



Информация, управление качеством, инженерный менеджмент: общность задач и решений



Владимир АЗАРОВ
Vladimir N. AZAROV

Борис БОЙЦОВ
Boris V. BOITSOV



Валерий МАЙБОРОДА
Valery P. MAIBORODA

Азаров Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Бойцов Борис Васильевич – доктор технических наук, профессор Московского авиационного института (МАИ), Москва, Россия.

Майборода Валерий Прохорович – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Information, Quality Management, Engineering Management: Common Tasks and Solutions

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 154)

Оцениваются принципиальные аспекты существующих подходов к управлению организацией, доминанты её устойчивого развития, позволяющие сформировать у специалиста новые дополнительные компетенции, составить теоретическую и практическую базу для подготовки инженера-менеджера. Общность сопутствующих этому задач, решений и синергетика их реализации декларируются в системе приоритетов Всеобщего менеджмента качества (TQM) и современных инновационно-коммуникационных технологий на примере крупных, структурно неоднородных, логистически сложных инфраструктурных систем транспортной индустрии. Авторы ставят цель показать, почему данные положения приобретают особую значимость именно для инфраструктурных транспортно-логистических построений, где цена риска, ошибки, недостаточной защиты информации слишком велика.

Ключевые слова: транспорт, логистика, управление качеством, информация, безопасность, инженерный менеджмент.

Рассматривая синергизм и динамику развития информационных технологий (ИТ), следует прежде всего уточнить, что понимается под термином «информация». Существует большое количество альтернативных смыслов этого термина применительно к различным областям знаний. Основоположник кибернетики и теории искусственного интеллекта Н. Винер, например, считал информацию основополагающим термином, не поддающимся определению в более простых терминах и, в свою очередь, определял её как некую субстанцию, способную передаваться между объектами и системами, при этом не являющуюся материей или энергией.

Математическое определение информации, основанное на противопоставлении понятию энтропии (незнание, хаос, неопределённость), кроме прочего, позволяет сформулировать миссию любого ИТ-специалиста как борьбу с неопределённостью, непрозрачностью, непредсказуемостью системы, как миссию участника процесса автоматизации, модератора хозяйственно-

го, технологического механизма организации. Логическое следствие такого понимания: если в результате деятельности директора по информационным технологиям (Chief Information Officer – CIO) в течение определённого времени количество сбоев автоматизированных систем (признак непредсказуемости) выросло или осталось постоянным, но при этом прозрачность и управляемость бизнеса не увеличились, то у руководства появился кандидат на увольнение.

Не забудем, на снижение энтропии направлены и главные принципы всеобщего менеджмента качества (TQM): системность, процессный подход, принятие решений, основанных на фактах и направленных на достижение долгосрочного успеха путём удовлетворения требований потребителя и обеспечения выгоды для членов организации и общества.

1.

Легко заметить, что миссии IT-специалиста и специалиста в области качества не только пересекаются и синергетически активны, но и фактически должны быть гармонизированы, дополнять друг друга в повседневной деятельности. Особенно явно это проявляется в реорганизации или комплексном внедрении информационных систем и технологий в любой строительной корпорации или организации транспорта. Первым шагом в решении таких задач является описание бизнес-процессов, которые в дальнейшем составят основу системы менеджмента качества, будучи базисом организации. Могут меняться программно-аппаратные средства автоматизации, средства автоматизации проектирования, технологии операций, персонал, участвующий в выполнении операций процесса, но сам процесс не меняется.

Сегодня происходят качественные изменения во всех сферах жизни и хозяйственной деятельности в связи с внедрением принципиально новых средств хранения, обработки и передачи информации, экономика входит в фазу четвёртой по счёту индустриальной революции, а индустрия 4.0 (сила Интернета вещей) определяется десятью технологическими областями.

1. Горизонтальная и вертикальная системная интеграция инфраструктурных и логи-

стических построений. Индустрия 4.0 требует пересмотра отношения к используемым данным и сетям. Ныне это средство взаимодействия не только департаментов внутри предприятия, но и различных предприятий-партнёров в производственном цикле.

2. Интернет вещей. Устройства и встроенные датчики инфраструктуры будут обмениваться информацией в режиме реального времени.

3. Кибербезопасность. Без неё невозможно создание доверенной среды (принципиально важной для больших транспортно-логистических систем), в которой смогут работать миллиарды устройств и пересекающихся информационных потоков.

4. Облака. Задача поддержки множества типов устройств и сенсоров, а также массы генерируемых ими данных наилучшим образом решается при помощи облачных сервисов, которые смогут обеспечить и требуемую скорость обработки данных, и масштабируемость инфраструктурных решений.

5. Анализ больших данных. Доступность данных по всем фазам и аспектам разработки, производства и испытаний позволяет точнее планировать бизнес-процессы, инновации, маркетинг и стратегию развития.

6. Моделирование. Имея в распоряжении большие данные и большую вычислительную мощность, предприятия смогут виртуально моделировать сценарии использования продукта или услуги, тем самым ускоряя их тестирование и расширяя инновационный процесс: неудачные решения будут выявляться быстро.

7. Аддитивное производство (3D-печать). Методы аддитивного производства будут широко применяться для изготовления по индивидуальному заказу небольших партий продуктов, которые призваны сочетать в себе преимущества сложных конструкций при минимальном весе и позволят снизить затраты на транспортировку и сократить складские запасы.

8. Дополненная реальность. Работники будут получать инструкции по замене неисправного узла непосредственно в тот момент, когда они его рассматривают. Необходимая информация попадает в поле зрения исполнителя при помощи устройств



дополненной реальности, например «очков».

