

Г. Г. Куликов, К. А. Ризванов, В. Л. Христоробов

ОРГАНИЗАЦИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТОВ В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

В работе предложен подход к созданию единого информационного пространства (ЕИП) виртуальной корпорации, включающей серийные заводы – изготовители ГТД, опытные конструкторские бюро (ОКБ) – разработчики ГТД, специализированные ОКБ – разработчики САУ и подразделения вузов (кафедры, лаборатории и др.) для распределенного выполнения проектов на примере выполнения работ по перспективному двигателю для гражданской авиации. *Единое информационное пространство; виртуальная корпорация; архитектура информационной системы*

Современная технология ЕИП (единого информационного пространства) является одной из основных в рамках концепции CALS ИЛП – информационной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) сложных изделий, таких как авиационный двигатель. Соответственно рассматривается ЕИП предприятия, корпорации и виртуальной корпорации, объединенной для выполнения конкретного проекта. За рубежом такие технологии позволяют объединить ресурсы (интеллектуальные, вычислительные, производственные) предприятий, научных организаций и университетов. Использование таких технологий в процессах проектирования, производства и эксплуатации ГТД является необходимым условием достижения конкурентоспособности в современном мире.

Информационные пространства предприятий, участвующих в разработке, производстве и эксплуатации ГТД в настоящее время достаточно полно структурированы, большинство ключевых бизнес – процессов предприятий охвачены корпоративными информационными системами [1].

Особый интерес представляет разработка информационной технологии, интегрирующей вычислительные ресурсы вуза с предприятием – разработчиком ГТД и предприятием – изготовителем ГТД.

Основные требования по решению данной проблемы определены требованиями CALS-технологий, поддерживаемых стандартами STEP [2, 3].

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В современном мире компании сталкиваются с беспрецедентным давлением со стороны рынка. Выживают и добиваются успеха лишь те организации, которые ведут бизнес наиболее эффективным способом, добиваясь снижения операционных издержек при сохранении высокого качества товаров и услуг. Одной из наиболее современных и успешных бизнес-моделей, позволяющих добиться реальных конкурентных преимуществ, является аутсорсинг.

Аутсорсинг – это передача части функций по обслуживанию деятельности предприятия другой организации-исполнителю.

Преимущества аутсорсинга:

- экономия средств. Стоимость услуг аутсорсинга гораздо ниже, чем затраты на построение собственной структуры. С зарплаты собственных работников отчисляются налоги и взносы в фонды. Стоимость услуг аутсорсера сокращает налогооблагаемую базу;
- экономия рабочего места. Создание собственной структуры требует дополнительные офисные площади, оргтехнику, канцтовары, справочно-правовые системы, лицензионное программное обеспечение;
- постоянная безотказная работа. Собственным работникам предоставляют ежегодный отпуск, больничный. Фирма-аутсорсер работает постоянно;
- экономия времени. Подбор кадров – непростая задача, требующая времени;
- гарантированное качество. Фирма-аутсорсер имеет в своем штате команду высококвалифицированных специалистов, и обладает опытом выполнения аналогичных проектов.

Принцип аутсорсинга: «оставляю себе только то, что могу делать лучше других, передаю

внешнему исполнителю то, что он делает лучше меня».

Главным источником экономии затрат с помощью аутсорсинга является повышение эффективности предприятия в целом и появление возможности освободить соответствующие организационные, финансовые и человеческие ресурсы, чтобы развивать новые направления, или сконцентрировать усилия на существующих, требующих повышенного внимания.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для реализации программы интеграции современных информационных технологий создания и производства ГТД и вычислительных ресурсов суперкомпьютера УГАТУ и предприятий, расположенных на значительном расстоянии друг от друга (ОАО «УМПО», ОАО «Авиадвигатель», НПП «Мотор» и др.), необходимо создание системы удаленного доступа пользователей. Удаленный вход повышает эффективность использования вычислительных ресурсов, а полноценная удаленная работа осуществляется через глобальную компьютерную сеть интернет. При этом служба для организации удаленного доступа должна реализовывать удаленную терминальную сессию, чтобы для программ на сервере суперкомпьютера не возникало отличия в работе с локальным и удаленным терминалами. Доступ к вычислительным ресурсам реализуется через единую точку входа, когда пользователь может запускать свои приложения в рамках одной распределенной системы – системы управления заданиями, которая централизованно управляет ресурсами и процессами пользователя.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Покупка или расширение собственных суперкомпьютерных центров далеко не всегда оправданы. Предприятия могут не иметь постоянной потребности в высокопроизводительных расчетах, или же испытывают необходимость в резком увеличении собственных вычислительных мощностей для решения конкретной задачи. Оптимальным выходом в такой ситуации является аренда суперкомпьютеров для реализации трудоемких информационных технологий.

