

# Технология и технологические машины

УДК 004.896

DOI 10.18698/0536-1044-2017-11-49-59

## Центр проектирования инноваций — инструмент распределенного проектирования в машино- и приборостроении

В.Ф. Белов<sup>1</sup>, В.В. Якуба<sup>2</sup><sup>1</sup> МГУ им. Н.П. Огарева, 430005, Саранск, Российская Федерация, ул. Богдана Хмельницкого, д. 39<sup>2</sup> АУ «Технопарк-Мордовия», 430034, Саранск, Российская Федерация, ул. Лодыгина, д. 3

## The Centre for Innovation Design — A Tool for Distributed Design in Mechanical Engineering and Instrumentation

V.F. Belov<sup>1</sup>, V.V. Yakuba<sup>2</sup><sup>1</sup> Ogarev Mordovia State University, 430005, Saransk, Russian Federation, Bogdan Khmelniyskiy St., Bldg. 39<sup>2</sup> AU Technopark-Mordovia, 430034, Saransk, Russian Federation, Lodygina St., 3

e-mail: belovvf@mail.ru, tpm-13@yandex.ru



Возможности ускорения этапа эскизного проектирования, создания и исследования прототипов инновационных продуктов машиностроения в рамках устаревшей системы последовательной разработки отдельных блоков и агрегатов технических систем в настоящее время полностью исчерпаны. Переход к модели параллельного инжиниринга, когда над проектом одновременно ведут работу многопрофильные группы специалистов, сегодня является решающим условием в конкурентной борьбе на рынке инноваций. Поэтому можно говорить об актуальности развития и внедрения технологий распределенного проектирования инноваций на стыке организационно-технических и информационных систем. При разработке конфигурации конкретной системы распределенного проектирования необходимо решить проблему ее многоаспектного представления. В связи с этим предложено ее решение на основе реализации так называемого ядра системы как совокупности архитектурно-строительных, инженерных, информационно-технологических, программных и организационных представлений. Введено понятие «тяжелой» системы распределенного проектирования изделий машино- и приборостроения, когда на одной площадке концентрируется максимальное количество инструментария и компетенций, а недостающие привлекаются в проект через единое информационное пространство. Показана практическая реализация такой системы в АУ «Технопарк-Мордовия» в рамках рабочего проекта Центра проектирования инноваций. Состояние проекта — разработка и реализация совместно с МГТУ им. Н.Э. Баумана плана создания общего информационного пространства для генерации цифровых макетов инновационных продуктов в стандартизированной среде проектирования Siemens PLM Software NX и интеграции сервисов географически распределенных испытательных центров, связанных между собой Интернетом.

**Ключевые слова:** САПР, распределенное проектирование, инженерия системной архитектуры, инженерия испытаний, CAD/CAM NX, PLM Teamcenter

**i** The potential for expediting the sketch design phase and physical prototyping of innovative products in mechanical engineering has been exhausted in the framework of the outdated sequential approach to designing specific units in complex technical systems. A transition to the concurrent engineering paradigm when multidisciplinary engineering groups are involved in a project, is a key factor in the competition in the market of innovations. Therefore, development and implementation of technologies for distributed innovation design is of current interest, especially on the interface between organisational, technical and information systems. Multi-aspect representation of a specific distributed design system constitutes a challenge to address at the system configuration phase. To solve the problem, a so-called system kernel is proposed that includes a set of architectural, construction, engineering, IT, software and organisational representations. The concept of a «heavy» system for distributed design of mechanical engineering and instrumentation equipment is introduced. This is valid in the situations when the maximal number of tools and competences are concentrated locally, whereas missing tools and competences required in a project are obtained via common information space. A practical implementation of such a system at Technopark-Mordovia is demonstrated in the framework of a project currently realized at the Centre for Innovation Design in collaboration with Bauman Moscow State Technical University. The project is aimed at creating a common information space for generating digital models of innovative products in the design environment Siemens PLM Software NX and for integrating services from geographically distributed testing centres, linked to each other via Internet.

**Keywords:** CAD system, distributed design, system architecture engineering, test engineering, CAD/CAM NX, PLM Teamcenter

В настоящее время на российском рынке ощущается дефицит производственных компаний, готовых поставлять сертифицируемые в Европе изделия машиностроения и приборостроения для их интеграции в системы транспорта, электроэнергетики, связи, вооружения и др., что существенно снижает экспортные возможности страны. Для решения этой проблемы требуются высокие темпы выполнения проектных работ, изготовления прототипов и документирования всех этапов в соответствии с международными стандартами.

Определим прототип как наиболее простой вариант продукта, который содержит наиболее сложный элемент. Чем быстрее будет создан прототип и подтверждено высокое качество его свойств и характеристик, тем более высокими будут конкурентные возможности продукта. Возможности ускорения прототипирования инноваций в рамках устаревшей системы последовательной разработки отдельных блоков и агрегатов технических систем в настоящее время полностью исчерпаны. Переход к модели параллельного инжиниринга, когда над проектом одновременно ведут работу многопрофильные группы специалистов (в том числе отдельные талантливые инженеры), является не

просто требованием времени, а успешно внедряется в практику инновационной деятельности передовых отечественных предприятий. В 2014 г. был открыт первый в России Центр распределенного проектирования авиационных систем, созданный холдингом «Авиационное оборудование» Госкорпорации Ростех в соответствии с разработанной Минпромторгом РФ стратегией развития авиационной промышленности до 2025 г. В зарубежной практике технология распределенного проектирования активно развивается в последнее десятилетие [1].

