

УДК 519.876.2 : 658.5

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРОЕКТНОЙ И ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ МЕТОДИКИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ЧАСТЬ 1.

© 2020 Д.В. Айдаров, В.Н. Козловский, А.В. Крицкий, А.Д. Муталов

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 10.02 2020

В статье разрабатывается первая часть комплекса алгоритмов цифровой поддержки процесса идентификации, поиска причин и решения проблем в области качества машиностроительной продукции. *Ключевые слова:* автомобилестроение, качество продукции, решение проблем в области качества.

Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020.8

В настоящее время происходит существенное развитие информационных технологий, и связанных с ними технологий дистанционной коммуникации, используя которые, в совокупности, можно обеспечить значительный рост эффективности процессов управления в общем и управления качеством в частности. Нарработанная методология и практика в области процессов управления качеством, при реализации соответствующей инструментальной базы в рамках цифровых систем, обеспечивает возможности для дальнейшего улучшения качества продукции и услуг.

Одной из острых задач наших машиностроительных предприятий, с точки зрения повышения качества, по прежнему остается задача связанная с повышением эффективности процесса решения проблем в области качества.

В представленной статье показана первая часть работы, в которой рассматривается известная методология идентификации, поиска причин и решения проблем в области качества «Global 8D», разработанная компанией «Ford Motor Company», переложенная в практику отечественного автомобильного производства, с учетом изменений актуального в настоящее время автомобильного стандарта IATF 16949:2016.

В работе представлены алгоритмы действий проектной команды в области идентификации и решения проблем в области качества, с учетом возможности цифровизации рассматриваемых процессов.

В основу методики положен метод командного подхода к решению проблем. Данная мето-

дика обеспечивает проектный и программный механизмы, помогающие определить причины, почему тот или иной процесс выходит за рамки, заданные поставленной целью, внести изменения в процессы, процедуры или системы, реализовать корректирующие действия с целью исключения повторного возникновения данной или подобной проблемы. Систематика 8D (решение проблем за 8 шагов) направлена на быстрое рассмотрение рекламаций в проектной группе и на недопущение подобных проблем путем их предупреждения. Это повышает удовлетворенность потребителей и - несмотря на возможные в начале большие затраты - среднесрочно сокращает расходы [1].

К основным понятиям используемым в рамках методики относятся: **проблема** - ситуация, при которой ожидаемый уровень выполнения определенной работы (норматива) не достигается, и причина невыполнения этого норматива неизвестна; **симптом** - оцениваемое последствие, оказывающее воздействие на потребителя и указывающее на существование одного или нескольких дефектов; **дефект** - невыполнение заданного требования к качеству; **дефект (8D)** - несоответствие той или иной характеристики/параметра продукции или прогресса запланированным значениям; **перечень дефектов** - множество различных (по сочетанию «код детали» - «код дефекта» - «место дефекта») дефектов; **автор дефекта** - подразделение (производство, служба), в результате деятельности которого продукция была изготовлена с дефектами; **потребитель** - организация или лицо, получающее продукцию; **потребитель (8D)** - лицо, организация или категория людей, которые испытывают симптом; **потенциальный потребитель** (затрагиваемые стороны) - лицо, организация или категория людей, на которых

Айдаров Дмитрий Васильевич, кандидат технических наук, доцент.

Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор. E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

Крицкий Алексей Викторович, аспирант.

Муталов Айдар Дамирович, аспирант.

данный дефект или его симптомы потенциально могут влиять каким-либо образом; приоритетное число риска (ПЧР) - оценка важности устранения дефекта для потребителя; план оперативных мероприятий (ПОМ) - порядок проведения мероприятий, необходимых для защиты потребителей от воздействия дефекта до начала реализации методики 8D (действие по этапу DO); локализация дефекта - результат процесса, используемого для описания и анализа дефекта при помощи ответов на такие вопросы, как «кто», «что», «когда», «где», «почему», «как», «как часто» (метод «ЯВЛЯЕТСЯ / НЕ ЯВЛЯЕТСЯ»); объект - имя, присвоенное продукту или процессу, имеющему дефект; временные сдерживающие действия (ВСД) - действия, которые предотвращают влияние одной или нескольких проблем. ВСД используются до тех пор, пока не будут реализованы окончательные корректирующие действия. Эти действия могут быть составлены на основе плана оперативных мероприятий; потенциальная причина - возможная причина возникновения проблемы; частота возникновения дефекта - оценка вероятности появления дефекта на (выпущенном или проверенном) автомобиле (доля автомобилей, на которых ожидается появление дефекта); ранг частоты возникновения дефекта (ранг возникновения) - балльная оценка частоты появления дефекта; тренд частоты возникновения дефекта - относительное изменение частоты возникновения дефекта за месяц (процент изменения частоты возникновения дефекта за один месяц периода анализа); ранг тренда частоты возникновения дефекта (ранг тренда) - балльная оценка тенденций изменения частоты возникновения дефекта во времени; значимость - оценка серьезности последствий возникновения дефекта (например, затраты на устранение дефекта, трудоемкость устранения дефекта, экспертная оценка значимости дефекта для потребителя); ранг значимости - балльная оценка серьезности последствий возникновения дефекта (например, затраты на устранение дефекта, трудоемкость устранения дефекта, экспертная оценка значимости дефекта для потребителя); вероятность обнаружения - количественная оценка доли продукции с потенциальным дефектом данного вида, для которой предусмотрены в технологическом цикле методы контроля и диагностики позволят выявить данный потенциальный дефект или его причину в случае их возникновения; ранг обнаружения - балльная оценка вероятности обнаружения дефекта; окончательные корректирующие действия (ОКД) - действия, предпринятые для устранения или снижения влияния причины существующего дефекта (выбираются и проверяются в ходе этапа D5, реализуются и утверждаются на этапе D6); проверка - представленное доказательство того, что данные действия будут иметь планируемый

