

УДК 004.9

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ© 2012 А. В. Иващенко¹, М. Е. Кременецкая¹, А. Н. Филатов², Д. Г. Пейсахович¹

¹Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)
²ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

Описывается подход к организации взаимодействия персонала научно-производственного предприятия в процессах конструкторско-технологической подготовки производства ракетно-космической техники в едином информационном пространстве, основанный на реализации методологии нисходящего проектирования. Проводится анализ результатов практической реализации методологии нисходящего проектирования в Самарском ракетно-космическом центре «ЦСКБ-Прогресс». Для реализации методологии нисходящего проектирования предлагается структура системы кондиционального управления выполнением заданий по проектированию новой техники.

Нисходящее проектирование, научно-производственное предприятие, единое информационное пространство, интегрированная информационная среда, информационное управление, CALS-технологии.

Введение

В настоящее время автоматизация управления жизненным циклом продукции на научно-производственном предприятии связана с применением современных принципов управления сложными организационно-техническими системами, одним из которых является организация эффективного взаимодействия персонала в едином информационном пространстве. Возможности известных систем класса CAD/CAM/CAE, PDM/PLM, ERP, MES и других CALS технологий позволяют использовать на практике достаточно эффективный и апробированный функционал по автоматизации жизненного цикла продукции, а распространённые стандарты интеграции информационных ресурсов и построения открытых систем позволяют обеспечить широкие возможности по накоплению и обмену информацией между участниками процессов проектирования и производства.

Однако для того, чтобы обеспечить экономическую эффективность внедрения этих технологий, необходимо разработать и реализовать адаптированную концепцию управления взаимодействием персонала предприятия в едином информационном пространстве, которое позволит добиться оперативного решения задач по поддержке принятия согласованных решений в режиме

реального времени. В частности, на многих предприятиях успешно применяется методология нисходящего проектирования, суть которой состоит в организации последовательной (от общих черт к детальному) разработки объекта проектирования. Разработка общих принципов эффективного применения этой методологии для организации и управления проектными работами является актуальной научно-технической проблемой.

В статье описываются проблемы организации системы управления взаимодействием персонала предприятия согласно концепции нисходящего проектирования и предлагается решение этих проблем в многоакторной интегрированной информационной среде предприятия путём построения системы кондиционального управления.

1. Современные принципы управления научно-производственным предприятием

Согласно принятой классификации видов управления организационными системами [1], в соответствии с количеством параметров модели управляемой системы выделяют управление составом и структурой, институциональное, мотивационное и информационное управление. Развитие средств

информационного управления в условиях активного использования единого информационного пространства представляется весьма перспективным. Суть его состоит в управлении информацией, которой обладают участники взаимодействия на момент принятия решений, а в основе его лежит тезис о способности человека к самостоятельному целеполаганию.

Деятельность персонала научно-производственного предприятия связана с выполнением целого спектра задач, который определяется не только должностными инструкциями и утверждёнными на предприятии регламентами, но и собственными интересом, особенностями обмена информацией в коллективе, конъюнктурой организации и другими факторами, сопутствующими инновационной и творческой работе по созданию новой техники. В связи с этим, сообщество пользователей единого информационного пространства предприятия следует рассматривать как участников множественных процессов взаимодействия, действующих в соответствии с личными целями в условиях определённых ограничений. Эта точка зрения позволяет применять теорию активных систем и использовать механизмы информационного управления, а именно: путём обеспечения своевременного доступа к определённым объёмам информации или его ограничения в условиях постоянного стремления сотрудников предприятия к получению и обработке этой информации обеспечивать требуемое их поведение.

Такой подход согласуется с распространёнными в последнее время принципами построения системы управления организацией на основе аналогии с живыми системами [2]. В соответствии с этим подходом предприятие может рассматриваться как сеть непрерывно взаимодействующих компонентов, образующих распределённую производственную систему, основанную на децентрализации и их реконфигурировании в процессе эволюции. Это даёт альтернативную возможность построения адаптивных систем управления, где

традиционное централизованное управление заменяется распределением принятия решений между автономными сущностями, организованными в иерархические структуры.