9. Роботы. В большинстве своём они реализуются в виде механических рук, работающих на сборочных линиях, но их интеллект растёт, что позволяет решать более сложные задачи, нежели выполнение элементарных сборочных или транспортных операций.

10. Смарт-управление. Резкое увеличение мобильности труда любого сотрудника. Инженер-менеджер может работать в ERP-системе со своего смартфона, и производственным процессом можно управлять в удалённом режиме. Благодаря тому, что 3D-печать (она же называется и аддитивным производством) переносит производство ближе к источнику сырья или комплектующих, возможность создавать продукт и управлять его производством с мобильного устройства становится вполне реальной.

Всё это накладывает новые требования на специалиста в области качества и инженерного менеджмента, процессы его подготовки, а внедрение ИТ в системы управления организацией транспортно-строительного комплекса предполагает в первую очередь:

- определение влияния организационно-функциональной структуры организации на архитектуру корпоративной информационной системы (КИС);
- структуру и набор ИТ, которые нужны для повышения эффективности бизнес-процессов в составе каталогов ИТ-сервисов;
- оценку возможности поддержания ИТ-сервисов имеющейся КИС, обоснования её параметров и стоимости;
- расчёт эффективности применяемых ИТ-сервисов и затрат на ИТ;
- оценку влияния нарушения (прерывания) ИТ-сервисов на основные бизнес-процессы;
- оценку рисков нарушения ИТ-сервисов, методов и стоимости информационной защиты;
- разработку метрики ИТ-сервисов и метрики автоматизированных бизнес-процессов;
- создание организационных структур поддержки ИТ-сервисов, систем управления информационной безопасностью и в целом ИТ-инфраструктуры компании.

Понятно, что для эффективного решения перечисленных задач требуются специалисты, имеющие как профессиональные инженерные компетенции, так и компетенции в области менеджмента качества, экономики, ИТ-технологий.

Профессиональные компетенции инженера-менеджера — это системное мышление, межотраслевые коммуникации, управление проектами, бережливое производство, информационно-коммуникационные технологии, робототехника, искусственный интеллект, программирование, отношения с людьми, работа в условиях неопределённости, риски, навыки художественного творчества, экологическое мышление.

К сожалению, современное состояние российского образования характеризуется недостаточным уровнем подготовки инженерных специалистов в области экономики и управления. Это приводит к многочисленным попыткам передать ведущие управленческие позиции в высокотехнологичных областях так называемым «профессиональным менеджерам», большинство из которых не обладают необходимыми инженерными знаниями и системным мышлением, что отрицательно сказывается на эффективности сложных технологичных производств, информационных систем и систем менеджмента качества.

На наш взгляд, образовательная программа подготовки такого специалиста наряду с классическими инженерными дисциплинами транспортно-строительного комплекса, управления качеством и ИТ должна включать следующие «не очень инженерные» разделы:

- тенденции развития информационных технологий управления;
- информационные ресурсы, информация как предмет труда;
- теория качества, цикл постоянного улучшения, инструментарий Парето;
- модель зрелости производственных процессов (СММІ);
- основы анализа и проектирования сложных систем;
- анализ и моделирование интегральных бизнес-процессов;
- управление ИТ-услугами и ИТ-сервисами;

- информационная безопасность, управление рисками.

2.

Уточним некоторые аспекты современных подходов к управлению организацией, изучение которых позволит инженеру несколько по-иному взглянуть на своё место в IT-инфраструктуре компании, сформировать у него новые дополнительные компетенции, а главное – составит надёжную теоретическую и практическую базу для начинающего инженера-менеджера.

В современных условиях масштабные задачи, стоящие перед программистами, подчас оказываются настолько сложными, что автоматизация процессов на текущем уровне технологий либо не представляется возможной, либо не является рентабельной. То есть сложность обрабатываемых процессов и объектов инфраструктуры достигла уровня, на котором затруднено получение быстрого и гарантированного результата в части автоматизации, а обрабатывающие автоматизированные системы, включающие и обслуживающий персонал, в силу своей сложности демонстрируют непредсказуемость, выражающуюся в снижении надёжности.

Это явление в индустрии информационных технологий начало проявляться достаточно давно и к настоящему времени приобрело характер кризиса, который привёл к выделению двух направлений развития: разработка методов управления информационными системами с особым упором на их «человеческую» составляющую и применение методов формализованного описания объектов реального мира на языках, с одной стороны, приближенных к естественному, с другой – строгих для того, чтобы обеспечить облегчённое «машинное» представление (программирование).

Логическим результатом первой тенденции «сопротивления кризису» стало появление стандартов, наборов рекомендаций и моделей управления IT-службами – ISO 20000, COBIT, Information Technology Infrastructure Library (ITIL), Capability Maturity Model (СММ) и др. В общем виде идеологию этой тенденции отражают слова: «лучшая практика – это следование лучшим практикам». При этом «лучшие

практики» закрепляются в постоянно обновляющихся стандартах, что сопровождается и доработкой соответствующих методик объективной оценки соответствия организаций их требованиям.

В рамках второй тенденции развития IT-технологий создан значительный задел в виде парадигмы объектно-ориентированного проектирования автоматизированных систем и универсального языка моделирования UML (Universal Modeling Language). Продолжаются работы и по развитию универсальных форматов описания документов – XML.