Аренда вычислительных мощностей экономически оправдана, если:

- компьютерные ресурсы необходимы для разовой работы и требуются срочно;

- для собственного суперкомпьютера нет подходящего помещения;

- энергообеспечение вычислительной техники ограничено.

Аренда машинного времени суперкомпьютерных центров предоставляет ряд преимуществ, таких как:

- доступ к самым современным суперкомпьютерным ресурсам без инвестиций в покупку собственного вычислительного центра;

- отсутствие расходов на владение и обслуживание суперкомпьютерного центра;

- оплата только за использованный объем вычислительных ресурсов;

- профессиональная техническая поддержка по организации вычислений.

Области применения суперкомпьютеров:

- нефтегазовая отрасль: обработка данных сейсморазведки для наиболее точного определения мест залегания полезных ископаемых, проектирование бурения и оптимизация добычи;

- промышленность: решение задач САЕ (инженерные расчеты, гидро- и газодинамика при проектировании новых изделий в автомобилестроении, самолетостроении и многих других областях);

- бизнес-приложения: обслуживание СУБД, систем управления средними и крупными предприятиями;

- стратегические исследования: предсказание погоды, климатические, экологические, социологические, космические и ядерные исследования, исследования в области государственной безопасности;

- медицина и биохимия, в том числе разработка фармацевтических препаратов, генетика человека;

- научные исследования: нанотехнологии, синтез новых материалов и квантовая химия, молекулярная динамика, физика частиц, астрофизика и др.;

- прогнозирование в финансовой и экономической областях;

- оптимизационные задачи, управление и логистика и многие другие под силу суперкомпьютерам.

На рис. 1 приведена мнемосхема процесса интеграции вычислительных ресурсов вуза и информационных технологий предприятия.

