

УДК 519.876.2 : 658.5

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРОЕКТНОЙ И ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ МЕТОДИКИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ЧАСТЬ 2.

© 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 вторая 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.  
DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-1-14-23

*Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020.8*

В представленной статье предложены алгоритмы этапов решения проблем в области качества продукции машиностроения, начиная с этапа разработки временных сдерживающих действий, заканчивая этапом подведения итогов, с учетом реализации комплекса цифровизации процессов, в рамках методики поиска причин и решения проблем в области качества «Global 8D». Также в статье разработан обобщенный алгоритм действий проектной межфункциональной команды, а также предложен синхронизированный по времени алгоритм работы, обеспечивающий повышение эффективности решения проблем в области качества продукции машиностроения [1].

Этап D3 «Разработка временных сдерживающих действий». Основные шаги реализации этапа D3: оценка плана оперативных мероприятий; определение и выбор временных сдерживающих действий; разработка плана действий и его реализация; оценка временных сдерживающих действий.

Схема реализации этапа D3 представлена на рисунке 5. Оценка плана оперативных мероприятий. Определяется необходимость внедрения временных сдерживающих действий для защиты потребителя от влияния дефекта. ВСД используются до тех пор, пока не будут реализованы окончательные корректирующие действия.

Если на этапе D0 был реализован план оперативных мероприятий, то оценивается его результативность по итогам совместного обсуждения с потребителем.

Определение и выбор временных сдерживающих действий. ВСД должны предоставлять оп-

тимальное соотношение преимуществ и рисков и должны полностью защищать потребителя от воздействия дефекта. На основании консультаций с потребителем и руководителем команды определяются критерии выбора ВСД. В соответствии с выбранными критериями определяются наиболее подходящие ВСД, оценивается их результативность. Для оценки могут использоваться следующие методы: тесты и демонстрации; сравнение новых и аналогичных проверенных мер; апробация мер.

Если потребитель связан каким-то образом с выбранными ВСД, требуется его утверждение. Потребитель информируется, как и с какого момента он будет защищен от появления дальнейших рекламаций.

Разработка плана действий и его реализация. Для реализации временных сдерживающих действий должны быть выделены необходимые ресурсы. Разрабатывается план действий с учетом сложностей, которые могут возникнуть при реализации ВСД. К планированию должны быть привлечены потребители, испытывающие влияние дефекта. В плане указываются ответственные, исполнители, сроки проведения ВСД.

Оценка временных сдерживающих действий. После утверждения и реализации временных сдерживающих действий определяются мероприятия для оценки результативности и проводится постоянный мониторинг.

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D3 являются исходной информацией для этапа D5.

Для выполнения задач на этапе D3 могут использоваться следующие инструменты: SPC; FMEA; организационная схема и т.д. [2, 3].

Этап D4 «Определение и анализ потенциальных причин и мероприятий по их устранению». Основные шаги реализации этапа D4:

