

А. Г. Лютов, О. И. Чугунова

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ СМК

Предложен подход к построению автоматизированной системы проектирования и разработки продукции промышленного предприятия как элемента системы менеджмента качества (СМК). Данный подход является развитием концепции, базирующейся на преобразовании традиционной технологии создания СМК для автоматизированного производства в технологию, при которой СМК создается как автоматизированная информационно-управляющая система. *Система менеджмента качества; CALS-технологии; интегрированная информационная среда; информационно-управляющая система; интегрированная автоматизированная система управления; автоматизированное производство; автоматизированная система проектирования и разработки продукции*

ВВЕДЕНИЕ

Конкурентоспособность современного промышленного предприятия зависит от эффективности его работы и, в первую очередь, от качества производимой продукции или оказываемых услуг, от возможности удовлетворить требования потребителей. Системы менеджмента качества (СМК) могут содействовать организациям постоянно совершенствовать свою продукцию и свои процессы и повышать удовлетворенность потребителей. Системный подход к менеджменту качества побуждает организации анализировать требования потребителей, определять процессы, способствующие получению продукции, приемлемой для потребителей, а также поддерживать эти процессы в управляемом состоянии.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

Стремление отечественных товаропроизводителей интегрироваться в мировую экономику требует создания на предприятиях СМК, отвечающих международным стандартам ИСО 9000:2008, и признаваемую на внешнем рынке сертификацию СМК на соответствие этим стандартам. Как показал анализ [1], более 50 % СМК на предприятиях России малоэффективны. Одной из причин этого является недостаточный объем применения информационных технологий на предприятиях. Подсистема сбора и анализа информации о качестве процессов и производимой продукции на всех этапах ее жизненного цикла (ЖЦ) фактически не работает. Информация в журналах и даже на отдель-

ных ЭВМ, не связанных в единую информационную сеть, не позволяет выполнить комплексный оперативный анализ собранной информации. Такая задача может быть решена только при наличии на предприятии интегрированной компьютерной системы сбора и анализа информации о качестве процессов и продукции на всех этапах ее ЖЦ. В этой связи исключительную актуальность приобрела проблема создания или совершенствования автоматизированной СМК на базе инструментария современных информационных технологий (ERP, MES, SCADA, PDM, BPM, Workflow и др).

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СМК

Процесс построения СМК, заложенный в стандартах ИСО, представляет собой подход к усовершенствованию системы управления через ориентацию ее на потребности потребителей и оптимизацию бизнес-процессов. Лидерство на рынке обеспечивается не только эффективной организацией бизнес-процессов, но и умением правильно выбрать стратегию и обеспечить ее реализацию.

На первом этапе внедрения СМК на предприятии определяются потребности и ожидания потребителей и других заинтересованных сторон. На втором – вырабатывается стратегия и политика в области управления качеством. Затем определяются необходимые для реализации стратегии, политики и целей бизнес-процессы. В соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2008, цели в области качества должны быть измеримыми. Определяются методы и показатели оценки эффективности процессов с точки зрения качества. Для каждого

показателя, как для измерителя достижения цели, указывается своя единица измерения и периодичность измерения данных. С данной периодичностью планируются значения показателей, а также вводятся плановые и фактические значения. Происходит измерение по заданным показателям, проводятся проверки и в случае выявленных несоответствий реализуются мероприятия по их устранению или по повышению показателей эффективности СМК.

Связь целей с показателями, измеряющими их достижение, может быть установлена при помощи стратегической карты. Стратегические карты являются графическим отображением взаимосвязи перспектив, целей и их показателей. Если цели в области качества и остальные стратегические цели рассматриваются в совокупности, можно использовать традиционные перспективы системы сбалансированных показателей.

Опыт внедрения процессного управления, в частности стандарта ГОСТ Р ИСО 9000-2008, показывает, что, обеспечить необходимую точность собираемых данных и скорость реакции организации на внутренние и внешние вызовы (т. е. поддерживать функционирование цикла Деминга (PDCA)) без автоматизации трудно.