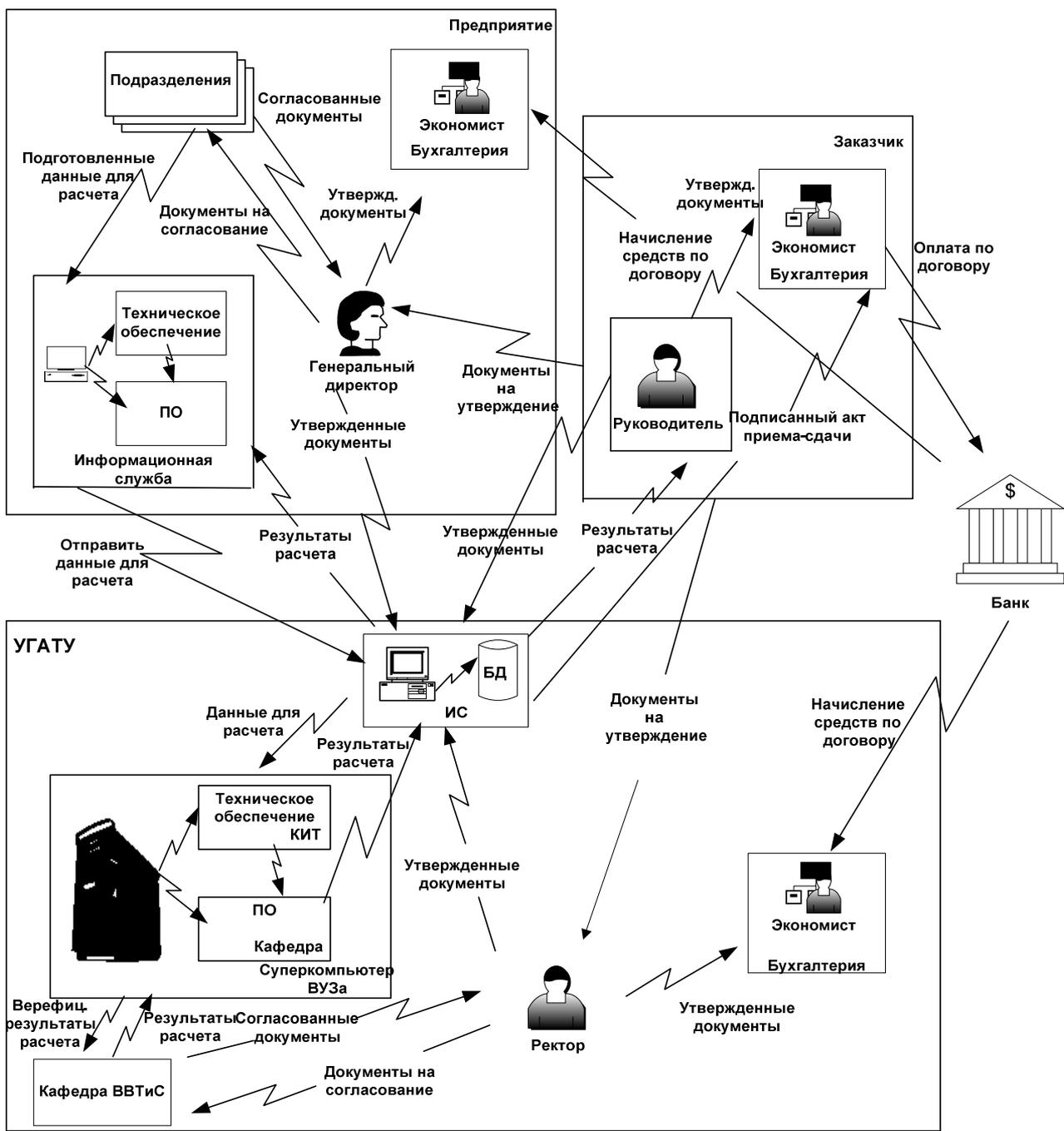


Рис. 1. Мнемосхема процесса интеграции вычислительных ресурсов вуза и предприятия

Заказчик предлагает предприятию работу, заключающуюся в использовании информационных технологий, требующих огромных вычислительных ресурсов. Если предприятие принимает предложение, то заказчик начинает оформлять необходимые документы (договор, техническое задание и др.). Затем отправляет их предприятию и вузу на утверждение. Документы попадают руководителю предприятия, кото-

рый отправляет их на согласование подразделению, непосредственно заинтересованному в использовании вычислительных ресурсов. После согласования документов подразделением, руководителю предприятия утверждает их, и отправляет заказчику и бухгалтерии утвержденные документы.

После утверждения документов инженер на предприятии подготавливает данные для расче-

тов и отправляет их информационной службе, которая производит расчет инженерных данных. Результаты отправляются на подразделение для дальнейшей их верификации.

После верификации результаты отправляются заказчику. Если результаты удовлетворяют требованиям заказчика, оформляется акт приема-сдачи. В противном случае расчет инженерных данных повторяется. Оформленный акт отправляется заказчику, после подписания – в бухгалтерию, где рассматривается экономистом, после чего ставится подпись и происходит оплата выполненных работ по договору. После того как средства, начисленные по договору, поступили на счет предприятия, договор закрывается.

Описанный организационный процесс должен быть формализован по требованиям системного проектирования бизнес-процессов и автоматизирован до Workflow. Для реализации этой задачи можно использовать CASE-технологии, такие как BPWin, ARIS, Rational Rose и др.

Для выполнения этого процесса требуется организация совместного конструкторско-технологического подпространства CAD/CAM/CAE/PLM для эффективного взаимодействия специалистов.

Ожидаемый эффект от функционирования системы будет включать следующие составляющие:

- временной эффект, получаемый за счет сокращения времени на распределение нагрузки;
- эффект рационализации, получаемый за счет автоматизации проведения инженерных расчетов;
- эффект полноты, достоверности и точности автоматизированного расчета данных.

Таким образом, экономическая эффективность информационной системы организации коллективного использования суперкомпьютера для выполнения информационных технологий на условиях аутсорсинга формируется не только за счет сокращения затрат на вычислительные работы и экономии времени, но и в результате улучшения деятельности объекта управления.

Применение выделенных телекоммуникационных каналов позволяет реализовать указанную выше технологию в распределенном виде.

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Сегодня большинство аналитиков и руководителей начинают испытывать потребность в комплексном описании и планировании развития предприятий. При этом задачи, связанные с проектированием и построением информационных систем, вызывают наибольший интерес. Существует множество подходов к решению этих задач. Большинство подходов опирается на инструментальные средства, позволяющие автоматизировать создание информационной системы – CASE. Задача по созданию информационной системы делится на несколько подзадач. Это разделение зависит от применяемого подхода, но в любом из них всегда присутствуют два действия:

- сбор информации и моделирование организационных и технологических процессов;
- построение архитектуры будущей информационной системы для автоматизации указанных процессов.

При моделировании процессов, как правило, рассматриваются три аспекта:

- объекты, которыми оперируют в процессах;
- процессы, которые выполняются;
- события, управляющие изменениями процессов и объектов.

Использование интегрированной схемы дает возможность применять ее на всех этапах ЖЦ системы для формирования точек зрения всех участников CASE-проекта, причем каждый участник или группа участников проекта получают четкое представление о том, что от них требуется. Построение модели Захмана для авиационных предприятий позволяет обеспечить понимание архитектуры информационной системы для создания ГТД на разных стадиях разработки и с точки зрения разных участников проекта. Для этого проводится анализ информационных структур пространств предприятий, участвующих в разработке, производстве и эксплуатации ГТД, показывающий, что их деятельность достаточно полно формализована и компьютеризирована [4, 5].