Практическая реализация такого подхода видится в создании мультиагентной архитектуры [3, 4] единого информационного пространства предприятия, позволяющей разработать протоколы обмена данными между его компонентами с целью построения соответствующих механизмов информационного управления. Поскольку для реализации рассмотренного вида управления крайне важно обеспечить своевременность наличия или отсутствия доступа лиц, принимающих решения, к определённым данным, весьма важно обеспечить требуемые динамические характеристики процессов обмена информацией и ритмичность взаимодействия в интегрированной информационной среде, для чего могут быть полезны модель и система управления, описанные в [5, 6].

Наконец, поскольку сообщество пользователей единого информационного пространства научно-производственного предприятия представляет собой сложную организационно-техническую систему, не соответствующую однозначно административной структуре предприятия, но подверженной её взаимному влиянию, единые критерии эффективности его функционирования в ответ на предлагаемые управления выработать достаточно сложно. В связи с этим, основные инструменты анализа и исследования процессов информационного взаимодействия персонала научно-производственного предприятия предлагается построить с использованием теории ограничений [7], нацеленной, в том числе, на повышение уровня взаимодействия и мотивации персонала.

2. Практическое применение методологии нисходящего проектирования

Проектирование – творческий процесс, связанный с выработкой и реализацией новых инженерных идей. На

современном предприятии в процессах проектирования участвуют коллективы высококвалифицированных инженеров разной специализации, в связи с чем актуальной является задача организации и управления их совместной работой. Один из подходов по организации взаимодействия по проектированию новой техники [8] выделяет методологии нисходящего и восходящего проектирования.

Нисходящее проектирование предполагает, что группа инженеров начинает работать над проектом на высоком уровне абстракции и последовательно детализирует проектную документацию. Основной задачей руководителя в этом случае является определение оптимального концептуального решения, выбор функциональных алгоритмов проектирования, а также выбор наиболее эффективных средств проектирования. Методология восходящего проектирования предусматривает ход разработки от частного к общему. На практике часто используют оба подхода, поскольку они взаимосвязаны вследствие итерационного характера проектирования [8], что позволяет устранить недостатки как нисходящего проектирования, например, появление требований, впоследствии оказывающихся нереализуемыми, так и восходящего, при котором возможно получение объекта, не соответствующего заданным требованиям.

Вместе с тем, методология нисходящего проектирования позволяет достаточно эффективно выстроить систему информационного управления сквозным процессом конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) изделий (рис. 1). Применение нисходящего проектирования эффективно в том случае, когда нужно контролировать изменения взаимосвязанных параметров в различных компонентах сборки, и эта методология позволяет эффективно распараллелить работу между участниками процесса проектирования.

Данное утверждение может быть подтверждено результатами анализа опыта

по практическому применению методологии нисходящего проектирования в Самарском ракетно-космическом центре «ЦСКБ-Прогресс». Организационно-программное решение было выработано совместно с ООО «Продуктивные технологические системы» в 2009 – 2010 гг. в ходе разработки РН «Союз-2-1В» и БВ «Волга» и основано на программном обеспечении Pro/Engineer (Creo Element Pro) и Windchill PDMLink, позволяющем выполнять разработку конструктивно сложных изделий от создания проектного облика до запуска конструкторской документации (КД) в производство.

Для создания программ для станков ЧПУ по электронным 3D моделям деталей, созданным конструкторами в Pro/Engineer, службой главного технолога был освоен модуль ЧПУ обработки. Решение этого вопроса позволило обеспечить сквозной процесс конструкторско-технологической подготовки производства изделий ракетно-космической техники (РКТ). При этом средствами системы Vericut осуществляется как проверка самой программы, так и правильности траекторий движения инструмента для исключения возможных повреждений станка при отработке программы.

Специалисты, выполняющие проектные и конструкторские работы, направленные на создание конструкторской документации по РН «Русь-М», прошли обучение работе в системах Pro/Engineer и Windchill. В службе главного технолога и в подразделениях производства организована активная подготовка специалистов к работе в Pro/Engineer, Windchill и САПР ТП «Вертикаль». Кроме того, в период с 2009 г. по 2011 г. было разработано более 70 регламентов и инструкций, описывающих различные элементы процесса проектирования, конструирования и технологической подготовки изделия, которые ложатся в основу разрабатываемых стандартов предприятия.

