

УДК 621 (075.8)

**Управление качеством процессов жизненного цикла
инновационной продукции на основе компьютерной системы
менеджмента качества**

Денискин Ю.И.^{1*}, Дубровин А.В.^{1}, Подколзин В.Г.^{2***}**

¹*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4,
Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия*

²*Научно-методический центр «Норма», ул. Петровка, 24, стр. 1,
Москва, 127051, Россия*

**e-mail: Yury.Deniskin@mai.ru*

***e-mail: anton57@inbox.ru*

****e-mail: nmcnorma@inbox.ru*

Аннотация

На основе требований стандартов в области информационной поддержки жизненного цикла изделий, менеджмента качества и статистического управления качеством проведен семантический анализ основополагающих терминов и определений, а также выполнено функциональное моделирование процессов жизненного цикла машиностроительной продукции. Описаны разработанные средства информационной поддержки интегрированного управления качеством на основе программно-методического комплекса «1С:Машиностроение 8.2».

Ключевые слова: управление качеством процессов, жизненный цикл инновационной продукции, менеджмент качества.

Введение

Потребность в импортозамещении на отечественном рынке, создание Таможенного союза и Евразийского экономического сообщества обуславливают необходимость разработки новых подходов в области конкурентоспособности отечественных машиностроительных предприятий и качества выпускаемой ими продукции, которое напрямую зависит от качества процессов жизненного цикла.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, внедрение на предприятиях традиционных (не имеющих средств информационной поддержки) систем менеджмента качества затрудняет реализацию процессного подхода, нацеленного на системное управление взаимосвязанными процессами и ресурсами. Широкое внедрение различных средств автоматизации класса CAD/CAE/CAPP/PDM/PLM/ERP в основном ориентировано на обеспечение бизнес-процессов и не учитывает специфику процессного подхода и менеджмента качества процессов жизненного цикла продукции.

В этой связи для развития автоматизированного машиностроительного производства весьма актуальной проблемой является создание нового класса компьютерных систем менеджмента качества, учитывающих специфику

Total Quality Management (TQM) и процессной модели системы менеджмента качества (СМК) по ГОСТ ISO 9001-2011 [1].

Целью описываемого в статье исследования является обеспечение интегрированного управления качеством процессов жизненного цикла инновационной продукции машиностроительного предприятия на основе разработки средств информационной поддержки.

Для формирования процессной модели предприятия должен быть описан каждый процесс, определены его входы и выходы, выполнено нормативно-методическое обеспечение, описаны ресурсы и механизмы исполнения с системной увязкой информации, которая применяется в рамках каждого процесса. В результате анализа требований основополагающего межгосударственного стандарта ГОСТ ISO 9001 – 2011 «Системы менеджмента качества. Требования» [1] установлено, что типовая процессная модель СМК предприятия состоит из 4-х групп процессов, 17-ти процессов и 58-ми подпроцессов (Рис. 1).

Каждый процесс такой модели является её элементом и в цикле Деминга PDCA (Plan– Do– Check– Act) должен быть описан в рамках каждого акта управления. Шесть процессов жизненного цикла (ЖЦ) продукции входят в 3-ю группу процессов процессной модели СМК и адаптируются на девяти этапах ЖЦ продукции, деталей и комплектующих (Рис. 2.). Увеличение сложности логики информационных потоков между многочисленными последовательно и параллельно выполняемыми

процессами происходит пропорционально увеличению объёмов выпуска, масштаба предприятия и сложности изделий.