результат благодаря сравнениям данных до и после их реализации; утверждение - документальное подтверждение реализованных результатов действий; предупреждающие действия - действия, предпринятые для устранения или снижения влияния причины потенциальной нежелательной ситуации с тем, чтобы предотвратить ее возникновение [1].

Методика предназначена для решения проблем, связанных с качеством. Методика состоит из восьми этапов.

Основным объектом применения методики 8D являются проблемы, возникающие на различных стадиях производственного процесса. Как правило, эти проблемы выявляются как неудовлетворительные внутренние и внешние показатели качества продукции и процессов (симптомы) или как конкретные дефекты.

Методика может быть инициирована на уровне подразделений службы качества или на уровне производства. Исходной информацией для определения дефекта на уровне подразделений службы качества является: дефектность автомобиля на предпродажной подготовке и в гарантии, результаты оценочного осмотра автомобиля, письменные замечания потребителей. В данном случае инициатором начала решения проблемы является служба качества. Исходной информацией для определения дефекта на уровне производства является: внутренние дефекты, замечания внутренних потребителей. В данном случае инициатором начала решения проблемы является производство.

После выявления наличия симптома или дефекта необходимо действовать согласно настоящей методике. Независимо от того, кто является инициатором проблемы, подразделения службы качества постоянно ведут контроль за выполнением методики, могут просматривать текущие отчеты.

Общие задачи, которые требуют непрерывного анализа в течение всего периода выполнения методики 8D, определены и включены в соответствующий оценочный вопрос того или иного этапа. Вопросы по этапам методики служат для обеспечения единообразия их выполнения.

При необходимости на каждом этапе должны выполняться следующие общие действия: документирование изменений; анализ состава команды и адекватности ролей; анализ оценочных вопросов; составление отчета.

Текущие отчеты по каждому этапу утверждаются руководителем команды, и только после утверждения команда может переходить на следующий этап. Итоговый отчет утверждается представителем службы качества подразделения, являющегося инициатором проблемы.

Обобщенно, с учетом реализации цифровых инструментов управления, структура методики может быть представлена в виде графической схемы (рисунок 1).