Создание систем, объединяющих методологию параллельного инжиниринга и CALS-технологию сквозной поддержки сложной наукоемкой продукции, базирующихся на стандартизованном едином электронном представлении данных и коллективном доступе к ним, повысит эффективность реализации сложных проектов в машино- и приборостроении в условиях дефицита компетенций и финансовых ресурсов.

Таким образом, сегодня можно говорить об актуальности развития и внедрения технологий распределенного проектирования инноваций (грид-технологий) на стыке организационно-технических и информационных систем.

Цель работы — обоснование архитектурного решения ядра распределенной системы эскизного проектирования изделий машино- и приборостроения на основе концепции интегрированных систем и сетей, а также анализ опыта практической реализации инструментального комплекса распределенного проектирования.

Научной основой реализации таких технологий является теория системной и программной инженерии. Обзор известных решений в этой области включает в себя, как правило, методологии и стандарты CORBA, RMI, DCOM, GRID, каждые из которых эффективно поддерживает ограниченный круг технологических задач [2].

Полнофункциональная «тяжелая» система распределенного проектирования должна обеспечивать в первую очередь актуальность данных проекта и автоматическую синхронизацию изменений. В ней всегда должно быть видно развитие проектных данных в режиме виртуального рабочего пространства при заданном распределении ролей между проектировщиками, учитываться не только функциональные, но также инфраструктурные, организационные и архитектурные аспекты реализации процесса распределенного проектирования. Только совокупное выполнение этих требований ведет к повышению качества управления процессом проектирования, сокращению срока разработки полноценного проектного решения, расходов и рисков.

Практическая реализация проекта «тяжелой» технологии распределенного проектирования осуществляется в Центре проектирования инноваций (ЦПИ) АУ «Технопарк-Мордовия». Конфигурация системы основана на методологии инновационного процесса пятого поколения по известной классификации Р. Росвелла [3]. Главная особенность этой методологии проектирования инноваций заключается в ее опоре на архитектуру и инфраструктуру интегрированных сетей и систем. На рис. 1 показана структура такой системы, представленная в аспекте информационных технологий (ИТ).

Согласно рабочему проекту создания предприятия, ЦПИ с технологической точки зрения представляет собой ядро системы распределенного проектирования инноваций, содержащее средства автоматизации инженерии требований, инженерии системной архитектуры, инженерии испытаний.

Технологический процесс проектирования в ЦПИ начинается с инженерии требований к

прототипу. Заметим, что заказчик может представить только свои потребности, но не требования к прототипу. На этом этапе реализуется так называемый реверс-инжиниринг и формируется представление прототипа в виде «черного ящика» [4].

Инженерия системной архитектуры, или эскизное проектирование, подразумевает анализ требований и функционирования (моделирование), разработку чертежей и создание прототипа. Продуктом этого этапа проектирования являются электронный и физический макеты прототипа [5].

Инженерия испытаний — это экспериментальное исследование прототипа на испытательном оборудовании с высокой стабильностью задаваемых и поддерживаемых воздействующих факторов, точностью их регулирования, возможностями углубленного наблюдения за рабочими процессами (в том числе и в труднодоступных зонах), повышенной точностью измерения и регистрации параметров.

Являясь ядром системы распределенного проектирования, ЦПИ решает две основные задачи: обеспечивает процесс интеграции проектов технических систем необходимыми компетенциями и инструментарием, повышает производительность труда конструкторов и программистов, создающих цифровые и физические макеты прототипов. Благодаря единой методологии системного и программного инжиниринга, сетевой ИТ-инфраструктуре и единому управлению проектами ЦПИ может выступать как в качестве ведущей организации (интегратора), так и в роли участника крупных инновационных проектов. Все это создает необходимые экономические предпосылки для полной загрузки производственных мощностей центра.

Расчетная производственная мощность ЦПИ АУ «Технопарк-Мордовия» составляет до 10 проектов среднего размера в год, а размер среднего проекта — 80 человеко-месяцев. На его разработку условно выделяется 7 человек. Таким образом, при линейном подходе к организации проектной деятельности в центре должны работать около 70 специалистов.

В ЦПИ реализуется нелинейная методология проектирования. Офис управления проектами для каждого из них конфигурирует свою систему распределенного проектирования. Эти системы балансируются в единый технологический процесс с учетом доступности ресурсов