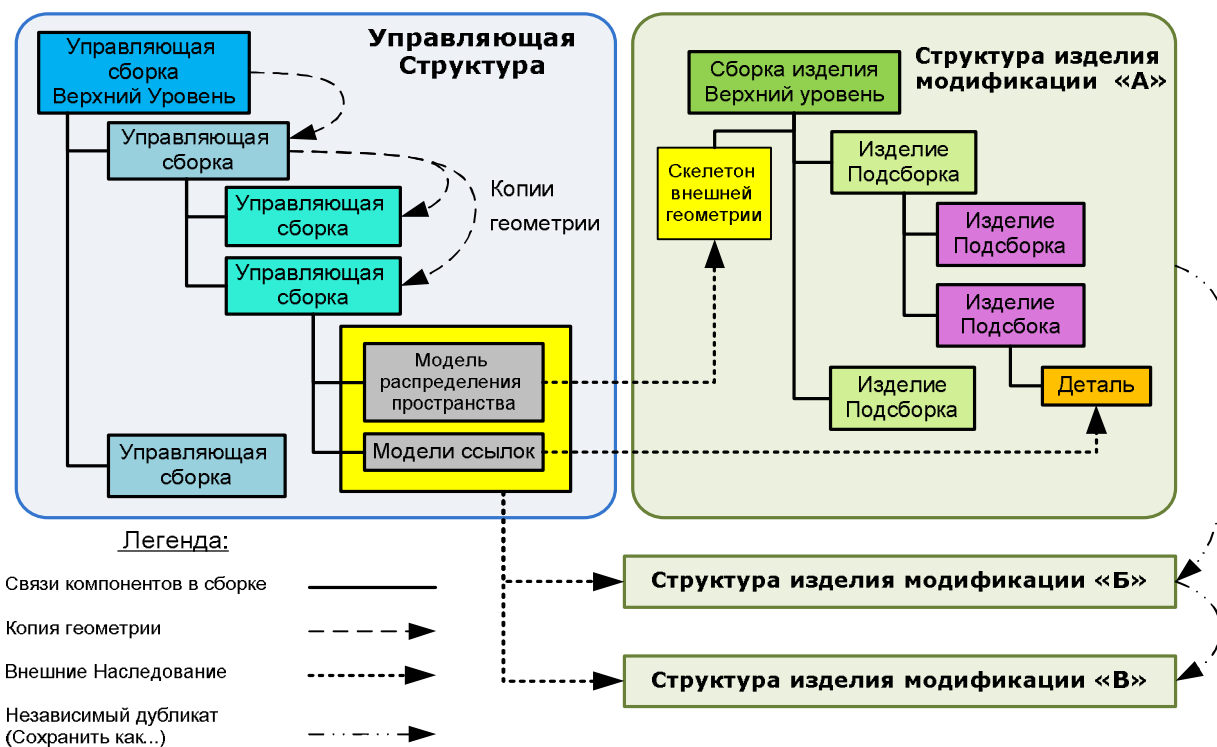


Рис. 1. Схематичное представление методологии нисходящего проектирования

Для информационного обеспечения специалистов предприятия в 2010 – 2011 гг. на предприятии были развёрнуты комплекс нормативного обеспечения Norma CS, справочник «Материалы и сортаменты» с наполнением его в соответствии с ограничительными перечнями предприятия, а также справочник стандартных изделий (с наполнением параметрическими 3D моделями стандартных изделий) в системе Windchill. Специалистами отдела нормативного обеспечения совместно с отделом САПР обеспечено наполнение справочника стандартных изделий и поддержка его актуального состояния. В рамках проектов «Союз-2-1В» и БВ «Волга» отработана технология использования указанных нормативных систем при разработке КД, которая позволила существенно сократить ошибки, вызванные человеческим фактором при применении стандартов, материалов и стандартных изделий.