*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.*

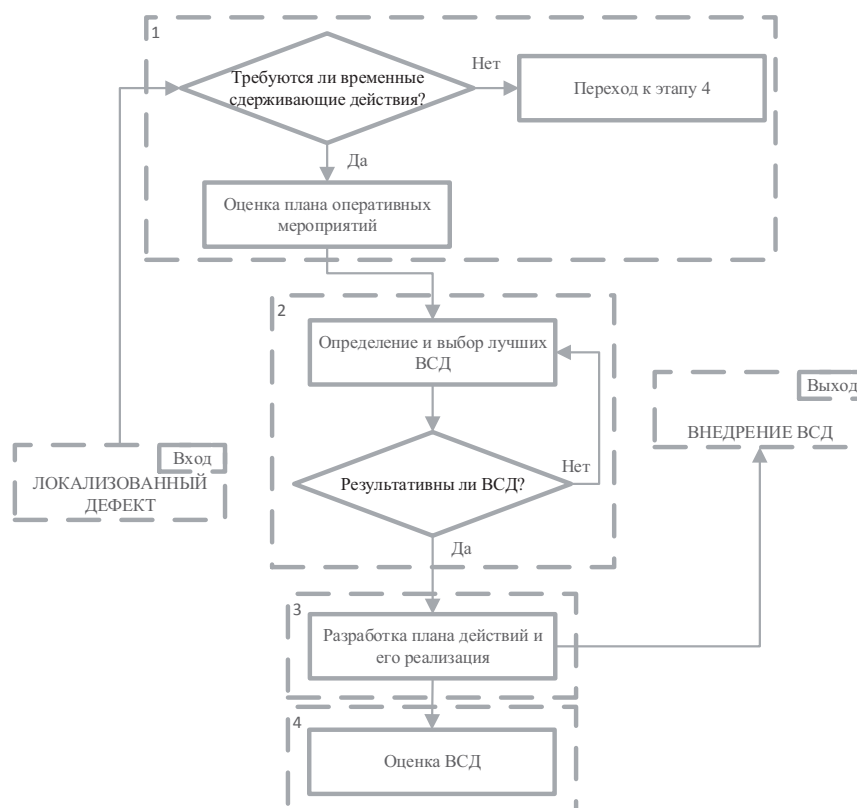


Рис. 1. Схема этапа D3 «Разработка временных сдерживающих действий»

анализ возникновения дефекта; определение и ранжирование потенциальных причин; определение и ранжирование мероприятий по устранению потенциальных причин дефекта.

Схема выполнения этапа D4 представлена на рисунке 2.

Анализ возникновения дефекта. На основании анализа всей имеющейся информации определяются возможные факторы или недавние действия, повлекшие за собой появление дефекта.

Определение и ранжирование потенциальных причин. С помощью информационных систем, проводится анализ и идентификация причин, объясняющих появление дефекта. Причины формулируются согласно заводскому кодификатору.

Для каждой потенциальной причины дефекта определяются: ранг значимости последствий  $R_{знач}$ ; ранг возникновения причины  $R_{возн}$ ; ранг обнаружения причины  $R_{обнр}$ .

Рассчитывается приоритетное число риска причины (ПЧР<sub>причины</sub>) по формуле [1]:

$$ПЧР_{причины} = R_{знач} \times R_{возн} \times R_{обнр}. \quad (1)$$

Строится диаграмма Парето потенциальных причин дефекта. Наряду с технической причиной дефекта определяются также и организационные недостатки, которые привели к возникновению дефекта и его позднему обнаружению.

Определение и ранжирование мероприятий по устранению потенциальных причин дефекта.

После ранжирования потенциальных причин выбираются мероприятия по их устранению. Для каждого мероприятия определяются и регистрируются следующие данные: срок внедрения мероприятия; ожидаемый эффект от мероприятия; затраты на внедрение мероприятия ( $Z$ ).

Ожидаемый эффект - это изменение ранга возникновения дефекта, ранга значимости и ранга тренда после внедрения мероприятия по устранению потенциальных причин. Необходимо определить эти ранги и рассчитать приоритетное число риска мероприятия (ПЧР<sub>м</sub>) по формуле:

$$ПЧР_{м} = R_{возн}^M \times R_{зн}^M \times R_{тр}^M. \quad (2)$$

Приоритетное число риска мероприятия следует сравнить с приоритетным числом риска дефекта:

$$\Delta ПЧР = ПЧР_0 - ПЧР_{м}. \quad (3)$$

На основании показателей «Эффект» (планируемый - ожидаемый эффект) и «Затраты на мероприятие» рассчитывается показатель «Планируемая эффективность мероприятия» ( $E_m$ ), характеризующий эффект от мероприятия на единицу затрат:

$$E_m = \frac{\Delta ПЧР}{Z}. \quad (4)$$

Все мероприятия должны быть проанализированы и оценены по следующим критериям: сроки выполнения; затраты; эффективность и т.д.