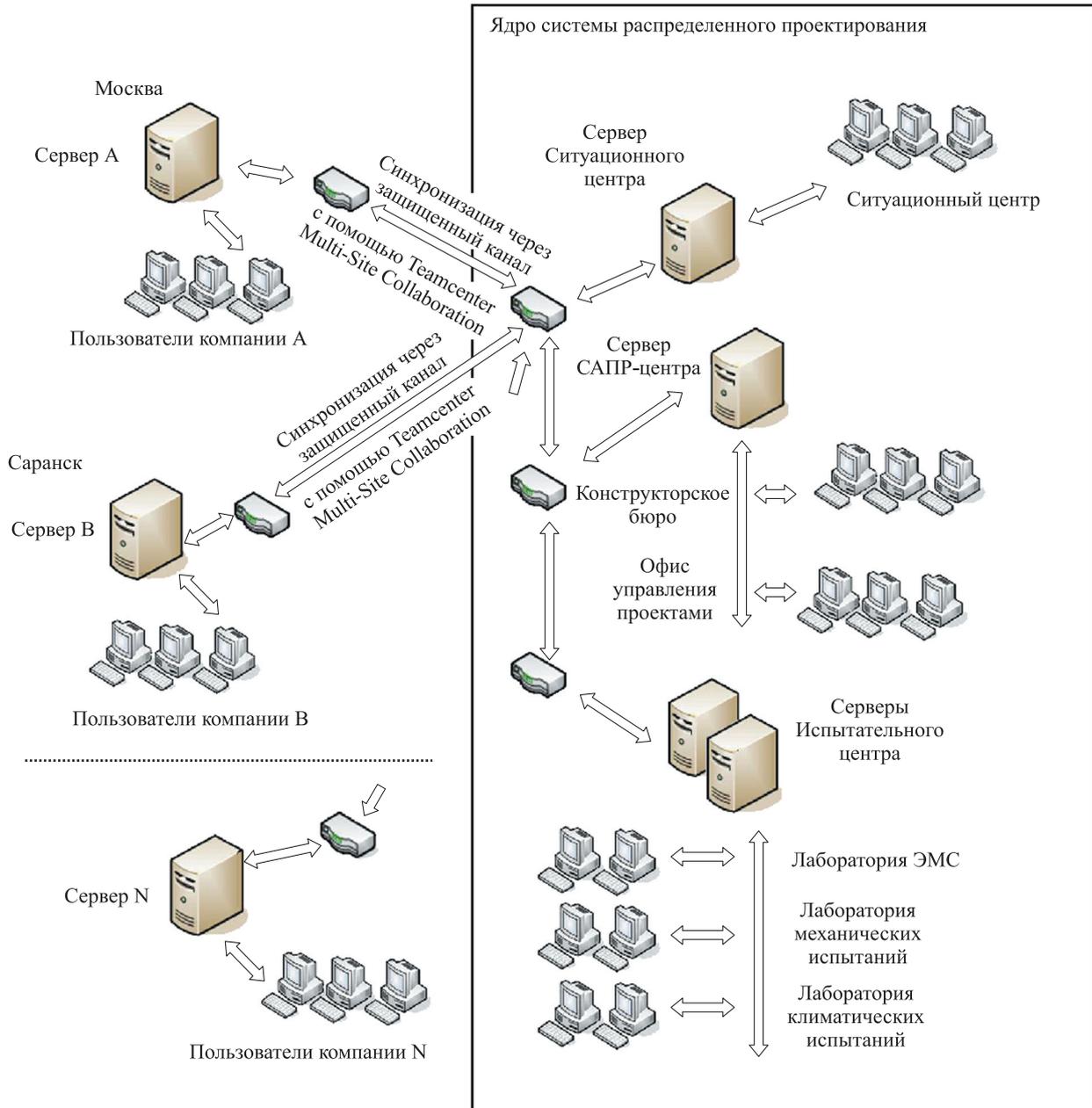


Рис. 1. Структура ЦПИ в аспекте ИТ

ЦПИ. Основными функциями офиса управления проектами являются:

- инженерия требований;
- декомпозиция задач проектирования;
- распределение проектных работ;
- управление изменениями в проекте;
- создание эффекта «одной комнаты».

Инженерия требований, декомпозиция и распределение проектных работ представляют собой взаимосвязанные задачи, для решения которых необходимо создать и исследовать математическую модель анализа вариантов финансовых и временных затрат на проектирова-

ние, производство и рыночную реализацию инновационного продукта. На этапе анализа требований к прототипу эта модель должна обеспечить оптимальное распределение частных технических заданий (ТЗ) по удаленным исполнителям. Эти задачи будет решать комплекс программ IDC Requirements Engineering, разрабатываемый в настоящее время на основе собственных средств технопарка.

Для управления изменениями в проекте можно использовать хорошо зарекомендовавшую себя на практике систему управления проектами Microsoft Project [6].

Для создания эффекта «одной комнаты» на всех предприятиях, задействованных в системе распределенного проектирования, устанавливаются CAD/CAM-систему NX и PLM-систему Teamcenter фирмы Siemens. Для организации взаимодействия всех этих предприятий применяют модуль Teamcenter Multi-Site Collaboration [7]. Актуальность внедрения технологий PLM определяется тем фактом, что в настоящее время мировой рынок отторгает продукцию, не снабженную электронной документацией и не обладающую средствами интегрированной поддержки постпроизводственных стадий жизненного цикла [8]. Разумеется, все обмены в системе защищены — сертифицированные ФСБ программные и технические средства должны обеспечивать шифрование всех видов трафика.

Для усиления эффекта «одной комнаты» и «живого» взаимодействия менеджера проекта с удаленными подразделениями на всех предприятиях должна быть инсталлирована функция видео-конференц-связи на базе системы объединенных коммуникаций Microsoft Lync (как вариант). В ЦПИ реализован более универсальный инструмент — ситуационный центр (рис. 2), взаимосвязанный как с внутренними, так и с внешними информационными сервисами. Это сложный комплекс [9, 10], действие которого распространяется на всех участников распределенной разработки, в том числе на все подразделения ЦПИ.