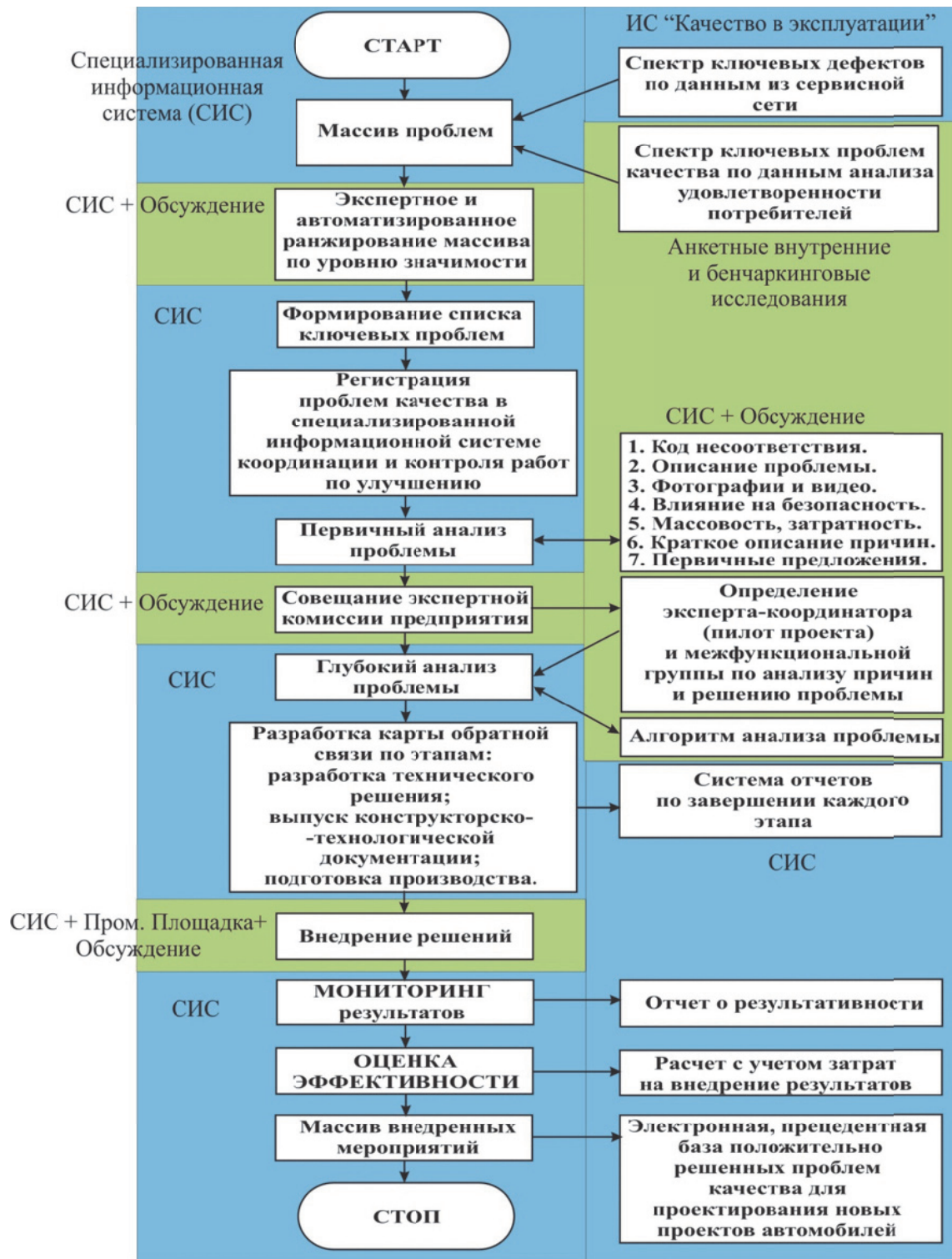


Рис. 1. Структура цифровой среды по решению проблем в области качества

Блоки, подсвеченные зеленым цветом. В этих блоках сконцентрированы пункты экспертной групповой работы, требующей обсуждения, мозгового штурма, и нуждающиеся в формализации и описании ее результатов в рамках перспективной интегрированной среды. По сути, рассматриваемый тип блоков объединяет функционал, полная автоматизация работы которого в настоящее время, да и в ближайшей перспективе, точно не будет возможной. Напри-

мер, в блоке экспертное и автоматизированное ранжирование массива по уровню значимости, проводится первичный автоматизированный анализ весовости влияния единичной проблемы качества на обобщенную оценку, в том числе с точки зрения экономики затрат. Однако, как показывает практика, во многих случаях, только экспертный взгляд на проблему, на основе первичных аналитических выкладок, способен обеспечить объективность при выборе ключевых

проблем. Естественно, что блоки, определяющие действия экспертной группы и связанные с анализом проблем, а также их обсуждением, также не могут быть полностью автоматизированы в рамках интегрированной системы. Однако, данная работа может подчиняться более четким алгоритмам, чем принято сейчас. В качестве примера на рис. 5 приведен формализованный алгоритм проведения глубокого анализа проблемы в области качества. Для информационно-аналитической поддержки функций рассматриваемого типа блоков, возможно применение программных коммуникационных технологий, обеспечивающих возможности обсуждения проблемы между экспертами дистанционно, в рамках разрабатываемой интегрированной среды. При этом, также, можно четко формализовать и автоматизировать создание выходных форм результатов обсуждения в виде протоколов и решений, с определением необходимых сроков исполнения и установкой автоматизированного контроля и координации этапов [2, 3].