Рис. 1. Структура процессной модели СМК

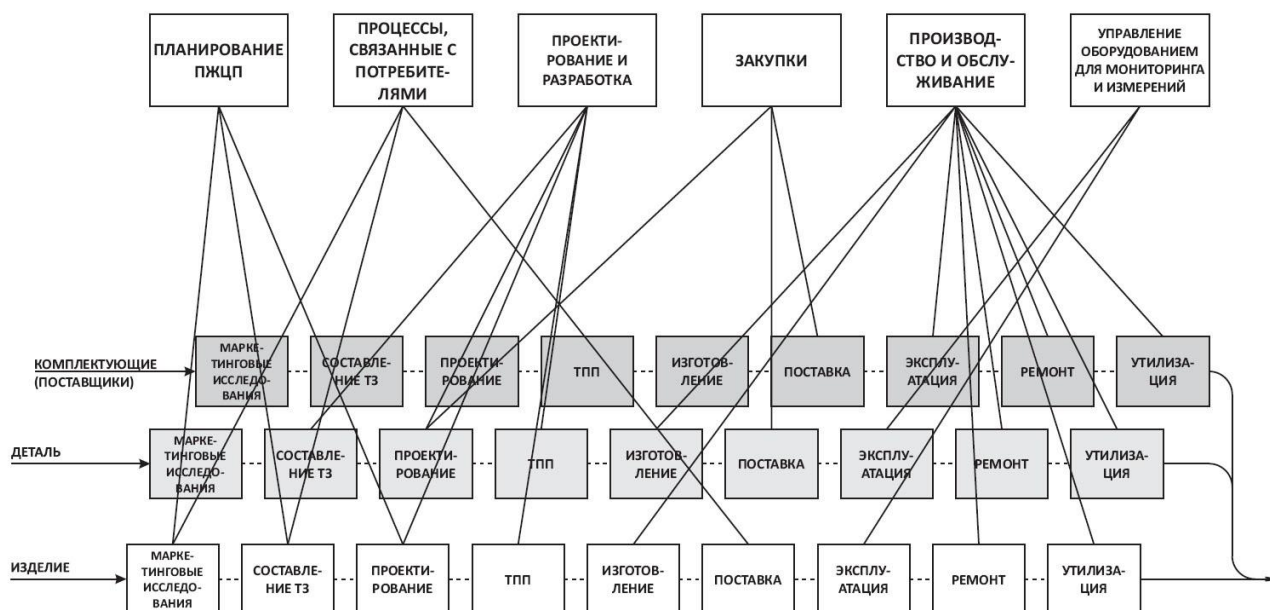


Рис. 2. Взаимосвязь процессов и этапов жизненного цикла продукции

Кроме того, необходимость одновременного выполнения большого количества взаимосвязанных требований к машиностроительной продукции, изделиям, деталям, комплектующим и процессам на различных этапах ЖЦ представляет собой весьма сложную задачу для естественного интеллекта. Так, например, для обеспечения реализации требований безопасности процессов и продукции в машиностроении применяется около 3500 нормативно-технических документов (Рис. 3.). Среди этих документов – стандарты, содержащие правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, необходимые для осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции и др. В соответствии с циклом PDCA результаты выполнения процессов должны быть проанализированы и измерены, должны быть сделаны выводы и приняты решения для реализации принципа непрерывного улучшения качества, а также разработан комплекс корректирующих мер.

Для разработки структуры метаописания был применён набор элементов Дублинского ядра [2], который адаптирован под специфику задач менеджмента качества.

Основной структурной единицей в разработанной информационной системе является паспорт процесса (Рис. 4.). Согласно общим принципам стандарта Дублинского ядра сформирован паспорт процесса на основе элементов его описания.