СМК должна базироваться на информационной системе, поддерживающей автоматизированный сбор и обработку данных, документирование процессов обеспечения качества на всех стадиях ЖЦ изделия и автоматизированное управление этими процессами, данными и документацией. В этом смысле СМК становится неотъемлемой частью интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ) предприятием. СМК становится автоматизированной информационно-управляющей систе-

мой, и новая технология ее создания сводится к настройке процессов и параметров интегрированной информационной системы (ИИС).

При разработке организационно-технической составляющей СМК выделяют две основные задачи [2]:

- организация управления предприятием в соответствии с принципами менеджмента качества, закрепляемая в системе организационных регламентов;
- создание системы сбора, регистрации, хранения, обработки и анализа данных о качестве, которая должна стать элементом ИИС (с использованием существующей или развитием информационной системы предприятия).

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СМК

Для решения вышеперечисленных задач на основе CALS-технологий модель совершенствования системы управления предприятием, заложенную в стандарты ИСО 9000 [3], можно реализовать различными программными средствами интегрированной корпоративной информационной системы (КИС) предприятия.

На рис. 1 показана структура взаимодействия компонентов информационно-управляющей СМК для автоматизированных производств.

В интегрированной КИС выделим транзакционные системы учета и оперативной обработки данных, управления процессами и проектами (ERP, CRM, MES, SCADA, PDM и др.). Эти системы собирают и обрабатывают данные о качестве, которые впоследствии используются аналитическими системами (OLAP, DM и др.).



Рис. 1. Структура взаимодействия компонентов информационно-управляющей СМК

Агрегированные данные из аналитических систем используются ВРМ-системой, которая представляет собой инструмент для формализации стратегии, бизнес-моделирования, мониторинга бизнес-показателей, целевого управления, анализа результативности и эффективности процессов.

Структура информационно-управляющей системы автоматизированного производства, позволяющая обеспечить его управляемые условия в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2008 к СМК, рассмотрена авторами в статье [4]. Далее рассмотрим автоматизированное проектирование и разработку как процессы СМК.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ КАК ПРОЦЕССАМ СМК

К числу важнейших процессов жизненного цикла продукции (ЖЦП) с точки зрения обеспечения ее качества относятся проектирование и технологическая подготовка производства продукции. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 устанавливает требования к проектированию и разработке продукции.

Процесс проектирования и разработки продукции начинается после определения требований к продукции и согласования их с потребителями.

Схема процесса и его связи с другими процессами ЖЦП в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 показаны на рис. 2 [5].

Организация должна планировать и управлять проектированием и разработкой продукции.

В ходе планирования проектирования и разработки организация должна устанавливать:

- стадии проектирования и разработки;
- проведение анализа, верификацию и валидацию, соответствующие каждой стадии проектирования и разработки;
- ответственность и полномочия в области проектирования и разработки.

Организация должна управлять взаимодействием различных групп, занятых проектированием и разработкой, с целью обеспечения эффективной связи и четкого распределения ответственности.

Результаты планирования должны актуализироваться, если это целесообразно, по ходу проектирования и разработки.

При взаимодействии различных подразделений организации в процессе проектирования продукции происходит обмен информацией, документацией, ее совершенствование и согласование. В плане разработки продукции необходимо определить форму информации, ее статус (уровень подписания), порядок, сроки передачи и согласования.

Необходимую информацию следует документировать, передавать и регулярно актуализировать.

При определении порядка взаимодействия необходимо обеспечить сохранность, регистрацию и учет передаваемой информации и данных, предотвратить их потерю.

Организация должна обеспечить проведение анализа, проверки и утверждения деятельности, соответствующей каждой стадии проектирования и разработки.

ГОСТ Р ИСО 9001-2008 устанавливает требования к входным и выходным данным при проектировании и разработке. Форма представления выходных проектных данных должна быть такой, чтобы можно было провести их анализ, а также верификацию (проверку на соответствие) и валидацию (утверждение) до их последующего использования.

Проведение регулярного анализа результатов проектирования должно предусматриваться при планировании проектирования и разработки продукции.

Анализ должен проводиться на соответствующих этапах проектирования и разработки с целью оценки степени достижения целей проектирования и выявления возможных проблем на более ранних стадиях проектирования.