Блоки, подсвеченные голубым цветом, определяют действия, которые можно автоматизировать полностью или почти полностью. Первым из рассматриваемых, блоков данного типа, является - информационная система (ИС) «Качество в эксплуатации», которая определяет аналитический функционал системы, служащей основным источником информации о качестве автомобилей в эксплуатации. Для повышения эффективности работы, в рамках разрабатываемой экспертной среды, предлагается решить вполне посильную в настоящее время задачу, связанную с интеграцией соответствующей ИС и перспективной, с получением эффекта от сокращения времени решения аналитических и координационных задач, что достижимо, в рамках работы одной среды. Следующие блоки рассматриваемого типа, реализуют функционал автоматизации операций связанных с регистрацией, контролем сроков исполнения и координацией работы экспертов. Понятно, что например, работа по разработке технического решения, выпуск конструкторско-технологической документации и подготовка производства – не может быть автоматизирована полностью. Однако, современная практика реализации наиболее продвинутых интегрированных комплексов проектирования высокотехнологичной продукции, а также поддержки управленческих решений, показывает, что в рамках формализованных алгоритмов работы так называемых человеко-машинных систем, многие вопросы, связанные с разработкой нормативно-технической документации (НТД) сейчас решаются автоматизировано [2, 3].

Блоки, определяющие решение задач связанных с мониторингом, оценкой эффективно-

сти результатов, также нуждаются в автоматизации в рамках единой интегрированной среды. Дело в том, что сегодня, на крупных предприятиях для решения данных задач могут использоваться разные корпоративные информационные системы и соответствующие электронные базы данных. Бывает, так, что по одним данным мониторинг показывает положительный эффект, а по другим – отрицательный. Это можно наблюдать, в случаях, когда разные подразделения корпорации используют свои информационные источники, свои алгоритмы расчетов, или по своему, трактуют входные данные, что конечно не приемлемо. Должен быть единый алгоритм и единые правила, которые действуют в единой, обязательной для всех, интегрированной среде. Да, и участие человеческого фактора в решении задач, связанных с оценкой эффективности работы, согласится, требует минимизации.

Еще одним аспектом, на котором необходимо остановиться, рассматривая предложенную структуру, является электронная прецедентная база полученных решений в области качества. Базы знаний уже достаточно прочно вошли в сознание экспертного сообщества как действенный инструмент упрощения процесса решения сложных задач и принятия управленческих решений. Однако, практика, российских предприятий довольно четко показывает, их, мягко говоря, не развитость. Часто, полученные и реализованные с положительным эффектом решения, в дальнейшем остаются не востребованными и быстро забываются. И здесь дело в сложной структуре межфункциональных взаимоотношений внутри крупных промышленных предприятий. Ясно, что в современных условиях, полученные технические решения должны оцифровываться в рамках единой информационной базы решений (базы знаний), которая была бы доступна и проста в использовании. Это может обеспечить сокращение объемов необходимых ресурсов при решении схожих актуальных проблем.

Переходим к разработке и реализации алгоритмов методики в рамках предложенной концептуальной структуры (рисунок 1).

Этап D0 «определение дефекта». D0 является подготовительным этапом, основной целью которого является определение дефекта. Основные шаги реализации этапа D0: сбор и анализ исходной информации; разработка плана оперативных мероприятий (при необходимости); принятие решения о необходимости инициирования методики 8D.

Схема реализации этапа D0 представлена на рисунке 2.

Сбор и анализ исходной информации. Возможны два случая. Если известен симптом (случай А), собирается следующая информация: формулировка симптома (способа проявления