CALS-технологии представляют собой современную организацию, прежде всего, деловых процессов разработки, производства, эксплуатации и послепродажного сервиса ГТД путем информационной поддержки процессов их

ЖЦ на основе стандартизации методов представления данных на каждой стадии жизненного цикла и безбумажного электронного обмена данными [2].

Информационная интеграция заключается в том, что все автоматизированные системы, применяемые на различных стадиях ЖЦ, оперируют не с традиционными документами, а с формализованными информационными моделями.

Эти модели существуют в интегрированной информационной среде в электронной форме в виде информационных объектов. Системы, которые используют те или иные информационные объекты, извлекают их из интегрированной информационной БД, обрабатывают, создавая новые объекты, и помещают в интегрированную БД. Чтобы все это было возможно, информационные модели и соответствующие ИТ-технологии должны быть стандартизованы.

Интегрированная информационная среда представляет собой совокупность распределенных гетерогенных хранилищ данных, в которых действуют стандартные правила обработки, хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которые осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми этапами ЖЦ ГТД [6].

Основной идеей PLM-технологии является повышение эффективности управления информацией за счет повышения доступности данных об изделии, требующихся для информационных процессов ЖЦ. Повышение доступности данных об изделии достигается за счет интеграции всех данных об изделии в логически единую модель.

Сформируем схему информационных потоков взаимодействия при выполнении совместных проектов между разработчиком ГТД, изготовителем ГТД, разработчиком и изготовителем электронных агрегатов для ГТД и профильным авиастроительным университетом по аналогии с правилами формирования схемы информационного взаимодействия для объединенной двигателестроительной корпорации [6, 7].

На рис. 2 приведена разработанная схема информационных потоков взаимодействия предприятий при выполнении работ по перспективному двигателю для гражданской авиации.

ОРГАНИЗАЦИЯ АУТСОРСИНГА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ГТД

Процесс интеграции вычислительных ресурсов суперкомпьютера УГАТУ и предприятий представлен на рис. 3. При этом глубина анализа увеличится в несколько раз при одновременном сокращении сроков.

На вход блока «Заключить трехсторонний договор между заказчиком, предприятием и вузом» поступает договор, который оговаривается представленными тремя сторонами (требования, предъявляемые к работе; сроки выполнения; оплата выполненных работ). Затем, когда договор заключен, оформляется техническое задание в блоке «Оформить техническое задание».

Затем документы (заключенный договор, ТЗ) помещают в БД. В блоке «Подготовить данные для расчета» предприятие подготавливает данные для выполнения инженерных расчетов. Полученные данные для расчета поступают в блок «Отправить данные для расчета на суперкомпьютер». Результаты расчета передаются в блок «Получить расчеты».

Единое информационное пространство формируется на основе конструкторско-технологического подпространства с использованием CAD/CAM/CAE/PLM-систем. В качестве CAD/CAM-систем используется NX, в качестве CAE-системы – ANSYS, в качестве PLM-системы – Teamcenter.

Для организации единого информационного пространства необходима разработка приложения, реализация которого будет осуществлена в соответствии с трехзвенной (клиент-сервер-база данных) архитектурой с использованием Web-технологий.

Как показывает практика, Web-решения все чаще интегрируются в информационную инфраструктуру предприятия, становясь ее неотъемлемой частью. Принципы быстрого доступа к информации, хорошо зарекомендовавшие себя в интернете, прекрасно работают и для интранет-систем.

От интранет-системы возможен естественный переход к экстранет-системам, обеспечивающим доступ к информационной структуре вуза удаленных предприятий и реализацию видов коммерческих отношений типа «бизнес-клиент» и «бизнес-бизнес». Для реализации такого доступа при помощи Windows-приложений необходимо затратить значительно больше

усилий, ведь Web-технология изначально рассчитана на легкий доступ к удаленным рабочим местам, которые могут находиться и в соседнем здании, и на другом континенте.

Одной из наиболее распространенных разновидностей организационных структур является матричная структура. Сотрудники проектных команд подчиняются не только руководителю проекта, но и руководителям тех функциональных подразделений, в которых они постоянно работают, то есть предприятие развивается в двух направлениях.

Переход на матричную структуру управления – дело непростое, требующее значительных затрат. Можно выделить ряд преимуществ:

- снижается нагрузка на руководителей высшего звена, поскольку часть полномочий они передают в руки руководителей проектов. При этом личная ответственность руководителей проектов усиливается;
- матрица позволяет оперативно перераспределять ресурсы при выполнении нескольких программ в рамках одного предприятия;

- в результате сокращаются сроки создания новых технологий, улучшается качество работ и снижается их стоимость.