В системе лучших практик особое место отводится моделям зрелости производственных процессов. В середине 80-х годов прошлого века по инициативе министерства обороны США одним из подразделений Carnegie Mellon University (Software Engineering Institute – SEI) была разработана первая модель зрелости организации – Capability Maturity Model (СММ). Цель её создания – обеспечить предсказуемый уровень качества программного обеспечения сторонних разработчиков путём их ранжирования по эффективности внутренних процессов производства. Идеология проекта – базовый постулат теории качества: качественный продукт может производиться только при условии существования качественных производственных процессов. Основа начальной версии модели – матрица зрелости управления качеством (Quality Management Maturity Grid – QMMG), предложенная в [1]. В ноябре 2011 года выпущена очередная версия – 1.3 СММ (I – integration или объединённая), которая содержит пять уровней зрелости организации:

- Initial (начальный);
- Managed (управляемый);
- Defined (регламентированный);
- Quantitatively Managed (количественно управляемый);
- Optimizing (оптимизированный).

Рост зрелости организации предполагает возрастание качества услуг или производимых продуктов, снижение рисков и персональной зависимости, снижение внутренних и внешних конфликтов, а также переход от управления проектами к практике управления процессами.



На основе первичных описательных характеристик уровней модель СММ предоставляет относительно простой инструмент для экспресс-оценки текущего состояния организации и выработки первичных рекомендаций по формированию стратегии развития. Модель уделяет значительное внимание явлению «конфликта», могущему заявить о себе на различных этапах реализации проектов и выполнения процессов. При этом конфликт рассматривается как феномен неизбежный, часто полезный и требующий управления. Причём управление конфликтами — это управление процессом адаптации организации к изменяющимся внешним условиям, а также её элементов друг к другу. Наличие, величина и эффективность разрешения конфликтов непосредственно связываются с достижением определённого уровня зрелости и служат его характеристикой.

Такой подход полностью соответствует положениям теории сложных систем, где конфликт рассматривается как естественный процесс их взаимодействия в рамках процесса развития.

Что такое сложный или простой проект, сложная или простая система?

Между простой и сложной системами существует своя граница: если система состоит из менее чем восьми объектов, то она простая, а при более восьми элементах она сложная. Критерием в данном случае является способность мозга человека (наблюдателя) контролировать некоторое количество объектов одновременно [2].

В математической теории различают два основных показателя сложности: статическую сложность и динамическую сложность. Под статической понимают количество объектов, входящих в систему, и количество связей между ними. Динамическая — учитывает изменяющиеся с течением времени процессы, происходящие в системе (между составляющими объектами) и с её участием. Дополнительную проблему в анализе и проектировании сложных систем представляет тот факт, что при объединении (взаимодействии) двух или нескольких из них объединённая система получает набор так называемых эмергентных свойств и параметров, не являющийся суммой параметров и свойств вошедших в неё совокупностей. Часто из

наличия данных свойств выводят определение системы как синергетической сущности, состоящей из множества элементов, которые при объединении обеспечивают проявление новых значимых системообразующих качеств. Именно поэтому в инженерной практике часто возникает ситуация, когда совмещение эффективно работающих подсистем приводит к нарушению корректного функционирования системы в целом.

3.

С инженерной точки зрения важно то, что едва ли не любая функционирующая система (организационная, информационная, механическая, электронная и т.д.) является сложной системой и, как следствие, не поддаётся эффективному анализу, прогнозированию и контролю, поскольку нередко состоит даже не из десятков, а из миллионов элементов, динамически взаимодействующих друг с другом. Системы менеджмента качества, системы бизнес-процессов организации, КИС безоговорочно относятся к классу сложных систем. Поэтому подходы к их анализу и проектированию всегда инвариантны. И в данном случае не обойтись без методологии, которую часто называют системным мышлением, предполагающим совмещение видения комплексности любого объекта и его включённости в другие системы в зависимости от цели рассмотрения. При этом деление реального мира на отдельные системы и уровень детализации определяются сообразно пониманию ограничений рассмотрения, исключительно по воле наблюдателя, исходя из краткосрочных целей его деятельности, и должны меняться при изменении исходных установок.

Собственно, потому при разработке функциональных требований к автоматизированной системе необходимо корректно выбирать уровень рассмотрения (уровень детализации). На этом этапе проектирования система фигурирует как целостная сущность, взаимодействующая с другими автоматизированными системами и пользователями — так называемый «чёрный ящик». Однако описание в требованиях отдельных элементов проектируемой системы было бы излишним, ибо тогда игнорируется ограниченность способности



автора требований и других заинтересованных лиц (заказчика, исполнителя и т.д.) эффективно, с минимальным количеством ошибок анализировать реальные потребности предметной области и суметь выполнить согласование проектного документа на нескольких уровнях детализации одновременно.

Описанный подход в инженерной методологии называют абстрагированием. В общем случае **абстрагирование** — это исключение из рассмотрения деталей системы (или её связей), несущественных для проектировщика на текущем этапе работы.

Частой ошибкой проектирования является попытка восприятия системы без точной привязки к моменту времени или этапу жизненного цикла проекта (продукта). В этом случае трудно реализовать своё представление о системе без фиксации целевого состояния проекта, оно как бы растянуто по времени, причём на неограниченную перспективу. Именно в такой ситуации в функциональных требованиях появляются пункты о «возможности гибкой настройки пользователем», «универсальности», «поддержке разнородных перспективных платформ» и т.д. Получается, проектировщик или руководитель проекта значительно усложняют свою задачу за счёт увеличения динамической сложности.

В целом же, надо заметить, абстрагирование предусматривает сознательное и обоснованное наложение максимального количества ограничений на проектируемую систему или реализуемый проект, исходя из приоритетов оперативных целей, существующих в текущий момент времени.