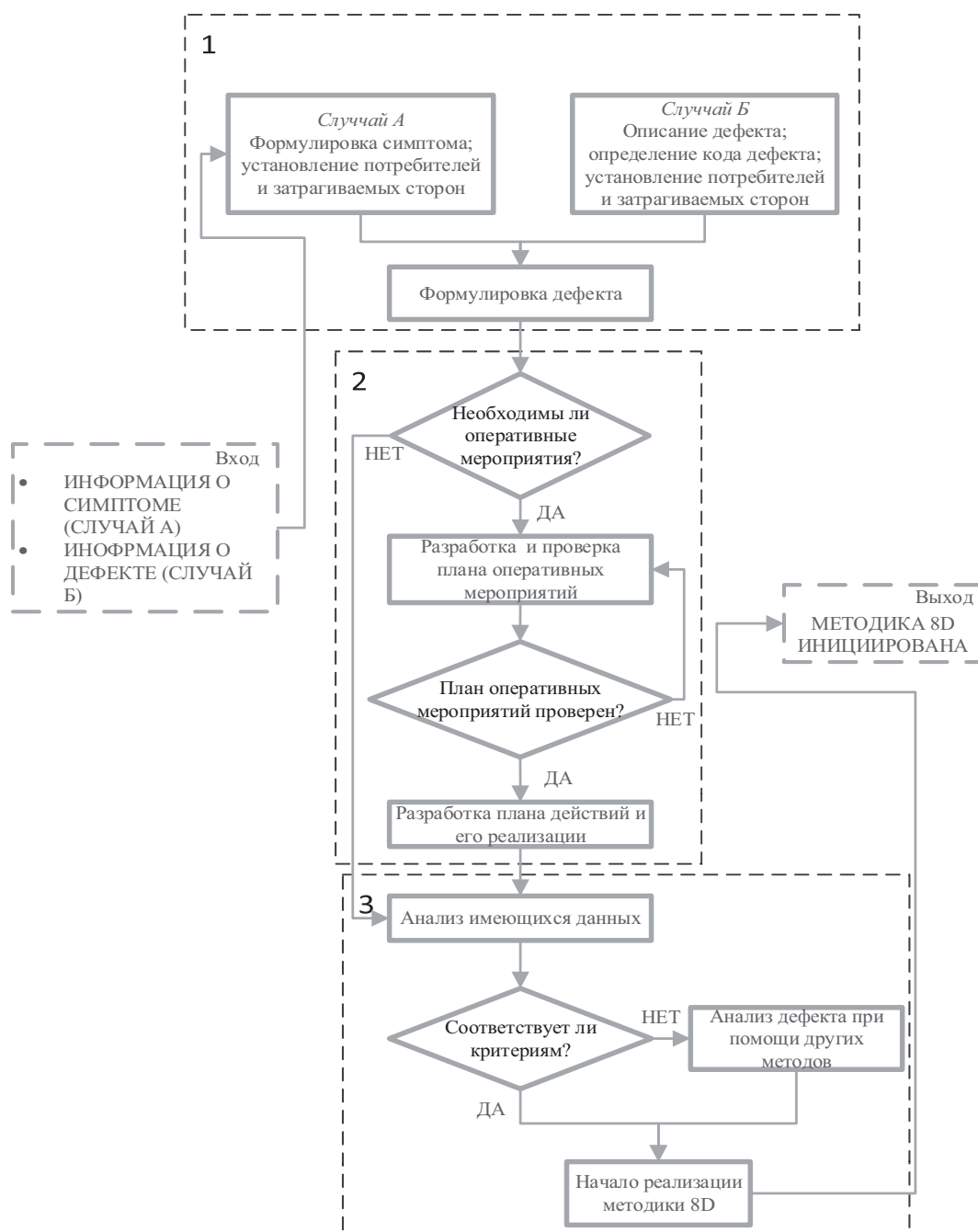


Рис. 2. Схема этапа D0 «определение дефекта»

одного или сочетания нескольких дефектов); кто из потребителей испытывает симптом; кто потенциально может испытать симптом (потенциальные потребители - затрагиваемые стороны); другая информация, которая может помочь в оценке симптома.

Если известен дефект (случай Б), собирается следующая информация: описание дефекта; код детали, код дефекта; кто из потребителей испытывает дефект; кто потенциально может испытать дефект (потенциальные потребители - затрагиваемые стороны); другая информация, которая может помочь в оценке дефекта.

Исходная информация анализируется. Большинство исходной информации попадает под категорию симптомов. Часто перевести симптом

в дефект достаточно сложно. Возможно, требуется необходимость в разработке документа, описывающего перевод симптома в дефект.

С помощью информационной системы определяется дефект, повлекший появление данной проблемы и приоритетный для устранения. Этот дефект фиксируется с указанием рангов и приоритетного числа рисков.

Определяется значимость дефекта, его опасность, тяжесть влияния на потребителя и затрагиваемые стороны. На основании этих данных принимается решение о необходимости разработки плана оперативных мероприятий и включении в него мер по обслуживанию.

Разработка плана оперативных мероприятий (при необходимости). План оперативных

мероприятий (ПОМ) включает в себя краткосрочные меры по устранению и минимизации дефекта еще до начала реализации методики 8D. Эти меры носят временный характер. Такими мерами могут быть: разработка плана контроля или ужесточение уже существующего; идентификация и последующая доработка продукции; изменение схемы процесса или его параметров.

После разработки ПОМ выполняется проверка его результативности. В случае положительной оценки результативности разрабатывается план реализации предусмотренных мероприятий с учетом возможных сложностей, по каждому пункту которого указываются ответственные и сроки выполнения мероприятий.

Принятие решения о необходимости инициирования методики 8D. Проводится анализ всей имеющейся информации. Инициатор проблемы информирует руководство предприятия о появлении дефекта и подразделения, имеющие отношение к данному дефекту.

Определяются критерии применения методики 8D, на основании которых принимается решение о необходимости ее инициирования. Если такое решение принято, методике присваивается идентификационный номер.

Если дефект был обнаружен на уровне служб качества и имеется проект, определяется источник дефекта, и информация (с доказательствами) направляется соответствующему подразделению. Руководитель подразделения, получив

информацию о дефекте, немедленно начинает методику 8D в строго определенной последовательности.