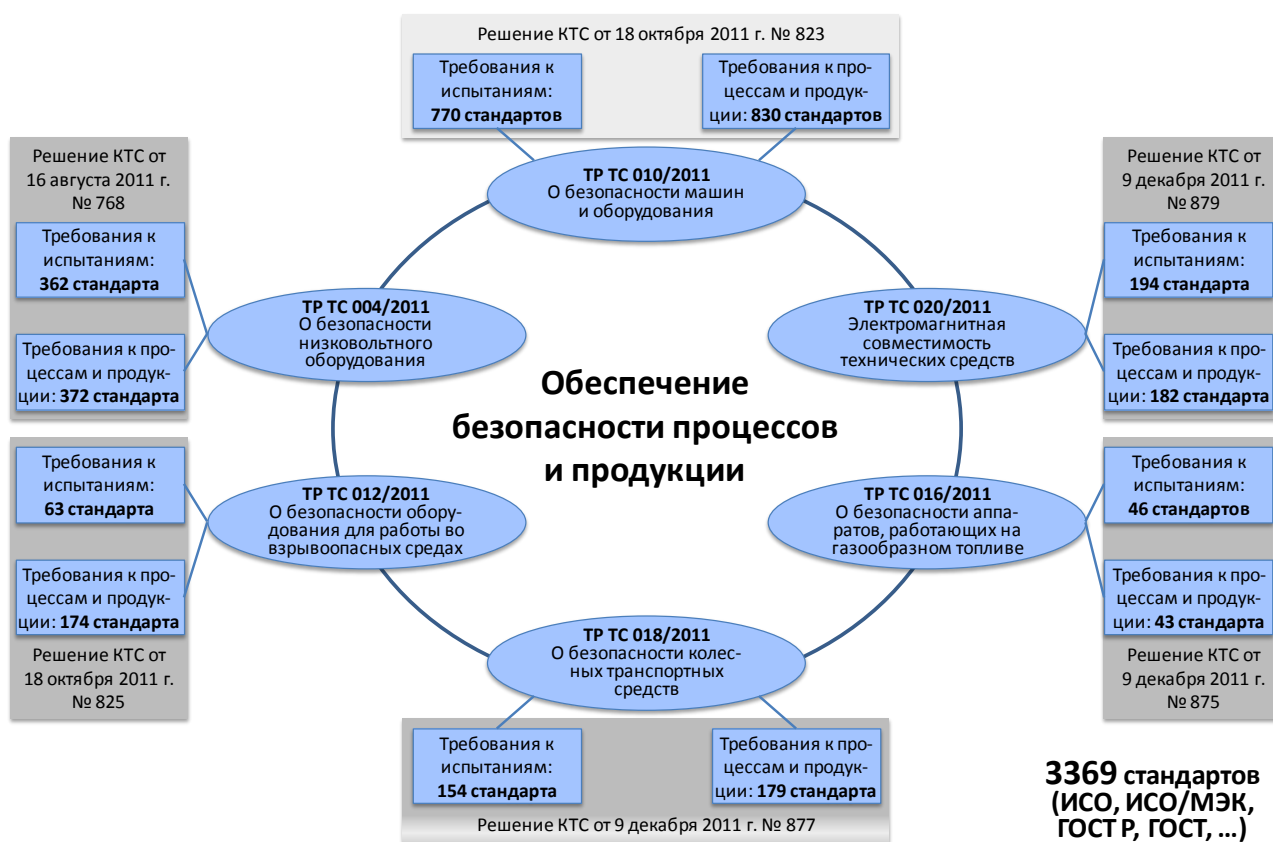


Рис. 3. Комплекс обязательных нормативно-технических требований в области обеспечения безопасности машиностроительной продукции

Паспорт служит основой унифицированного метаописания процессов машиностроительного предприятия в компьютерной среде и обеспечивает

увязку информации о процессах в рамках каждого акта управления качеством процессов в цикле Деминга.

На основе правил логического вывода и результатов проведенного семантического анализа терминов и определений, устанавливаемых ГОСТ Р 50779.11 – 2000 [3] в области статистического управления качеством (Рис. 5), была получена методическая основа управления качеством процессов и алгоритмы в целях их применения в рамках компьютерной системы менеджмента качества.



Рис. 4. Паспорт процесса как основа унифицированного метаописания процессов машиностроительного производства

Так, например, управление качеством процесса – это та часть методов и видов деятельности оперативного характера, используемых для выполнения требований к качеству, которая направлена на поддержание в установленных пределах поля допуска показателей качества продукции, процесса или услуг.

Под показателями качества понимается количественная мера одного или большего числа признаков качества (свойств, которые помогают идентифицировать или различать единицы меры признаков качества).

К ним относятся:

- уровень качества;
- уровень процесса;
- предельный уровень качества;
- предельное качество;
- приемлемый уровень качества;
- среднее выходное качество;
- предел среднего выходного качества;
- вариация внутри партии;
- вариация между партиями;
- среднее процесса.

Показателями качества процесса также могут быть среднее, дисперсия, доля несоответствующих единиц продукции или среднее число несоответствующих единиц продукции (единиц продукции, неудовлетворяющей установленным требованиям, единиц дефектной продукции).

Пределы поля допуска для показателей качества можно установить на основе естественных границ процесса. Если установлены границы $\pm 3 \sigma$ (максимальное стандартное отклонение процесса) вокруг среднего процесса

(показателя качества, получаемого сравнением наблюдаемых значений с установленными требованиями и усреднённого по определённому интервалу времени или количеству продукции), то при нормальном распределении они будут содержать 99,7 % производственных единиц продукции для процесса, находящегося в состоянии, в котором вариации среди полученных выборочных результатов можно отнести к системе случайных причин, не меняющейся со временем (т.е. состоянии статистической управляемости).