Основные задачи ситуационного центра ЦПИ:

- мониторинг состояния процессов разработки и испытания прототипов, состояния испытательных и инженерных систем, действий и

перемещений персонала, прогнозирование развития ситуаций на основе анализа поступающей информации;

- моделирование последствий управленческих решений на базе использования информационно-аналитических систем, в том числе IDC Requirements Engineering;

- экспертная оценка принимаемых решений и их оптимизация, поддержка проектной работы коллективом экспертов.

Особенностью ядра распределенной системы автоматизированного проектирования (САПР) прототипов является включение в его состав автоматизированной системы испытаний, обеспечивающей инструментальную поддержку инженерии. Она имеет клиент-серверную архитектуру, работает в локальной вычислительной сети, сопрягается с другими информационными и служебными вычислительными сетями и по строению подразделяется на две крупные части: серверный комплекс и автоматизированные рабочие места испытателей.

Серверный комплекс состоит из серверов баз данных, защиты информации и специальных вычислений. Автоматизированные рабочие места испытателей служат для предоставления испытателям пользовательских интерфейсов работы с функциями системы, в том числе с общими сервисами, включающими в себя визуализацию и документирование информации, пользование электронными справочниками, словарями и электронной базой нормативной, рабочей и руководящей информации для испытаний.

Рассмотрим ряд практических вопросов реализации «тяжелой» системы распределенного

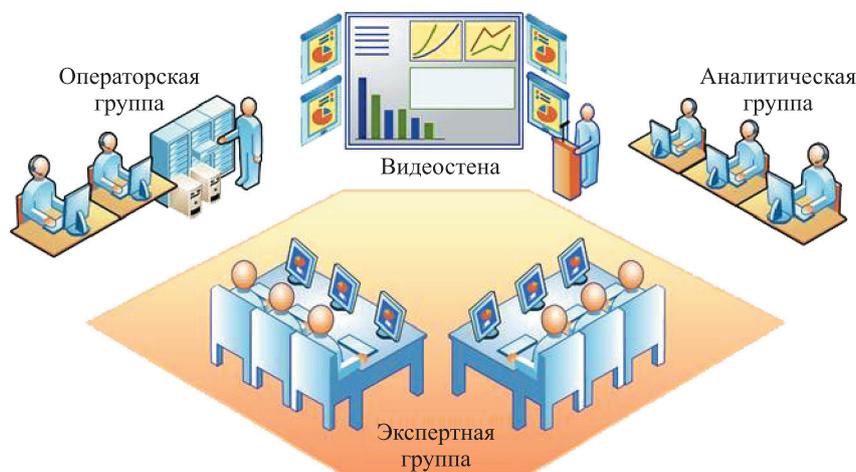


Рис. 2. Типовая структура ситуационного центра ЦПИ



Рис. 3. Комплекс зданий ЦПИ

проектирования инноваций. Развертывание ядра такой системы осуществляется в рамках рабочего проекта создания ЦПИ и предусматривает три этапа:

- строительство и ввод в эксплуатацию специализированного комплекса зданий ЦПИ;
- инсталляцию и аттестацию технологического оборудования ЦПИ;
- аккредитацию ЦПИ, в том числе его системы управления проектами.

В настоящее время завершаются работы по второму этапу реализации проекта и ведутся подготовительные работы по третьему. Покажем развертывание системы (см. рис. 1) на площадях специализированного комплекса зданий ЦПИ общей площадью около 4 000 м<sup>2</sup> (рис. 3).

Технологический процесс ЦПИ включает в себя три технологических передела, которым поставлены в соответствие три структурных подразделения — САПР-центр, СОФТ-центр и Научно-испытательный центр (НИЦ). На рис. 4 в качестве примера показано развертывание фрагмента ядра системы распределенного проектирования на площадях САПР-центра. Здесь созданы стационарные рабочие места клиентов (рабочие станции), подключенные к локальной сети серверов САПР-центра и ситуационного центра. Все помещения оборудованы устройствами ограничения доступа и видеонаблюдения с доставкой сигналов на сервер ситуационного центра.

PLM-система Teamcenter, построенная по клиент-серверной технологии, включает в себя расположенный на сервере САПР-центра Teamcenter Server, который предоставляет рабочим местам клиентов интерфейсы для рабо-

ты с модулями системы (Teamcenter Client). PLM-система Teamcenter состоит из следующих основных модулей и лицензий [11]:

- Teamcenter Author дает возможность создавать, редактировать, удалять бизнес-объекты в системе Teamcenter в соответствии с разграничением прав доступа.
- Integration for Cadence Allegro обеспечивает интеграцию с Cadence Allegro (ECAD).
- Change Management User позволяет проводить запуск, администрирование, просмотр/утверждение и проведение изменений структур данных Teamcenter.
- Visualization Standard дает возможность просматривать в Teamcenter 2D- и 3D-изображения, создавать 2D-заметки, предоставляет расширенные функции для работы с цифровым прототипом.
- Classification User обеспечивает создание справочников материалов, стандартных и покупных изделий, библиотек технологического инструмента, оснастки, оборудования и других справочных данных предприятия.
- Schedule Manager User позволяет пользователям создавать план-графики проектов конструкторской и технологической подготовки производства и управлять этими данными в системе Teamcenter.
- Requirements Manager User дает возможность управлять требованиями в контексте изделия на протяжении всего жизненного цикла.
- Teamcenter Deployment — лицензия, указывающая на использование линейки Teamcenter Unified.
- Simulation Author позволяет управлять расчетными данными и процессами.

