

# ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ БОЛЬШИХ ЗАДАЧ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭНЕРГЕТИКИ<sup>1</sup>

Л.В. Массель, А.В. Черноусов

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН является признанным лидером в области системных исследований в энергетике. Основные научные направления ИСЭМ СО РАН: 1) теория создания энергетических систем, комплексов и установок и управления ими; 2) научные основы и механизмы реализации энергетической политики России и ее регионов. В рамках этих направлений выполняются исследования систем энергетики (электроэнергетических, газо-, нефте-, нефтепродукто-снабжения, теплосиловых); энергетической безопасности России; региональных проблем энергетики; взаимосвязей энергетики и экономики; перспективных энергетических источников и систем; исследования в области прикладной математики и информатики [1].

Объектами исследований в энергетике являются отраслевые (функциональные) энергетические системы: электро-, газо-, нефте- и угле- и теплоснабжения, а также объединяющая их общеэнергетическая система – топливо-энергетический комплекс (ТЭК) страны. В последнее время в России специфическими объектами исследований стали рынки топлива и энергии разного территориального уровня. Особое место в комплексных исследованиях энергетики занимает решение сложных комплексных межотраслевых и междисциплинарных проблем, в том числе глобальных.

С точки зрения управления развитием и функционированием системы энергетики (СЭ) являются сложными физико-техническими и территориально-распределенными системами (протяженность электроэнергетических, нефте- и газоснабжающих систем достигает десятков и сотен тысяч километров). Помимо территориальной распределенности и сложности, СЭ, входящим в ТЭК, присущ ряд общих свойств, среди которых выделяют: непрерывность и инерционность развития; непрерывность функционирования и взаимосвязь режимов работы элементов системы; многоцелевой характер и практическую невозможность полного отказа системы; неравномерность процессов потребления продукции; подверженность крупномасштабным внешним возмущениям (преднамеренным и непреднамеренным; возможность каскадного развития аварий; зависимость пропускных способностей связей (линий передач, трубопроводов) от их местонахождения, режимов работы и состава работающего оборудования; активное участие человека в процессе управления; неполноту (недостаточную достоверность) информации о параметрах и режимах работы системы; иерархичность. Перечисленные факторы позволяют отнести задачи, возникающие в исследованиях энергетики, к классу больших задач.

Основными инструментами исследований энергетики являются математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Исследования, проводимые в институте, тесно связаны и имеют общую информационную базу; для исследований ТЭК требуются агрегированные данные, которые, как правило, являются обобщением результатов исследований отраслевых систем; результаты исследований направлений развития ТЭК должны учитываться при исследованиях развития отраслевых систем энергетики.

За всю историю института (около 50 лет) создано большое количество программных продуктов и баз данных; около двадцати программных комплексов могут быть отнесены к промышленным и коммерческим продуктам и применяются не только в институте, но и в других научных и энергетических организациях России и за рубежом. В то же время имеется ряд причин, заставляющих пересмотреть практику использования этих программных продуктов. Институт на протяжении всей своей истории осуществляет стратегию последовательного применения современных информационных технологий. В настоящее время актуальными являются два фактора: 1) Internet становится не только информационной средой, но и средой программирования, как с точки зрения разработки, так и с точки зрения использования программных продуктов; 2) в области создания программного обеспечения, помимо перехода от монолитных приложений к компонентным, наблюдается тенденция создания не просто распределенных программных комплексов, а Web-приложений – программных комплексов, к которым возможен доступ через Internet.

Развитие этих тенденций приводит к переходу ряда программных продуктов института в категорию унаследованного программного обеспечения (ПО). Под унаследованным ПО (legacy systems) понимают системы или комплексы, которые перестали соответствовать изменившимся со временем потребностям, но, тем не менее, продолжают эксплуатироваться ввиду значительных финансовых, организационных, технических и прочих затруднений, возникающих при попытке их замены. Унаследованные системы, как правило, базируются на отживших тех-

<sup>1</sup> Исследования выполнены при частичной поддержке грантов РФФИ № 07-07-00265, № 08-07-00172, ГРНФ № 07-02-12112

нологиях, архитектурах и платформах, а также используют морально устаревшее программное и информационное обеспечение. В то же время уникальность большинства таких программных продуктов, реализующих оригинальные авторские методы, методики и алгоритмы, требуют их сохранения и адаптации для использования на современных платформах.