Методика решения проблем качества продукции состоит из следующих этапов: формирование команды; локализация дефекта; разработка временных сдерживающих действий; определение и анализ потенциальных причин и мероприятий по их устранению; выбор и проверка окончательных корректирующих действий; реализация и анализ окончательных корректирующих действий; предотвращение повторного возникновения дефекта; подведение итогов.

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D0 являются исходной информацией для этапа D1.

Этап D1 «Формирование команды». Основные шаги реализации этапа D1: определение состава команды; создание рабочих процедур и взаимоотношений в команде; определение показателей результативности деятельности команды. Схема реализации этапа D1 представлена на рисунке 3.

Определение состава команды. Назначается руководитель команды («владелец проблемы»), который обладает всеми вероятно необходимыми для решения проблемы полномочиями. Все решения, принятые командой, отчеты по эта-

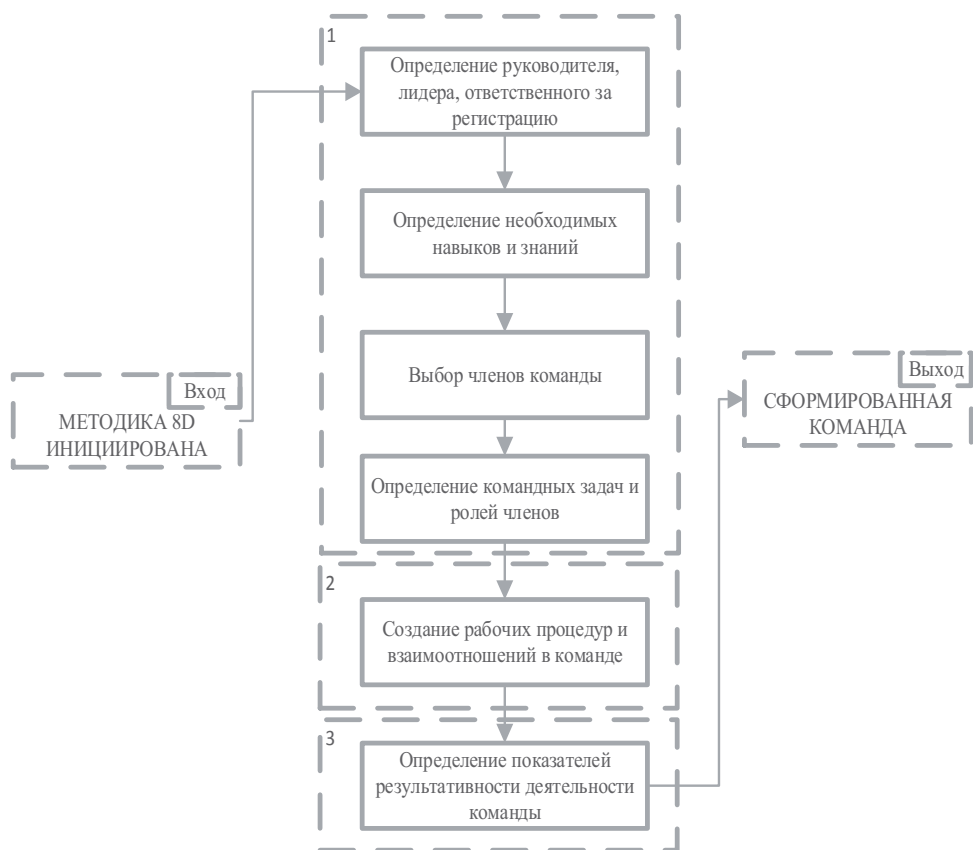


Рис. 3. Схема этапа D1 «Формирование команды»

пам согласовываются и утверждаются руководителем. Статус руководителя должен позволять привлекать всех необходимых специалистов. Роль руководителя команды не может меняться в ходе выполнения всей методики. Присутствие руководителя команды на заседаниях необязательно. Руководитель должен: являться хозяином рассматриваемой системы или процесса; обладать необходимыми полномочиями; предоставлять команде необходимые ресурсы; иметь статус, достаточный для утверждения решений команды; осуществлять мониторинг хода выполнения задач; утверждать отчеты на каждом этапе методики 8D.

Руководителем команды назначается лидер, основными задачами которого являются: сформировать команду и организовать её работу; согласовать кандидатуры участников команды; согласовывать корректирующие действия с руководителями подразделений, ответственных за их выполнение; информировать руководителя команды о ходе работы; контролировать сроки исполнения мероприятий; управлять делами команды; работать вместе с командой над определением целей и задач; опрашивать членов команды и делать выводы по их отзывам; отвечать за достижение поставленных целей и соблюдение плана; руководить принятием решений, делать соответствующие выводы; распределять задачи и роли между членами команды.

