дало возможность установить дифференциально-диагностическую значимость отношения амплитуды зубцов R к T в отведениях V2-V6. Это дало возможность прогнозировать попадание спортсменов в группу, стабильно показывающую результат выше ожидаемого, в группу, стабильно показывающие результат в пределах ожидаемого и в группу, стабильно показывающие результат ниже ожидаемого. В свое время значимость данного параметра в аспекте прогнозирования уровня тренированности спортсменов была выделена А.И. Журавлевой и Н.Д. Граевской.

Были выделены два фактора с наибольшим удельным весом – $F1$ и $F2$. Они могут быть обозначены; $F1$: QTф, QTБ, QTф-QT, R-R, RRmax, RRmin со знаком - ; коэффициенты корреляции соответственно 0,86; 0,87; 0,85; 0,90; 0,85; 0,83. $F2$: TV2, TV3, TV4 со знаком +; коэффициенты корреляции соответственно 0,71; 0,82; 0,77.

То есть продолжительность интервала QT должна оцениваться величинами, которые зависят от частоты сердечных сокращений и, соответственно, тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы. Что касается эффективности метаболических процессов в миокарде, то здесь наиболее значимым критерием оказалась амплитуда зубца T в отведении V3.

Интересные данные получены при изучении результатов факторного анализа у представителей отдельных видов спорта. В частности, у гребцов на байдарках и каноэ в качестве второго выделился фактор антропометрической обусловленности реполяризации в отведениях V2, V3. Что же касается велосипедистов, то здесь в качестве первого фактора выделился фактор симпатической обусловленности метаболизма.

Выделение основных критериев превалирования тонуса симпатического или парасимпатического отдела автономной (вегетативной) нервной системы, а также соотношения между ними было проведено по результатам вариационной пульсометрии при использовании компьютерной диагностической системы «Валента». Анализу были подвергнуты 32 показателя.

Установлены три наиболее значимых фактора – $F1$, $F2$ и $F3$. Наиболее высок удельный вес фактора $F1$, отражающего напряжение симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС). Вторым по величине удельного веса выделился фактор $F2$, отражающий напряжение парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Третий фактор $F3$, судя по входящим в него компонентам (MB1/BB; (MB1+MB2)/BB), отражает соотношение тонуса симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы.

Исследование распределений частоты сердечных сокращений в покое (ЧСС) выявило, что наибольшей модой обладает распределение пловцов, несколько меньшая мода у велосипедистов, а наименьшая - у распределения гребцов. Исследование индивидуальной динамики ЧСС спортсменов показало, что наибольшей стабильностью ЧСС обладают пловцы. Гребцы и велосипедисты в процессе тренировок менее стабильны по этому показателю.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НАПРЯЖЁННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 ГЦ

Р.С. Одинцов

ЗАО «Научно-производственное предприятие «Циклон-Прибор»,
г. Фрязино, Московская область

Представлена информационно-измерительная система, построенная на базе поверочной установки П1-26, для автоматизации поверки средств измерений напряжённости магнитного поля промышленной частоты 50 Гц.

Введение

Современные системы автоматизированной поверки средств измерений рассматриваются как информационно-измерительные системы (ИИС), для которых изучаемые объекты – поверяемые приборы [1]. Автоматизация поверочных работ исключает влияние субъективного фактора и обеспечивает высокую производительность труда [2,3]. В свою очередь, производительность труда поверителя во многом зависит от эффективности используемого в ИИС программного обеспечения (ПО).

Цель настоящей работы – создание ИИС для автоматизации поверки средств измерений напряжённости магнитного поля промышленной частоты и проведение сравнительной оценки интервала времени, затрачиваемого на поверку средств измерений в ручном, автоматизированном и автоматическом режимах, как интегрального показателя эффективности разработанного ПО.

Материалы и методы

В качестве элементов для построения ИИС использовались: установка поверочная средств измерений напряжённости магнитного поля промышленной частоты П1-26, персональный компьютер (ПК) и WEB-камера для дистанционного наблюдения за показаниями поверяемого прибора. Блок управления установки был подключен к ПК через USB-интерфейс. Сравнительная оценка интервала времени, затрачиваемого на поверку в ручном, автоматизированном и автоматическом режимах, выполнялась при поверке измерителя электромагнитных полей ПЗ-60.

Результаты

Структурная схема ИИС для автоматизации поверки средств измерений напряжённости магнитного поля промышленной частоты 50 Гц в диапазоне напряжённостей от 0,1 А/м до 2000 А/м представлена на рис 1.

Для автоматизации процесса поверки разработано ПО выполняющее следующие функции:

- управление величиной генерируемого магнитного поля;
- отображение текущей величины напряжённости магнитного поля;
- дистанционное видеонаблюдение за показаниями поверяемого прибора;
- проведение автоматизированной и автоматической поверки;

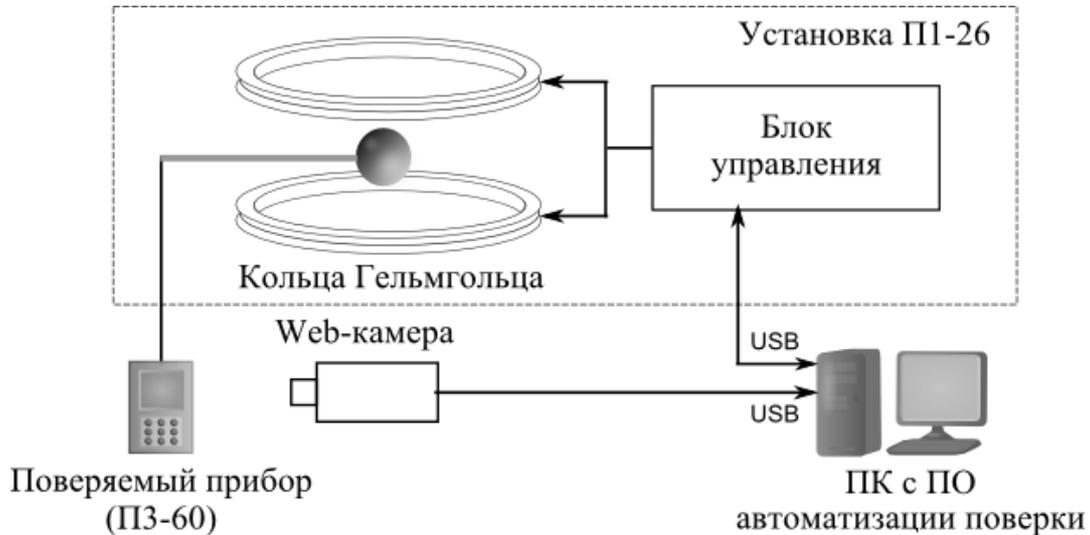


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы поверки средств измерений напряжённости магнитного поля промышленной частоты 50 Гц

- сохранением исходных данных и результатов поверки в общей базе данных;
- формированием подробной отчётности по результатам поверки.

На рис. 2 представлен вид главного окна ПО в режиме поверки.

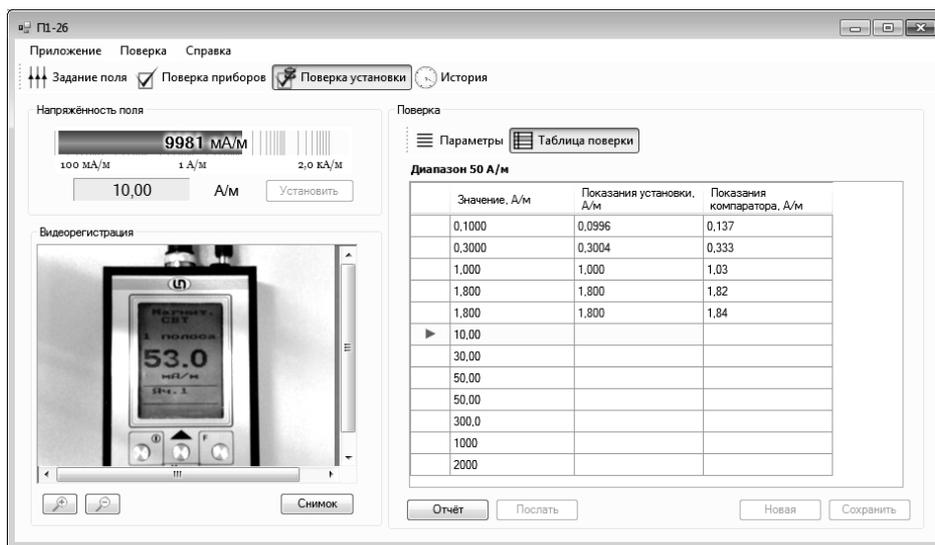


Рис 2. Вид главного окна ПО в режиме полуавтоматической поверки

Проведена оценка временного интервала поверки измерителя электромагнитных полей ПЗ-60 в следующих режимах:

- а) **ручном** (установка точки поверки производилась с помощью блока управления; регистрация показаний - с экрана прибора; запись результата в протокол);
- б) **автоматизированном** (установка точки поверки производилась с ПК с помощью ПО в соответствии с заранее заданной поверочной таблицей; ввод показаний поверяемого прибора, получаемых с WEB-камеры, производился вручную; ПО автоматически формировало протокол поверки);
- в) **автоматическом** (поверяемый прибор подключался к ПК через цифровой интерфейс и передавал текущие показания ПО; весь процесс поверки вплоть до получения протокола - полностью автоматический).

На диаграмме рис. 3 показано соотношение временных интервалов, полученных при различных режимах поверки измерителя ПЗ-60, за 100 % принято среднее значение временного интервала в ручном режиме.

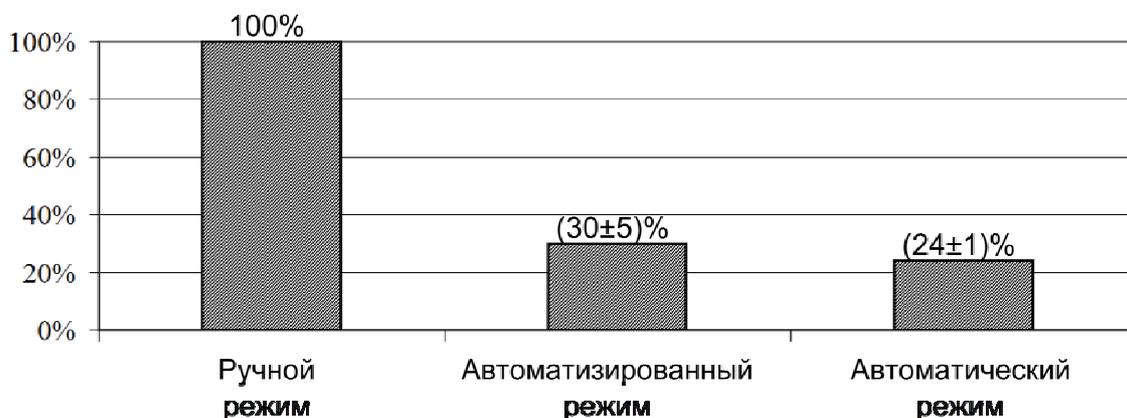


Рис. 3. Соотношение временных интервалов для различных режимов поверки

Вывод

Применение ИИС для поверки средств измерения значительно повышает производительность труда. Созданная ИИС для автоматизации поверки средств измерений напряжённости магнитного поля промышленной частоты 50 Гц сокращает временные затраты на поверку до 70 %.

Так как современные средства измерения электромагнитных полей промышленной частоты не имеют стандартизированного цифрового интерфейса, большинство приборов будет поверяться в автоматизированном режиме. Близкие временные интервалы автоматизированного и автоматического режимов поверки говорят об эффективности разработанного ПО.

Список литературы

1. Киселев С.К. Использование искусственных нейронных сетей для автоматизации поверки измерительных приборов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004, №1. – С. 52-55.

2. *Китайцева Е.С. Автоматизация поверки стрелочных электроизмерительных приборов // Информационные системы и измерительно-вычислительные комплексы: сборник докладов студентов и аспирантов кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» на научно-технических конференциях. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – С. 33-38.*

3. *Li N., Liu Q., Wang L., Liu X. A Novel Approach for Automation of Precision Calibration Process // 4th International Conference on Information and Automation for Sustainability, 2008. – С. 319-323*

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИМПУЛЬСНЫЙ КОДОВЫЙ МОДУЛЯТОР С ПРОГНОЗИРУЮЩИМ ФИЛЬТРОМ НА ОСНОВЕ МЛЭ

А.Х. Султанов, В.Х. Багманов, И.К. Мешков, А.Р. Зайнуллин
ФГБОУ ВПО Уфимский государственный
авиационный технический университет,
г. Уфа

Предлагается расширить пропускную способность канала при передаче геолого-технологической информации по каналу беспроводной связи IEEE 802.15.4 ZigBee путем использования дифференциально-импульсного кодирования в совокупности с многомерной линейной экстраполяцией (МЛЭ).

Метод дифференциально-импульсной кодовой модуляции с использованием МЛЭ заключается в предсказании значений сигнала, исходя из самообучающихся векторов \vec{A} и коэффициента λ . Векторы \vec{A} состоят из первых членов последовательности значений сигнала.

$$\vec{A}_3 = \vec{A}_1 + \lambda(\vec{A}_2 - \vec{A}_1), \quad (0.1)$$

где $\lambda = \frac{\sum_{i=1}^N (a_i^3 - a_i^1) \cdot (a_i^2 - a_i^1)}{\sum_{i=1}^N (a_i^2 - a_i^1)^2}$, a_i - члены выборок, состоящих из N элементов.

(0.2)

Реализация данной модели производилась в среде Matlab 6.65 Simulink, где в качестве модулятора и демодулятора ДИКМ использовались фильтры, передаточными коэффициентами которых являлись коэффициенты при векторах сигнала \vec{A} в формуле (1.1).

Апробация результатов работы проводилась на моделях простых линейных сигналов и случайного процесса. В работе реализована возможность расчета цифровой разности и энтропии между предсказанным и исходным сигналами. Эффективность работы фильтра оценивалась по энтропии исходного и переданного сигнала.

В результате работы, рассчитаны коэффициенты прогнозирующего фильтра на основе ДИКМ, данный метод передачи не требует определения корреляционных характеристик сигнала и позволяет снизить информационную избыточность за счет экстраполяции в 1,5-2,5 раза по сравнению со стандартной схемой ДИКМ.

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТОВ ПО ПОКАЗАНИЯМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАСХОДА И ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ РОТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.Н. Курьянов, Е.В. Курьянова
«НИУ» МЭИ» филиал в г. Волжский,
г. Волжский

Энергоэффективность роторного оборудования зависит от показателей вибрации, количества потребляемой электроэнергии и температуры нагрева изоляции двигателя. Планирование ремонтов роторного оборудования по показаниям измерительной системы контроля расхода и потерь электрической энергии является наиболее перспективным направлением энергосбережения. Появляющиеся дефекты и неисправности, а так же износ и старение оборудования, вызывающие появление дополнительных потерь энергии, выявляются системой при сравнении с данными, полученными математическим моделированием. На основании полученных данных о дефекте и степени его развития рассчитываются дополнительные потери электрической энергии, вносимые дефектами и делается вывод о необходимости принятия мер по их устранению. Например, путем вывода оборудования в ремонт, переключения на резервный источник питания либо резервное оборудование. Определяется оптимальная дата проведения замены дефектного узла в зависимости от соблюдения условия наименьших затрат предприятия на вывод оборудования в ремонт либо оплаты, некоторое объективное время, повышенного расхода электрической энергии, суммарно не превышающего затраты на ремонтные работы. Появляющиеся дефекты и неисправности, а так же износ и старение оборудования, вызывающие появление дополнительных потерь энергии, выявляются системой при сравнении с данными, полученными математическим моделированием.