Следующий подход — **иерархия** — является противоположностью и одновременно дополнением абстрагирования. При абстрагировании не берутся во внимание внутренние детали системы и анализ или проектирование не могут быть полностью выполнены. Иерархия позволяет устранить этот недостаток. Рассмотрев систему в целом, мы можем выполнить её декомпозицию на ограниченное количество элементов (подсистем), которые на следующем этапе будут подвергнуты индивидуальному анализу в качестве «чёрных ящиков». Учитывая наличие границы между простой и сложной системами, число таких элементов на каждом этапе детализации не должно превышать определённого предела, чтобы сохранить представление об их взаимодействии в процессе работы.

Подобную декомпозицию проводят неоднократно до достижения необходимого уровня детализации, создавая таким образом иерархию представлений, которые на каждом из уровней доступны для вос-



приятия аналитиком. Этот аналитик может быть в свою очередь принадлежностью иерархической организационной структуры, в которой на верхнем уровне детализации оказывается, например, генеральный конструктор, или выполнять свою работу, последовательно перемещаясь между уровнями «сверху—вниз» или элементами декомпозиции в рамках одного уровня детализации.

При проведении декомпозиции на различных этапах и уровнях детализации могут быть использованы различные принципы и критерии. В инженерной практике наиболее часто декомпозиция проводится по функциональному признаку с учётом возможности эволюции или индивидуального жизненного цикла элемента как самостоятельного продукта. Например, при разработке сложного программного комплекса выделяются элементы, которые могут в дальнейшем модернизироваться и продаваться в качестве самостоятельных программных продуктов. Другой инженерный подход к декомпозиции использует критерии поддержания равного уровня сложности разделяемых элементов при минимизации взаимосвязей между ними. Типичный образец такой декомпозиции — автоматическая компоновка электронных компонентов и проводников на слоях печатных плат.

Пределом декомпозиции при анализе или проектировании служит достижение уровня, на котором составляющие подсистемы могут быть представлены типовыми унифицированными сущностями. Это фактически и есть третий важнейший подход в инженерной методологии сложных систем — **унификация**.

При этом эффективным инструментом анализа и проектирования становится **визуализация**, позволяющая активизировать интуитивное и образное мышление аналитика и проектировщика. Визуализация предполагает наряду с созданием графических изображений материальных объектов различного уровня детализации разработку абстрактных схем различного типа, для анализа и оптимизации которых с успехом применяются формальные математические методы теории графов. Основными здесь являются структурные схемы, которые содержат информацию об элементах сис-

темы и их связях на текущем уровне рассмотрения, и функциональные схемы, которые детализируют информацию о функциях элементов и связей между ними.

4.

На практике используется большое количество стандартных схем, иллюстрирующих протекание процессов. К таким относятся, например, IDEF0-диаграммы, которые позволяют стандартным графическим языком описать последовательность выполнения операций.

На этапе первичного описания автоматизированных систем достаточно эффективным считается также применение так называемых стандартных «диаграмм прецедентов» или «диаграмм вариантов использования» (use case), которые являются частью универсального языка моделирования UML (Universal Modeling Language).

Принципиально то, что система организации предусматривает исполнителей, используемые ими инструменты и оборудование, методы и процедуры работы. Эти составляющие поддаются замене — специалист может занять вакансию и покинуть её, оборудование заменяется в связи с реальным или моральным износом, отдельные процедуры и технологические методы, формы услуги могут совершенствоваться, замещаться или исключаться. При этом функционирование организации, предоставление услуг и выпуск продуктов с её стороны сохраняются за счёт поддержания компоненты, объединяющей все составляющие процесса. То есть процессный подход остаётся основой управления и организации ИТ-услуг, ИТ-сервисов, направленных на обеспечение качества и удовлетворение потребностей бизнеса.

Управление ИТ-услугами реализуется их поставщиками путём использования наиболее рационального сочетания людей, процессов и информационных технологий.

По мере расширения круга задач, которые могут быть решены с применением информационных технологий, и перевода всё большего числа бизнес-процессов в цифровую форму роль ИТ-отделов кардинально меняется. Успех фирмы сегодня в значительной степени зависит от того, насколько эффективно и качественно её

IT-служба помогает решать управленческие задачи, поддерживать конкурентоспособность и удовлетворять растущие запросы потребителей. Для качественного сервисного обслуживания необходимо чётко обозначить набор оказываемых услуг и сделать их доступными для тех, кто в них нуждается.

Более того, само понятие IT-услуги неразрывно связано с управлением качеством и опирается на измеримые метрики, достоверные сведения. Не следует рассматривать IT-услуги как нечто статичное — они естественным образом изменяются в соответствии с теми задачами и потребностями, которые их порождают и сопровождают на протяжении всего жизненного цикла.

Причём одной из обязательных сфер деятельности в области инженерного менеджмента, IT-технологий и управления качеством является обеспечение информационной безопасности, уровня синергетического взаимодействия с системой транспортной безопасности. Хотя часто безопасность информационных технологий и её корреляция с транспортной безопасностью не вполне точно понимаются как руководством организаций, так и сотрудниками. Между тем, организация безопасности и контроль качества — две первейшие задачи для любого предприятия. Организация безопасности — это защита от угроз, а контроль качества — обеспечение запланированного и стабильного производства продукции или услуг.