Для полного замыкания процесса КТПП в единую схему создания изделий от проекта до производства на предприятии

выполнен комплекс мероприятий по автоматизации разработки технологических процессов в САПР ТП «Вертикаль». Внедрение этой системы одновременно с выполнением работ по интеграции с системами Windchill и АСУП предприятия позволили наряду с автоматизацией разработки технологически получать данные о составе изделия, расцеховки, ведомости оснащения и другую информацию, необходимую для организации и планирования производства из единого источника информации.

На предприятии также активно идёт внедрение методов имитационного моделирования, направленных на решение задач в области гидро-, газодинамических, аэродинамических, тепловых, механических и других расчётов. Решение данной задачи направлено на снижение затрат на экспериментальную отработку изделия в целом и его элементов. В качестве базового инструментария имитационного моделирования на предприятии внедрены системы MSC Nastran и ANSYS, которые занимают ведущее положение в мире в

области САЕ систем. Для эффективного применения указанных программных комплексов в первом квартале 2011 г. введена в эксплуатацию кластерная система, интегрированная в информационную инфраструктуру предприятия и позволяющая расчётчикам со своего рабочего места загружать в неё подготовленную для вычисления задачу и проводить её решение.

Одновременно с внедрением зарубежных САЕ-систем для автоматизации расчётов в соответствии с государственной программой освоения суперкомпьютерных технологий специалистами предприятия ведётся отработка отечественного расчётного комплекса ЛОГОС разработки Саровского ядерного центра, а также супер-ЭВМ производительностью 1 Тфлопс с развитием в 2012 г. до 6 Тфлопс. В 2010 – 2011 гг. были выполнены большие объёмы работ по имитационному моделированию аэродинамических характеристик РН «Русь-М» с верификацией аналогичных расчётов, выполненных в системе ANSYS. Выполнение расчётов в различных системах, в том числе с применением комплекса ЛОГОС, позволяет значительно повысить достоверность расчётов и увеличивает возможности по использованию результатов вычислений для дальнейших работ.

3. Система кондиционального управления проектированием

Классическая парадигма управления проектированием состоит в планировании и выдаче исполнителям задач и распоряжений с последующим контролем их исполнения. В качестве исходных данных для планирования используется укрупнённый сетевой график (генеральный план), который формируется на базе имеющегося портфеля заказов и утверждается на уровне руководства предприятия. Укрупнённый план уточняется с помощью частных расписаний подразделений, которые состоят из задач и распоряжений, назначенных конкретным исполнителям.

Ключевой проблемой в данном случае является организация оптимизационного планирования задач и распоряжений как перед выдачей их исполнителям, так и в процессе выполнения в ответ на информацию об изменении реальных сроков

готовности работы. Оптимизация обычно производится по двум критериям: обеспечение плановых сроков выполнения задач и повышение загрузки ресурсов подразделения (снижение времени простоя). Для решения этой проблемы имеется достаточно мощный инструментальный Windchill ProjectLink, который, однако, не позволяет выполнять автоматическое планирование. В связи с этим, при автоматизации распределения задач между исполнителями, а также согласования взаимосвязанных планов между подразделениями предприятия обычно применяют современные программные средства интеллектуального планирования.

Отметим, что в случае использования классических методов планирования на получение оптимального расписания для всего предприятия уходит достаточно много времени, а высокая динамика появления событий, требующих перепланирования, приводит к быстрой потере актуальности и необходимости собирать большие объёмы исходных данных. Применение инновационных подходов, например, мультиагентных технологий, не позволяет обеспечить требуемую предсказуемость и управляемость, что приводит к сложности интерпретации результатов планирования и трудностям применения на практике.

Разрешением противоречия является применение гибридного подхода, который основан на построении на базе распределённой архитектуры (например, P2P или мультиагентной) системы поддержки взаимодействия персонала предприятия и реализации информационного управления с использованием сетевых методов оптимизации. Особенность такого управления состоит в том, что параллельно с выдачей конкретных задач для каждого исполнителя формируется индивидуальное информационное поле и задаются «обстоятельства», определяющие условия выполнения порученных задач.