Для реализации предложенной концепции разработаны программно-аппаратные средства ИИС. Программное обеспечение состоит из: пакета прикладных программ настройки модулей стенда и пакета прикладных программ по контролю и снижению расхода и потерь электрической энергии. Для отображения данных в реальном времени на ЭВМ в интегрированной среде разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами отечественного производства Trace Mode создано автоматизированное рабочее место, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [1].

Список литературы

1. Шевчук В.П., Курьянов В.Н., Хлынова О.С., Лупачев А.А. Программный комплекс оптимизации затрат на эксплуатацию роторного оборудования по потерям электрической энергии оборудования «РОПОТ» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012617022, зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 6 августа 2012.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТРИК ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ

А.В. Юрченко
ЗАО «ЕС-лизинг»,
г. Тула

Конфигурационное управление (КУ) программного обеспечения (ПО) представляет собой контролируемый способ управления разработкой и модификацией ПО. Для эффективного процесса *КУ ПО* можно использовать различные инструменты *КУ*, которые предназначены для сбора информации об изменяемых в процессе разработки, или сопровождения, элементах. Развитые инструменты *КУ ПО* так же включают в себя процесс управления изменениями, который собирает информацию, связанную с процессом изменения проекта. Существует огромное количество информации, находящейся в репозитории *КУ ПО*, которая может использоваться в качестве входных программных метрик для количественно- и процесс-ориентированных метрик.

В данной работе описывается, как данные *КУ ПО* могут быть использованы для процесс-ориентированных программных метрик. Чтобы идентифицировать изменения, происходящие в программных системах, *КУ ПО* использует т.н. *запросы на изменение*. Результаты измерений *запросов на изменение* позволяют получить информацию не только о количестве и типе изменений, но также и о поведении процесса разработки ПО.

Существует множество различных программных метрик, и их можно классифицировать согласно соответствующему процессу разработки, продуктам, или ресурсам [1]. Типичными метриками продукта являются количественные метрики (количество строк кода, количество документов, и т.д.), метрики качества, и т.д. Метрики процесса представляют собой результаты измерений, относящиеся к различным фазам процесса разработки. Измерение процессов помогает лучше понимать рассматриваемые процессы, управлять ими, улучшать и прогнозировать [2]. Количественные метрики относительно легко получать, особенно если внедрен и используется процесс *КУ ПО*. Так же количественные метрики легко интерпретировать (анализировать), поскольку они часто получаются простыми измерениями. Гораздо сложнее получать метрики процесса. Определение данных для измерения не является тривиальным, не смотря на то, что существуют

принятые методики, такие, как «Цель, вопрос, метрика» [3]. Интерпретация таких метрик так же сложна, и даже измерения зачастую не бывают непосредственными. Возникает вопрос: могут ли инструменты *КУ ПО* предоставить информацию для измерений процессов? Ответом будет «да», если инструменты объединяют в себе управление процессом и *КУ ПО*, например, такие, как ClearGuide [4], или PVCS [5].

Основная идея процесс-ориентированных инструментов *КУ* заключается в управлении изменениями, вместо управления файлами. Управление изменениями контролирует отношения между логическими изменениями, и реализуемыми физическими изменениями файлов, хранящихся в системе. Термин *запрос на изменение* используется для обозначения логического изменения. *Запросы на изменение* предоставляют информацию о системных изменениях и таким неявным способом предоставляют информацию для метрик процесса. Так как процесс в целом представляет собой множество взаимосвязанных действий, распределенных во времени, то необходимо рассматривать временные параметры в таких измерениях. Использование данных (информации) процесса *КУ ПО* для получения различных измерений, связанных с изменениями, является широко признанным эффективным методом [6].

Базовым элементом процесса управления изменениями *среды разработки ПО* является *запрос на изменение*, который представляет собой сущность, описывающую логические изменения, производимые в программной системе. Под логическим изменением понимается изменение, описанное не на физическом, а на функциональном, абстрактном уровне, например, такое, как спецификация того, какие файлы должны быть изменены. *Запросы на изменение* описывают изменения любого вида: объявление новой функции, улучшение существующих функций, исправление ошибки, или любое административное изменение, способное улучшить процесс разработки.

На протяжении процесса разработки *запрос на изменение* проходит через различные состояния, которые в различных системах управления изменениями могут называться по-разному, и их может быть разное количество. Например, когда он создается, то он находится в состоянии «Подан». Во время работы он проходит через другие состояния, такие, как «Назначен», «В работе», «Выполнен», и, в конце концов, состояние «Закрыт». Пример различных состояний *запроса на изменение* в процессе разработки приведен на рис. 1.

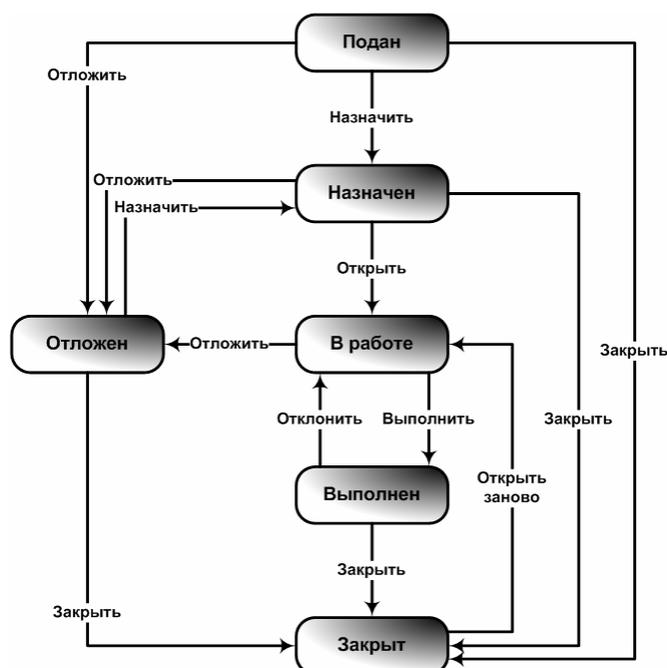


Рис.1. Пример состояния *запроса на изменение* в процессе разработки

Запросы на изменение могут включать информацию о самом запросе, а также любую другую информацию, которая может быть использована для измерений, и для управления процессом. Например, кто является ответственным за *запрос на изменение*, когда будет выполнена модификация, и т.д. На рисунке 2 приведен пример форм *запроса на изменение*, созданного в системе управления изменениями Rational ClearQuest.

Запросы на изменение каждый раз, после изменения файлов, находящихся под *версионным контролем*, автоматически изменяются сами, добавляя такие атрибуты, как описание изменения, список измененных *версий* файлов, состояние *версии* каждого файла, дату изменения, и т.д. Эти атрибуты используются для выполнения измерений процесса.

The screenshot displays two side-by-side windows from the Rational ClearQuest system. The left window is titled 'Основные сведения' (Basic Information) and contains fields for 'ID задания' (Task ID: SMPDВ00000265), 'Состояние' (Status: Закрыто), 'Заголовок' (Title: Доработать АРМ администратора КЦОИ), 'Проект RA' (Project RA), 'Проект UCM' (Project UCM: KDOIComps), 'Ответственный' (Assignee: Юрченко_Алексей_Васильевич), 'Дата выдачи' (Due Date: Октябрь 26, 2006), and 'Срок выполнения' (Completion Date: Декабрь 06, 2006). The right window is titled 'Подробное описание задания' (Detailed Task Description) and contains a text area for 'Описание' (Description), 'Входные данные' (Input Data), 'Выходные данные' (Output Data), 'Инцидент' (Incident), and 'Приоритет' (Priority).

Рис.2. Формы *запроса на изменение* (вкладки «Основные сведения» и «Подробное описание задания»), созданного в системе управления изменениями Rational ClearQuest

Одной из больших проблем процессов объемной разработки является отслеживание текущего состояния проекта. Очень сложно одновременно отслеживать работу десятков и сотен разработчиков, участвующих в процессе. Без хорошего понимания текущего состояния проекта становится тяжелее планировать и оценивать работы и время, необходимые для завершения проекта. Одним из способов минимизации такой неопределенности является автоматическая регистрация любых изменений, происходящих в системе, и анализ зарегистрированных данных. Тем не менее, сохранения информации о конкретных изменениях, выполняемых над такими объектами, как исходный код, или документ, может быть не достаточно. Количество строк, измененных, или созданных в исходном коде, может показать, какое количество работы было проделано, но не то, сколько работы еще осталось. Измерения на более высоком уровне абстракции могут дать лучшее понимание подобных вопросов. Измерения изменений должны выполняться как на функциональном, так и на конкретном уровне (какие файлы и какие строки в файлах были изменены). Рисунок 3 иллюстрирует процесс разработки, в котором все находится под контролем *запросов на изменение* и различных инструментов формирования отчетности о дефектах.

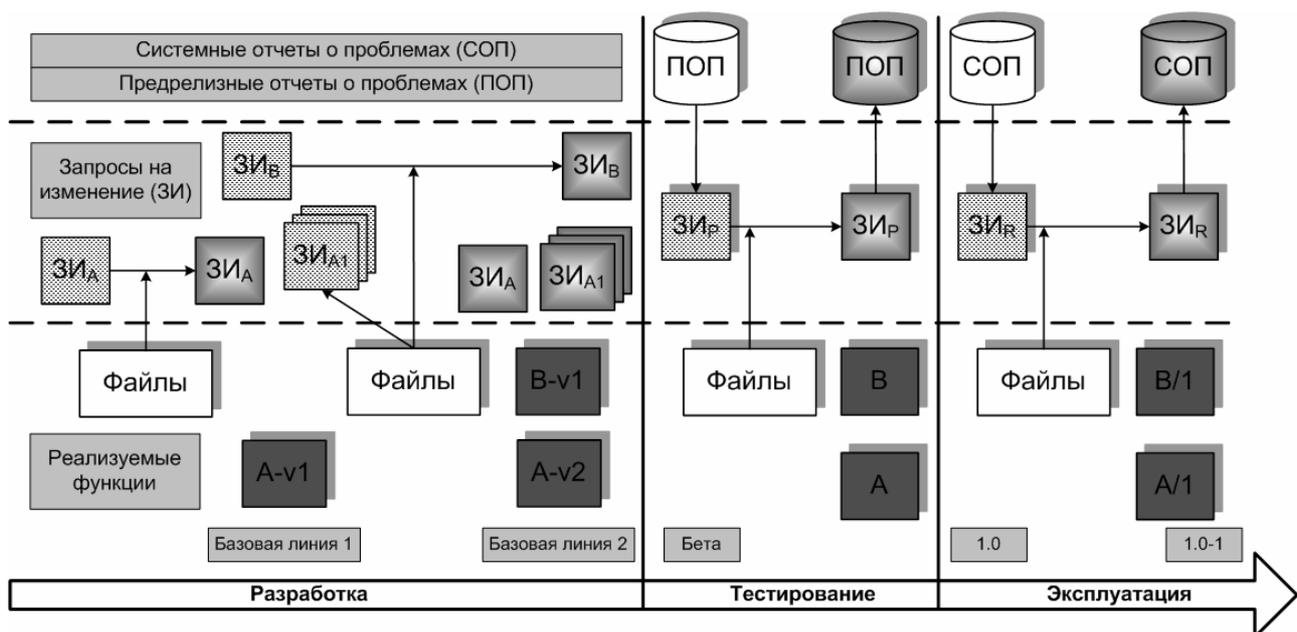


Рис. 3. Процесс разработки и управление изменениями

Когда программный проект находится на стадии разработки, то *запросы на изменение* описывают новые функции продукта. *Запросы на изменение* создаются из системных требований и спецификаций проектирования. Когда разработчик начинает реализовывать функции и начинает создавать новые файлы (исходного кода, или документации), то выполняемые изменения автоматически регистрируются в соответствующих *запросах на изменение*. Во время процесса разработки могут быть сделаны мгновенные копии состояния системы (конкретные *версии* всех элементов на заданный момент времени), так

называемые *базовые линии* (обозначены как A-v1, A-v2 на рисунке 3). Выбранные *версии* элементов и соответствующие им *запросы на изменение* используются для *сборки* предварительных *релизов*. На данном этапе *запросы на изменение*, описывающие функции, завершаются, и могут быть закрыты. Далее, предварительные *релизы* могут быть протестированы, или могут быть использованы как выходные данные для других проектов, но параллельная разработка новых функций может продолжаться. Другие *запросы на изменение* (ЗИ_В на рисунке 3), которые еще не выполнены, описывают функции, разработка которых была запланирована на следующий период. В то же самое время, уже реализованные функции, могут содержать ошибки, и требуют улучшения (исправления), или добавления новых свойств. Изменения, требуемые для реализации таких функций, определяются в новых *запросах на изменение* (ЗИ_{А1} на рисунке 3). Процесс разработки продолжается до второй *базовой линии*, третьей, и т.д., пока проект достигнет фазы тестирования, и *релиз* продукта не достигнет стадии *бета*. Эта *бета версия* уже тестируется командой тестировщиков, которые не имеют доступа к среде разработки, и запускают тесты в соответствующей всем проектным требованиям среде выполнения. Все полученные дефекты продукта регистрируются в базе данных дефектов (предрелизные отчеты о проблемах – ПОП на 3 рисунке). *Совет управления изменениями* решает, какие дефекты должны быть устранены, и для всех запланированных работ по устранению дефектов автоматически генерируются *запросы на изменение*. На текущей стадии команды тестировщиков и разработчиков обмениваются информацией через *запросы на изменение* и предрелизные отчеты о проблемах. Команда тестирования отчитывается о результатах тестирования с помощью предрелизных отчетов о проблемах, которые порождают *запросы на изменение*, а *запросы на изменения*, в свою очередь (после выполнения работы разработчиками), обновляют информацию о том, что было изменено, в предрелизных отчетах о проблемах. После завершения тестирования и *релиза* продукта все дефекты записываются в базу данных дефектов продукта (системные отчеты о проблемах – СОП на рисунке 3). Далее все происходит по той же схеме. Когда *совет управления изменениями* решает произвести изменение в проекте, например, после отчета об ошибке эксплуатации продукта, создаются новые *запросы на изменение* из базы данных системных отчетов о проблемах. Далее процесс сопровождения протекает по приблизительно такому же пути, как и процесс разработки.

Главной целью использования *запросов на изменение* является получение обзорной информации о текущем состоянии проекта, и документирование всех изменений, производимых в проекте и *релизе* продукта. Второй по значимости целью является увеличение предсказуемости поведения проекта. *Запросы на изменение* содержат данные, которые можно использовать для достижения перечисленных целей. Количество изменений, их состояния, классификация по приоритетам, типы функций, количество измененных файлов, и т.д. – все это является одним из видов доступных метрик. Эти виды данных предоставляют информацию о текущем состоянии проекта, то есть статическую информацию.