Построение матричной организационной структуры предприятия подтверждает целесообразность объединения усилий для выполнения сложных проектов. Кроме того, это важно для образовательного процесса, привлечения к решению серьезных задач студентов и аспирантов.

Ключевое преимущество матричной схемы в том, что она очень эффективна в сложных, быстро изменяющихся условиях. При матричной структуре достигается определенная гибкость в расходовании ресурсов, и открываются большие возможности для рациональной координации работ. Структура позволяет более эффективно использовать человеческие ресурсы: перемещая специалистов из одного проекта в другой, руководство осуществляет обучение и повышение квалификации своих сотрудников.

Схема информационных потоков взаимодействия предприятий при выполнении работ по ПД для гражданской авиации

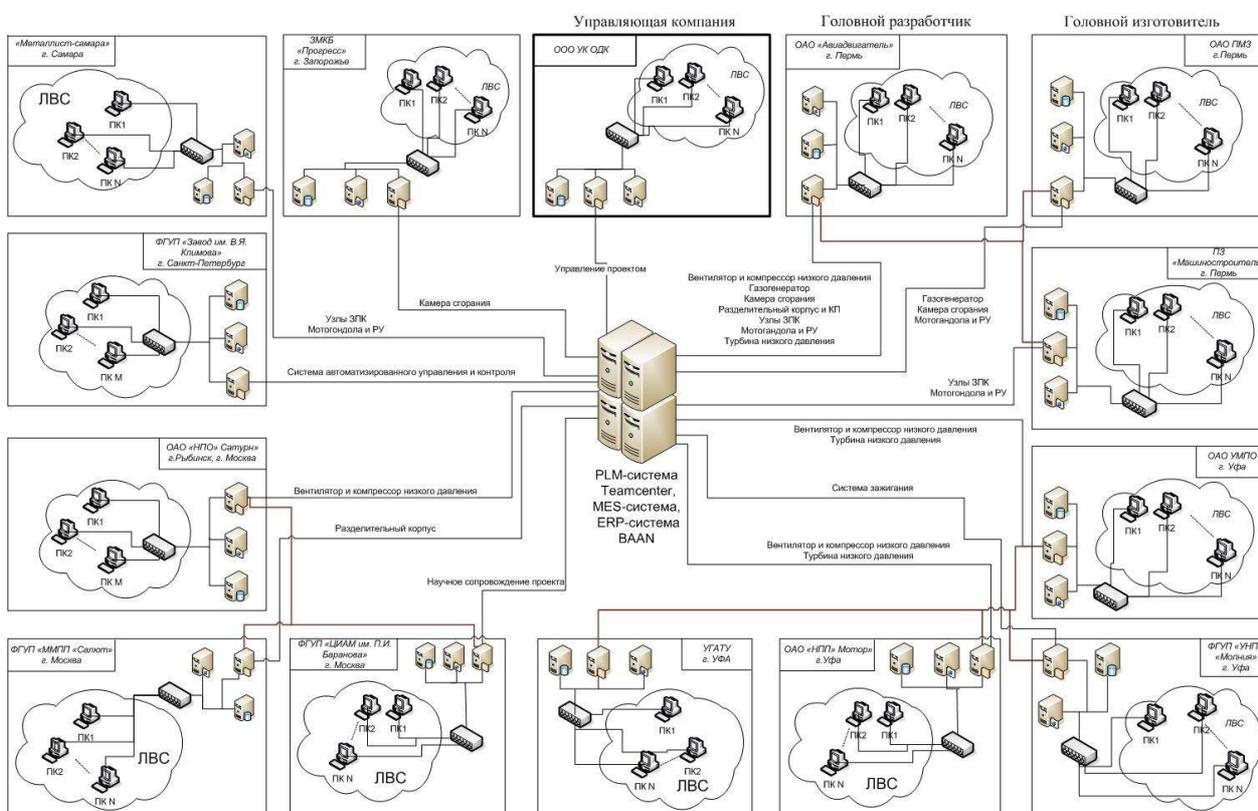


Рис. 2. Схема информационных потоков взаимодействия предприятий (в рамках виртуальной корпорации) при выполнении работ по перспективному двигателю для гражданской авиации