Подчеркнём: на пути нашего перехода от индустриального общества к обществу знаний информация является основополагающей. Поэтому она должна быть защищена [3, 4], что для многих предприятий также будет означать и фундаментальные изменения в сознании людей, ведь и в этой сфере никто не отменял так называемый человеческий фактор. Невозможно представить реализацию бизнес-процессов без информационной поддержки, а информационные технологии не считать залогом предпринимательского успеха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для инфраструктурных транспортно-логистических построений, где цена риска и ошибки слишком велика, рассмотренные в статье положения имеют особую значимость. Обеспечить информационную безопасность — это значит перейти от неопределённого уровня безопасности к заданному путём внедрения организационных мероприятий, реализуемых в рамках всей компании. К таким мероприятиям в первую очередь следует отнести разработку политики локальной безопасности на каждой из ступеней иерархической лестницы организации. Постоянно применяемые на профессиональном уровне механизмы контроля качества в конечном итоге должны содействовать и укреплению безопасности. При этом целостная система управления информационной безопасностью хотя и состоит из сходных организационных и технических компонентов, но будет разной для тех или иных компаний в зависимости от бизнес-моделей, степени формирования процесса электронного оборота IT-инфраструктуры, средств связи и структуры охраны, а также общей исполнительской дисциплины.

Совершенно очевидно, что цели обеспечения информационной безопасности и требования к качеству продукции и услуг должны быть гармонизированы и взаимно увязаны на технологическом уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crosby, Philip B. Quality Is Free: The Art of Making Quality Certain. McGraw-Hill, 1979, 309 p. [Русский текст Электронный ресурс]: <http://www.pqm-online.com/assets/files/lib/books/crosby1.pdf>. Доступ 31.07.2017.
2. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений / Грэди Буч, Роберт А. Максимчук, Майкл У. Энгл, Бобби Дж. Янг, Джим Коаллен, Келли А. Хьюстон. — 3-е изд. — М.: Вильямс, 2010. — 720 с.
3. Международный стандарт ISO/IEC27001:2005 «Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования». — М.: ИСО/МЭК, 2005; ЗАО «Технорматив», 2006.
4. Международный стандарт ISO/IEC27002:2005 «Информационные технологии. Свод правил по управлению защитой информации». — М.: ИСО/МЭК, 2005; ЗАО «Технорматив», 2007.

Координаты авторов: **Азаров В. Н.** — vazarov52@gmail.com, **Бойцов Б. В.** — kaf104@mai.ru, **Майборода В. П.** — qm-miit@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 03.04.2017, принята к публикации 31.07.2017.



INFORMATION, QUALITY MANAGEMENT, ENGINEERING MANAGEMENT: COMMON TASKS AND SOLUTIONS

Azarov, Vladimir N., Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia.

Boitsov, Boris V., Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, Russia.

Maiboroda, Valery P., Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The principal aspects of existing approaches to management of organization, dominants of its sustainable development, allowing to form new additional competences for a specialist, to form a theoretical and practical basis for training of an engineer manager are considered. The generality of the accompanying tasks, solutions and synergy of their implementation are declared in the system of

priorities of Total Quality Management (TQM) and modern innovation and communication technologies on the example of large, structurally heterogeneous, logistically complex infrastructural systems of the transport industry. The authors set a goal to show why these provisions acquire special significance precisely for infrastructure transport and logistics structures, where the price of risk, error, insufficient protection of information is too great.

Keywords: transport, logistics, quality management, information, security, engineering management.

Background. Considering the synergy and dynamics of development of information technology (IT), it is necessary to clarify first of all what is meant by the term «information». There is a large number of alternative meanings of this term applied to various fields of knowledge. The founder of cybernetics and the theory of artificial intelligence N. Wiener, for example, considered information to be a fundamental term that could not be defined in simpler terms and, in turn, defined it as a certain substance capable of being transmitted between objects and systems, while not being matter or energy.

The mathematical definition of information based on the opposition of the concept of entropy (ignorance, chaos, uncertainty), among other things, allows the mission of any IT specialist to be formulated as a struggle against uncertainty, opacity, unpredictability of the system as a participant in the automation process, moderator of the economic, technological mechanism of organization. The logical consequence of this understanding is that if, as a result of the activity of the Chief Information Officer (CIO), the number of failures of automated systems (a sign of unpredictability) has increased or remained constant for a certain time, but transparency and manageability of the business has not increased, then the management has a candidate for dismissal.

In turn, the main principles of the Total Quality Management (TQM) are aimed at decreasing entropy: a systematic approach, a process approach, decision-making based on facts and aimed at achieving long-term success by satisfying customer requirements and providing benefits to members of organization and society.

Objective. The objective of the authors is to consider different issues related to information, quality management and engineering management.

Methods. The authors use general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, economic assessment methods.

Results.

1.

It is easy to see that the missions of an IT specialist and a specialist in the field of quality not only intersect and are synergistically active, but in fact they should be harmonized and complement each other in their daily activities. This is particularly evident in reorganization or integrated implementation of information systems and technologies in any construction corporation or transport organization. The first step in solving such problems is description of business processes, which in future will form the basis of a quality management system, being a basis of an organization. Software and hardware automation tools, design automation tools, operation

techniques, staff involved in performing process operations can change, but the process itself does not change.

Today, qualitative changes occur in all spheres of life and economic activity in connection with introduction of fundamentally new means of storing, processing and transmitting information, the economy enters the fourth phase of the industrial revolution, and the industry 4.0 (the power of the Internet of things) is determined by ten technological areas.

1. Horizontal and vertical system integration of infrastructure and logistics structures. Industry 4.0 requires a review of the attitude to the data and networks used. Now this is means of interaction of not only departments within the enterprise, but also of various partner enterprises in the production cycle.

2. Internet of things. Devices and built-in infrastructure sensors will exchange information in real time.

3. Cybersecurity. Without it, it is impossible to create a trusted environment (which is essential for large transport and logistics systems), in which billions of devices and intersecting information flows can work.