Поскольку *запросы на изменение* связаны с *версионным контролем*, то история каждого изменения так же доступна. Состояния всех изменений доступны для всего периода процесса разработки. Эти данные предоставляют информацию о динамических изменениях и показывают поведение процесса разработки. Так как *запросы на изменение* содержат данные о разработчиках, задействованных в процессе управления изменениями, то становится возможным получить метрики для всего программного проекта, и для каждого его участника в частности. Ниже приведены измерения, которые обычно позволяет производить среднестатистическое средство управления изменениями:

- **Текущий статус.** Показывает состояния *запроса на изменение* для каждого заданного периода (например, месяц, или неделя). Данные измерения отображают текущее состояние проекта и динамику его изменения.
- **Суммарные запросы на изменение.** Завершенные и незавершенные *запросы на изменение* сортируются по датам, то есть данное измерение отображает динамику завершенности изменений.
- **Новые запросы на изменение.** Измерение показывает количество новых *запросов на изменение*, созданных за определенный временной интервал. Полученный график будет показывать стабильность требований к продукту.
- **Самые последние изменения.** Показывает *запросы на изменение*, переведенные в новые состояния. Измерение отображает динамику завершенности работ, например, над сколькими изменениями была начата работа, сколько было открыто, и т.д.
- **Новые и завершенные.** Показывает количество новых и завершенных (вход и выход) *запросов на изменение* за заданный временной интервал. Измерение показывает способность проекта быстро реагировать на требования по изменению.
- **Длительность жизни запроса на изменение.** Показывает распределение длины жизненного цикла *запроса на изменение*. Представляет временное распределение завершенности изменения.

Рассмотрим измерения, выполненные в конкретных программных проектах. Эти измерения использовались как во время разработки проекта, так и в анализе процесса проекта после его завершения.

Первый пример проекта использует модель разработки, которая является комбинацией спиральной модели и модели *эволюционного прототипирования* [7]. Разработка ПО представляет собой последовательность итераций, каждая из которых состоит из нескольких фаз: *прототипирование*, анализ различных альтернатив, улучшение прототипа, разработка и *сборка* проекта и планирование следующей итерации. Суть данной модели заключается в постоянном росте количества *запросов на изменение*, поскольку новые требования определяются на протяжении каждой итерации (улучшения) и в начале каждой итерации (новые функции). На последней итерации количество

новых *запросов на изменение*, описывающих новые функции, сокращается, но новые *запросы на изменение*, связанные работами по *релизу*, продолжают создаваться. Работы по тестированию и закрытие соответствующих *запросов на изменение* становится более интенсивным по окончании каждой итерации. Невыполненные *запросы на изменение* откладываются до следующих *релизов*.

Графики текущего статуса (рисунок 4) показывают количество *запросов на изменение*, созданных на протяжении проекта. Общее количество *запросов на изменение*, распределенных в соответствии с их состояниями, представлено для каждого заданного периода в виде накопленных *запросов на изменение* (левый график), и текущих состояний (правый график). Эти графики показывают, что количество новых *запросов на изменение* растет постоянно. Количество завершенных *запросов на изменение* увеличивается с той же динамикой. Количество открытых *запросов на изменение* остается приблизительно одно и то же на протяжении всего проекта, за исключением последней фазы.

Среди завершенных *запросов на изменение* на графиках можно увидеть шаги, или перепады в значениях. Эти шаги соответствуют предрелизным поставкам продукта, то есть когда приближается время новой поставки, то многие *запросы на изменение* закрываются. За этот же период создается лишь небольшое количество новых *запросов на изменение*. В начале следующей итерации количество новых *запросов на изменение* вырастает, в то время как очень небольшое количество, или вообще ни один из существующих *запросов на изменение*, не закрывается.

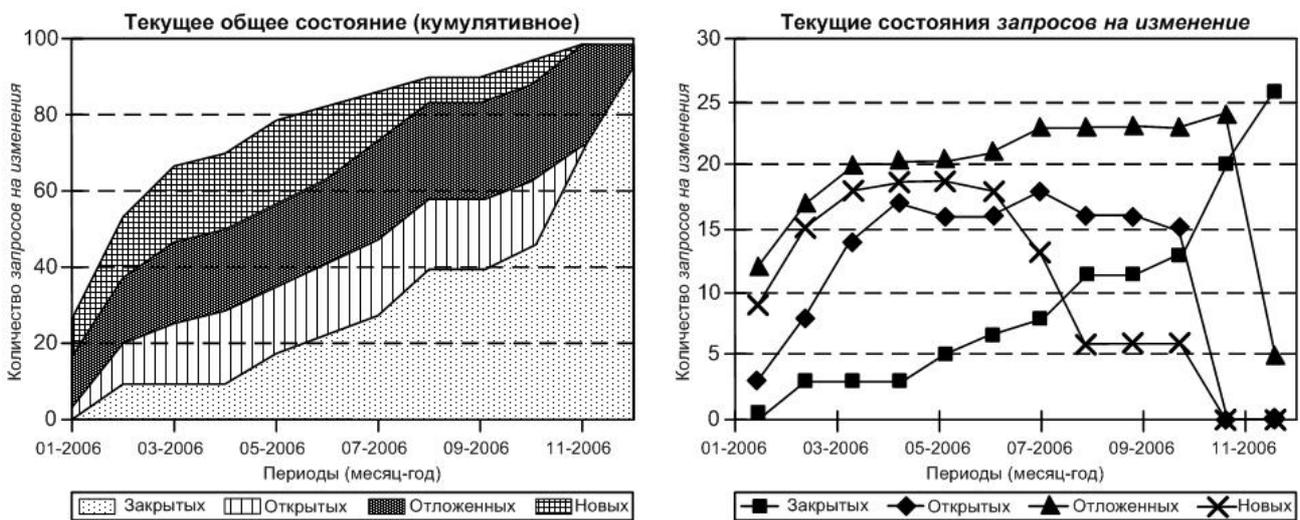


Рис. 4. Текущие состояния *запросов на изменение* для проекта, использующего спиральную модель

Измерения для проекта, использующего водопадную модель (рисунок 5), демонстрируют отличный от предыдущего процесс управления изменениями. На начальном этапе проекта выявляются все требования и в соответствии с ними создаются *запросы на изменение*. Графики показывают, как улучшен процесс работы. Количество открытых *запросов на изменение* постоянно растет, с небольшими прогнозируемыми паузами в период отпусков.

Линейность убывания кривой новых запросов на изменение (на правом графике) делает возможным прогноз завершающего этапа реализации. Последний этап характеризуется лишь несколькими открытыми запросами на изменение, что говорит об интеграционных процессах и приемочных испытаниях.

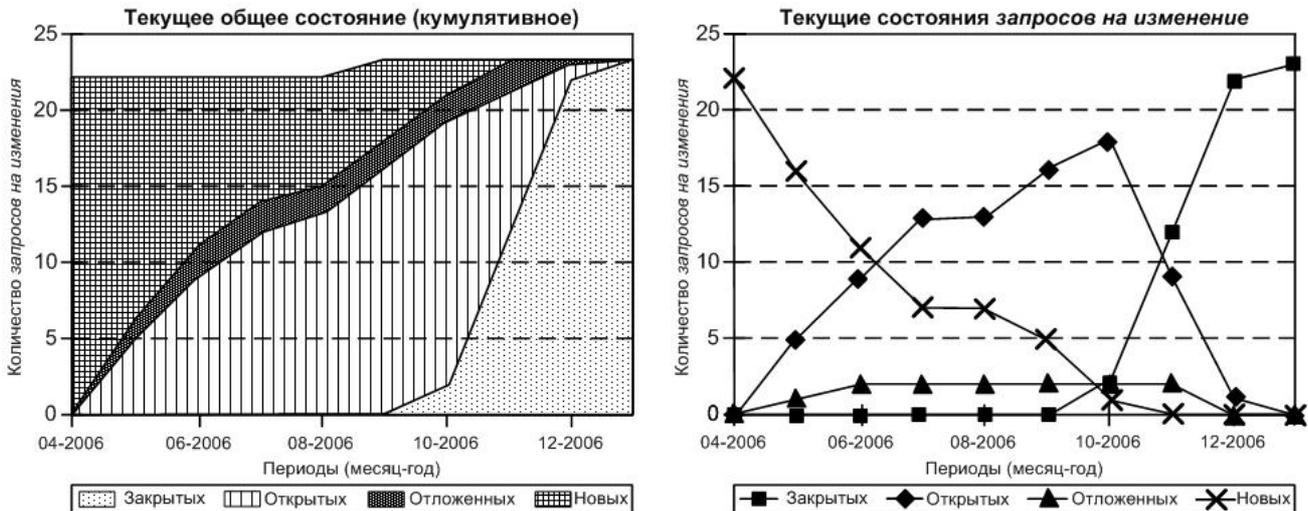


Рис. 5. Текущие состояния запросов на изменение для проекта, использующего водопадную модель

Левый график на рисунке 6 (построен для примера с первым проектом, со спиральной моделью) показывает для каждого периода, какой объем работ уже выполнен, и какой еще предстоит выполнить. Если такой график создается для данных по всем членам проекта, или для данных по отдельным разработчикам, то становится возможным планирование и анализ для различных групп команды проекта. Такие измерения обычно используются во время этапов реализации и тестирования.

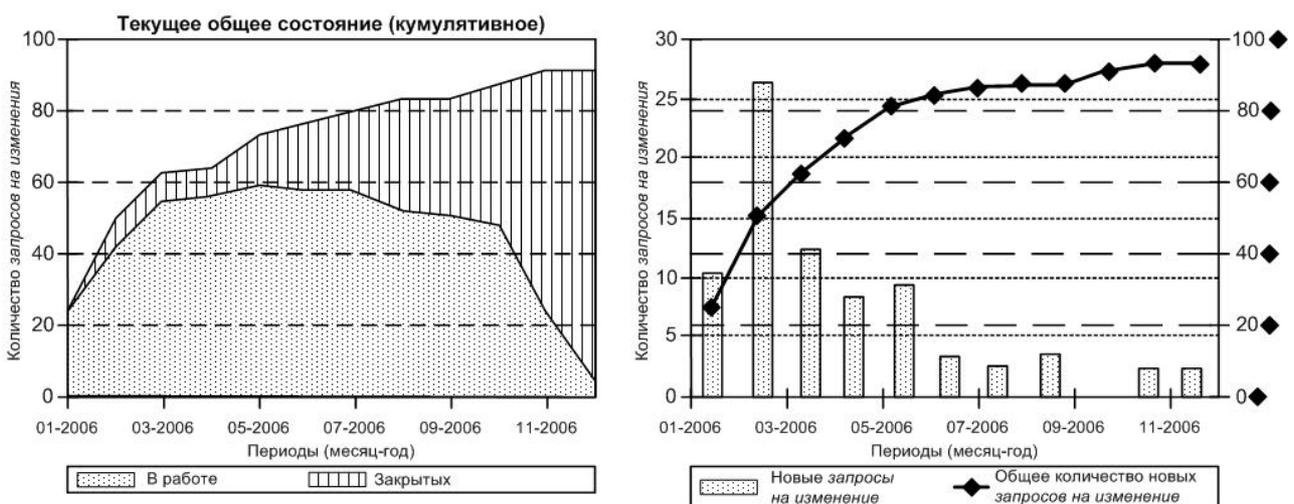


Рис. 6. Закрытые и оставшиеся запросы на изменение

График на правой стороне рисунка 6 показывает динамику создания новых запросов на изменение. Левый график с кумулятивными данными не дает полного представления о входящих запросах на изменение (например,

связанными с новыми требованиями, или отчетами об ошибках). Если экстраполировать кривую на правом графике, то становится возможным оценить стабильность проектов, и создавать более точные планы для конечных этапов проектов.

На рисунке 7 (в качестве примера взят проект со спиральной моделью) приведено распределение длительностей жизненных циклов *запросов на изменение*, то есть количество времени, необходимое для реализации (выполнения) этих *запросов на изменение*. Время на оси абсцисс (X) представляет собой временной интервал между назначением *запроса на изменение* и выполнением изменения. Ось ординат (Y) отображает количество изменений, которые выполнены в указанный период. График показывает, что почти 50% *запросов на изменение* выполнены в течение шести месяцев, и около 80% *запросов на изменение* завершены в течение двенадцати месяцев. Более высокий процент выполнен для *запросов на изменение* с высоким приоритетом. Измерения показывают, что наиболее подходящим периодом для поставки продукта являются эти двенадцать месяцев, а запланированные оставшиеся изменения можно выполнить после. Так же график показывает, что существует тенденция «забывать» о *запросах не изменение* с низким приоритетом, и *запросах на изменение*, которые требуют больших усилий для реализации.

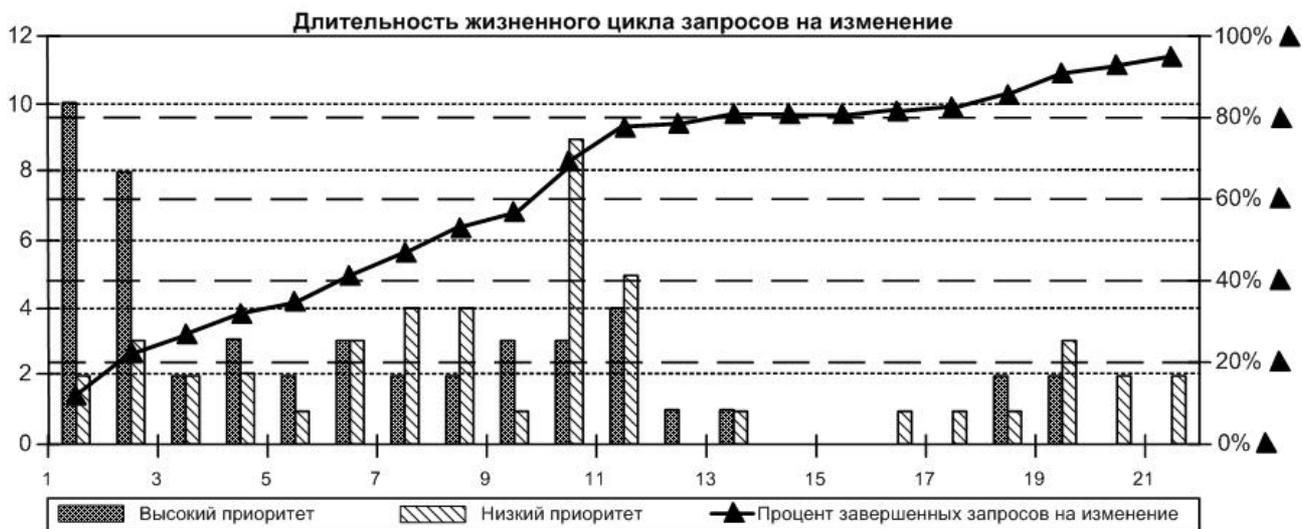


Рис. 7. Распределение количества времени, необходимого для выполнения изменений

В данной работе были представлены результаты систематических измерений некоторых программных проектов и их анализ. В среднем измерения производились раз в неделю. В каждом проекте в среднем участвовало по семь разработчиков, написано было приблизительно по 300 000 строк кода для каждого проекта. Каждый проект длился от восьми до восемнадцати месяцев, выполняя от 100 до 200 *запросов на изменение*. Полученные измерения, вместе с другими отчетами, полученными от системы *КУ ПО*, использовались для анализа текущего состояния проекта и для планирования следующего периода. Анализ проводимых измерений привел к лучшему пониманию требований, планов, вопросов качества.