Учитывая специфику исследований в энергетике, актуальность сохранения и адаптации уникального программного обеспечения и современные тенденции развития информационных технологий, ИТ-специалистами института был предложен проект создания ИТ-инфраструктуры научных исследований [2-4]. Под ИТ-инфраструктурой понимается совокупность: технических и программных средств, телекоммуникаций и информационной базы научных исследований; технологий их разработки и использования; стандартов, как внутренних, так и внешних, для разработки информационных и программных продуктов в области исследований в энергетике, обмена ими и их представления на информационный рынок [2]. ИТ-инфраструктура, с одной стороны, является интеграционной информационной и вычислительной средой для проведения исследований в энергетике. С другой стороны, ее разработка создает предпосылки для поэтапного перехода: к созданию распределенных баз данных и программных комплексов; распределению и распараллеливанию вычислений; созданию Web-ориентированных программных комплексов (вычислительных серверов); оказанию информационных услуг на основе наукоемких информационных и программных продуктов (создание Web-служб и Web-сервисов). ИТ-инфраструктура включает интеграционную информационную инфраструктуру, распределенную вычислительную инфраструктуру и телекоммуникационную инфраструктуру.

Важной составляющей ИТ-инфраструктуры является вычислительная инфраструктура. Вычислительная инфраструктура научных исследований – это, с одной стороны, взаимосвязанная совокупность программных и аппаратных средств, предоставляющих информационные и вычислительные услуги, необходимые для проведения научных исследований, с другой – распределенная вычислительная среда. В зависимости от решаемых задач можно выделить вычислительную инфраструктуру лаборатории, отдела, института, научного центра и т.д.

Все программные комплексы (ПК), разработанные и используемые в ИСЭМ СО РАН и образующие вычислительную инфраструктуру, можно разделить на три типа, или уровня. Первый уровень представлен локальными ПК, размещенными на персональных компьютерах пользователей; на втором уровне располагаются локальные БД и ПК, выполненные в архитектуре клиент-сервер, интегрированные в рамках сети лаборатории или отдела; третий уровень состоит из Web-сервисов и Web-приложений, обеспечивающих доступ к ПК и БД через Internet или в локальной сети института (Intranet). Ряд ПК (как правило, ПК первого уровня) используются для решения частных задач, либо носят исследовательский характер и реализованы как научные прототипы – они используются для отладки новых методов, алгоритмов или методик. ПК второго и третьего уровней – это проблемно-ориентированные ПК, которые используются при выполнении базовых проектов института, хоздоговоров, заказных работ. Анализируя разработку и использование ПК, можно отметить тенденцию постепенного перехода от локальных ПК к распределенным и далее к Web-ориентированным.

Следует заметить, что институт традиционно работает в области консалтинга, а именно: оказание оперативных высококвалифицированных консультаций, подготовка экспертных заключений и других аналитических материалов, опирающихся на использование собственного программного и информационного обеспечения. Такая деятельность, сопровождаемая обеспечением доступа к эксклюзивным программным и информационным продуктам, сейчас называется аутсорсингом, или предоставлением ИТ-услуг. В настоящее время в ИСЭМ СО РАН выделены следующие базовые программные продукты: 1) АНАРЭС – ПК для расчета и управления режимами электрических сетей и систем; 2) ПК «АРМ ТТС-W» – автоматизированное рабочее место технолога тепловых сетей; 3) ПК «ИНТ-ЭК» для оценки состояния ТЭК с учетом требований энергетической безопасности; 4) ПК «Оценка» – для оценки состояния электроэнергетических систем; 5) ПК «Нефть и газ России»; 6) ПК для автоматизации решения задач оптимизации управления режимами ТЭС; 7) ПК «Союз» для оптимизации структуры генерирующих мощностей ЭЭС; 8) вычислительный сервер ОРТСОН для решения задач оптимального управления; 9) тренажер персонала теплоэнергетического оборудования ТЭС; 10) система имитационного моделирования СИМГЭР; 11) ПК для оптимизации режимов работы гидроагрегатов; 12) геоинформационная система развивающихся электрических сетей; 13) ПК «GEM-DYN» для оптимизации расчетов по исследованию развития мировой энергетики на длительную перспективу; 14) ПК ORIRES для проведения расчетов по оптимизации структуры электростанций в межгосударственном энергообъединении; 15) универсальная среда программирования ЗИРУС; 16) информационно-прогностическая система ГИПСАР для долгосрочного прогнозирования природно-климатических факторов, влияющих на функционирование энергетических систем. Большинство из них могут быть отнесены к промышленным и коммерческим продуктам. Кроме этого, имеется ряд программных разработок, которые пока являются научными прототипами, но могут быть доведены до уровня коммерческих и промышленных продуктов. Учитывая, что комплексы программ, как правило, работают с уникальными, созданными исследователями базами данных, можно констатировать, что ИСЭМ СО РАН располагает серьезным интеллектуальным потенциалом, который, безусловно, может и должен быть востребован.

Современная вычислительная инфраструктура с обеспечением доступа к базовым программным продуктам через Internet может способствовать интенсификации деятельности, связанной с предоставлением ИТ-услуг [5]. Лабораторией информационных технологий ИСЭМ СО РАН был выполнен проект по созданию вычислительной инфраструктуры, результаты которого наиболее полно представлены в [6]. Основная цель проекта – разработка методов, моделей и базовых системных программных компонентов для создания современной вычислительной инфраструктуры исследований в энергетике, обеспечивающей переход к новой технологии исследований и оказанию ИТ-услуг через Internet.