По результатам анализа принимается решение о необходимости дополнительных работ при проектировании.

При разработке продукции необходимо предусматривать постоянную сверку результатов, полученных на промежуточных этапах (выходных данных этапов проектирования), с входными данными проекта, чтобы обеспечить уверенность в том, что установленные требования к завершению разработки продукции будут выполнены. Верификация проекта может осуществляться после каждого этапа разработки или после определенных этапов, а также после завершения разработки.

Результаты проверки проекта должны регистрироваться, сохраняться и быть доступными.



Рис. 2. Схема процесса проектирования и разработки продукции

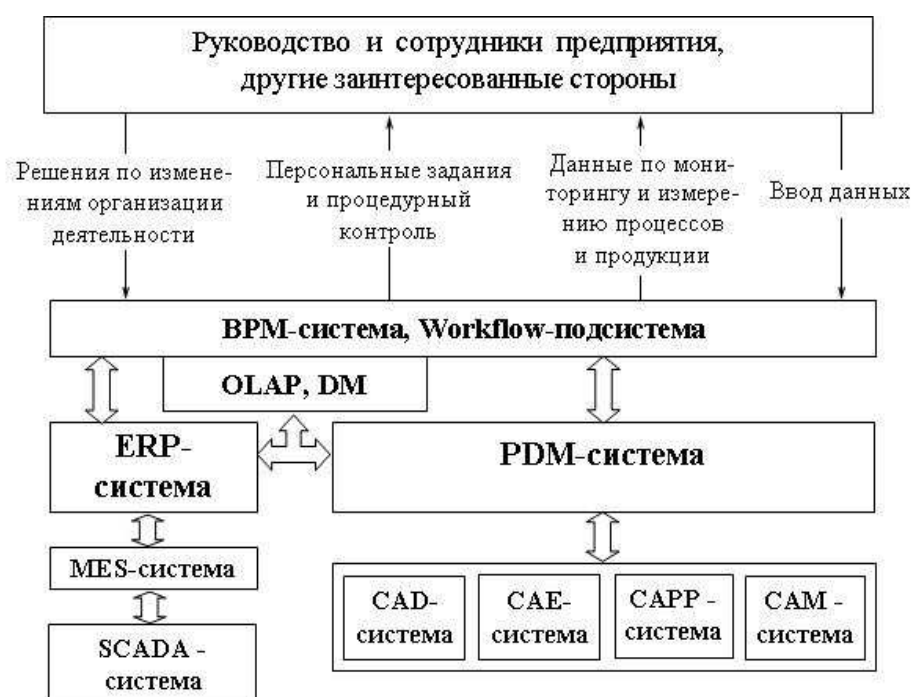


Рис. 3. Структура автоматизированной системы проектирования и разработки продукции как элемент CMK

Организация должна установить порядок утверждения результатов проектирования и разработки (валидации проекта). Утверждение проекта должно осуществляться после получения положительных результатов анализа и проверки проекта на их основании. Утверждение проекта должно подтверждать способность разработанной готовой продукции отвечать установленным требованиям применительно к конкретному ее использованию в предполагаемых условиях эксплуатации. К процессу утверждения проекта может быть привлечен потребитель. Обычно утверждение должно быть проведено до поставки продукции потребителю.

Валидация проекта может производиться после его выполнения в целом или после завершения отдельных этапов проектирования. Это может быть, например, после разработки и испытаний отдельных узлов машины.

Чаще всего процесс утверждения разработанной продукции включает в себя ее испытания и приемку по определенной программе и методике, которые проводит специально созданная комиссия по рассмотрению результатов проектирования, и составление актов приемки продукции.

Все результаты деятельности по подтверждению достигнутых результатов проектирования регистрируются и хранятся.

Результаты утверждения должны регистрироваться, сохраняться и быть доступными.

Организация должна установить порядок внесения изменений в проект, включающий оформление, анализ, проверку и утверждение.