Руководителем команды назначается ответственный за регистрацию, основными задачами которого являются: записывать сводную информацию лидера команды; формулировать и записывать решения команды во время совещаний; вести протоколы заседаний и т.д.

Определяется, кто имеет непосредственное отношение к данному дефекту, определяются необходимые навыки и знания членов команды для того, чтобы каждый из них был полезен в достижении установленных целей. Очень важными аспектами при формировании команды являются: согласие потенциальных членов команды на участие в работе; заинтересованность членов команды в определении и устранении причин возникновения дефекта.

Формируется команда. На время работы в команде все ее члены должны быть отстранены от своих постоянных обязательств. Состав команды не должен превышать 10 человек. Все члены команды должны: представлять информацию и предлагать идеи; разъяснять вопросы, находящиеся в их компетенции, другим членам команды; при необходимости принимать на себя другие роли.

Для каждого члена команды определяются основные задачи и его роль в команде. За исключением роли руководителя и лидера все остальные роли могут меняться в зависимости от ситуации и этапа методики. За процесс пере-

распределения ролей отвечает лидер команды. Выполнение ролей членами команды помогает команде в проведении любых совещаний, целью которых являются какие-либо обсуждения.

Создание рабочих процедур и взаимоотношений в команде. На каждом заседании составляется план следующего заседания. Работа над ним начинается сразу после определения цели следующего совещания. Он необходим для отслеживания выполнения задач. План должен включать пункты, касающиеся: предоставления информации; обсуждения информации; ролей членов команды на следующем заседании; предполагаемого времени обсуждения.

Проведение заседаний должно рассматриваться как системная модель. Целью каждого заседания является преобразовать вход соответствующего этапа (например, протоколы предыдущих совещаний и т.д.) в выход (например, составленный отчет и т.д.).

Всем членам команды разъясняются их роли и задачи. Они должны понимать цели команды, для чего собирается команда. Определение показателей результативности деятельности команды.

Для возможности последующего анализа работы команды определяются показатели результативности деятельности команды. Примерами показателей могут быть: снижение дефектности; снижение затрат на устранение дефектов; снижение количества рабочих дней, затраченных на выполнения 8D; показатели выполнения планов заседаний.

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D1 являются исходной информацией для этапа D2. Для выполнения задач на этапе D1 могут использоваться следующие инструменты: тестирование типологических характеристик членов команды; описание организационной структуры и т.д.

Этап D2 «Локализация дефекта». Основные шаги реализации этапа D2:

заполнение формы «ЯВЛЯЕТСЯ / НЕ ЯВЛЯЕТСЯ»; анализ дефекта.

Схема реализации этапа D2 представлена на рисунке 4.

Заполнение формы «ЯВЛЯЕТСЯ / НЕ ЯВЛЯЕТСЯ». Анализируется информация, собранная на предыдущих этапах: КТО испытывает дефект; ЧТО за объект, ЧТО за дефект; КОГДА возникает дефект; ГДЕ возникает дефект; ПОЧЕМУ возникает дефект (при каких условиях); КАК был впервые обнаружен дефект; КАК ЧАСТО возникает дефект.

Отвечая на эти вопросы, команда заполняет форму «ЯВЛЯЕТСЯ / НЕ ЯВЛЯЕТСЯ». В первый столбец «ЯВЛЯЕТСЯ» заносятся все данные, касающиеся исследуемого дефекта и объекта. Во