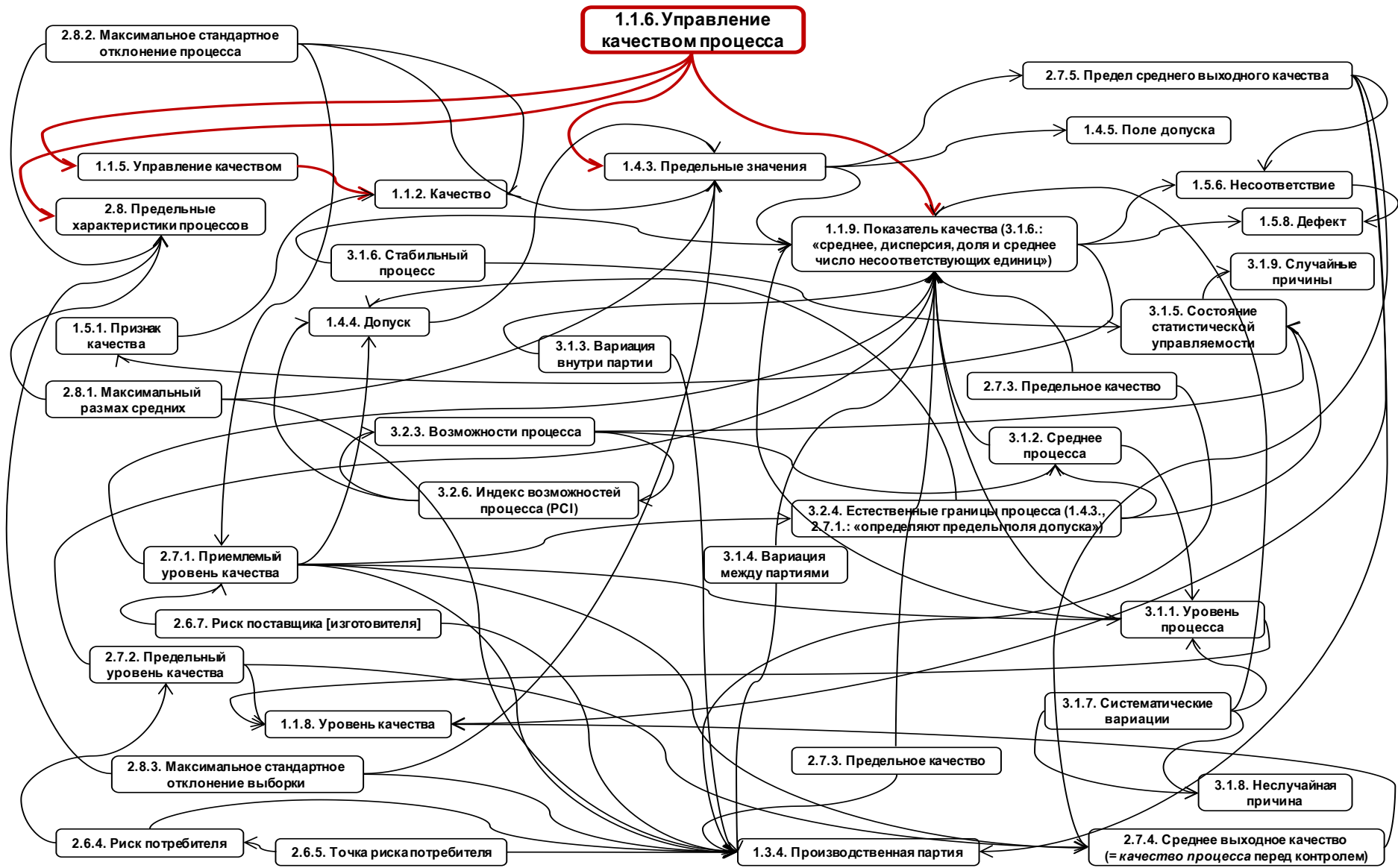


Рис. 5. Семантическая карта терминов в статистическом управлении качеством, установленных ГОСТ Р 50779.11 – 2000

В данном случае случайные причины – это факторы, играющие по отдельности малую роль, но создающие незначительные вариации, т.е. разброс результатов наблюдений или испытаний, полученный в партии. Многие причины незначительных вариаций учитывать или контролировать неэкономично.

Если в стабильном в других отношениях процессе через регулярные интервалы времени происходят изменения, то их принято называть систематическими вариациями. В таком случае процесс не находится в состоянии статистической управляемости. Систематические вариации являются неслучайным фактором, который можно обнаружить и идентифицировать как влияющий на изменение в показателе качества процесса.