Определим новый подтип управления – кондициональное, в котором объектом управления является сообщество лиц, принимающих решения, а обратная связь строится в результате изменения ситуации на основе поступающей информации о принимаемых решениях. Императив в таком

управлении передаётся от создателей общих абстракций к частным, что не всегда может соответствовать иерархии подразделений предприятия. Для инженеров, участвующих в процессе согласованного проектирования изделий, создаются условия информационного взаимодействия, которые влияют на ситуационное принятие решений.

Технически реализовать формирование условий и передачу информации участникам процесса проектирования можно с помощью информационных представлений, механизм которых специфицирован для многоакторной интегрированной информационной среды в работе [5].

Информационными объектами в этом случае станут управляющие сборки, определённые технологией нисходящего проектирования. Порядок создания управляющих сборок, время их попадания исполнителям, приоритеты и интервалы времени, выделяемые на работу над ними, определяют характер взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия и, как следствие, влияют на время и характер принимаемых решений. Таким образом, кондиционное управление проектированием подразумевает разработку плана создания управляющих сборок, распределения их между лицами, принимающими решения, и отслеживание его результатов (рис. 2).

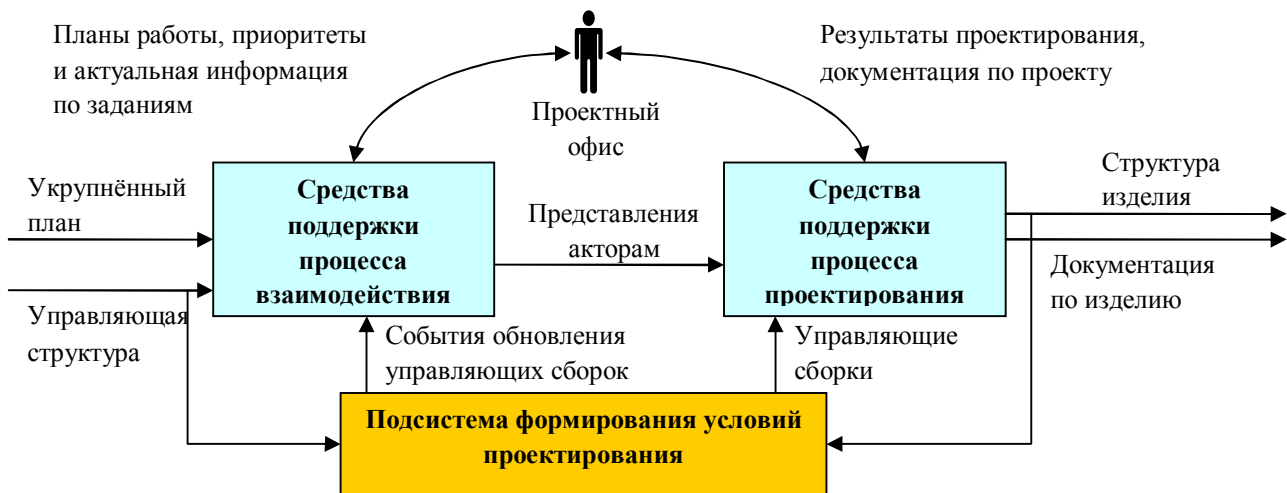


Рис. 2. Структура системы кондиционного управления проектированием в едином информационном пространстве предприятия

Такая система управления определяет условия, протоколы и регламенты, в соответствии с которыми пользователи интегрированной информационной среды будут обмениваться информацией в процессе выработки и согласования решений. Условия взаимодействия будут меняться во времени, что позволяет ситуационно управлять обработкой событий различного характера.

4. Построение информационной инфраструктуры для реализации методологии нисходящего проектирования

Внедрение новых информационных технологий в реальные бизнес-процессы предприятия сопровождается стремительным ростом информационных потоков и объёмов хранимой информации, что означает, в свою очередь, необходимость опережающего развития информационной инфраструктуры. При этом противоречия между сложившимися бизнес-процессами, возможностями перспективных технологий, темпами роста объёмов информации и имеющимися информационными ресурсами могут быть столь велики, что способны привести к торможению деятельности предприятия и краху самой идеи

использования новых принципов управления.