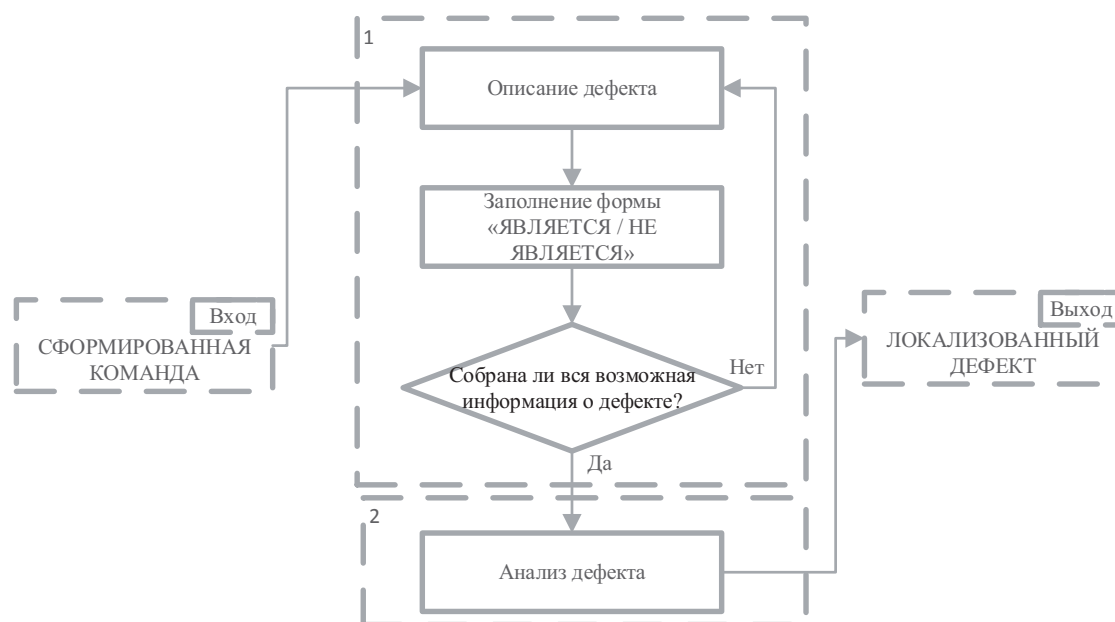


Рис. 4. Схема этапа D2 «Локализация дефекта»

второй столбец «НЕ ЯВЛЯЕТСЯ» заносятся данные, относящиеся к любому конструктивно или технологически близкому объекту, на котором исследуемый дефект не проявляется, но потенциально мог бы проявиться.

Анализ дефекта [1]. После составления полного описания дефекта выясняется, существовал ли такой дефект ранее, каковы были его симптомы, проводился ли анализ при помощи методики 8D. Проводится анализ технологической схемы процесса, деталей, вышедших из строя или забракованных. Очерчивается масштаб дефекта (какого именно изделия/процесса касается дефект, на какие изделия/процессы он также может повлиять). Итоговым шагом на этапе D2 является оценка полноты локализации дефекта [4, 5].

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D2 являются исходной информацией для этапов D3 и D4.

Для выполнения задач на этапе D2 могут использоваться следующие инструменты: данные SPC (планы выборки); корреляционные диаграммы; визуальный осмотр объектов (осмотр площадки); предыдущие отчеты 8D; диаграмма причинно-следственных связей.

В результате работы по предложенным алгоритмам с пункта D0 по пункту D2, используя цифровую реализацию структуры (рисунок 1) решаются следующие задачи: вскрывается и идентифицируется дефект; формируется соответствующая проектная команда по устранению причин дефекта; проводится комплексная работа по локализации дефекта.

Описание следующих шагов методики в рамках цифровой структуры представлены во второй части статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юнак, Г.Л. Методика решения проблем качества продукции. Методические материалы / Г.Л. Юнак, В.Е. Годлевский, И.В. Лощина, А.Д. Трифонова. - Самара: ЗАО «Академический инженеринговый центр», 2005. - 64 с.
2. Шанин, С.А. Совершенствование методик и инструментария системы мониторинга качества автомобилей в эксплуатации / С.А. Шанин. Дисс. ... канд. техн. наук. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева. - Самара, 2019. - 153 с.
3. Козловский, В.Н. Оценка реакции автопроизводителя на запросы потребителей / В.Н. Козловский, Г.Л. Юнак, Д.В. Айдаров, С.А. Шанин // Стандарты и Качество. - 2017. - №6. - С. 80-85.
4. Панюков, Д.И. Фундаментальные основы FMEA для автомобилестроения: Монография [Текст] / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский. - Самара: Издательство АНО «Издательство СНЦ», 2014. - 158 с.
5. Панюков, Д.И. Эффективное применение метода анализа видов, последствий и причин потенциальных дефектов (FMEA) в автомобилестроении: Монография [Текст] / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский. - Самара: Издательство АНО «Издательство СНЦ», 2016. - 202 с.

**DEVELOPMENT OF DESIGN AND DIGITAL SUPPORT ALGORITHMS
FOR THE METHODOLOGY FOR SOLVING PROBLEMS IN THE FIELD
OF QUALITY OF ENGINEERING PRODUCTS.
PART 1.**

© 2020 D.V. Aidarov, V.N. Kozlovsky, A.V. Kritsky, A.D. Mutalov

Samara State Technical University

The article develops the first part of a set of algorithms for digital support of the identification process, the search for causes and solutions to problems in the field of quality of engineering products.

Keywords: automotive industry, product quality, problem solving in the field of quality.

Dmitry Aidarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Vladimir Kozlovsky, Doctor of Technical Sciences, Professor.

E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

Alexey Kritsky, Graduate Student.

Aidar Mutalov, Graduate Student.