Предметное изучение показало очень похожие паттерны метрик. Было измерено три проекта со спиральной моделью развития, и результаты метрик *запросов на изменение* показали много схожих моментов. Общее количество *запросов на изменение* было в три раза больше, чем количество *запросов на изменение* на начальном этапе проекта. Количество отложенных (простаивающих) *запросов на изменение* составляло приблизительно 20% от общего количества *запросов на изменение* (что говорит о слабом планировании проекта). Количество одновременно открытых *запросов на изменение*, то есть тех, над которыми ведется работа, обычно составляет пять на одного разработчика на протяжении всего процесса разработки для всех проектов. Наиболее занимательный факт заключается в том, что формы всех кривых графиков во всех проектах были похожи.

Идея использования метрик *запросов на изменение* во время работы над проектом заключается в том, чтобы и менеджер проекта и другие участники проекта могли принимать свои решения и координировать работу согласно статусу проекта.

Глоссарий

Базовая линия (baseline) – официально принятая версия элемента конфигурации, независимая от среды, формально обозначенная и зафиксированная в конкретный момент времени жизненного цикла элемента конфигурации

Бета-тестирование (beta testing) – интенсивное использование почти готовой версии продукта (как правило, программного или аппаратного обеспечения) с целью выявления максимального числа ошибок в его работе для их последующего устранения перед окончательным выходом (*релизом*) продукта на рынок, к массовому потребителю.

Запрос на изменение – представляет собой задокументированную заявку на внесение поправок в систему.

Конфигурационное управление программного обеспечения (Software configuration management) – дисциплина отслеживания и управления изменениями в программном обеспечении.

Операция извлечения (checkout) – создается редактируемая копия элемента КУ в рабочей области, куда она копируется из репозитория проекта.

Операция сохранения, внесения (checkin) – новая версия элемента КУ добавляется в репозиторий проекта после ее редактирования.

Прототипирование программного обеспечения – процесс создания прототипа ПО, макета программы, обычно с целью проверки пригодности предлагаемых для применения концепций, архитектурных и/или технологических решений, а также для представления программы заказчику на ранних стадиях процесса разработки. **Эволюционное прототипирование (evolutionary prototyping)** ставит своей целью последовательно создавать макеты системы, которые будут все ближе и ближе к реальному продукту.

Релиз (выпуск) ПО (Software Release) – поставка (выпуск) программного кода, документации, материалов для сопровождения.

Сборка ПО (Software Build) – представляет собой процесс преобразования файлов с исходным программным кодом в отдельные программные артефакты, которые могут быть выполнены на компьютере. Обычно представляет собой процесс т.н. компиляции, который преобразует файлы исходного кода в исполнимый код.

Совет управления изменениями (Change Control Board, CCB) – группа участников проекта, ответственная за изучение, оценку, одобрение, отсрочку или отклонение внесения изменений в проект, причем все решения и рекомендации совета записываются.

Список литературы

1. *The Software Measurement Laboratory, University of Magdeburg, <http://smlab.de>.*

2. *William A Florac, Robert E. Part, Anita D. Carleton – «Practical Software Measurement: Measuring for process management and Improvement», Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Technical report, CMU/SEI-976-HB-003, April 1997.*

3. *Norman E. Fenton, Shari Lawrence Pfleeger, «Software Metrics, A Rigorous & Practical Approach», ISBN 0-534-95425-1, PWS Publishing Company.*

4. *David B. Leblang, «Managing the Software Development Process with ClearGuide», Software Configuration Management ICSE'97 Workshop, Boston, May 1997, proceedings, Springer Verlag, ISBN 3-540-63014-7, pages 66-80.*

5. *<http://www.serena.com/products/pvcs-pro/index.html>.*

6. *Todd L. Graves, Audris Mocus, «Inferring Changes Effort from Configuration Management Databases», Proceedings Fifth International Software Metrics Symposium 1998., pp 267-273.*

7. *Steve McConnell, «Rapid Development: timing wild software schedules», Microsoft Press, 1996, ISBN 1-55615-900-5.*

ПЕРЕЧЕНЬ ШАГОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ МЕТРИК

А.В. Юрченко
 ЗАО «ЕС-лизинг»,
 г. Тула

Программные метрики представляют собой важную составляющую часть практической деятельности в программной инженерии. Все больше и больше заказчиков программного обеспечения (ПО) начинают требовать на договорной (контрактной) основе, чтобы *программные метрики* и/или метрики качества были неотъемлемой частью отчета о проделанной работе. Промышленные стандарты, такие, как ISO 9000 [1], и промышленные модели, такие, как SEI

(Software Engineering Institute – Институт программной инженерии) [2], СММІ (Capability Maturity Model Integration – набор моделей технологической зрелости организации) [3] включают в себя измерения. Организации используют метрики для лучшего понимания, отслеживания, контроля и прогнозирования программных проектов, процессов и продуктов.

Сам термин *программные метрики* для разных людей означает разные вещи. В различных книгах и статьях по *программным метрикам* это понятие может означать все, от стоимости проекта, прогноза трудозатрат и моделирования, до подсчета дефектов, анализа причин неисправностей, метрик тестового покрытия, компьютерного моделирования производительности. Все это примеры метрик в случаях, когда данное слово используется как существительное.

Программные метрики, помимо предоставления информации для менеджеров, могут предоставлять информацию, необходимую для инженеров, чтобы принимать технические решения

Существует огромное количество возможных *программных метрик*, основанных на всех возможных программных объектах и всех возможных атрибутах каждого из этих объектов.

Проведение измерений ПО представляет собой хороший способ отслеживать прогресс по направлению к целям проекта. Как сказано в [4] «Для любой организации, без использования измерений, сложно определить, является ли успешным процесс управления ПО, и сложно противостоять частым изменениям стратегии работы и развития». Выбранные подходящие метрики могут помочь и управленцам и инженерному штату не терять внимания в процессе достижения своих целей.

Первым шагом к эффективному использованию метрик является определение потребителей для каждой метрики. Потребитель метрики – это субъект (человек), который будет принимать решения, или предпринимать какие-либо шаги, основываясь на метриках; это человек, которому нужна информация, поставляемая метриками. Если у метрики нет потребителя, то ее не следует производить. Метрики дорого собирать, подготавливать из них отчет, анализировать, поэтому, если никто не использует конкретную метрику, то ее производство будет тратой времени и денег.

Вторым шагом в процессе наладки метрик является выбор одной, или нескольких измеримых целей. Цели уровня организации, проекта и задачи должны определяться заранее, а затем, основываясь на данных целях, должен производиться выбор метрик. Выбранные метрики используются для определения эффективности в достижении обозначенных целей.

Третий шаг заключается в определении вопросов, и получении на них ответов, чтобы удостовериться, что все поставленные цели выбраны верно. Например, если целью является доставка только не имеющего дефектов ПО, то можно выбрать следующие вопросы:

- Достаточно ли протестирован программный продукт?
- Сколько еще дефектов не были выявлены?
- Все ли известные дефекты исправлены?

Четвертый шаг заключается в выборе метрик, которые необходимы для предоставления информации, чтобы ответить на поставленные вопросы. Каждая выбранная метрика теперь имеет четкую цель – ответить на один, или несколько вопросов, на которые необходимо получить ответы, чтобы понять соответствует ли действительное положение вещей поставленным целям.

Наличие четко поставленных и задокументированных формулировок требований для каждой метрики имеет следующие преимущества:

- Создает строгий порядок, который помогает обеспечивать создание четко определенных метрик, основанных на задачах потребителя этих метрик.
- Исключает неверное понимание того, как именно и для каких целей метрики должны использоваться.
- Помогает сообщить о потребности в данной метрике, что в свою очередь может помочь получить ресурсы, необходимые для сбора данных и создания механизмов отчетности.
- Создает основу для проектирования метрики.

Пятый шаг заключается в согласовании стандартных определений для объектов и их измеряемых атрибутов. При использовании терминов, таких как, *дефект*, *уведомление о проблеме*, *размер*, и даже *проект*, другие люди будут понимать эти слова исходя из своего собственного контекста и в значениях, отличных от подразумеваемых изначально. Эти различия в интерпретации увеличиваются, когда используются более неоднозначные термины такие, как *качество*, *сопровождение*, *удобство эксплуатации для пользователя* и т.д.

К сожалению, процент стандартизации в индустрии слишком мал для определений большинства программных атрибутов. У каждого есть свое собственное мнение и споры могут продолжаться еще многие годы. Но планы по использованию метрик не могут ожидать так долго. Идея заключается в адаптации стандартных определений внутри организации и использовании их соответственно существующим определениям.

Шестой шаг заключается в выборе функции измерения для метрики. Простыми словами, функция измерения определяет, как именно вычислять метрику. Некоторые метрики, называемые базовыми мерами, или измерительными примитивами, измеряются напрямую, и их функция измерения состоит из одной переменной. Примером базовых мер могут служить количество строк кода, или количество часов, потраченных на определенную работу. Более сложные метрики, называемые производными мерами, вычисляются, используя математические комбинации (например, уравнения, или алгоритмы) из базовых мер, или других производных мер. Примером производной меры может служить скорость работы, рассчитываемая как количество строк кода, поделенное на время работы в часах.

Седьмой шаг проектирования метрики заключается в разложении функции до ее низшего уровня, уровня базовых измерений (измерительных примитивов), и определении метода измерения, используемого для присвоения значения каждой из базовых мер. Метод измерения определяет систему измерения, которая используется для присвоения чисел, ил символов

атрибутам. Базовые измерения и их критерии счета определяют первый уровень данных, которые необходимо собирать, чтобы использовать метрику.

Восьмым шагом в проектировании метрик является определение критериев выбора. После того, как принято решение о том, что измерять и как это измерять, необходимо решить, что делать с результатами. Согласно стандарту «ISO/IEC 15939 Технология программного обеспечения. Процесс измерения» (Software Engineering – Software Measurement Process) критериями выбора являются «пороговые величины, целевые величины, или шаблоны, используемые для определения необходимости дальнейших действий, или исследований, либо для описания степени достоверности полученного результата» [5]. Другими словами, требуются критерии выбора для того, чтобы получить руководство, которое помогло бы интерпретировать результаты измерений.

Девятым шагом является определение того, как создавать отчеты о метриках. Он включает в себя определение формата отчета, периодичность сбора данных и отчетности, механизмы отчетности, их распространение и доступность для конкретных лиц.

Десятый шаг проектирования метрик заключается в определении дополнительных спецификаторов метрик. Хорошая метрика – это общая (настраиваемая) метрика. Это означает, что метрика действительна для целой иерархии дополнительных спецификаторов. Например, можно говорить о перебоях в работе для всей линии продуктов, отдельного продукта, или специфического релиза продукта. Можно подсчитывать перебои в работе, как в пользовательском (продукт делается на заказ), так и в бизнес (продукт делается для рынка) сегменте. Так же можно рассматривать перебои в работе в зависимости от типа причины, вызвавшей сбой.

После того, как определены люди, собирающие данные, они должны согласиться выполнять эту работу. На одиннадцатом шаге их нужно убедить в важности и полезности сбора данных. Руководящий состав должен поддержать эти начинания, выделив людям время и ресурсы, необходимые для работ по сбору данных. Поддерживающий персонал так же должен быть вовлечен в работу, должен отвечать на вопросы и решать проблемы и задачи, связанные с данными и сбором данных.

Необходимо организовать обучающую программу, чтобы обеспечить понимание людей, собирающих данные, в том, что делать и когда делать. Перед началом обучающей программы необходимо подготовить соответствующие процедуры и задокументировать их. Для простого механизма сбора данных эти курсы могут быть длительностью не более часа. Интерактивное обучение, которое проводится на реальных примерах данных, реальных случаях, обычно дает хороший результат в виде лучшей производительности.

Обсуждение выбора, проектирования и применения *программных метрик* не может считаться завершенным, если не рассмотреть вопрос о том, как измерения воздействуют на людей, и как люди воздействуют на измерения. Является ли метрика полезной для организации, зависит от позиций людей, задействованных в сборе данных, вычислениях, отчетах, и использовании

метрик. Единичное действие по измерению будет влиять на поведение лица, проводящего измерение. Когда что-либо измеряется, то автоматически предполагается, что оно имеет важность и какое-либо значение. Люди хотят выглядеть хорошо, следовательно, они хотят, чтобы их измерения выглядели хорошо, и, следовательно, могут иногда корректировать их в ту, или иную сторону. При создании метрик, руководству необходимо решить, какие поведения требуют поощрения. Затем понаблюдать какое поведение может быть в результате правильного и неправильного использования метрик.

Планы по созданию метрик, основанные на целях организации, помогут взаимопониманию между заинтересованными в проекте лицами, измерить прогресс в направлении целей, и, в итоге, достичь этих целей. Практический, непрерывный и завершённый метод выбора, проектирования и применения *программных метрик* является ценным вспомогательным средством.

Список литературы

1. <http://www.iso.org/iso/home.html>
2. <http://www.sei.cmu.edu/>
3. <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>
4. Robert B. Grady, 1992, *Practical Software Metrics for Project Management and Process Improvement*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
5. ISO/IEC 15939:2002 (E), *International Standard, Software Engineering – Software Measurement Process*.

АУДИТ КОНФИГУРАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЕГО РАЗНОВИДНОСТИ

А.В. Юрченко
 ЗАО «ЕС-лизинг»,
 г. Тула

Аудит представляет собой запланированную и независимую оценку одного, или более продуктов, или процессов, для определения их соответствия множеству утвержденных требований. Аудит – это объективная деятельность, связанная с проверкой и консалтингом, предназначенная для объективной оценки и улучшения деятельности организации. Аудит проводится с целью проверки того, что продукты и/или процессы реализованы в соответствии с поставленными целями и предъявленными требованиями. Аудит включает консалтинг, поскольку он обеспечивает постоянный анализ степени эффективности реализации, и постоянно ищет возможности для непрерывного улучшения. Аудит так же визуально показывает озабоченность руководящего состава программами качества, что дает стимул сотрудникам работать лучше.

В случае с аудитом *конфигурационного управления программного обеспечения (КУ ПО)*, обычно проводят три типа аудита:

- *функциональный конфигурационный аудит*, который представляет собой оценку готовых программных продуктов для определения их соответствия спецификациям требований, в терминах завершенности, производительности и функциональных характеристик;
- *физический конфигурационный аудит*, который представляет собой оценку каждого элемента конфигурации для определения его соответствия технической документации;
- *внутрипроцессный аудит КУ ПО*, который представляет собой постоянную оценку, проводимую на протяжении всего жизненного цикла, для обеспечения управляющего персонала информацией о соответствии политикам, планам, процессам и системам *КУ ПО*, а так же о соответствии программного продукта поставленным требованиям и стандартам качества работы.

В данной работе обсуждается цель каждого из этих трех типов аудита *КУ ПО*. Здесь так же приводятся примеры перечней проверок, которые могут использоваться для проведения аудита, и предлагаются методики сбора информации для каждого из элементов в этих перечнях.

Функциональный конфигурационный аудит

Согласно стандарту IEEE *функциональный конфигурационный аудит*, это аудит проводимый, чтобы проверить следующее [1]:

- разработка элемента конфигурации была завершена удовлетворительно;
- элемент достиг заданных характеристик производительности и функциональности;
- рабочая документация элемента, и документация для сопровождения завершена и находится в удовлетворительном состоянии.