Стабильным называется процесс, каждый показатель качества которого находится в состоянии статистической управляемости. Таким образом среди 99,7 % результатов наблюдений или испытаний должна быть незначительная вариация по значениям показателей качества, а сами показатели уровня качества должны быть квалифицированы как приемлемые. Выбранное значение приемлемого уровня качества обычно зависит от физических и экономических ограничений.

Для определения количественной меры показателей качества процессов ЖЦ продукции в рамках разработанной компьютерной системы менеджмента качества применяется анализ видов и последствий потенциальных отказов, позволяющий для каждого процесса получить

приоритетное число риска (ПЧР). ПЧР может иметь значение от 1 до 1000. Снижение ПЧР соответствует созданию более высококачественных и надёжных объектов и процессов [4][5].

В компьютерной системе менеджмента качества ПЧР вычисляется на основе баллов значимости (S), возникновения (O) и обнаружения (D) дефекта. Для адекватного выбора значений баллов S , O и D в рамках анализа изучаемого производственного процесса на основе имеющейся информации и предшествующего опыта его выполнения необходимо определить все возможные виды дефектов. Описание каждого дефекта должно быть зафиксировано протоколом, составленным в виде таблицы. В качестве примеров видов дефектов технологического процесса можно привести:

- пропуск операции;
- применение другого материала;
- несоблюдение режима.

Последствия для всех описанных дефектов определяются на основе опыта и знаний экспертов, и для каждого последствия дефекта экспертно определяется балл значимости S при помощи рекомендуемой шкалы (от 1 до 10).

Помимо последствий на основе имеющейся информации о статистике выполнения процесса для каждого дефекта важно определить потенциальные причины. Для одного дефекта может быть выявлено несколько потенциальных причин. Примеры причин:

- перегрузка;

- недостаточные возможности смазки;
- неполные инструкции;
- нестабильность материала;
- неадекватное предположение о жизнеспособности конструкции.

Для каждой потенциальной причины дефекта на основе рекомендуемой шкалы должен быть экспертно определён балл возникновения O (от 1 до 10). Рекомендуемым ориентиром для выставления балла возникновения дефекта O является индекс возможностей процесса C_{pk} (табл. 4 ГОСТ Р 51814.2-2001 [5]). Индекс C_{pk} определяет практические возможности технологического процесса по обеспечению выполнения требований установленного допуска на определённый показатель качества. Методика расчёта индекса C_{pk} приводится в ГОСТ Р 50779.11 – 2000 и ГОСТ Р 51814.2 – 2001 [3][5]. При выставлении баллов возникновения дефекта O необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- каков опыт эксплуатации производственного процесса;
- заимствован ли технологический процесс из применяемых ранее;
- насколько значительны изменения конструкции.

Балл обнаружения D также вычисляется с помощью рекомендуемой шкалы. Значение балла изменяется от необнаруживаемых дефектов ($D = 10$) до достоверно обнаруживаемых ($D = 1$).

После получения экспертных оценок S , O , D вычисляют ПЧР.

$$ПЧР = S \times O \times D.$$

Принцип постоянного улучшения, положенный в основу всеобщего менеджмента качества обуславливает необходимость проведения работ по анализу процессов жизненного цикла продукции, обнаружению «слабых мест» процессов, принятия решений о пригодности оборудования и пригодности процессов, проведения работ по обнаружению потенциально дефектных технологических операций и принятия решений в отношении несоответствующей продукции (материалов, деталей, комплектующих изделий). После получения экспертных оценок показателей качества процессов должны быть сформулированы корректирующие действия по доработке первоначально предложенного варианта производственного процесса (или конструкции), и проанализирован доработанный вариант.

В качестве базовой платформы для компьютерной системы менеджмента качества (КСМК) использован продукт «1С:Предприятие 8.2» и конфигурация «1С:Машиностроение 8», включающая более 30 локальных программных средств. Программа представляет собой комплекс типовых процессно-ориентированных функциональных моделей для компьютерного менеджмента качества процессов и продукции в машиностроении и предназначена для обеспечения системного компьютерного менеджмента качества. Типовые процессно-ориентированные функциональные модели основаны на структуре базовых процессов организации и процессов жизненного цикла продукции в соответствии с ГОСТ ISO 9001-2011 [1] и учитывают специфику машиностроительных предприятий и жизненного цикла машиностроительной продукции. Практическое применение

комплекса типовых процессно-ориентированных функциональных моделей позволяет уменьшить затраты на этапе концептуального выбора процессной модели машиностроительного предприятия для обеспечения системного компьютерного управления процессами и продукцией.