Такой порядок определяет ответственность и полномочия по принятию решения о необходимости и целесообразности внесения изменений в проект, порядок документального оформления вносимых изменений, анализа, утверждения, последовательность и сроки внесения изменений в документацию, порядок замены и изъятия устаревших документов у всех их пользователей. При необходимости внесения экстренных изменений, которые направлены на предотвращение изготовления и поставки несоответствующей продукции, предусматривается порядок и полномочия по внесению экстренных изменений с последующим их переоформлением. Результаты анализа изменений должны регистрироваться, сохраняться и быть доступными.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ КАК ЭЛЕМЕНТ СМК

Предлагаемая автоматизированная система проектирования и разработки продукции, структура которой представлена на рис. 3, позволит обеспечить выполнение требований ГОСТ Р ИСО 9001-2008, перечисленных выше.

PDM-система как средство построения СМК

Важную роль при построении СМК в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 выполняют PDM-системы. Product Data Management – PDM-технология предназначена для управления всеми данными об изделии и информационными процессами ЖЦ изделия. Данные об изделии представляют собой всю информацию о продукте в течение его ЖЦ в электронном виде. Методы и программные средства PDM обеспечивают сбор и хранение рационально структурированных данных о конструкции изделия, технологии его изготовления и эксплуатации, а также о ресурсах, требуемых для осуществления процессов, сведения о партиях и отдельных экземплярах изделия, включая данные измерений и контроля, результаты анализа и многое другое, и предоставление этой информации другим автоматизированным системам. Информа-

ционные процессы являются процессами ЖЦ изделия, создающими или использующими данные о нем. Совокупность информационных процессов представляет собой документооборот, происходящий в течение ЖЦ изделия.

При решении глобальной задачи CALS / ИППИ-технологий – повышения эффективности управления информацией об изделии – роль PDM-технологии состоит в том, чтобы сделать информационные процессы максимально прозрачными и управляемыми. Основным методом, применяемым для этого, является повышение доступности данных для всех участников ЖЦ изделия, что требует интеграции данных об изделии в логически единую информационную модель.

Фактически на предприятии существуют два центра интеграции: АСУП и PDM-система [6]. АСУП (или ERP-система) объединяет данные о ресурсах предприятия, тогда как PDM-система – о продукте его деятельности. Кроме того, на предприятии существуют прикладные компьютерные системы, основная задача которых – создание и обработка данных об изделии.

У нас в стране PDM-системы часто называют системами управления проектом. И действительно, PDM-система фактически предназначена для работы над проектом по разработке, производству и продвижению на рынок наукоемкого промышленного изделия. Задачей PDM-системы является упорядочивание всего потока работ в проекте.

PDM-системы должны не только поддерживать всеобъемлющую модель изделия, отражающую текущее состояние проекта, но и отслеживать и фиксировать историю развития через протоколирование состояний. Следовательно, PDM-системы могут быть ценным источником информации при проведении проверки и аудита организации, что является основным требованием сертификации международных стандартов качества серии ИСО 9000. Кроме того, запись работ важна при необходимости отката к определенной точке развития проекта (например, той, где была сделана ошибка), чтобы начать новую линию разработки.

С одной стороны, PDM-системы выступают в качестве хранилища данных об изделии и взаимодействуют с прикладными системами, создающими или использующими данные об изделии. Данные, созданные любой прикладной программой, передаются на хранение в PDM-систему и становятся доступными любому пользователю.

С другой стороны, PDM-системы позволяют решать задачу повышения эффективности работы отдельного пользователя, управления работой пользователя. В этом случае они выступают в качестве рабочей среды пользователя, предоставляя ему нужные данные в нужное время в нужной форме.

Человек в процессе своей работы постоянно находится в PDM-системе, а система, в свою очередь, обеспечивает его потребности, начиная от просмотра спецификации узла и кончая изменением твердотельной модели детали или утверждением изменений детали начальником. При необходимости PDM пользуется помощью других систем (например, САПР), самостоятельно определяя, какое именно внешнее приложение необходимо запустить для обработки той или иной информации.

Применение новых информационных технологий, в том числе web-браузеров, позволило предоставить доступ к информации об изделии всем служащим предприятия и его партнерам. Таким образом, теперь пользователями PDM наряду с конструкторами, технологами, менеджерами проектов и администраторами, являются также сотрудники, работающие в других предметных областях (продажи, маркетинг, снабжение, поставки, финансы, сервис, эксплуатация и т. п.).