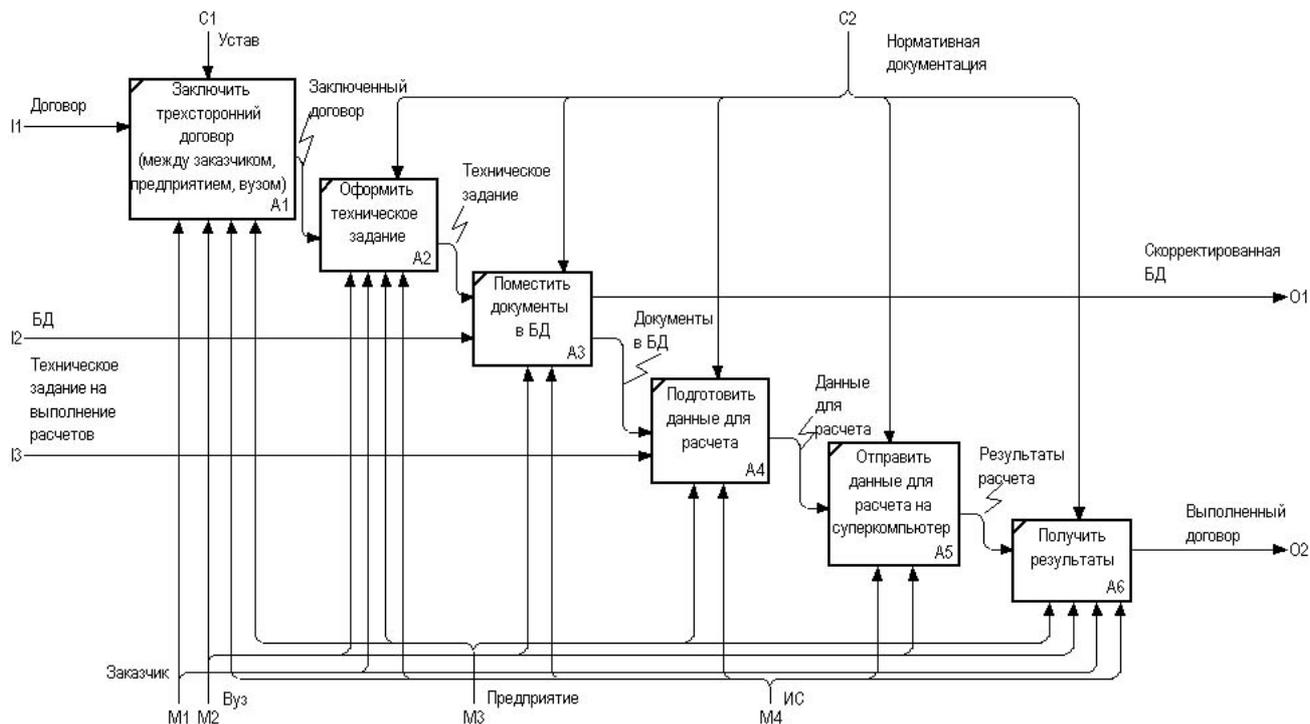


Рис. 3. Процесс интеграции вычислительных ресурсов суперкомпьютера УГАТУ и предприятий

На рис. 4 приведена схема создания территориально распределенной системы управления конструкторско-технологическими данными в PLM-системе Teamcenter (на примере объединения ОАО УМПО, НПП Мотор и УГАТУ).

Обмен данных организуется по защищенным каналам связи.

Обмен между «Сервером Teamcenter (ТС) Предприятия» и «Сервером Обмена» реализуется через инструментарий xml-файлов.

Рассмотрим простой пример – как в такой среде могут выполняться проекты. Допустим, ресурсы одного из участников виртуальной корпорации требуются для выполнения расчета элемента ГТД в САЕ-системе ANSYS. На рис. 5 приведена модель, построенная в САЕ-системе NX и интегрированная в САЕ-систему ANSYS.

В данном случае количество ячеек разбиения сетки модели 1 545 521. Распараллеливание PVM Local Parallel на 4 процессора. Было выполнено 1000 итераций. Расчет, произведенный с использованием кластера УГАТУ, был выполнен в 2,5 раза быстрее по сравнению с расчетом, выполненным на рабочей станции НПП «Мотор». Время расчета на одном процессоре кластера УГАТУ оказалось в 1,5 раза быстрее, чем в НПП «Мотор».

На рис. 6 приведены результаты расчета.

Данную концепцию предполагается реализовать для промышленных авиационных предприятий уфимского куста – производителей авиационной техники.

Классификация перспективных проектов для совместных исследований приведена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация проектов

Проекты	Разработчик ГТД	Разработчик ЭСУ	Изготовитель ГТД	Университет
Проект 1	Р	У	СР	НИ
Проект 2	У	–	У	НИ+Р
Проект 3	У	Р	У	НИ

где Р – разработчик; СР – серийный разработчик; У – участник; НИ – научные исследования.

Проект 1 – Исследование перспективных конструктивных решений для создания двигателей 6-го поколения.