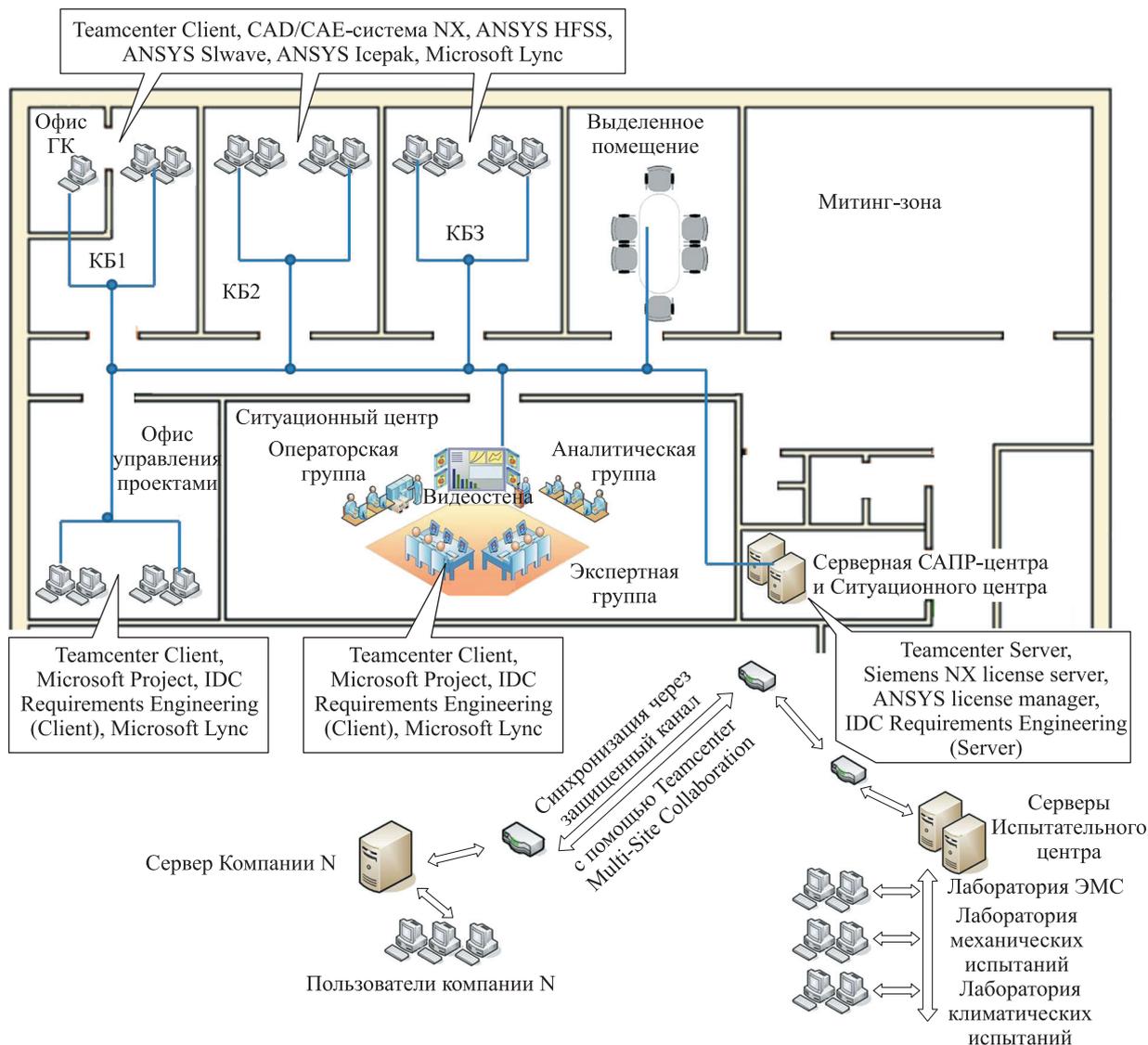


Рис. 4. Схема развертывания САПР-центра на плане помещений ЦПИ

- Context Management User предоставляет пользователям возможность работы с окружением исходного состава изделия для выполнения специфических задач.

- Teamcenter Manufacturing Part User обеспечивает управление технологическими процессами изготовления.

- Teamcenter Manufacturing Assembly User позволяет управлять технологическими процессами сборки и монтажа.

Конструкторское бюро (КБ1, КБ2, КБ3) размещено в трех отдельных помещениях общей площадью 140 м<sup>2</sup>, оборудованных тридцатью автоматизированными рабочими местами конструкторов, технологов и проектных менеджеров. В КБ1 находится офис Главного конструктора (ГК). На сервер САПР-центра устанавли-

вается сервер лицензий Siemens NX license server, который при каждом запуске программы предоставляет ей лицензию.