Для решения этой проблемы необходимо использовать современные технологии построения технической инфраструктуры, суть которых заключается в создании серверной и виртуальной инфраструктуры, построении центров обработки данных (ЦОД), развитии каналов связи и решении вопросов информационной безопасности. Опишем результаты решения этой проблемы в Самарском ракетно-космическом центре «ЦСКБ-Прогресс». К 2008 году на предприятии было внедрено достаточно современное техническое обеспечение, включающее несколько достаточно мощных серверов, центральные коммутационные узлы, информационные сети в корпусах предприятия, неплохой парк вычислительной и оргтехники. Однако резкое увеличение объёмов хранимой и используемой в работе информации показало, что для построения единого информационного пространства требуется построить прочный фундамент развитой информационной инфраструктуры.

Первым этапом этой работы стало создание в 2010 году на основе решений IBM и Cisco распределённого ЦОД, расположенного на двух производственных площадках, что решает задачу катастрофоустойчивости объекта. Основным подрядчиком, обеспечившим выполнение комплекса работ по строительству ЦОД, стала фирма «Открытые технологии», которая обеспечила как поставку серверного, коммутационного и инженерного оборудования, так и его монтаж, настройку и ввод в эксплуатацию.

Параллельно с этим была решена задача прокладки дублированных волоконнооптических каналов между площадками ЦОДов и всеми корпусами предприятия, создания информационной инфраструктуры, а также обновления парка вычислительной техники. В течение 2010 года во все корпуса предприятия были заведены магистральные волоконнооптические линии связи с дублированием не только на уровне кабелей, но и на уровне каналов их прохождения по территории. Это позволило исключить зависимость каналов связи от случайных

повреждений, вызываемых ремонтными работами. В частности было уложено в кабельные канализации более 50 км волоконнооптических кабелей, в каждом корпусе была обеспечена их разделка в коммутационных шкафах. Кроме того, топология всей информационно-вычислительной системы (ИВС) предприятия была построена на базе двух вычислительных центров, что обеспечивает бесперебойную работу пользователей с любым набором серверов не только при разрыве связи с одним из центральных узлов, но даже при выходе его из строя.

Необходимость работы с кооперацией в современных условиях диктует требование по созданию единой информационной инфраструктуры в рамках проекта, которая позволит свободно обмениваться технической и организационной информацией, осуществлять коллективную работу по единой технологии и в итоге существенно сократить транзакционные издержки на передачу и обработку данных. Для решения данной проблемы в филиалах «ЦСКБ-Прогресс» в г. Зеленоград и г. Рязань в 2011 г. были созданы соответствующие программно-аппаратные комплексы, арендованы каналы связи, произведена наладка и настройка оборудования. С начала второго квартала 2011 г. такая система была введена в эксплуатацию.

На основе аналогичных решений, отработанных на уровне подключения филиалов предприятия, с центром Макеева (г. Миасс) в рамках проекта создания РН «Русь-М» организован защищённый канал связи, с использованием которого отработаны основные элементы коллективной работы над общим конструктивом изделия при взаимодействии удалённых предприятий. Такое решение позволяет эффективно взаимодействовать коллективам разных предприятий по единой технологии нисходящего проектирования, основанной на решениях Windchill и Pro/Engineer, и реализовать описанную выше схему управления. Обеспечение предприятия системным программным обеспечением производилось по схеме Enterprise Agreement, системная область информационной инфраструктуры

предприятия базируется на платформе Microsoft.

Таким образом, была реализована развитая инфраструктура современных программных и аппаратных средств, позволяющая организовать единое информационное пространство и реализовать согласованное взаимодействие персонала предприятия по созданию новой техники. Такие возможности в сочетании с освоенными технологиями эффективного использования САПР, САПР ТП, PDM/PLM, ERP и современными технологиями управления позволяют эффективно решать задачи конструкторско-технологической подготовки конструктивно сложных изделий ракетно-космической техники в сквозном цикле электронного проектирования.