PDM-система улучшает коммуникации и взаимодействие между различными группами служащих и формирует на предприятии основу для реорганизации процесса проектирования и производства изделия и внедрения параллельного проектирования и междисциплинарных рабочих групп. Они включают в себя специалистов в различных предметных областях, чья совместная работа значительно повышает качество проекта. Например, технологи могут начинать изучение конструкции изделия и высказывать свои предложения по ней задолго до того, как продукт формально будет передан на технологическую подготовку. Содержательно автоматизировать процесс управления конструкторско-технологическими документами позволяет наличие в PDM-системе Workflow-подсистемы.

Системы автоматизации процессов проектирования и технологической подготовки производства (ТПП)

В целях повышения качества процессов проектирования и ТПП внедряют системы автоматизации соответствующих процессов: автоматизированного проектирования – CAD

(Computer-Aided Design), автоматизации инженерных расчетов – CAE (Computer-Aided Engineering), автоматизации ТПП – CAPP (Computer-Aided Process Planning – программный продукт, помогающий описывать технологический процесс изготовления изделия по его заданной модели, выполненной в CAD-системе), разработки управляющих программ для станков – CAM (Computer-aided manufacturing).

CAD-система позволяет создать внутримашинное представление изделия в виде твердотельной или поверхностной модели. Последние описываются элементами в виде точек, контуров, поверхностей, простых и сложных тел. Эти элементы и являются исходной информацией для обработки геометрической информации в CAPP- и CAM-системах. В результате технолог значительно ускоряет и облегчает свою работу по получению ТП и исключает ошибки.

Workflow-подсистемы автоматизации бизнес-процессов в СМК

Одним из основных элементов СМК в соответствии с ИСО 9001-2008 является стандартизация бизнес-процессов. Их описание, жесткий контроль над их исполнением обеспечивается с помощью workflow-технологии. Дословно «workflow» означает «поток работ», и определяется как технология компьютеризированной поддержки или автоматизации бизнес-процессов в целом или какой-то их части. Обычно же употребляется термин «Workflow-системы» или «системы управления потоками работ».

По определению консорциума WfMC (Workflow Management Coalition – коалиция управления потоками работ), управление потоком работ представляет собой «полную или частичную автоматизацию бизнес-процессов, в ходе которых документы, информация, объекты и задачи пересылаются для обработки от одного участника к другому в соответствии с определенными процедурными правилами».

Workflow-функции в среде проекта служат для регулирования очередей и распределения задач между отдельными разработчиками, а также для пересылки информации между ними в процессе решения таких задач.