Обоснована логическая модель базы данных нормативных документов для управления процессами жизненного цикла машиностроительного предприятия. Такая база является нормативно-справочным информационным источником для анализа и проектирования бизнес-процессов, а также для формирования управляющих воздействий на реализацию автоматизированных бизнес-процессов, выполняемых при изготовлении определённой номенклатуры изделий с учетом новых многочисленных и взаимосвязанных нормативно-технических требований технических регламентов Таможенного союза и обеспечивающих их выполнение международных, межгосударственных и национальных стандартов.

В результате анализа современных подходов описанных в отечественных [6, 7, 8, 9] и зарубежных [10, 11, 12], а также проведенных исследований, выработаны проектные решения, которые легли в основу разработки компьютерной системы информационной поддержки СМК машиностроительного предприятия, базирующейся на принципах менеджмента на основе качества и учитывающей специфику процессного подхода.

При изучении лучших мировых практик и зарубежного опыта авторами были проанализированы материалы из открытых источников [10, 11, 12].

В качестве тенденции было выделено, что зачастую под менеджментом качества понимается верификация технических параметров изделий по нормативным требованиям на основе данных электронной модели изделия в CAD/CAM/CAE/PDM системах [10].

Так например, подход, описанный в статье [11] подразумевает в качестве основы компьютерной системы менеджмента качества применение комплекса CALS-средств, не учитывающего специфики процессного подхода и принципов всеобщего менеджмента качества.

Одновременно альтернативный подход, основанный на интеллектуализации процессов менеджмента качества процессов, предложенный в статье [12], акцентирован на внедрении ERP-системы и систем с технологиями «Business Intelligence» в качестве источника знаний при создании интеллектуальной системы управления предприятием, а также средствах статистического контроля качества бизнес-процессов, что не решает проблем сертификации всей системы менеджмента качества предприятия в целом.

За счёт увязки информационных потоков между автоматизированными бизнес-процессами в соответствии с предложенной семантической картой подход, описанный в настоящей статье, в отличие от описанных в зарубежных источниках, позволяет взглянуть на управление качеством значительно шире, чем просто достижение бездефектности продукции.

Библиографический список:

1. ГОСТ ISO 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования. - Введ. 2013-01-01. - М.: Стандартиформ, 2012. - 27 с.
2. ГОСТ Р 7.0.10-2010. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Набор элементов метаданных «Дублинское ядро» // - М.: Стандартиформ. - 2011. - 12 с.
3. ГОСТ Р 50779.11–2000 (ИСО 3534-2–93). Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2008. 42 с.
4. ГОСТ 27.310-95. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.— М.: Изд-во стандартов, 1996. 52 с.
5. ГОСТ Р 51814.2-2001. Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов [Текст]. — Введ. 01.01.2002.— ИПК Издательство стандартов.— 23 с., включ. обложку.— (Национальный стандарт РФ).
6. Дудаков Н. С., Макаров К. В., Тимошенко А. В. Методика проектирования баз данных для автоматизированных систем управления специального назначения // Труды МАИ, 2015, № 90: <https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=74844>

7. Шмелев В. В. Решение оптимизационной задачи на сетевой модели технологического процесса // Труды МАИ, 2015, № 88:
<https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=70696>
8. Анамова Р. Р. Автоматизация подготовки аддитивного производства изделий авиационной техники // Труды МАИ, 2015, № 82:
<https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=58823>
9. Агеева Н. Г., Ребий Е. Ю. Развитие сетевой архитектуры управления инновационной системой на ранних этапах цикла создания авиационной продукции // Труды МАИ, 2015, № 78:
<http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=53671>
10. Geoff Vorley, Fred Tickle (2002): Quality Management Principles & Practice, Section 9 - Computer Aided Quality, Quality Management & Training (Publications) Ltd; 5th edition, UK
11. An introduction of Small-scale Intelligent Manufacturing System. Taoying Huang, Wei Deng Solvang, Hao Yu. Narvik, Norway. 21-24 June 2016.
12. Galina Setlak, Sławomir Pieczonka, “Design Concept Of Intelligent Management Systems”, International Book Series-Information Science and Computing, 142-149