Функциональный конфигурационный аудит выполняется, чтобы обеспечить независимую оценку того, что ПО, которое прошло *сборку* и тестирование, а также его документация, удовлетворяют заданным требованиям функциональности, производительности и другим атрибутам качества. Обычно *функциональный конфигурационный аудит* проводится прямо перед финальным, готовым к *бета-тестированию*, или анализом поставки, и обеспечивает входной информацией проведение этих анализов. Сам *функциональный конфигурационный аудит*, по сути, является анализом данных, полученных в результате контроля и верификации ПО. Он проводится для того, чтобы убедиться, что составляющие программного продукта готовы к передаче на *бета-тестирование*, или к тиражированию, в зависимости от того, на каком этапе проводится данный аудит.

В таблице 1 приводится пример перечня проверок *функционального конфигурационного аудита* и методики сбора объективных данных для каждого элемента этого перечня. Хотя для каждого элемента из перечня проверки и приводится несколько методик по сбору данных, но именно степень детализации, с которой будет проводиться аудит, будет предписывать какие из

этих методик (либо вообще другие методики) на самом деле будут использованы. Например, когда проводится оценка того, полностью ли программный код реализует все и только задокументированные требования, то используя менее детализированный подход, можно провести оценку только с помощью матрицы *трассировки*. При более детализированном аудите можно использовать непосредственную проверку программного кода, и проводить его визуальный анализ на соответствие заданным требованиям.

Таблица 1

Пример проверок *функционального конфигурационного аудита* и соответствующие методики сбора данных

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
1.	Реализация программным кодом всех и только задокументированных требований к ПО.	<p>Оценка прямой и обратной <i>трассируемости</i> от требований к исходному коду (например, матрица <i>трассировки</i>, или <i>признаки трассировки</i>) на предмет завершенности работ, а так же чтобы гарантировать, что неразрешенный код не был реализован.</p> <p>Выборка ряда требований и использование <i>трассировочной</i> информации для анализа соответствующего программного кода для проверки завершенности реализации и непротиворечивости кода.</p> <p>Выборка ряда принятых <i>запросов на улучшение</i> и анализ их завершенности. Если с <i>запросом на улучшение</i> было связано утвержденное изменение, то проверяется связанный с ним программный код для проверки завершенности реализации и его непротиворечивости.</p>
2.	Возможность <i>трассировки</i> каждого требования к ПО в прямом направлении вплоть до тестов (сценарии тестирования, процедуры, скрипты), которые проверяли бы это требование.	<p>Оценка информации о <i>трассируемости</i> от требования до теста (например, матрица <i>трассировки</i>, или <i>признаки трассировки</i>) для проверки завершенности кода.</p> <p>Выборка ряда требований и использование информации о <i>трассируемости</i> для анализа соответствующей тестовой документации (например, планы тестирования, описанные тесты), чтобы адекватно и с гарантией оценить степень тестового покрытия каждого требования.</p>
3.	Завершенность всеобъемлющего тестирования ПО, включая функциональное тестирование, тестирование интерфейса, и тестирование требуемых атрибутов качества (производительность, удобство использования, надежность, безопасность, и т.п.).	<p>Анализ проверенных отчетов о верфикации и валидации на предмет точности и завершенности.</p> <p>Оценка утвержденной тестовой документации (например, планы тестирования, описанные тесты) и ее сравнение с данными, полученными в результате тестирования (например, журналы тестирования, статусы сценариев тестирования, тестовые метрики) для того, чтобы убедиться в адекватном тестовом покрытии требований и ПО во время выполнения тестов.</p> <p>Выполнение набора эталонных сценариев тестирования для оценки точности результатов тестирования.</p>
4.	Полнота разрешения всех аномальных ситуаций, обнаруженных во время тестирования (либо документирование в <i>релизе</i> полученного отклонения и регистрация соответствующего дефекта с созданием «заплаты» - то есть маневра, не решающего проблему, но позволяющего обойти ее).	<p>Анализ набора отчетов об аномалиях, полученных в результате проведения утвержденных тестов, с целью проведения оценки полноты разрешения этих аномалий.</p> <p>Выборка ряда отчетов об аномалиях, полученных в результате тестирования, и анализ их решения (либо, если было утверждено внесение изменений в результате аномалии, проведение анализа соответствующего кода на предмет завершенности и непротиворечивости реализации изменения).</p> <p>Анализ данных, полученных в результате регрессионного тестирования (например, журналы тестирования, статусы тестовых сценариев, тестовые метрики), чтобы убедиться в полноте тестового покрытия после исправления дефекта.</p>

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
5.	Соответствие поставляемой документации заданным требованиям, и программному обеспечению, прошедшему <i>сборку</i> .	<p>Анализ протоколов последних экспертных оценок и информации разрешения дефектов, взятой из поставляемой документации, на предмет согласованности изменений проекта в целом.</p> <p>Сравнение формальной тестовой документации (например, планы тестирования, описанные тесты) с данными результатов тестирования (например, журналы тестирования, статусы тестовых сценариев, тестовые метрики), чтобы убедиться в полноте тестового покрытия поставляемого ПО после проведения тестов.</p> <p>Анализ заданного набора новых <i>версий</i> для ранее предоставленных документов, чтобы убедиться в их соответствии требованиям и <i>сбранному</i> ПО.</p>
6.	Результаты предыдущих анализов и оценок включены в поставляемые компоненты ПО в виде изменений (в том числе и в документацию).	<p>Анализ отчетов по основным контрольным точкам проекта, которые подтверждали бы разрешение дефектов, созданных после прошлых анализов и оценок ПО.</p> <p>Анализ выборочного множества документов о прошлых анализах оценках ПО с целью выявления доказательств о разрешениях дефектов.</p> <p>Анализ протоколов экспертных оценок и сравнение списка дефектов с соответствующими работами, чтобы убедиться, что дефекты были разрешены в достаточной мере.</p>
7.	Все утвержденные корректирующие действия были реализованы для всех результатов после проведения <i>внутрипроцессного аудита КУ ПО</i> .	<p>Проведение оценки полученных данных, взятых из отчетов по аудиту, и сравнение их со статусами соответствующих корректирующих действий.</p> <p>Повторный аудит по полученным данным с целью подтверждения реализации корректирующих действий.</p>

Физический конфигурационный аудит

Согласно стандарту IEEE *физический конфигурационный аудит*, это аудит, проводимый с целью подтверждения того, что каждый элемент конфигурации, прошедший *сборку*, соответствует технической документации, которая его описывает. *Физический конфигурационный аудит* проверяет следующее [1]:

- все элементы, описанные как часть конфигурации, присутствуют в *базовой линии продукта*;
- корректные *версии* и *ревизии* каждой части включены в *базовую линию продукта*;
- все элементы соответствуют информации, содержащейся в отчете о статусе *базовой линии продукта*.

Физический конфигурационный аудит выполняется с целью проведения независимой оценки того, что разрабатываемое ПО в достаточной мере описано в документации, которая поставляется вместе с ним, и что ПО и его документация размещены в базе данных КУ и готовы к поставке. Так же *физический конфигурационный аудит* может использоваться для оценки следования легальным обязательствам, которые могут включать в себя лицензирование и экспортные требования совместимости.

Физический конфигурационный аудит обычно выполняется в связке с *функциональным конфигурационным аудитом*, либо сразу после него (сразу после того, как все проблемы, обнаруженные в ходе проведения *функционального конфигурационного аудита*, были решены). *Физический конфигурационный анализ*, по сути, представляет собой анализ данных,

получаемых в результате отчетов о статусах конфигураций ПО, для того, чтобы гарантировать, что программные продукты и поставляемая с ними документация, надлежащим образом расположены в *базовой линии* и надлежащим образом *собраны* перед тем, как создавать из них *релиз*, или отдавать на *бета-тестирование*.

Таблица 2 показывает пример перечня проверок *физического конфигурационного аудита* и возможных методик сбора информации для каждого элемента из этого перечня проверок.

Таблица 2

Пример проверок *физического конфигурационного аудита* и соответствующие методики сбора данных

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
1.	Каждое несоответствие, выявленное в ходе <i>функционального конфигурационного аудита</i> должно быть разрешено подходящим образом.	Анализ данных из отчетов, полученных в ходе <i>функционального конфигурационного аудита</i> , связанных с ними корректирующих действий, результатов контрольных проверок, чтобы оценить полноту предпринятых действий (или соответствующих «заплаток», или документов, описывающих как обойти без изменения проекта выявленную проблему).
2.	Все из заданных элементов конфигурации (например, исходный код, документация, и т.п.) должны быть внесены в <i>базовую линию</i> .	Сравнение выборочного множества элементов конфигурации с отчетной документацией о статусах конфигурации.
3.	Все конфигурационные элементы удовлетворяют стандартам качества работы.	Выборка ряда модулей исходного кода и сравнение их со стандартами кодирования. Выборка ряда поставляемых документов (или разделов/страниц из этих документов) и сравнение их со стандартами документирования.
4.	ПО <i>собрано</i> из корректных компонентов, и согласно спецификации.	Сравнение <i>документации сборки</i> с отчетной информацией о статусе конфигурации, чтобы удостовериться, что корректные <i>версии и ревизии</i> каждого модуля включены в <i>сборку</i> . Анализ <i>заплат</i> и исправлений ошибок, сделанных в ПО, чтобы удостовериться в их завершенности и корректности. Выборка ряда элементов проекта из архитектурного проекта и их <i>трассировка</i> до связанных с ними более детальных элементов проекта и исходного кода. Сравнение этих элементов с <i>документами сборки</i> , чтобы оценить завершенность и непротиворечивость <i>сбранного</i> ПО.
5.	Поставляемый набор документов является завершенным.	Сравнение каждого оригинала документа с отчетной информацией о статусе конфигурации, чтобы убедиться, что в документ включена корректная <i>версия</i> и <i>ревизия</i> поддокументации (например, раздел, параграф, рисунки) для каждого элемента проекта. Сравнение <i>документа описания версии</i> с <i>документами сборки</i> на предмет завершенности и непротиворечивости. Сравнение текущих <i>документов сборки</i> с <i>документами сборки</i> из последнего <i>релиза</i> для выявления измененных компонентов. Сравнение этого списка измененных компонентов с <i>документом описания версии</i> для определения завершенности и непротиворечивости <i>документа описания версии</i> .

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
6.	Соответствие поставляемого носителя ПО спецификации. Соответствующая маркировка/обозначение поставляемого носителя.	Сравнение элементов на оригинальном носителе с необходимыми поставляемыми компонентами ПО (исполнимые файлы, файлы помощи, исходные данные) для того, чтобы убедиться в том, что в поставку были включены корректные <i>версии</i> и <i>ревизии</i> .
		Выборка ряда носителей, готовых к поставке, и сравнение их маркировки со спецификацией.
7.	Соответствие поставляемых компонентов списку необходимых для поставки компонентов.	Сравнение упаковочной ведомости с документированным оригинальным списком поставляемых компонентов, чтобы убедиться в его полноте.
		Выборка ряда готовых к поставке носителей и документов и сравнение их с упаковочной ведомостью, чтобы убедиться, что носители (то есть, CD, диск, магнитная лента), документация, и другие поставляемые компоненты включены в каждый экземпляр поставки.
8.	Соответствие требованиям лицензирования третьей стороны.	Сравнение <i>документов сборки</i> с отчетной информацией о статусе конфигурации для выявления компонентов третьей стороны и соответствующей лицензионной информации для того, чтобы подтвердить наличие достаточного количества лицензий.
9.	Соответствие требованиям экспортной совместимости.	Сравнение <i>документов сборки</i> с отчетной информацией о статусе конфигурации для выявления компонентов с экспортными ограничениями и подтверждения экспортной совместимости.

Внутрипроцессный аудит КУ ПО

Внутрипроцессный аудит КУ ПО выполняется на протяжении всего жизненного цикла и обеспечивает руководящий состав постоянной независимой оценкой следующего:

- адекватность соответствия политик *КУ ПО*, планов, процессов и систем организации целям организации;
- текущее соответствие реальных политик *КУ ПО*, планов, процессов и систем организации задокументированным политикам *КУ ПО*, планам, процессам и системам;
- текущее соответствие элементов конфигурации требованиям к этим элементам, и стандартам работы;
- эффективность планов *КУ ПО*, процессов и систем, и их реализаций (например, обучение сотрудников, возможности инструментария *КУ ПО*);
- эффективность использования ресурсов;
- определение областей для постоянного улучшения планов *КУ ПО*, процессов, систем, и продуктов.

Внутрипроцессный аудит КУ ПО в основном фокусируется либо на процессах *КУ ПО*, либо на *базовых линиях КУ ПО*. В таблице 3 приведен пример перечня проверок для процесс-ориентированного *внутрипроцессного аудита КУ ПО* и возможные методики сбора информации для каждого элемента из этого перечня проверок. В таблице 4 приведен пример перечня проверок для *внутрипроцессного аудита КУ ПО*, ориентированного на *базовые линии*, и возможные методики сбора информации для каждого элемента из этого перечня проверок.

Пример проверок *внутрипроцессного аудита*, ориентированного на процесс и соответствующие методики сбора данных

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
1.	Существование описанных политик и/или стандартов <i>КУ ПО</i> , связанных с текущим процессом. Их соответствие заданным целям компании в достаточной мере.	Выполнение анализа документов, описывающих политики и/или стандарты <i>КУ ПО</i> , связанные с текущим процессом, аудит которого выполняется, а так же их сравнение с заданными целями компании. Опрос ключевых фигур персонала для оценки их понимания взаимосвязи между политиками и/или стандартами <i>КУ ПО</i> и целями организации.
2.	Существование описанных планов проекта <i>КУ ПО</i> , связанных с текущим процессом. Их соответствие заданным политикам и/или стандартам в достаточной мере.	Выполнение анализа документов, описывающих планы <i>КУ ПО</i> , связанные с текущим процессом, аудит которого выполняется, для того, чтобы оценить их соответствие политикам и/или стандартам <i>КУ ПО</i> . Опрос ключевых фигур персонала для оценки их понимания взаимосвязи между планами <i>КУ ПО</i> и политиками и/или стандартами <i>КУ ПО</i>
3.	Полнота существующих рабочих процедур и/или инструкций текущего процесса в той мере, чтобы можно было применить заданные политики, стандарты, и/или планы.	Выполнение анализа документов, описывающих планы <i>КУ ПО</i> , связанные с текущим процессом, аудит которого выполняется, для того, чтобы оценить полноту планов для применения политик и стандартов <i>КУ ПО</i> .
4.	Каждое лицо, выполняющее задачи <i>КУ ПО</i> , связанные с текущим процессом, имеет доступ к соответствующим процедурам, или рабочим инструкциям.	Опрос некоторого количества сотрудников, выполняющих задачи <i>КУ ПО</i> , для оценки их представления о существовании, доступности и содержимом соответствующих процедур, или рабочих инструкций.
5.	Актуальность процедур, или рабочих инструкций (последние ревизии).	Сравнение номеров <i>ревизий</i> процедур и рабочих инструкций, используемых персоналом, с номерами, находящимися в текущих <i>ревизиях базовых линий</i> .
6.	Проверка входных критериев для процесса <i>КУ ПО</i> до того, как процесс был начат.	Опрос некоторого количества персонала, выполняющего задачи в рамках текущего процесса, для определения того, какие входные критерии были использованы, и как было установлено, что эти критерии удовлетворяли текущим требованиям. Сравнение полученных ответов с требованиями процесса. Исследование выборки <i>документов качества</i> (например, завершённый контрольный список входных критериев), если это возможно.
7.	Каждое лицо, выполняющее задачи <i>КУ ПО</i> , имеет подходящее образование, обучение, навыки и опыт.	Опрос некоторого количества персонала, выполняющего задачи текущего процесса, на предмет определения их знаний и навыков, или выяснение того, какое дополнительное обучение они прошли, и сравнение полученные ответы с требованиями процесса. Наблюдение за выполняемыми задачами, чтобы удостовериться в том, что они выполняются как и указано в спецификации. Исследование выборки <i>документов качества</i> (например, завершённые контрольные списки, описание данных, протоколы, отчеты), на предмет совместимости со спецификацией.
8.	Все люди, выполняющие задачи <i>КУ ПО</i> , работают в соответствии с политиками, стандартами, планами, процедурами и рабочими инструкциями.	Опрос некоторого количества персонала, выполняющего задачи текущего процесса, на предмет выяснения их мнения по поводу того, как выполняются их работы, и сравнение полученных ответов с требованиями процесса. Наблюдение за выполняемыми задачами для того, чтобы убедиться, что они выполняются как указано в спецификации. Исследование выборки <i>документов качества</i> (например, завершённые контрольные списки, описание данных, протоколы, отчеты), на предмет совместимости со спецификацией.