Проект 2 – Разработка и производство лопаток с применением нанотехнологий.

Проект 3 – Разработка системы управления и зажигания, контроля и диагностики.

Классификация задач по аспектам совместной деятельности, решаемых в едином информационном пространстве:

- организационное управление проектами;
- оперативное управление проектами;

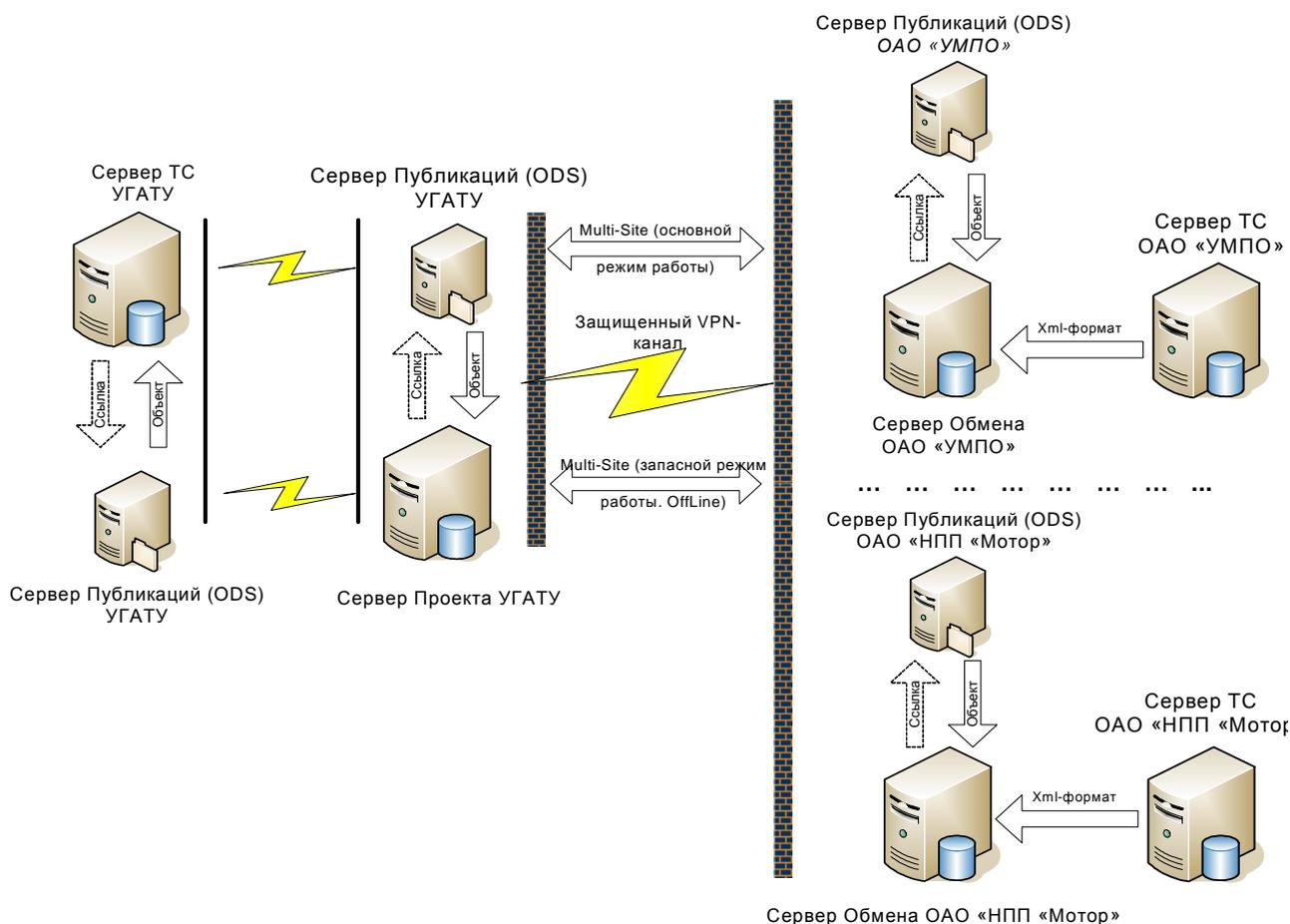


Рис. 4. Схема территориально распределенной системы управления конструкторско-технологическими данными в PLM-системе Teamcenter (на примере объединения ОАО «УМПО», НПП «Мотор» и УГАТУ)

- финансовое управление проектами;
- управление конструкторско-технологической документацией;
- управление материальными ресурсами и др.