Помимо Teamcenter Client, на рабочих станциях КБ установлены CAD/CAE-система NX и специализированные программные модули. Они связываются с сервером лицензий ANSYS license manager, который расположен на сервере САПР-центра.

В помещении площадью 47 м<sup>2</sup> расположен офис управления проектами. Следует еще раз подчеркнуть роль сосредоточенных в этом офисе компетенций для технологического процесса ЦПИ. Формирование на основе требований к проекту множества частных ТЗ, их покрытие территориально и географически распределенными компетенциями, управление

конфигурациями параллельно выполняемых проектов, поддержка эффекта «одной комнаты», интеграция проектов — не полный перечень задач, которые должно решать это подразделение САПР-центра. Предполагается, что в дальнейшем в этом офисе будет внедрена автоматизированная система субконтракта для обеспечения поставок комплектующих, технологий и материалов при организации «отверточного» производства прототипов. Программный комплекс офиса: Teamcenter Client, Microsoft Project, IDC Requirements Engineering (Client) и Microsoft Lync.

Ситуационный центр площадью 116,2 м<sup>2</sup> включает в себя диспетчерский зал с экраном коллективного пользования (представляющим собой видеостену или проекционную установку) и с разделением на зоны — рабочие места: лиц, принимающих решения, и приглашенных экспертов; операторов; аналитиков. Программное обеспечение (ПО) центра: Teamcenter Client, Microsoft Project, IDC Requirements Engineering (Client) и Microsoft Lync.

Серверная площадью 20 м<sup>2</sup>, спроектированная как помещение специального назначения, оборудована двумя серверами HP ProLiant DL360 Gen9 для обеспечения работы КБ и ситуационного центра. ПО серверов: Teamcenter Server, Siemens NX license server, ANSYS license manager и IDC Requirements Engineering (Server).

Выделенное помещение площадью 48 м<sup>2</sup> предназначено для проведения собраний, совещаний, бесед и других мероприятий речевого характера по секретным или конфиденциальным вопросам.

Схему развертывания ИТ-структуры на поэтажных планах архитектурно-строительного проекта ЦПИ можно дополнить архитектурными решениями для НИЦ и СОФТ-центра. Однако ограничимся только перечнем оборудования и связанного с ним специализированного ПО НИЦ, чтобы показать физический уровень организации автоматизированной системы испытаний, интегрированной в распределенную систему проектирования.

Информация по техническому и программному обеспечению НИЦ приведена в таблице.

Как видно из таблицы, система управления испытательным оборудованием реализована на основе встроенного специализированного ПО разных фирм-разработчиков, как правило, производителей оборудования.

ПО EMC32-S, имеющее лицензию производителя Rohde & Schwarz (Германия), обеспечивает сбор, запись, анализ, сохранение и отслеживание результатов измерения, а также дистанционный контроль и управление оборудованием и возможность введения пользовательских изменений.

ПО HARCS-IMMUNITY, предназначенное для проведения испытаний в соответствии со стандартами IEC 61000-4-13,-14,-17, также расширяет возможности измерения гармоник согласно ГОСТ 30804.4.13-2013, ГОСТ Р 513417.4.14-2000 и ГОСТ Р 513417.4.17-2000 для всех степеней жесткости.

ПО PS3SOFT-EXT обеспечивает проведение испытаний по ГОСТ Р 51317.4.28-2000 (МЭК 61000-4-28) и ГОСТ Р 513417.4.17-2000 для всех степеней жесткости. Программа расширяет возможности настроек программируемого источника питания.

ПО EMC32-EB управляет антенной мачтой и поворотным столом, установленными внутри радиобезэховой камеры FАCT™ 10-4.0. Управление осуществляется через контроллер модели EMCenter производства компании ETS-Lindgren (США). Программа позволяет автоматизировать процесс измерения помехоэмиссии, проводить испытания в автоматическом и ручном режимах, выполнять сбор, запись, анализ, сохранение и отслеживание результатов измерения и осуществлять дистанционный контроль и управление измерительным оборудованием (измерительными антеннами и приемником), а также допускает возможность введения пользовательских изменений.

ПО SIMPATI, имеющее лицензию производителя WEISS (Германия), осуществляет управление измерительными приборами климатических камер, обеспечивает автоматизацию процессов тестирования на воздействие температуры и влажности, выполняет генерацию отчетов по испытаниям.

ПО Actidyn LC2500, обладающее лицензией производителя Actidyn Systemes (Франция), предназначено для управления встроенным оборудованием, контроллерами автоматизации процессов тестирования на воздействие линейного ускорения, генерации отчетов.