Заключение

Построение развитой информационной инфраструктуры современных программных и аппаратных средств позволяет создать фундамент для организации единого информационного пространства, которое, в свою очередь, даёт новые возможности по повышению эффективности совместной деятельности персонала научно-производственного предприятия по созданию новой техники. Приведённый в статье пример применения методологии нисходящего проектирования для построения системы кондиционального управления взаимодействием персонала предприятия подтверждает перспективы совместного использования новых информационных технологий и современных методов управления.

Библиографический список

1. Бурков, В.Н. Введение в теорию управления организационными системами

[Текст] / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков, под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.

2. Leitão, P. Holonic rationale and self-organization on design of complex evolvable systems [Text]. – HoloMAS 2009, LNAI 5696. – Springer-Verlag, 2009. – pp. 1 – 12

3. Городецкий, В.И. Средства спецификации и инструментальной поддержки командного поведения автономных агентов [Текст] / В.И. Городецкий, С.В. Серебряков, Д.В. Троцкий. – Известия Южного федерального университета, 2011. – № 3. – с. 23 – 41

4. Каляев, И.А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов [Текст] / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М.: Физматлит, 2009. – 280 с.

5. Иващенко, А.В. Управление согласованным взаимодействием пользователей интегрированной информационной среды предприятия [Текст] / А.В. Иващенко. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2011. – 100 с.

6. Иващенко, А.В. Интервально-корреляционный анализ ритмичности взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия [Текст] / А.В. Иващенко // Системы управления и информационные технологии, 2010. – № 1(39). – С. 32 – 36

7. Детмер, У. Теория ограничений Голдратта. Системный подход к непрерывному совершенствованию [Текст] / Пер. У. Саламатовой. – М.: Альбина Паблишер, 2010. – 448 с.

8. Хорошев, А.Н. Введение в управление проектированием механических систем [Текст] / Учебное пособие. – Белгород, 1999. – 372 с.

MODERN APPROACH FOR DESIGN MANAGEMENT IN PRODUCTION ENTERPRISE INTEGRATED INFORMATION SPACE

© 2012 A. V. Ivaschenko¹, M. E. Kremenetskaya¹, A. N. Filatov², D. G. Peisakhovich¹

¹Samara State Aerospace University
named after academician S.P. Korolyov (National Research University)

²Samara Space
Centre (TSSKB “Progress”)

The paper describes an approach for production enterprise staff interaction management in processes of design-engineering technology of aerospace techniques in integrated information space based on a methodology of top-down design. There is provided an analysis of practical implementation of top-down design methodology in Samara Space Center. To implement the top-down design methodology there is proposed a structure for conditional management of new technique design workflow.

Top-down design, production enterprise, solid information space, integrated information space, information management, CALS technology.

Информация об авторах

Иващенко Антон Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: anton-ivashenko@yandex.ru. Область научных интересов: информационные технологии управления.

Кременецкая Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: mme82@mail.ru. Область научных интересов: CALS технологии, системный анализ и управление процессом проектирования изделий аэрокосмической отрасли.

Филатов Александр Николаевич, начальник управления информационных технологий, ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс». E-mail: d0088@samspace.ru. Область научных интересов: формирование единого информационного пространства предприятия, методология создания ракетно-космической техники на основе САПР и PLM.

Пейсахович Даниил Григорьевич, аспирант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: dormann@mail.ru. Область научных интересов: интеллектуальные системы, теория игр.

Ivaschenko Anton Vladimirovich, candidate of technical sciences, docent of information systems and technologies department, Samara State Aerospace University. E-mail: anton-ivashenko@yandex.ru. Area of research: information technologies for management.

Kremenetskaya Marina Evgenenevna, Candidate of Science, associate professor of Aircraft design department, Samara State Aerospace University. E-mail: mme82@mail.ru. Area of research: system analysis and design product management of aerospace industry.

Filatov Alexander Nikolaevich, Head of the Information technology department, Samara space centre (TSSKB “Progress”). E-mail: d0088@samspace.ru. Area of research: formation of a common data enterprise space, space-rocket system design technique based on CAD and PLM.

Peisakhovich Daniil Grigorevich, post-graduate student, Samara State Aerospace University. E-mail: dormann@mail.ru. Area of research: intelligent systems, game theory.