4. Clouds. The task of supporting many types of devices and sensors, as well as the mass of data generated by them, is best solved by using cloud services that can provide both the required processing speed and scalability of infrastructure solutions.

5. Analysis of big data. The availability of data for all phases and aspects of development, production and testing allows to more accurately plan business processes, innovation, marketing and development strategy.

6. Modeling. With the availability of big data and large processing capacity, enterprises can virtually simulate the use of a product or service, thereby speeding up their testing and expanding the innovation process: unsuccessful solutions will be identified quickly.

7. Additive production (3D printing). Additive production methods will be widely used for production of small batches of products on individual order, which are designed to combine the advantages of complex structures with minimum weight and will reduce transportation costs and reduce inventory.

8. Augmented reality. Workers will receive instructions on how to replace a faulty node directly when they are reviewing it. The necessary information falls into the field of view of the performer with the help of devices of augmented reality, for example «glasses».

9. Robots. For the most part, they are realized in the form of mechanical hands working on assembly lines, but their intelligence grows, which allows solving more complex tasks than performing basic assembly or transport operations.

10. Smart management. A sharp increase in the mobility of any employee. An engineer manager can work in the ERP-system from his smartphone, and the production process can be managed remotely. Due to the fact that 3D-printing (also called additive production) transfers production closer to the source of raw materials or components, the ability to create a product and manage its production from a mobile device becomes quite real.

All this imposes new demands on a specialist in the field of quality and engineering management, the processes of its preparation, and the introduction of IT into the management systems of the organization of the transport and construction complex involves, first of all:

- determination of the impact of the organizational and functional structure of the organization on the architecture of the corporate information system (CIS);
- the structure and set of IT that are needed to improve the efficiency of business processes in the catalogs of IT services;
- evaluation of the possibility of maintaining the IT services of the current CIS, the rationale for its parameters and cost;
- calculation of the efficiency of applied IT-services and IT costs;
- evaluation of the impact of disruption (interruption) of IT services on the main business processes;
- assessment of the risks of violation of IT services, methods and cost of information protection;
- development of the IT services metric and metrics of automated business processes;
- establishment of organizational structures to support IT services, information security management systems and the company's IT infrastructure in general.

It is clear that for the effective solution of the above tasks specialists are required who have both professional engineering competencies and competence in the field of quality management, economics, and IT technologies.

Professional competences of an engineer manager are system thinking, inter-industry communications, project management, lean manufacturing, information and communication technologies, robotics, artificial intelligence, programming, relationships with people, work in uncertainty, risks, skills of creativity, ecological thinking.

Unfortunately, the current state of Russian education is characterized by an insufficient level of training of engineering specialists in the field of economics and management. This leads to numerous attempts to transfer the leading managerial positions in high-tech areas to so-called «professional managers», most of whom do not possess the necessary engineering knowledge and system thinking, which adversely affects the effectiveness of complex technological production, information systems and quality management systems.

In our opinion, the educational program for training of such a specialist along with the classical engineering disciplines of the transport and construction complex, quality management and IT should include the following «not very engineering» sections:

- trends in development of information technology management;
- information resources, information as an object of work;
- quality theory, a cycle of continuous improvement, the Pareto toolkit;
- maturity model of production processes (CMMI);
- basics of analysis and design of complex systems;
- analysis and modeling of integrated business processes;
- management of IT-services;
- information security, risk management.

2.

Let's consider some aspects of modern approaches to management of an organization, the study of which will allow an engineer to take a slightly different look at his place in the company's IT infrastructure, to form

new additional competencies for a specialist and to make a theoretical and practical training base for an engineer manager.

In modern conditions, the large-scale tasks facing programmers are sometimes so complex that the automation of processes at the current level of technologies is either not possible or not cost-effective. That is, the complexity of the processes and objects of the infrastructure that have been processed has reached a level at which it is difficult to obtain a quick and guaranteed result in automation, and processing automated systems, including the servicing staff, demonstrate unpredictability, due to their complexity, in terms of reduced reliability.

This phenomenon in the information technology industry began to manifest itself quite a long time ago and by now has become a crisis that led to identification of two areas of development: development of management methods for information systems with special emphasis on their «human» component and application of methods of formalized description of real world objects in languages, on the one hand, close to the natural, on the other – rigorous in order to provide a facilitated «machine» representation (programming).

The logical result of the first trend of «resistance to the crisis» was the emergence of standards, sets of recommendations and models of management of IT services – ISO 20000, COBIT, Information Technology Infrastructure Library (ITIL), Capability Maturity Model, etc. In general, the ideology of this trend is reflected in the words: «best practice – this is adherence to the best practices». At the same time, «best practices» are fixed in constantly updated standards, this process is accompanied by completion of appropriate methods of objective assessment of organizations' compliance with their requirements.

Within the framework of the second trend of IT technologies development, a significant reserve has been created in the form of the paradigm of object-oriented design of automated systems and the universal modeling language UML (Universal Modeling Language). Work continues on development of universal formats for document description – XML.

In the system of best practices, a special place is given to maturity models of production processes. In the mid-1980s, the first model of the company's maturity, the Capability Maturity Model (CMM), was developed by Carnegie Mellon University (SEI) at the initiative of the US Department of Defense. The purpose of its creation is to provide a predictable level of quality of third-party software by means of their ranking by the efficiency of internal production processes. The ideology of the project is the basic postulate of the theory of quality: a quality product can only be produced if there are qualitative production processes. The basis of the initial version of the model is the maturity matrix of quality management (Quality Management Maturity Grid – QMMG), proposed in [1]. In November 2011, the next version was released – 1.3 CMMI (I–integration or combined), which contains five levels of maturity of the organization:

- initial;
- managed;
- defined;
- quantitatively Managed;
- optimizing.