ПО Vst shock tool, имеющее лицензию производителя VIBRATION AND SHOCK TECHNOLOGIES (США), осуществляет управление измерительными каналами контроллеров, автоматизации процессов тестирования на

## Техническое и программное обеспечение НИЦ

Помещение		Испытательное оборудование		Специализированное ПО
Название	Количество рабочих мест, оборудованных компьютерами, шт.	Название	Количество, шт.	
Лаборатория электромагнитной совместимости (ЭМС)	3	Радиобезэховая камера FАCT™ 10-4.0	1	EMC32-S, HARC32-IMMUNITY, PS3SOFT-EXT, EMC32-EB
		Измерительная камера GTEM 5407	1	
		Комплекс средств измерений	1	
Лаборатория климатических испытаний	3	Климатическая камера WK27'/60-85	2	SIMPATI
		Климатическая камера WK3-1200/70/5/V	2	
Лаборатория механических испытаний	8	Центрифуга LC2500	1	Actidyn LC2500
		Испытательная машина падения VST MODEL 72 (1000) 2 DT	1	Vst shock tool
		Пневматическая ударная машина VST MODEL 6060 (2200)PA-PC	1	Vst shock tool
		Пневматическая ударная машина VST MODEL 3232 (300)FF-PC	1	Vst shock tool
		Вибрационная тестовая система ETS Solutions MPA714/M748/BT1000M	2	Econ Software

воздействие вибрации, ударов, генерации отчетов.

ПО Econ Software, обладающее лицензией производителя ETS Solutions, позволяет полностью контролировать процесс испытаний с помощью данных, поступающих с датчиков ускорения и смещения, установленных на стенде. Пользователь может задавать программу испытания, формировать отчеты о результатах испытаний.

Специализированное ПО ЦПИ относится к классу прикладных программ профессионального назначения.

В автоматизированной системе испытаний обмен выходными данными встроенных программ внутри локальной вычислительной сети НИЦ осуществляется посредством набора сетевых протоколов передачи данных TCP/IP. Информация — текущая и полученная в результате проведения испытаний, — передается на серверы НИЦ, где она становится доступной всем участникам распределенной системы.

В настоящее время в рамках Соглашения о сотрудничестве МГТУ им. Н.Э. Баумана и АУ «Технопарк-Мордовия» ведется работа над релизом системы распределенного проектирования на базе ядра ЦПИ, целью которого является отладка технологии работы с удален-

ным пользователем ядра. Предмет соглашения — реализация совместного проекта по созданию физически и географически распределенной САПР для генерации цифровых макетов инновационных Продуктов в стандартизированной среде проектирования Siemens PLM Software NX и совместного проекта по интеграции сервисов географически распределенных испытательных центров, связанных между собой Интернетом или Интранетом.

На базе технологий ЦПИ реализуют свой творческий потенциал и развивают компетенции будущие инженеры и программисты, проходящие обучение в направлении системного и программного инжиниринга при МГУ им. Н.П. Огарева в рамках учебного плана бакалавриата и магистерской программы по профилю «Управление разработкой программных проектов». Учебная работа проводится на базовой кафедре САПР АУ «Технопарк-Мордовия». По окончании обучения специалисты смогут на практике применить свои навыки не только в качестве инженеров-программистов, но и руководителей проектов по разработке интеллектуальных технических комплексов и систем с использованием грид-технологий проектирования инноваций.

## Выводы

1. В современных условиях жесткой конкуренции на инновационном рынке сокращение сроков, повышение качества и снижение стоимости разработки сложных систем в машино- и приборостроении будут достигаться на основе развития концепции промышленного Интернета вещей, реализация которой в проектировании значительно превзойдет по эффективности традиционные САПР.

2. Технологический раздел рабочего проекта ЦПИ представляет собой ядро системы распределенного проектирования инноваций, содержащее средства автоматизации инженерии требований, системной архитектуры и испытаний; техническое, программное и методическое обеспечение функционирования ядра, его коммуникации с удаленными клиентами должны

создавать эффект «одной комнаты», т. е. синхронизировать работу всех участников процесса проектирования. Эти результаты вполне достижимы на основе тех решений, которые предложены в рабочем проекте.

3. В ЦПИ реализуется нелинейная методология одновременной разработки нескольких проектов. Для каждого из них конфигурируется своя система распределенного проектирования, которое затем балансируется в единый технологический процесс с учетом доступности ресурсов ЦПИ. Поэтому значительную роль играют автоматизация офиса управления проектами и создание оригинальных моделей и программ для анализа вариантов финансовых и временных затрат на проектирование, производство и рыночную реализацию инновационного продукта, оптимального распределения частных технических заданий по удаленным исполнителям.

## Литература

- [1] La Rocca G., Van Tooren M.J.L. Knowledgebased engineering to support aircraft multidisciplinary design and optimization, *Journal of Aircraft*, 2009, vol. 46, no. 6, pp. 1875–1885.
- [2] Хородов В.С., Игонин А.Г. Технологии распределенного проектирования. *Вестник УлГТУ*, 2014, № 1, с. 54–59.
- [3] Rothwell R. Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review*, 1994, vol. 11, is. 1, pp. 7–31.
- [4] Халл Э., Джексон К., Дик Дж. *Инженерия требований*. Springer, 2016, pp. 24–28.
- [5] ISO/IEC 42010:2011. *System and software engineering. Architecture description*. International Standard, 2011.
- [6] Носова А.А., Чудаева К.А. Применение программы Microsoft Project в разработке инновационного проекта. *Новые технологии — нефтегазовому региону. Матер. Всерос. науч.-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых*, Тюмень, 18–22 мая 2015, Тюмень, Тюменский индустриальный университет, 2015, с. 318–321.
- [7] Абрамчук В.Е. Применение современных методов проектирования в ОАО «Авиадвигатель». *Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации*, 2014, т. 1, с. 77–84.
- [8] Клещевникова А.А., Батуев Д.С., Петроченков А.Б. Некоторые аспекты внедрения на машиностроительном предприятии PLM-системы (на примере продукта Teamcenter). *Фундаментальные исследования*, 2015, № 8–1, с. 105–109.
- [9] Егоров А.И. Развитие ситуационных центров поддержки принятия решений в учебной деятельности. *Фундаментальные исследования*, 2008, № 8, с. 80–81. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=3588> (дата обращения 19 сентября 2017).
- [10] Морозов А.А., Кузьменко Г.Е., Вьюн В.И., Литвинов В.А. Ситуационные центры. Основные принципы конструирования. *Математические машины и системы*, 2006, т. 1, № 3, с. 73–79.
- [11] Гороп Д.Н., Терликов В.В. *Teamcenter. Начало работы*. Москва, ДМК Пресс, 2011, с. 7–25.