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
9.	Достаточность используемых для выполнения задач <i>КУ ПО</i> среды, инфраструктуры и инструментов для того, чтобы соответствовать политикам, стандартам, планам, процедурам и рабочим инструкциям.	Опрос некоторого количества персонала, выполняющего задачи текущего процесса, для определения достаточности среды, инфраструктуры и инструментов.
		Наблюдение за выполняемыми задачами для того, чтобы убедиться в достаточности среды, инфраструктуры и инструментов.
10.	Выходные критерии для процесса <i>КУ ПО</i> проверены до того, как процесс приближается к завершающим фазам.	Опрос некоторого количества персонала, выполняющего задачи текущего процесса, для определения того, какие выходные критерии были использованы. Так же определяется, как было установлено, что эти выходные критерии удовлетворяют текущим требованиям до того, как процесс был завершен. Далее полученные ответы сравниваются с требованиями процесса.
		Исследование выборки <i>документов качества</i> (например, завершенные контрольные списки выходных критериев, протоколы, отчеты), если это возможно.
11.	Надлежащая отчетность и отслеживание до завершения всех несоответствий и дефектов.	Опрос некоторого количества персонала, выполняющего задачи текущего процесса, для выяснения того, как несоответствия и дефекты отслеживаются до закрытия, и сравнение полученных ответов с требованиями процесса.
		Исследование выборки <i>документов качества</i> (например, отчеты о несоответствии, отчеты о корректирующих действиях, отчеты о дефектах), если это возможно.
12.	Хранение надлежащей документации процесса.	Проверка существования требуемой документации, ее хранения и порядка обращения.

Таблица 4

Пример проверок *внутрипроцессного аудита*, ориентированного на *базовые линии* и соответствующие методики сбора данных

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
1.	Каждый элемент конфигурации в <i>базовой линии</i> реализует все требования, и только принадлежащие ему требования.	Оценка информации о <i>трассируемости</i> от требования к конфигурации прямо и обратно (например, матрица <i>трассировки</i> , или <i>признаки трассировки</i>) на предмет завершенности, и для того, чтобы убедиться, что неразрешенная функциональность не была реализована.
		Выборка ряда требований и использование <i>трассировочной</i> информации для анализа связанных с ними элементов конфигурации на предмет завершенности и непротиворечивости.
		Выборка ряда утвержденных <i>запросов на улучшение</i> и анализ их статусов разрешения (если на основе этих запросов были созданы <i>запросы на изменение</i> , то необходима оценка соответствующего программного кода на предмет завершенности его реализации и непротиворечивости).
2.	Каждый элемент конфигурации в <i>базовой линии</i> прошел соответствующий этап проверки, необходимый для <i>приобретения</i> .	Анализ утвержденных <i>документов качества</i> (например, отчеты экспертных оценок, тестовые отчеты) на предмет точности и завершенности.
3.	Все дефекты и аномальные ситуации, задокументированные в отчетах во время проверок, разрешены в достаточной мере (либо были сделаны «заплаты» - маневр, не решающий проблему, но позволяющий обойти ее).	Анализ выборки утвержденных отчетов о дефектах и аномальных ситуациях на предмет достаточного разрешения.
		Выборка ряда отчетов о дефектах и аномалиях и анализ их статуса разрешения (если были созданы соответствующие <i>запросы на изменение</i> , тогда производится оценка связанных с ними элементов конфигурации на предмет завершенности и непротиворечивости).
4.	Каждый элемент конфигурации в <i>базовой линии</i> надлежащим образом помещен под конфигурационный контроль.	Проверяется набор элементов в базе данных <i>КУ</i> для того, чтобы убедиться в том, что каждый элемент был помещен под контроль.

№ п/п	Проверка	Предлагаемые методики сбора данных
5.	Все элементы конфигурации удовлетворяют стандартам работы.	Выборка ряда модулей исходного кода и их оценка на предмет соответствия стандартам кодирования.
		Выборка ряда документов (или разделов документа) и их оценка на предмет соответствия стандартам документирования.

Заключение

Проведение аудита *КУ ПО* обеспечивает руководящий персонал независимой оценкой совместимости процессов *КУ ПО* с программными продуктами, а так же оценкой того, что программные продукты *собраны* согласно требованиям и готовы к *релизу*. Планы *КУ ПО* для каждого проекта/*ПО* должны включать в себя планы для проведения таких аудитов.

Для аудитов могут быть созданы шаблонные перечни проверок, такие, как приведенные в данной работе в качестве примеров. Преимущества от шаблонных перечней проверок следующие:

- сокращение усилий по созданию перечня для каждого аудита;
- ошибки, совершенные за предыдущие аудиты, могут быть учтены в шаблонных перечнях, для улучшения будущих аудитов;
- последовательность и непрерывность применения от одного аудита к следующему.

Перед каждым аудитом необходимо анализировать шаблонные перечни проверок на предмет того, что они отражают все изменения, произошедшие в стандартах *КУ ПО*, политиках, планах, с момента проведения последнего аудита.

Глоссарий

Базовая линия продукта (Product baseline)	– начальная утвержденная техническая документация (включающая листинг исходного программного кода), определяющая конфигурационный элемент во время этапов его жизненного цикла таких, как разработка, функционирование, поддержка, и доставка [1].
Бета-тестирование (Beta testing)	– интенсивное использование почти готовой версии продукта (как правило, программного или аппаратного обеспечения) с целью выявления максимального числа ошибок в его работе для их последующего устранения перед окончательным выходом (<i>релизом</i>) продукта на рынок, к массовому потребителю.
Версия (Version)	– программный элемент конфигурации с заданным набором функциональности.
Документ описания версии (Version description document)	– документ, описывающий выпущенную версию программного продукта, включающий в себя инвентаризацию системы, или частей компонент, новые/измененные свойства/функциональность, обнаруженные дефекты и работу по их устранению, и любую другую информацию о версии.
Документ качества (Quality record)	– документация, обеспечивающая объективные свидетельства степени выполнения требования, касающиеся качества, или эффективности работы [2].
Документ сборки (Build record)	– запись, или документ, который определяет содержимое <i>сборки</i> , включая <i>версию/ревизию</i> каждого компонента (включая библиотеки), используемого для <i>сборки</i> программного продукта, а так же используемые при этом настройки и опции.

Заплата (Patch)	– отдельная программа, разработанная для решения проблем в основной программе.
Запрос на изменение (улучшение) (Change (enhancement) request)	– представляет собой задокументированную заявку на внесение поправок в систему.
Конфигурационное управление программного обеспечения (Software configuration management)	– дисциплина отслеживания и управления изменениями в программном обеспечении.
Признаки трассировки (Trace tags)	– уникальные идентификаторы, используемые в последующих результатах работы для определения обратной трассируемости к предшествующему документу.
Приобретение (Acquisition)	– момент, когда каждая базовая линия, или каждый элемент конфигурации, компонент и модуль, ставятся по формальный конфигурационный контроль.
Ревизия (Revision)	– выполнение изменения с сущностью (элемент конфигурации, компонент, или модуль), которое исправляет только ошибки (не влияя на функциональность).
Релиз (выпуск) ПО (Software release)	– поставка (выпуск) программного кода, документации, материалов для сопровождения.
Сборка ПО (Software build)	– представляет собой процесс преобразования файлов с исходным программным кодом в отдельные программные артефакты, которые могут быть выполнены на компьютере. Обычно представляет собой процесс т.н. компиляции, который преобразует файлы исходного кода в исполнимый код.
Трассируемость, прослеживаемость (Traceability)	– каждое требование может быть отслежено в обратном направлении до пожеланий пользователя, и в прямом направлении до его реализации (элементы проектирования, модули программного кода, наборы тестов) в виде программного обеспечения. Так же под трассируемостью понимают степень, с которой может быть установлена связь между двумя и более продуктами процесса разработки [1].

Список литературы

1. *IEEE Standards Software Engineering, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology, IEEE Std. 610-1990, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1999.*

2. *ASQ Audit Division, J. P. Russell editing director, The Quality Audit Handbook, 2nd Edition, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, 2000.*

ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВОЙ ПОЛИТИКИ И МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВУЗА

Е.В. Маркелова
Юргинский технологический институт
Томского политехнического университета,
г. Юрга

Международных связей между крупными университетами и организациями различных стран становится все больше, глобализация и увеличение интеграции оказывает заметное влияние на сферу высшего образования в мире. Повысилась конкуренция университетов в области привлечения новых студентов, как на национальном, так и на межнациональном уровне. Поэтому вузы, активно стали использовать инструменты маркетинга.

Не все крупные вузы используют полностью и широко такой современный инструмент маркетинговых коммуникаций как Интернет представительство (сайт). Вузы не отстают от новых веяний и многие используют современные средства. Но процент российских вузов использующих в своих маркетинговых коммуникациях такие средства работы с абитуриентами, как Skype, социальные сети, ICQ и другие не слишком велик. Но за рубежом это является обычной практикой [1].

Конечно вузы так же задумываются над тем, насколько эффективна их маркетинговая политика, какие мероприятия самые эффективные, а где вложенные силы и деньги не приносят реального результата. Именно оценка эффективности маркетинговой политики в целом и по конкретным направлениям дает четкую картину для управляющего звена вуза, куда и где стоит направить большие объемы финансирования и сосредоточить усилия, или же перейти на новый метод (подход) работы.

Что бы сделать грамотную оценку эффективности все современные предприятия используют маркетинговые исследования. Маркетинговые исследования возможны и востребованы только на стадии осознания руководством вуза положения, при котором они не могут предложить потребителям больше, чем располагают сами. Это относится и к количеству, и к качеству, к цене образовательных услуг. Именно здесь появляется необходимость выявить потребности рынка и адаптировать под них свои услуги.

Основными объектами исследований в маркетинге образовательных услуг являются: анализ спроса и предложения (экономические отношения между субъектами рынка образовательных услуг); границы рынка и его сегментов, их емкость, в том числе по количеству потенциальных обучающихся

и с учетом длительности оказания образовательных услуг; внешняя и внутренняя маркетинговые среды; конъюнктура образовательных услуг на данном рынке и его сегментах; конкурентоспособность образовательных услуг; поведение действующих на рынке образовательных услуг поставщиков и посредников, реальных и потенциальных потребителей и конкурентов; возможные стратегии маркетинга, различные варианты решения конкретных маркетинговых проблем [2].

Таким образом, маркетинговые исследования образовательных услуг включают в себя 9 основных направлений — это исследования в области: рынка образовательных услуг, потребителей, цены, каналов продвижения, конкурентов, рекламы, методов стимулирования продаж, персонала, внутренней маркетинговой среды вуза.

Результатом исследований маркетинга являются конкретные разработки и результаты, которые используются при выборе и реализации стратегии и тактики маркетинговой деятельности образовательного учреждения [3].

Сейчас трудно определить, какое количество подразделений в вузах занимается маркетинговыми исследованиями. По мере обмена опытом функционирования центрами и отделами маркетинга будут создаваться подобные структуры в других вузах.

Не каждому вузу под силу собственными силами провести маркетинговые исследования. Заказать же их специализированным агентствам дорого. Стоимость подобного рода заказа в форме «вложения» колеблется от 6 до 12 тыс. долл. Это «вложение» включает в себя блок от 12 до 15 вопросов.

Если в российских вузах дело обстоит так, то в иностранных учебных заведениях следующая картина. Зарубежные вузы по своей сути ориентированы на рынок. Они используют все возможности, что бы быть наиболее конкурентно способными. Поэтому маркетинг давно стал составляющей деятельности вузов. Но полнота использования маркетинговой модели вуза так же, как и в российских вузах зависит от удаленности от крупных городов и размера вуза.

В ходе исследования проблемы оценки эффективности маркетинговой политики вуза будет представлена информационная система, позволяющая каждому вузу выявить для себя свои сильные и слабые стороны в реализации маркетинговых мероприятий, что позволит им быть наиболее конкурентно способными.

Список литературы

1. Маркелова Е.В. Роль интернет-сайта в образовательной деятельности учебного заведения. Исследование привлекательности и удобства сайтов учебных заведений //Модернизация инженерного и общего образования: проблемы и перспективы: [Текст]: Сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием - Юрга, ЮТИ ТПУ, 3 нояб. 2010. - Томск: Изд. ТПУ, 2010. - с. 61-65.

2. Белявский И.К. Маркетинговые исследования: информация, анализ, прогноз: [Текст]: учебное пособие / И.К. Белявский — М., 2001. — 320 с.

3. *Маркетинговые исследования рынка образовательных услуг в России – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.antema.ru/library/marketing_obwie_voprosy/marketing_uslug/shevchenko_da_marketingovye_issledovaniya_rynka_obrazovatelnyh_uslug_v_rossii/*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (ДИЗАЙНА) К СОЗДАНИЮ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.А. Лысенко³, А.А. Лысенко², А.Ю. Кузнецов², И.С. Майоров¹,
П.Ю. Сальникова³, М.И. Корзина¹

¹ САФУ имени М.В. Ломоносова, Кафедра КД, г. Архангельск

² СПГУТД, кафедра НВКМ имени А.И. Меоса, г. Санкт-Петербург

³ Центр электронных ресурсов и технологий, г. Санкт-Петербург

Рассмотрено применение информационной модели дизайна как инструмента системного проектирования наноразмерных объектов и технологий их создания.

Процесс создания любого объекта, в том числе и нанообъекта, во многом является процессом информационным, в результате которого происходит материализация идеи посредством совокупности технологий [1]. На практике процесс создания (дизайна) – SO – является процессом перехода от замысла (SI – система идей) через технологии (ST – система технологий) к создаваемому объекту (SM), т.е. $SO = \langle SI \rightarrow ST \rightarrow SM \rangle$ и можно говорить о триединстве процесса создания как материальном воплощении образа будущего объекта дизайна (ОД). Таким образом, задача проектирования сводится к оптимизации систем SO и SM.

Материальное воплощение образа ОД происходит как совокупность взаимодействующих потоков: информационных, интеллектуальных, финансовых, технологических, материальных и других с целью создания ОД.

Показано, что процесс создания в жизненном цикле объекта моделирования характеризуется однотипными этапами: выявляется конкретная практическая потребность, определяются цели создания ОД; происходит знаковая формализация цели с последующим изготовлением прототипа и сравнением его с информационным образом объекта и поставленными целями.