Предложен методический подход к созданию вычислительной инфраструктуры исследований в энергетике, базирующийся на сервис-ориентированной архитектуре (SOA) и объединяющий как вновь создаваемые Web-сервисы, так и реализованные на основе адаптации унаследованных ПК.

В связи с тем, что создание современных ПК существенно усложнилось и практически нереально для прикладных специалистов без помощи системных программистов, в рамках проекта разработаны ориентированные на прикладных программистов методики и поддерживающий их программный инструментарий, перечисленные ниже.

1. Модель расширяемого Web-приложения, основанная на паттернах «MVC», «Command», «Factory».
2. Методика создания расширяемого Web-приложения, включающая следующие этапы: определение целевой группы пользователей создаваемого Web-приложения; ознакомление с предметной областью; составление вариантов использования (полных прецедентов – use case); составление бизнес-процессов; проектирование модели данных; проектирование структуры классов в терминах UML; реализация бизнес-объектов; реализация БД; реализация команд; реализация Web-интерфейса; конфигурирование; комплексное тестирование.
- Технология разработки современных программных комплексов (приложений), имеющих возможность быстрой адаптации для предоставления сервиса в Internet или в составе систем, реализованных в концепции SOA. Она включает: технологию двухуровневого расположения контроллеров (контроллер – это паттерн, то есть стандартная программа управления приложением, которая предоставляет типовой стандартный интерфейс доступа к функциям); технологию загрузки внешних данных; методику улучшения представления кода.
- Методика адаптации унаследованного программного обеспечения, включающая следующие этапы: 1) инвентаризация унаследованного ПК: получение исходных кодов ПК, поиск спецификаций форматов данных и документации, составление текущих вариантов использования ПК (use case), разработка блока тестов (test collection); 2) анализ исходного кода; 3) преобразование форматов данных к XML-спецификации и оптимизация кода; 4) выделение вычислительного ядра комплекса; 5) разработка ПО промежуточного уровня (middleware); 6) разработка Web-приложения; 7) разработка Web-сервиса на основе Web-приложения; 8) комплексное тестирование.
- Базовые системные программные компоненты, облегчающие создание Web-ориентированных прикладных ПК. Реализованы различные стратегии реализации центрального паттерна «Модель-Вид-Контроллер», подходы к созданию «Команд» и основанный на этом подход к реализации «Фабрики команд», а также вопросы передачи информации, оповещения и управления доступом к функциональности в рамках Web-приложения. Решен ряд технических вопросов применения паттернов и основных программных решений: использование сессий, фильтров, принципы построения пулов подключений к СУБД, средства и методы создания Web-сервисов в архитектуре SOA.

С использованием разработанных методик и компонентов реализованы Web-сервисы, вычислительными ядрами которых послужили ПК ИНТЭК для исследований проблемы энергетической безопасности (разработка лаборатории ИТ ИСЭМ СО РАН), ПК ОРТСОН для решения задач оптимального управления (совместно с А.Ю. Горновым, ИДСТУ СО РАН), ПК для нелинейной оптимизации (совместно с отделом прикладной математики ИСЭМ СО РАН).

Кроме того, результаты, представленные в статье, были применены при выполнении работ по грантам РФФИ № 04-07-90401; РГНФ № 04-02-00271 и применяются при выполнении проектов по грантам РФФИ № 07-07-00265; № 08-07-00172 и РГНФ № 07-02-12112.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Системные исследования проблем энергетики / Л.А. Беляев, Б.Г. Санеев, С.П. Филиппов и др.; под ред. Н.И. Воропая. – Новосибирск: Наука, 2000.- 558 с.
2. Л.В. Массель, Д.В. Подкаменный Создание распределенной вычислительной инфраструктуры исследований в энергетике // Вычислительные технологии, 2003. – т.8, ч. II. – С. 214-218.
3. Л.В. Массель. ИТ-инфраструктура научных исследований и открытая образовательная среда // Вестник ИргТУ, 2005. – №4 – С. 9-15.
4. Л.В. Массель, Е.А. Болдырев, Н.Н. Макагонова, А.Н. Копайгородский, А.В. Черноусов ИТ-инфраструктура научных исследований: методический подход и реализация // Вычислительные технологии, т.11, 2006.- С. 59-67.

5. Н.И. Воропай, Л.В.Массель ИТ-инфраструктура системных исследований в энергетике и предоставление ИТ-услуг. – Известия АН – Энергетика, №3, 2006. – С. 86-93.
6. А.В. Черноусов. Модели, методы и базовые программные компоненты для создания вычислительной инфраструктуры исследований в энергетике / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 25.03.08. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2008. – 24 с.