## References

- [1] La Rocca G., Van Tooren M.J.L. Knowledgebased engineering to support aircraft multidisciplinary design and optimization, *Journal of Aircraft*, 2009, vol. 46, no. 6, pp. 1875–1885.

- [2] Khorodov V.S., Igonin A.G. Tekhnologii raspredelenного proektirovaniia [Technology of distributed design]. *Vestnik UIGTU* [Herald of UlSTU]. 2014, no. 1, pp. 54–59.
- [3] Rothwell R. Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review*, 1994, vol. 11, is. 1, pp. 7–31.
- [4] Khall E., Dzhekson K., Dik Dzh. *Inzheneriia trebovanii* [Engineering requirements]. Springer, 2016, pp. 24–28.
- [5] ISO/IEC 42010:2011. *System and software engineering*. Architecture description. 2011.
- [6] Nosova A.A., Chudaeva K.A. Primenenie programmy Microsoft Project v razrabotke innovatsionnogo proekta [The use of Microsoft Project in the development of an innovative project]. *Novye tekhnologii — neftegazovomu regionu. Mater. Vseros. nauch.-praktich. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchennykh* [New technologies — oil and gas region. Materials of All-Russian with international participation scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists]. Tyumen, 18–22 May 2015, Tiimenskii industrial'nyi universitet publ., 2015, pp. 318–321.
- [7] Abramchuk V.E. Primenenie sovremennykh metodov proektirovaniia v OAO «Aviadvigatel'» [Application of the modern projection methods in «Aviadvigatel'» OJSC]. *Problemy kachestva graficheskoi podgotovki studentov v tekhnicheskome VUZe: traditsii i innovatsii* [Problems the quality of graphic training of students in technical College: traditions and innovations]. 2014, vol. 1, pp. 77–84.
- [8] Kleshchevnikova A.A., Batuev D.S., Petrochenkov A.B. Nekotorye aspekty vnedreniia na mashinostroitel'nom predpriatii PLM-sistemy (na primere produkta Teamcenter) [Some aspects of PLM-system's implementation in engineering enterprises (on the basis of Teamcenter software)]. *Fundamental'nye issledovaniia* [Fundamental research]. 2015, no. 8–1, pp. 105–109.
- [9] Egorov A.I. Razvitie situatsionnykh tse ntrov podderzhki priniatiia reshenii v uchebnoy deiatel'nosti [The development of situational support centers of decision-making in learning activities]. *Fundamental'nye issledovaniia* [Fundamental research]. 2008, no. 8, pp. 80–81. Available at: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=3588> (accessed 19 September 2017).
- [10] Morozov A.A., Kuz'menko G.E., V'iun V.I., Litvinov V.A. Situatsionnye tsentry. Osnovnye printsipy konstruirovaniia [Situational centers. Basic principles of designing]. *Matematicheskie mashiny i sistemy* [Mathematical machines and systems]. 2006, vol. 1, no. 3, pp. 73–79.
- [11] Torop D.N., Terlikov V.V. *Teamcenter. Nachalo raboty* [Teamcenter. The beginning of the work]. Moscow, DMK Press, 2011, pp. 7–25.

Статья поступила в редакцию 19.10.2017

## Информация об авторах

**БЕЛОВ Владимир Федорович** (Саранск) — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Системы автоматизированного проектирования». МГУ им. Н.П. Огарева (430005, Саранск, Российская Федерация, ул. Богдана Хмельницкого, д. 39, e-mail: [belovvf@mail.ru](mailto:belovvf@mail.ru)).

**ЯКУБА Виктор Васильевич** (Саранск) — генеральный директор АУ «Технопарк-Мордовия» (430034, Саранск, Российская Федерация, ул. Лодыгина, д. 3, e-mail: [tpm-13@yandex.ru](mailto:tpm-13@yandex.ru)).

## Information about the authors

**BELOV Vladimir Fedorovich** (Saransk) — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Department of Computer Aided Design Systems. Ogarev Mordovia State University (430005, Saransk, Russian Federation, Bogdan Khmel'nitskiy St., Bldg. 39, e-mail: [belovvf@mail.ru](mailto:belovvf@mail.ru)).

**YAKUBA Viktor Vasilievich** (Saransk) — General Director, AU Technopark-Mordovia (430034, Saransk, Russian Federation, Lodygina St., 3, e-mail: [tpm-13@yandex.ru](mailto:tpm-13@yandex.ru)).