The growth of the organization's maturity implies an increase in the quality of services or products, reducing risks and personal dependence, reducing internal and external conflicts, and moving from project management to process management.

Based on the primary descriptive characteristics of the levels, the CMM model provides a relatively simple tool for rapid assessment of the current state of



the organization and the development of primary recommendations for a development strategy. The model pays much attention to the phenomenon of «conflict», which can manifest itself at various stages of project implementation and process implementation. At the same time, the conflict is viewed as a phenomenon inevitable, often useful and requiring management. Moreover, conflict management is the management of the organization's adaptation process to changing external conditions, as well as its elements to each other. The presence, size and effectiveness of conflict resolution are directly related to the achievement of a certain level of maturity and serve as its characteristic.

This approach fully corresponds to the provisions of the theory of complex systems, where conflict is considered as a natural process of their interaction within the development process.

What is a complex or simple project, a complex or simple system?

Between simple and complex systems, there is a boundary: if the system consists of less than eight objects, then it is simple, and for more than eight elements it is complex. The criterion in this case is the ability of the human brain (observer) to control a number of objects at a time [2].

In mathematical theory, there are two main indicators of complexity: static complexity and dynamic complexity. A static complexity is a number of objects entering the system, and a number of connections between them. Dynamic – takes into account the processes that change over time, occurring in the system (between constituent objects) and with its participation. An additional problem in the analysis and design of complex systems is the fact that when two or more of them merge (join) two or more of them, the combined system receives a set of so-called emergent properties and parameters that is not the sum of parameters and properties of the constellations included in it. Often, from the presence of these properties, the definition of the system as a synergetic entity consisting of a number of elements is derived, which, when combined, ensure the appearance of new significant system-forming qualities. That is why in engineering practice there is often a situation when the combination of effectively operating subsystems leads to a violation of the correct functioning of the system as a whole.

3.

From an engineering point of view, it is important that almost any functioning system (organizational, information, mechanical, electronic, etc.) is a complex system and, as a result, it cannot be effectively analyzed, forecasted and controlled, since it often consists not even of dozens, but of millions of elements dynamically interacting with each other. Quality management systems, business process systems of the organization, CIS unconditionally belong to the class of complex systems. Therefore, approaches to their analysis and design are always invariant. And in this case, one cannot do without a methodology, which is often called systemic thinking, which assumes the combination of a vision of the complexity of any object and its inclusion in other systems, depending on the purpose of the examination. In this case, the division of the real world into separate systems and the level of detail are determined in accordance with the understanding of the limitations of consideration, solely by the will of the observer, based on the short-term goals of his activity, and should change with the changes in the initial settings.

Actually, therefore, when developing functional requirements for an automated system, it is necessary to choose the level of consideration (level of detail) correctly. At this design stage, the system appears as an integral entity that interacts with other automated systems and users – the so-called «black box». However, the description of the individual elements of the system being designed in the requirements would be redundant,

since the limitations of the ability of the author of requirements and other interested persons (the customer, the executor, etc.) are effectively ignored, with minimal errors, to analyze the real needs of the domain and be able to agree on the project document at several levels of detail at the same time.

The described approach in engineering methodology is called **abstraction**. In general, abstraction is an exception to the consideration of the details of the system (or its links) that are not relevant to the designer at the current stage of work.

A frequent design error is an attempt to perceive the system without an exact binding by the time or stage of the life cycle of the project (product). In this case, it is difficult to realize the idea of the system without fixing the target state of the project, it is as if stretched in time, and for an unlimited perspective. It is in this situation that the functional requirements contain clauses on «flexibility of user customization», «universality», «support for heterogeneous perspective platforms», etc. It turns out, the designer or the project manager considerably complicates the task at the expense of increase in dynamic complexity.

In general, it should be noted that abstraction involves a conscious and justified imposition of a maximum number of restrictions on the projected system or the project being implemented, proceeding from the priorities of the operational objectives existing at the current time.

The next approach – **the hierarchy** – is the opposite and at the same time the addition of abstraction. When abstracting, internal parts of the system are not taken into account and analysis or design cannot be fully implemented. Hierarchy allows to eliminate this flaw. Considering the system as a whole, we can perform its decomposition into a limited number of elements (subsystems), which in the next stage will be subjected to individual analysis as «black boxes». Given the existence of a boundary between simple and complex systems, the number of such elements at each stage of detailing should not exceed a certain limit in order to preserve the idea of their interaction in the process of work.

Such a decomposition is carried out repeatedly until the required level of detail is achieved, thus creating a hierarchy of representations that are accessible to the analyst at each level. This analyst may in turn be a part of a hierarchical organizational structure in which, for example, a general designer appears at the top level of detail, or perform his work, moving consistently between «top-down» levels or decomposition elements within a single level of detail.

In case of decomposition at different stages and levels of detail, different principles and criteria can be used. In engineering practice, decomposition is most often performed according to a functional feature, taking into account the possibility of evolution or the individual life cycle of an element as an independent product. For example, when developing a complex software package, elements that can be upgraded and sold as stand-alone software products are highlighted. Another engineering approach to decomposition uses the criteria for maintaining an equal level of complexity of shared elements while minimizing the interrelations between them. A typical example of such a decomposition is the automatic arrangement of electronic components and conductors on layers of printed circuit boards.