На конкретных примерах продемонстрировано практическое применение методов информационного моделирования для создания углеродных нанокompозитов функционального назначения, а также биокompозитов. Показано, что ключевым этапом проектирования нанообъектов является информационное моделирование объекта, информационное моделирование технологии создания объекта, создание единой среды для обмена информацией между участниками процесса системного проектирования (дизайна).

Список литературы

1 Лысенко В.А. Принципы проектирования пористых токопроводящих композитов для топливных элементов / В.А. Лысенко // Химические волокна, № 5. - 2009. - С. 41 – 43.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОФИЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИЗАЙНЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

А.А. Лысенко¹, М.П. Васильев¹, В.В. Касаткин², В. А. Лысенко¹, В.А. Хохлова¹,
П.Ю. Сальникова¹, И.С. Майоров³, М.И. Корзина³

¹ СПГУТД, Кафедра НВКМ имени А.И. Меоса, г. Санкт-Петербург

² БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

³ САФУ имени М.В. Ломоносова, Кафедра КД, г. Архангельск

Одной из перспективных специализаций, сформированных в рамках специальности 230203 «Информационные технологии в дизайне» направления подготовки «Информационные системы и технологии», явилась специализация «Информационные технологии в дизайне полимерных композиционных материалов» [1], разработанная ведущими учеными и специалистами кафедры Наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов имени А.И. Меоса (НВКМ) Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна (СПГУТД), при поддержке профильного совета и комиссии Учебно-методического объединения вузов России по университетскому политехническому образованию.

Учебно-методический комплекс, разработанный и утвержденный Учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию, ориентирован на инженерную подготовку кадров на базе кафедры НВКМ СПГУТД, располагающей значительным опытом преподавания специальных дисциплин, связанных с использованием информационных технологий в дизайне композиционных материалов и изделий из них: Дизайн высокомолекулярных соединений; Информационные технологии в дизайне химических волокон; Информационные технологии в дизайне полимерных композиционных материалов; Дизайн наноструктурных композиционных материалов: Информационные технологии в дизайне композиционных материалов с особыми свойствами и др.

Введение специализации «Информационные технологии в дизайне полимерных композиционных материалов» продемонстрировало потенциал и возможности использования методологии дизайна (системного проектирования) применительно к естественнонаучным дисциплинам, а также явилось апробацией применения технологии дизайна при разработке полимерных материалов, композитов и нанокompозитов, в том числе специального и биомедицинского применения.

Реализация основной образовательной программы инженерной подготовки кадров по специализации «Информационные технологии в дизайне полимерных композиционных материалов» показала перспективность инновационного подхода при определении содержания и путей развития профиля подготовки бакалавра «Информационные технологии в дизайне» в рамках направления 230400 «Информационные системы и технологии» и послужила основой для формирования соответствующей магистерской программы.

Список литературы

1. М.П. Васильев, В.В. Касаткин, М.И. Корзина, А.А. Лысенко: учебно-методический комплекс по специализации «Информационные технологии в дизайне полимерных композиционных материалов». – <http://do.gendocs.ru/docs/index-214861.html>.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ДИЗАЙНА ВЭБ-САЙТА

М.И. Корзина¹, А.А. Лысенко², В. А. Лысенко³, И.С. Майоров¹,
П.Ю. Сальникова³

¹ САФУ имени М.В. Ломоносова, Кафедра КД, г. Архангельск

² СПГУТД, кафедра НВКМ имени А.И. Меоса, г. Санкт-Петербург

³ Центр электронных ресурсов и технологий, г. Санкт-Петербург

К настоящему времени разработано достаточно много моделей и методов проектирования, как в области создания высокохудожественных объектов, так и технически сложных объектов. В результате анализа наиболее значимых моделей проектирования (дизайна), в работе [1] сделан вывод, что все они обладают индивидуальными чертами, а также характеризуются и набором общих свойств. Основным недостатком большинства моделей проектирования является то, что они охватывают не полный жизненный цикл проектируемого объекта.

Для обобщения существующих знаний была создана универсальная модель, называемая «информационная модель дизайна (системного проектирования)» [2,3]. Согласно данной модели, проектирование (дизайн) как процесс и технологию творческого создания объектов дизайна (ОД), можно моделировать по принципу системы с обратными связями.

Этапы проектирования и существования вэб-сайтов согласно информационной модели дизайна (системного проектирования):

- 1 Определение потребностей
- 2 Постановка цели
- 3 Формализация описания (дизайн сайта)
- 4 Материальное изготовление сайта
- 5 Сравнение прототипа

- с образом сайта
- 6 Создание сайта
- 7 Жизнь сайта
- 8 Утилизация

Данная модель апробирована в проекте «Информационный ресурс секции «Информационные технологии в дизайне» международной конференции «Региональная информатика».

Список литературы

1 Корзина М.И., Лысенко В.А., Гурьев А.Т. Модели дизайна: история и тренды. – Санкт-Петербург: «Материалы.Дизайн.Технология.», №1(20), 2012.

2 В.А. Лысенко. Информационная модель дизайна. Региональная информатика-2008 (РИ-2008). XI Санкт-Петербургская международная конференция. С-Петербург, 22-24 октября 2008 г.: Труды конференции / СПОИСУ. – СПб, 2009. – 316 с. ISBN 978-5-904030-11-7.

3 В.А. Лысенко. Информационная модель дизайна. // Презентация на XI Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика-2008 (РИ-2008)», Санкт-Петербург, 22 - 24 октября 2008 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://umk-itd.sutd.ru/index.php/publicacii>. (Дата обращения: 01.04.2011)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

П.В. Лапицкий
Красноярский филиал Санкт-Петербургского
Гуманитарного университета профсоюзов,
г. Красноярск

На сегодняшний день в России существует более 1100 высших учебных заведений. Большинство из них имеет свои филиалы в различных регионах. В связи с этим актуальным остается вопрос возможности общения в режиме видеоконференцсвязи между студентами филиалов и преподавателями головного ВУЗа, а также возможность взаимодействия между структурными подразделениями.

Применение систем видеоконференцсвязи в образовательной деятельности позволяет осуществлять более тесный и информативный контакт между аудиторией и ведущими преподавателями ВУЗа, дает возможность демонстрировать во время лекции дополнительные мультимедиа-материалы в виде схем, презентаций, роликов. Видеоконференцсвязь позволяет не только слышать, но и видеть реакцию обеих сторон во время дискуссии, что создает эффект присутствия. Кроме того, становится возможным осуществлять непосредственный контроль знаний студентов преподавателем, читающим курс лекций и сдачу зачетов и экзаменов в дистанционном режиме.

Наряду с такими явными преимуществами видеоконференцсвязи, можно отметить повышение эффективности образовательной деятельности ВУЗа, сокращение командировочных расходов и возможность привлечения внештатных узких специалистов в качестве преподавателей по различным специальным дисциплинам.

Современные системы видеоконференцсвязи поддерживают организацию сеансов сразу между несколькими участниками образовательного процесса, что позволяет организовывать общие, потоковые лекции ведущего преподавателя одновременно для нескольких филиалов ВУЗа с возможностью всесторонней связи.

Видеоконференцсвязь дает возможность организации и проведения всероссийских и международных конференций, так как отпадает необходимость непосредственного присутствия участников. А это в свою очередь повышает статус ВУЗа и способствует развитию различных научных направлений.

Помимо образовательного процесса, использование видеоконференцсвязи в ВУЗе является высокоэффективным средством взаимодействия на уровне управленческого и преподавательского персонала, позволяет проводить совещания и заседания различных структур ВУЗа и его филиалов для оперативного решения текущих вопросов.

ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ И В МАЛОМ НАУЧНОМ БИЗНЕСЕ

МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ В ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Г.М. Бейгельдруд

Эксперт Международной Академии наук по экологии и безопасности
человека и природы,
г. Тула

Перечень терминов, металлоконструкций, применяемых при проектировании согласно ГОСТ 4.253-80

1. Расчетные и нормативные нагрузки $\frac{H}{M^2}$ ($\frac{KGS}{M^2}$)
2. Расчетная температура воздуха, °C
3. Расчетная сейсмичность, балл
4. Расчетная влажность воздуха, с
5. Номинальные линейные размеры и отклонения от них, мм
6. Отклонения формы и расположения поверхностей элементов конструкции
 - не прямолинейность, мм
 - не плоскостность, мм

- не перпендикулярность смежных поверхностей элементов, мм
- не прямоугольность (разность длин диагоналей прямоугольных элементов), мм
- эллиптичность (разность диаметров)
- 7. Расчетный сток службы здания и его элементов, год
- 8. Трудоемкость изготовления здания $\frac{\text{нормо-часы}}{м^2}$, $\frac{\text{нормо-часы}}{м^3}$
- 9. Трудоемкость монтажа здания $\frac{\text{нормо-часы}}{м^2}$, $\frac{\text{нормо-часы}}{м^3}$
- 10. Коэффициент унификации %
- 11. Расход материалов
 - сталь $\frac{кг}{м^2}$, $\frac{кг}{м^3}$
 - пиломатериалы (ДСП, ДВП, ФАНЕРА, приведенные к круглому лесу).
- 12. Транспортабельность здания, балл
- 13. Коэффициент точности технологических процессов
- 14. Приведенные затраты $\frac{руб}{м^2}$, $\frac{руб}{м^3}$
- 15. Показатель патентной чистоты.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Г.М. Бейгельдруд

Эксперт Международной Академии наук по экологии и безопасности
человека и природы,
г. Тула

Термины и определения, применяемые при проектировании экологического
оборудования

1. Технический уровень включает (согласно ГОСТ 4.253-80):
 - показатель назначения
 - показатель конструктивности
 - показатель технологичности
 - показатель транспортабельности
 - эргономические показатели
 - конструктивные показатели
2. К силовому электрооборудованию относятся (согласно ГОСТ 21.613-88)
 - комплектные трансформаторные подстанции
 - электрические сети
 - управляющие устройства электроприводов
3. Определения нефтепродуктов согласно ГОСТ 26098-84:
 1. Нефтепродукт - готовый продукт, полученный при переработке нефти.

2. Жидкое нефтяное топливо – жидкий нефтепродукт, удовлетворяющий энергетические потребности путем превращения химической энергии углеводородов в тепловую.

3. Эксплуатационное свойство нефтепродукта – свойство нефтепродукта, проявляющееся при производстве, транспортировании, хранении, испытании, применении и характеризующее совокупность однородных явлений при этих процессах.

4. Физико-химическое свойство нефтепродукта – составная часть эксплуатационного свойства нефтепродукта, характеризующая совокупность однородных явлений, определяемая в лабораторных условиях.

5. Показатель качества продукции по ГОСТ 15467-79

6. Кондиционный нефтепродукт – нефтепродукт, удовлетворяющий всем требованиям нормативно-технической документации.

7. Некондиционный нефтепродукт – нефтепродукт не удовлетворяющий требованиям нормативно-технической документации.

8. Тип нефтепродуктов – совокупность нефтепродуктов одинакового функционального назначения.

9. Под группа нефтепродуктов – совокупность нефтепродуктов, входящих в одну группу и имеющих сходные показатели качества и условий применения.

10. Марка нефтепродукта – индивидуальный нефтепродукт название, номерное или буквенное обозначение, состав и свойства которого регламентированы нормативно-технической документацией.

11. Сорт продукции по ГОСТ 15467-79

12. Отработанное масло – техническое масло, проработавшее срок и утратившее в процессе эксплуатации качество, установленное в нормативно-технической документации.

13. Отработанные нефтепродукты – отработанные масла, промывочные нефтяные жидкости, а так же смеси нефти и нефтепродуктов, образующиеся при зачистке средств хранения, транспортировки, извлекаемые из нефтесодержащих вод.

14. Бензин – жидкое нефтяное топливо для использования в поршневых двигателях с искровым зажиганием.

15. Авиационный бензин – бензин для применения в авиационных двигателях.

16. Автомобильный бензин – бензин для применения в двигателях наземной техники.

17. Газотурбинное топливо – жидкое нефтяное топливо для применения в наземных и содовых газотурбинных двигателях.

18. Авиационный керосин - жидкое нефтяное топливо для применения в авиационных газотурбинных двигателях.

19. Дизельное топливо - жидкое нефтяное топливо для применения в двигателях с воспламенением топливо–воздушной смеси от сжатия.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В.М. Панарин, А.А. Горюнкова, Л.В. Котлеревская, А.А. Белоусов
ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет»,
г. Тула

В настоящее время концепция воздухоохранной деятельности основана на понятиях предельно-допустимой концентрации (ПДК) и предельно-допустимого выброса (ПДВ). ПДВ устанавливается для каждого природопользователя и для каждого источника выброса загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу. ПДВ устанавливается так, чтобы на границе СЗЗ концентрации ЗВ не превышали ПДК.

Существующие системы мониторинга не позволяют оперативно получать и анализировать информацию, т.к. время измерений $T_{изм}$ много больше времени переходного процесса τ ($T_{изм} \gg \tau$). Поэтому, чтобы своевременно контролировать экологические параметры техпроцесса необходимо осуществлять непрерывный сбор и анализ экологической информации, а это возможно только при использовании информационной системы, с пунктами автоматического сбора информации [1].

При превышении допустимой доли выброса инженеры меняют параметры техпроцесса с помощью системы управления технологическим процессом, что приводит к уменьшению выброса вредных веществ. Структура системы представлена на рис. 1.

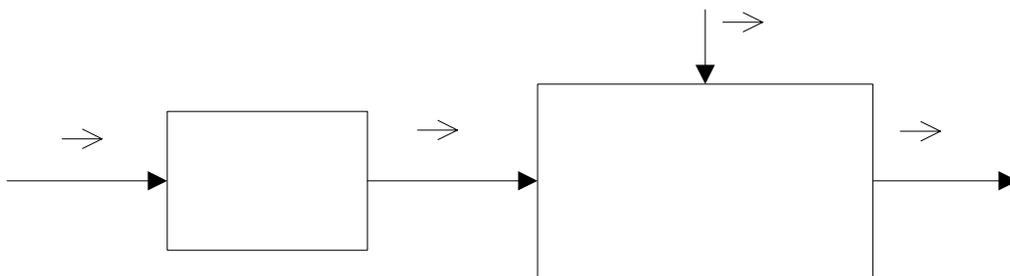


Рис. 1. Структура существующей системы сбора и анализа экологической информации

где $\vec{g}(t)$ – задающее воздействие в виде стандартов и нормативов, в которых указаны ПДК и ПДВ измеряемые системой мониторинга веществ и $g(t) = const$; $\vec{y}(t)$ – регулируемая величина, результат техпроцесса (фактический выброс); $\vec{u}(t)$ – управляющее воздействие, $\vec{F}(t)$ – возмущающее воздействие.

Как видно из структуры система работает по принципу отрицательной обратной связи, т.е.

$$\vec{e}(t) = \vec{g}(t) - \vec{y}(t)$$

При изменении возмущающего или задающего воздействия начинается переходный процесс, при котором возрастает рассогласование [2].

В информационной системе экологического мониторинга можно выделить следующие элементы: экологические данные (замеры концентрации вредных веществ); метеорологические данные (температура воздуха, скорость и направление ветра, давление, влажность); данные о предприятии; датчики для осуществления замеров; метеостанции; сетевое и другое оборудование; пункт сбора данных; подсистема обработки информации; карта или схема местности; данные о выбросах; оператор или лицо, принимающее решение.

Экологические, метеорологические и данные о предприятии являются входными данными.

Данные, о выбросах отображенные на карте или схеме местности являются выходными данными.