Рис. 4. Задачи и компоненты системы класса Workflow

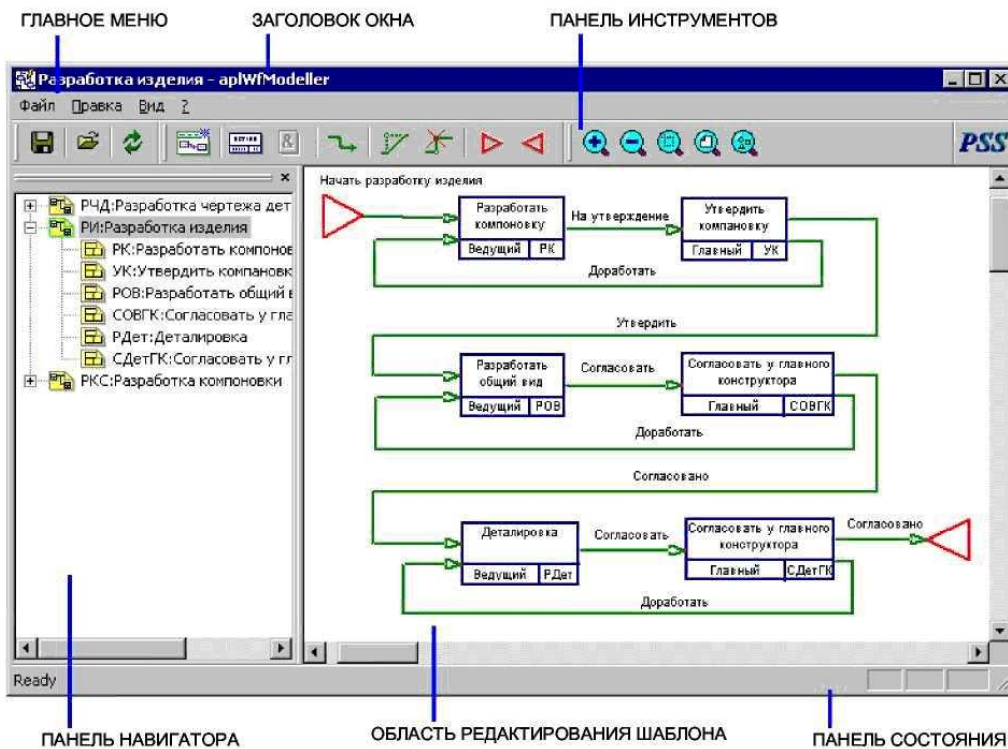


Рис. 5. Редактор шаблонов процессов в Workflow PDM-системы STEP SUITE

Технология Workflow интегрирует такие информационные технологии, как моделирование бизнес-процессов, систем групповой работы, CASE-технологии, технологии управления проектами и т. д. Устанавливает переход от «Определения процесса» к «Экземпляру процесса». Workflow система обеспечивает решение 3 следующих задач [7]:

- проектирование и формальное описание бизнес-процесса;
- управление выполнением бизнес-процесса;
- интеграция используемых в процессе приложений.

Соответственно этим задачам в составе системы можно выделить типовые компоненты (рис. 4) и проанализировать связи между ними.

Инструментальные средства описания процесса предназначены для формирования формального описания процесса в виде упорядоченного множества операций, правил их выполнения, связанных с ними объектов, исполнителей и событий. Полученное описание или спецификация процесса используется для контроля и управления выполнением процесса на основе поступающих в систему данных. В качестве этих данных выступают информация, введенная пользователем, результаты выполнения отдельных операций, данные от прикладных систем, архивов и баз.

Интеграция используемых в организации информационных систем на уровне бизнес-процессов может реализоваться посредством стыковочных модулей для загрузки/выгрузки информации, инициации необходимых действий (при выполнении конкретных задач бизнес-процесса) в таких системах как ERP-система, PDM-система и др.

На рис. 5 показан шаблон процесса «Разработка изделия» в Workflow-подсистеме PDM-системы STEP SUITE, созданный на основе разработанной модели этого процесса в нотации IDEF3.

Для управления потоком работ требуется возможность задавать взаимозависимости задач в соответствии со структурой проекта и осуществлять контроль взаимозависимости работ проекта. Например, задать ограничение, при котором конструктор не может утверждать сборку до того, как будут утверждены все входящие в нее компоненты.

Workflow-подсистема позволяет отслеживать руководством ход проекта. Результатом упорядочивания потока работ в проекте является

его повышение его прозрачности и управляемости для руководителя. Появляется возможность посмотреть, кто что сделал, делает или должен сделать, оценить весь поток работ на наличие узких мест, определить причину задержки при выполнении проекта и т.д.

Использование систем Workflow в организации создает предпосылки для внедрения автоматизированной системы процессного управления. Workflow-системы используются для автоматизации относительно небольшой номенклатуры процессов, наиболее критичных для бизнеса. Экономическая эффективность таких проектов может быть высокой. Современные workflow-системы обеспечивают базовые инструменты для реинжиниринга и усложнения бизнес-процессов по мере их развития.

ВРМ-системы управления бизнес-процессами в СМК

Системы управления бизнес-процессами (ВРМ – Business Process Management) являются расширением систем класса Workflow. Применение в организации ВРМ-системы, выполняющей задачи стандартизации бизнес-процессов, сбор метрик, формирование свидетельств контроля, позволит внедрить высокоэффективный инструмент менеджмента качества. В ВРМ-системах заложена комплексная автоматизация процессного управления (автоматизируется система управления эффективностью бизнеса).