The limit of decomposition in analysis or design is the achievement of a level at which the constituent subsystems can be represented by standard unified entities. This is actually the third most important approach in the engineering methodology of complex systems – **unification**.

At the same time, an effective tool for analysis and design is **visualization**, which allows to activate the intuitive and imaginative thinking of the analyst and the designer. Visualization involves, along with the creation of graphic images of material objects of various levels

of detail, the development of abstract schemes of various types, for the analysis and optimization of which the formal mathematical methods of graph theory are successfully applied. The main things here are the structural diagrams that contain information about the elements of the system and their relationships at the current level of consideration, and functional diagrams that detail the information about the functions of the elements and the relationships between them.

4.

In practice, a large number of standard schemes are used to illustrate the processes. These include, for example, IDEF0-diagrams, which allow the standard graphical language to describe the sequence of operations.

At the stage of the primary description of automated systems, the use of so-called standard «case diagrams» or «use case diagrams», which are part of the universal modeling language UML (Universal modeling language), is also considered quite effective.

Fundamentally, the system of the organization includes performers, tools and equipment used by them, methods and procedures of work. These components are amenable to replacement – an expert can take a vacancy and leave it, equipment is replaced in connection with real or moral depreciation, individual procedures and technological methods, forms of services can be improved, replaced or excluded. At the same time, the functioning of the organization, the provision of services and the release of products from its side are maintained by maintaining a component that unites all the components of the process. That is, the process approach remains the basis for management and organization of IT services, IT-services aimed at ensuring quality and meeting business needs.

Management of IT-services is realized by their suppliers by using the most rational combination of people, processes and information technologies.

As the range of tasks that can be solved with the use of information technology and the transfer of an increasing number of business processes into digital form expand, the role of IT departments is radically changing. The success of the company today depends to a large extent on how effectively and qualitatively its IT service helps to solve management problems, maintain competitiveness and satisfy the growing demands of consumers. For quality service, it is necessary to clearly identify the range of services provided and make them available to those who need them.

Moreover, the very concept of IT-service is inextricably linked with quality management and is based on measurable metrics, reliable information. Do not consider IT services as something static – they naturally change in accordance with the tasks and needs that they generate and accompany throughout the life cycle.

And one of the mandatory fields of activity in the field of engineering management, IT technologies and quality management is the provision of information security, the level of synergetic interaction with the transport safety system. Although often the security of information technology and its correlation with transport security is not fully understood by both the management of organizations and employees. Meanwhile, the organization of security and quality control are two primary tasks for any enterprise. Security organization

is protection against threats, and quality control – ensuring the planned and stable production of products or services.

Let us emphasize: on the way of the transition of society from an industrial society to a knowledge society, information is fundamental. Therefore, it must be protected [3, 4], which for many enterprises will also mean fundamental changes in people's minds, because in this sphere no one has canceled the so-called human factor. It is impossible to imagine the implementation of business processes without information support, and information technology is not considered a guarantee of entrepreneurial success.

Conclusions. For infrastructure transport and logistics structures, where the price of risk and error is too high, the provisions discussed in this article are of particular importance. To provide information security means to move from an unspecified level of security to a predetermined one by introducing organizational measures implemented throughout the company. It is necessary to include in such measures, first of all, development of a policy of local security at each level of the organization's hierarchical ladder. Constantly applied at the professional level, quality control mechanisms should ultimately contribute to the strengthening of security. At the same time, the integrated information security management system, although consists of similar organizational and technical components, will be different for different companies depending on business models, the degree of formation of the process of electronic turnover of IT infrastructure, communication facilities and security structure, and general performing discipline.

It is clear that the goals of information security and the requirements for the quality of products and services should be harmonized and mutually linked at the technological level.

REFERENCES

1. Crosby, Philip B. Quality is Free. New York, MacGro-Hill, 1979. [Electronic resource]: <http://www.pqm-online.com/assets/files/lib/books/crosby1.pdf>. Last accessed 31.07.2017.
2. Buch, G. Object-oriented analysis and design with examples of applications [*Ob'ektno-orientirovanniy analiz I proektirovanie s primerami prilozhenii*]. Grady Buch, Robert A. Maksimchuk, Michael W. Engle, Bobbi J. Young, Jim Konallen, Kelly A. Houston. 3rd ed. Moscow, Williams publ., 2010, 720 p.
3. International standard ISO/IEC27001:2005 «Information technology. Methods and means of ensuring security. Information security management systems. Requirements» [*Mezhdunarodniy standart ISO/IEC27001:2005 «Informacionnie tehnologii. Metody I sredstva obespecheniya bezopasnosti. Sistemy menedzhmenta informacionnoi bezopasnosti. Trebovaniya»*]. Moscow, ISO/IEC, 2005; CJSC «Technormative», 2006.
4. International standard ISO/IEC27002:2005 «Information technology. Code of rules for management of information protection» [*Mezhdunarodniy standart ISO/IEC27002:2005 «Informacionnie tehnologii. Svod pravil po upravleniyu zaschitoi informacii»*]. Moscow, ISO/IEC, 2005; CJSC «Technormative», 2007. ●

Information about the authors:

Azarov, Vladimir N. – D.Sc. (Eng), professor at the department of Quality Management of Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, vazarov52@gmail.com.

Boitsov, Boris V. – D.Sc. (Eng), professor, head of the department of Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, Russia, kaf104@mai.ru.

Maiboroda, Valery P. – D.Sc. (Eng), professor, head of the Department of Quality Management of Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, qm-miit@yandex.ru.

Article received 03.04.2017, accepted 31.07.2017.