В информационной системе постоянно идет процесс преобразования, в ходе которого элементы изменяют свое состояние, т.е. входные элементы трансформируются в выходные. При этом ценность и полезность входных элементов увеличивается, что и наблюдается при использовании автоматизированных систем мониторинга, когда информация по замерам преобразуется в более удобную и наглядную форму представления для человека. В разрабатываемой системе процесс преобразования информации организуется с привлечением определенных правил, методик и алгоритмов, которые состоят из совместимых элементов, объединенных для достижения поставленной цели.

Структуру системы можно определить как схему (рис. 2), указывающую зависимости между различными формами деятельности информационной системы в соответствии с их функциями и целями, для выполнения которых они предназначены.

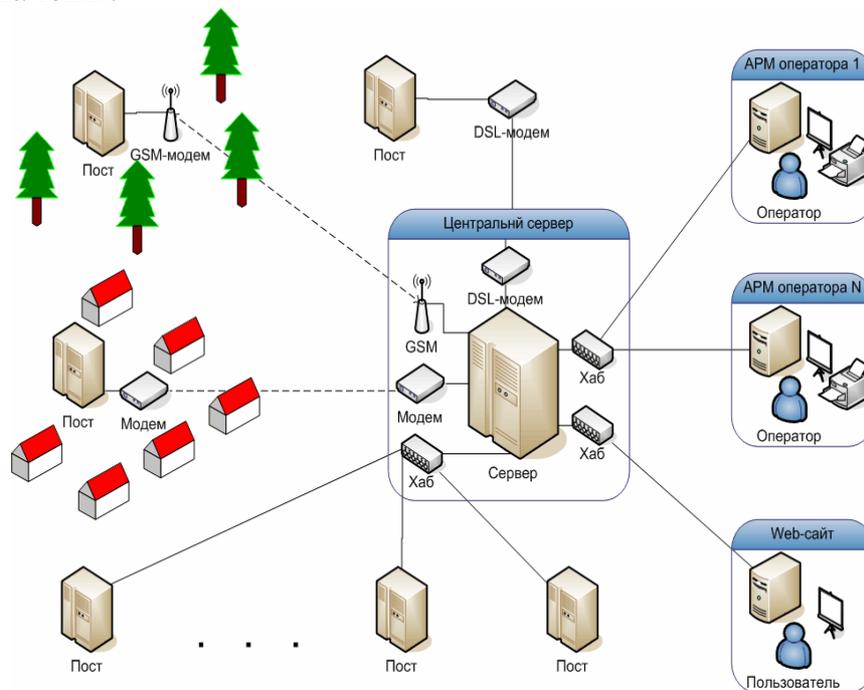


Рис.2. Схема информационной системы экологического мониторинга

К основным задачам информационной системы экологического мониторинга относят: непрерывный сбор экологической и метеоинформации, запись и хранение информации, преобразование информации в вид, наиболее удобный для анализа.

Целью работы информационной системы является обеспечение экологических служб информацией о загрязнении воздуха.

После того как определены и сформулированы цели данной системы, действия, направленные на достижение таких целей или выполнение связанных с этим функций, можно организовать представлением отношений всех элементов системы в соответствии с теми функциями, которые они выполняют независимо от их территориальных, юридических и формально-организационных границ.

Список литературы

1. Агапов А.А. Принципы построения информационной информационно-управляющей системы регулирования промышленной безопасности / Агапов А.А. // *Безопасность труда в промышленности*. – 2000. – № 6. – С.15-19.
2. Бизикин А.В. Структура системы сбора и обработки экологической информации / В.Г. Павпертов, А.В. Бизикин, М.В. Панарин, Н.Н. Тюрин, И.В. Стребков // *Известия Тульского государственного университета. Серия «Экология и рациональное природопользование»*. Вып. 2. – Москва - Тула. – Изд-во ТулГУ. – 2004. – С. 78-82.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

В.М. Панарин, А.А. Горюноква, Л.В. Котлеревская, А.А. Белоусов
ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет»,
г. Тула

В настоящее время на многих предприятиях существуют автоматизированные информационные системы, которые позволяют управлять технологическими процессами. При этом в системе управления задаются определенные параметры, которые она должна поддерживать. В системе имеется обратная связь, с помощью которой контролируются выходные параметры процесса.

В большинстве систем не существует механизма контроля экологических параметров на выходе производства, т.е. схемы управления технологическим процессом как источником загрязнения. В такой системе отсутствует обратная связь для экологических замеров.

Предлагается модифицировать схему управления, путем добавления элемента измерения концентрации выбросов предприятия и последующего учета экологических параметров в управлении (рис. 1) [1].

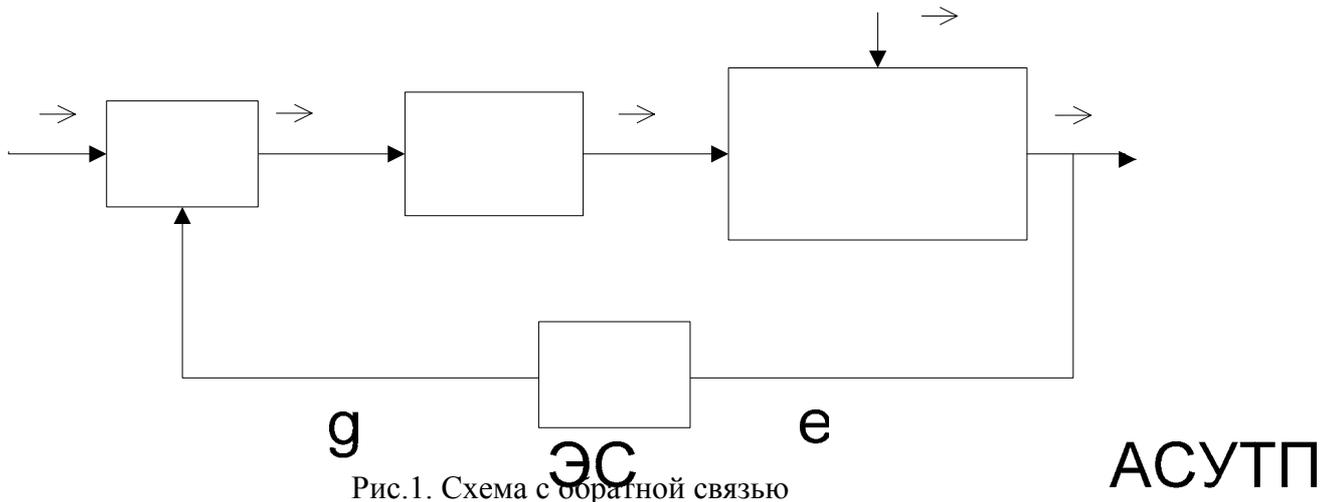


Рис.1. Схема с обратной связью

На представленной схеме технологический процесс рассматривается как источник загрязнения и осуществляется измерение и контроль загрязнений. Как видно из схемы (рис.1), были добавлены 2 элемента и обратная связь.

Система работает по принципу отрицательной обратной связи, т.е.

$$\vec{e} = \vec{g} - \vec{y},$$

где \vec{e} – рассогласование, \vec{g} в виде стандартов и нормативов ПДК.

Для этого, отделу управления производством должна быть выдана рекомендация, в соответствии с которой персонал должен изменить параметры техпроцесса, если это позволяют сделать ограничения, наложенные технологией.

Регулируемую величину y можно привести в норму с помощью изменения параметров технологического процесса:

$$y = L(K_1, K_2, \dots, K_N), i=1, N,$$

где N – количество изменяемых параметров процесса, K_i – i -й параметр технологического процесса, причем для каждого параметра существуют ограничения, в рамках которых он должен изменяться т.е.

$$K_{i\min} \leq K_i \leq K_{i\max}, i=1, N.$$

На большинстве предприятия действует несколько источников загрязнения и, чтобы определить, какой именно источник осуществил выброс, предложена методика, использующая методы математического программирования и Гауссовскую модель распространения загрязняющих веществ.

Согласно модели, концентрация в точке с координатами x, y, z вычисляется:

$$c(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left(-\frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\},$$

где (x_0, y_0) – координаты основания источника; Q – мощность непрерывного точечного источника, [г/с]; $\sigma_y = a_1 x^{\alpha_1}$ – горизонтальная дисперсия, [м];

$\sigma_z = b_1 x^{\beta_1}$ – вертикальная дисперсия, [м]; $a_1, \alpha_1, b_1, \beta_1$ – постоянные Регленда, полученные эмпирическим путем; $|y - y_0|$ – поперечное расстояние от оси шлейфа, [м]; z – высота над поверхностью земли, [м]; H – конечный подъём шлейфа над землёй (эффективная высота подъёма шлейфа), [м], в который для поля концентрации вводятся смещения в областях, примыкающих к зданиям.

В случае нескольких источников, концентрация равна:

$$c = c_1 + c_2 + \dots + c_N + c_\phi,$$

где c_1, c_2, \dots, c_N – концентрации вредного вещества соответственно от первого, второго, N -го источников, расположенных с наветренной стороны при рассматриваемом направлении ветра.

Введем для i -го источника коэффициент a_i , равный

$$a_i = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_{z_i}} \exp\left(-\frac{(y - y_{0i})^2}{2\sigma_{y_i}^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{(z - H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\},$$

тогда $c = a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + \dots + a_N Q_N + c_\phi$.

Так как, при осуществлении замера фактическая концентрация c известна, то для определения доли вклада в необходимо выбрать из множества решений оптимальное, установив при этом определенные ограничения.

Для составления целевой функции из фактического значения концентрации вычитаются измеренные и установленные значения:

$$Z = c - (a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + \dots + a_N Q_N + c_\phi).$$

Необходимо минимизировать ошибку рассогласования, при этом задается следующая целевая функция:

$$Z = c - c_\phi - (a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + \dots + a_N Q_N) \rightarrow \min$$

При этом вводятся следующие ограничения:

$$\begin{cases} c_\phi + (a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + \dots + a_N Q_N) \leq c + c_{\text{ногр}} \\ Q_{ni} \leq Q_i \leq Q_{\text{max}i} \\ Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N \leq Q_{\text{max}} \end{cases} \quad i = 1, N,$$

где $Q_{\text{max}i}$ – максимальная мощность выброса i -го источника определенного параметрами технологического процесса (мощность не может

быть больше определенного значения, из-за таких параметров, как диаметр и высота трубы максимально допустимая температура, максимальное количество топлива), Q_{ni} – наименьшая мощность выброса i -го источника, Q_{max} – максимальная сумма мощностей выбросов, $c_{погр}$ – значение концентрации, равное значению погрешности прибора. Применяв симплекс-метод, можно определить Q_i и исходя из этой информации, определить какие источники загрязняют воздух в данный момент.

Список литературы

1. *Автоматизированные системы экологического мониторинга атмосферы промышленно развитых территорий: монография / Панарин В.М. [и др.] – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. - 165 с.*
2. *Бизикин А.В. Структура системы сбора и обработки экологической информации / В.Г. Павпертов, А.В. Бизикин, М.В. Панарин, Н.Н. Тюрин, И.В. Стребков// Известия Тульского государственного университета. Серия «Экология и рациональное природопользование». Вып. 2. – Москва - Тула. – Изд-во ТулГУ. – 2004. – С. 78-82.*

Содержание

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Акашкина М.Г., Баранов И.В., Егорова Н.А., Истомин Д.С., Корчева А.Н., Овсянникова М.Р., Петров С.А. Современный подход к построению информационной системы ВУЗа.....	3
Самойлов Н.А. Разработка математических моделей каталитической дезактивации цеолитов в многоцикловых процессах.....	8
Чуракова С.К., Самойлов Н.А. Диагностика и интенсификация работы фракционирующего оборудования на основе математического моделирования.....	9
Чуракова С.К., Мусина Г.Ф., Чичканова Д.В. Совершенствование процесса изомеризации пентан - гексановой фракции на основе математического моделирования.....	11

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

Маркатов С.А. Моделирование процесса автоматизированного определения вида модуляции радиосигнала.....	13
Хохлов В.А., Корзун И.В., Докутович В.Н., Омельчук А.А., Савчук Р.Н., Зайков Ю.П., Дедюхин А.Е. Модельный критерий для описания и прогнозирования теплофизических свойств фторидных расплавов.....	15
Кошев А.Н., Кузина В.В. Математическая обработка вольтамперной кривой, как метод расчета электрохимических параметров в поликомпонентном растворе.....	17
Гвоздева И.Г., Кошев А.Н. Математическое моделирование и оптимизация распределения электрохимического процесса в ТПЭ.....	23
Кузнецова О.В. Постановка задачи оптимизации структуры сложной дискретной системы.....	28

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Беринцев А.В., Новиков С.Г. Автоматизированный измерительный комплекс для исследования температурных зависимостей вольтамперных и яркостных характеристик светодиодов.....	30
--	----

Арутюнян Т.В., Арцыбашева О.М., Лужанина О.Э., Нетребич Д.М., Пантюхин И.И., Сабокарь А.М., Онищук С.А. Информационное обеспечение в научных исследованиях подготовки высококвалифицированных спортсменов.....	33
---	----

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Одинцов Р.С. Информационно-измерительная система для автоматизации поверки средств измерений напряжённости магнитного поля промышленной частоты 50 Гц.....	36
Султанов А.Х., Багманов В.Х., Мешков И.К., Зайнуллин А.Р. Дифференциально-импульсный кодовый модулятор с прогнозирующим фильтром на основе МЛЭ.....	39
Курьянов В.Н., Курьянова Е.В. Планирование ремонтов по показаниям измерительной системы контроля расхода и потерь электрической энергии роторного оборудования.....	40
Юрченко А.В. Анализ процесса разработки программного обеспечения с использованием метрик процесса управления изменениями.....	41
Юрченко А.В. Перечень шагов, необходимых для достижения эффективного использования программных метрик.....	51
Юрченко А.В. Аудит конфигурационного управления программного обеспечения и его разновидностей.....	55

ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Маркелова Е.В. Общие вопросы оценки эффективности маркетинговой политики и маркетинговых исследований ВУЗа.....	65
Лысенко В.А., Лысенко А.А., Кузнецов А.Ю., Майоров И.С., Сальникова П.Ю., Корзина М.И. Применение информационной модели системного проектирования (дизайна) к созданию наноразмерных объектов.....	67
Лысенко А.А., Васильев М.П., Касаткин В.В., Лысенко В.А., Хохлова В.А., Сальникова П.Ю., Майоров И.С., Корзина М.И. Содержание профильной подготовки кадров «Информационные технологии в дизайне полимерных композиционных материалов».....	68
Корзина М.И., Лысенко А.А., Лысенко В.А., Майоров И.С., Сальникова П.Ю. Применение информационной модели системного проектирования для дизайна вэб-сайта.....	69
Лапицкий П.В. Использование систем видеоконференцсвязи в образовательном процессе.....	70

**ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
В ОБРАЗОВАНИИ И В МАЛОМ НАУЧНОМ БИЗНЕСЕ**

Бейгельдруд Г.М. Metalлоконструкции в очистных сооружениях.....	71
Бейгельдруд Г.М. Проектирование экологического оборудования.....	72
Панарин В.М., Горюнкова А.А., Котлеревская Л.В., Белоусов А.А. Решение проблемы сбора и анализа экологической информации о загрязнении атмосферного воздуха.....	74
Панарин В.М., Горюнкова А.А., Котлеревская Л.В., Белоусов А.А. Математическая модель информационной системы мониторинга загрязнения атмосферы.....	76