ВРМ-системы могут включать следующие дополняющие Workflow-системы средства [8]:

- средства перехода от стадии моделирования к стадии реализации (на базе workflow-подсистемы) и инструменты реверс-инжиниринга для обновления модели процесса после его реализации;
- подсистему описания статистических метрик процессов, средства их автоматического накопления, агрегации и представления. На практике данная подсистема должна стать частью комплексной системы сбора и анализа ключевых показателей эффективности;
- средства анализа бизнес-процессов, встроенные механизмы анализа загрузки и эффективности работы персонала и, соответственно, эффективности бизнес-процессов;
- средства имитационного моделирования бизнес-процессов, обеспечивающие оценку эффективности бизнес-процесса в режиме модельного использования, без участия пользователей

системы и на основе заранее определенных статистических показателей их деятельности и т. д.

ВРМ-системы, как правило, представляют базовый набор отчетов по показателям бизнес-процессов. На их основе могут быть сконструированы так называемые «ключевые показатели эффективности» (KPI – Key Performance Indicators), которые, в свою очередь, могут быть увязаны с «системой сбалансированных показателей» (BSC – Balanced Scorecard).

Матрицы тактических и оперативных показателей включают функциональные KPI, отражающие какой-либо важный аспект деятельности конкретного подразделения или сотрудника, но вместе с этим, такие матрицы должны быть согласованы с матрицей стратегического уровня. Стратегические показатели характеризуют достижение целей организации в целом, обычно зафиксированных в стратегических картах сбалансированной системы показателей или в дереве целей [9].

Для облегчения задач интеграции, ВРМ-системы обеспечивают поддержку сервис-ориентированной архитектуры (Service Oriented Architecture – SOA), являясь при этом «центральной нервной системой» в созданном ИТ-решении, потому что управляют вызовом сервисов, предоставленных различными приложениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый в статье подход к построению СМК на основе использования принципов CALS/ИПИ развивает изложенную в [6] концепцию, базирующуюся на преобразовании традиционной технологии создания СМК для автоматизированного производства в технологию, при которой СМК создается как автоматизированная информационно-управляющая система. При этом новая технология реализует эффективный обмен информацией между всеми компонентами СМК, задействованными в процессах обеспечения качества и обеспечивает оценку результативности и эффективности процессов управления качеством продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Издательство «Стандарты и качество». Архив. Электрон. журн. Стандарты и качество [Электронный ресурс] (<http://www.stq.ru>).
2. Современное информационное обеспечение Систем Менеджмента Качества [Электронный ресурс] (http://bigc.ru/consulting/consulting_projects/qm/sio_smk.php).
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2008. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2009.
4. Лютов А. Г., Чугунова О. И. Компьютерная система управления качеством на основе CALS-технологий для автоматизированных производств // Вестник УГАТУ. 2011. Т. 15, № 5(45). С. 27–35.
5. Лютов А. Г., Огородов В. А., Чугунова О. И. Компьютерные системы менеджмента качества: учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 2008. 278 с.
6. Компьютерные системы управления качеством для автоматизированных производств: учебник / А. Г. Лютов [и др.]. М.: Машиностроение, 2010. 717 с.
7. Громов А., Каменнова М., Старыгин А. Управление бизнес-процессами на основе технологии Workflow. [Электронный ресурс] (<http://www.osp.ru/os/1997/01/179063/>).
8. Андреев В. Автоматизация бизнес-процессов – светлое будущее отечественных компаний [Электронный ресурс] (<http://www.ksss.ru/index.php?name=Sections&req=viewarticle&artid=13027&page=1>).
9. Автоматизированная система управления эффективностью бизнеса [Электронный ресурс] (http://www.m-bo.ru/artifull.php?ELEMENT_ID=228).

ОБ АВТОРАХ

Лютов Алексей Германович, проф. каф. автоматизация технологическ. процессов. Д-р техн. наук по сист. анализу, управлению и обработке информации (УГАТУ, 2005). Иссл. в обл. управления сложн. техн. объектами.

Чугунова Ольга Ивановна, ст. преп. той же каф. Иссл. в обл. управления качеством в автоматизированных производствах.