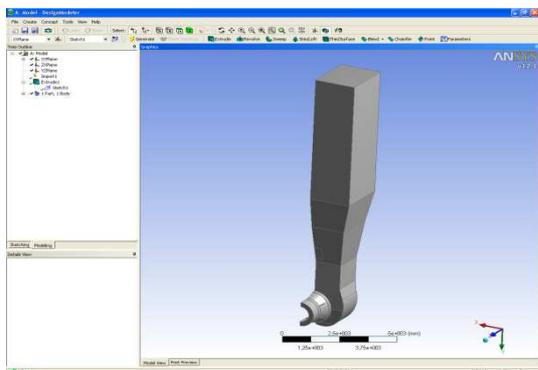


Рис. 5. Пример модели для расчета в системе ANSYS

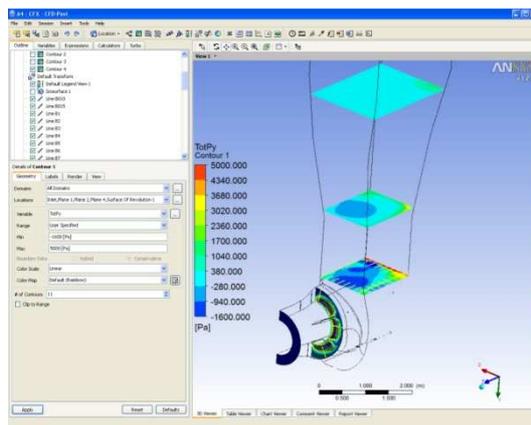


Рис. 6. Результаты расчета в системе ANSYS

ВЫВОДЫ

1. Анализ современных технологий показывает, что процессы, связанные с разработкой, производством и эксплуатацией ГТД, могут быть интегрированы в единое информационное

пространство на основе PLM-системы Teamcenter, MES-системы и ERP-системы BAAN.

2. Единое информационное пространство представляет собой совокупность распределенных гетерогенных хранилищ данных, в которых действуют стандартные правила обработки, хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которые осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми этапами жизненного цикла ГТД.

3. Создание единого информационного пространства позволит централизованно хранить проектные данные в единой системе управления инженерными данными Teamcenter, обеспечивать коллективное взаимодействие между предприятиями и вузом и максимально использовать вычислительные мощности УГАТУ для снижения материальных затрат и времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов Г. Г., Ризванов К. А. Формирование структуры модели жизненного цикла ГТД, отвечающей требованиям CALS-технологий // Исследования и перспективные разработки в авиационной промышленности. CALS-технологии в авиационной промышленности: матер. 4-й науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. М.: ОАО «ОКБ Сухого», 2007. С. 704–707.
2. Норенков И. П., Кузьмик П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 320 с.
3. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения / Е. В. Судов [и др.]. М.: ООО Изд. дом «ИнформБюро», 2006. 232 с.
4. Куликов Г. Г., Ризванов К. А. Разработка архитектуры информационной подсистемы испытательного ГТД // Матер. 4-й Всерос. науч.-техн. конф., Уфа: ОАО УМПО, 2008. С. 118–119.
5. Куликов Г. Г., Ризванов К. А., Денисова С. С. Архитектура интегрированной информационной модели для разработки, производства и эксплуатации ГТД совместно с его системой автоматического управления, контроля и диагностики // Вестник Самарск. гос. аэрокосмическ. ун-та им. акад. С. П. Королева. 2009. Ч. 1, № 3 (19). С. 244–252.
6. Двигатель нового поколения объединяет! Пермские авиационные двигатели [Электронный ресурс] (http://www.avid.ru/pr/other/aviadv/IB_19A/IB-19A_51).
7. ПД-14 прошел вторые ворота. [2010]. [Электронный ресурс] (<http://www.aviaport.ru/news/2010/03/10/191587.html>).

ОБ АВТОРАХ

Куликов Геннадий Григорьевич, зав. каф. автоматизированных систем управления. Дипл. инженер по автоматизации машиностроения (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по системн. анализу, автоматическ. управлению и тепл. двигателям (УАИ, 1989). Иссл. в обл. АСУ, системн. моделирования и управления проектами.

Ризванов Константин Анварович, нач. сект. ИСУП ОАО «НПП «Мотор», доц. той же каф. Дипл. инженер-программист (УГАТУ, 1999). Дипл. экономист-математик (УГАТУ, 2000). Канд. техн. наук по автоматизации и управлению технологическ. процессами и производствами. (УГАТУ, 2008). Иссл. в обл. инф. технологий.

Христолюбов Вячеслав Леонидович, дир. отд. инф. техн. ОАО УМПО. Дипл. инженер-механик по авиац. двигателям (УАИ, 1991). Канд. техн. наук по тепл. двигателям летательн. аппаратов (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. АСУ производством в авиадвигателестроении.