На основании проведенного анализа выбираются мероприятия, приоритетные для устра-

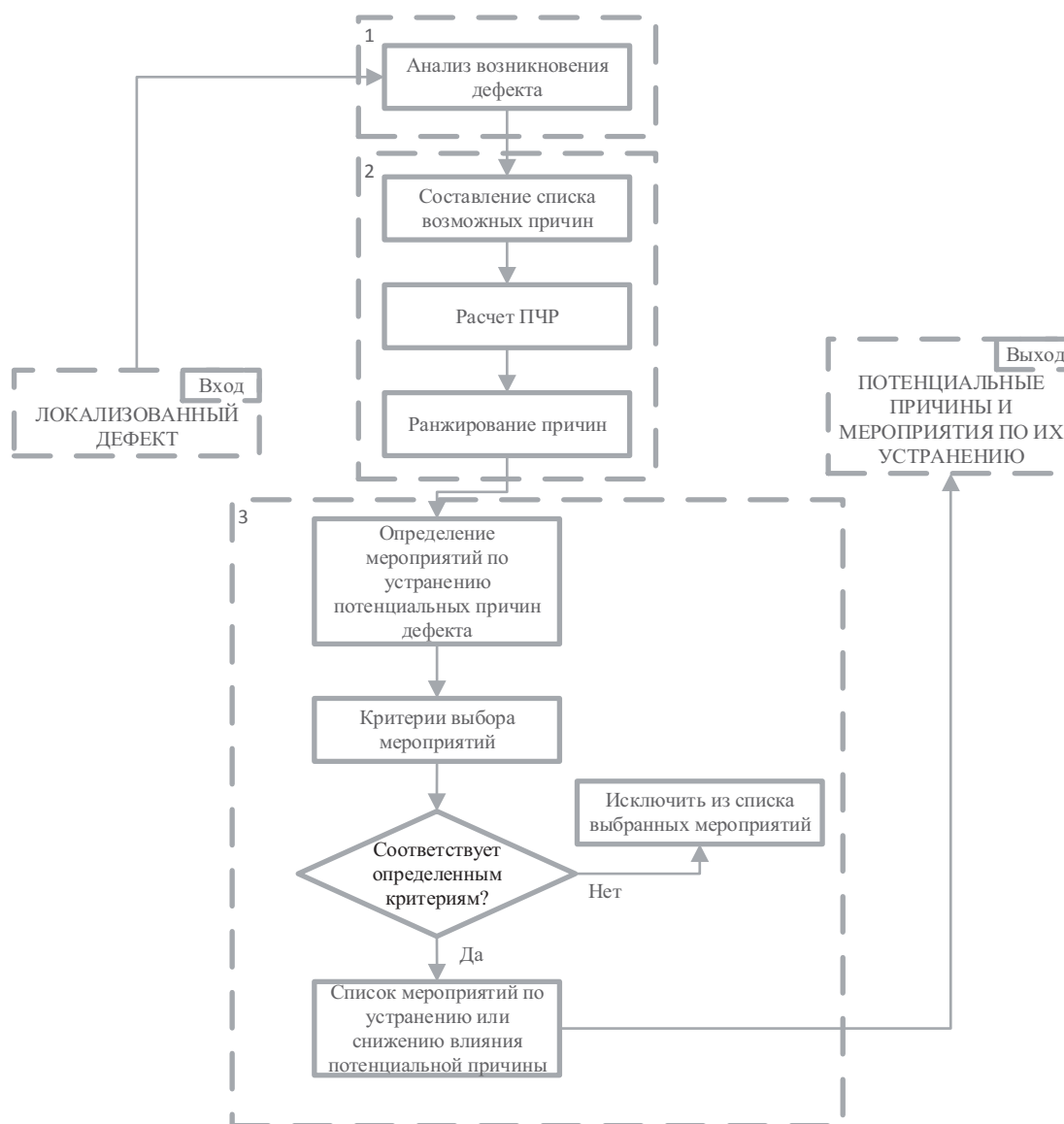


Рис. 2. Схема этапа D4 «Определение и анализ потенциальных причин и мероприятий по их устранению»

нения потенциальных причин дефекта.

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D4 являются исходной информацией для этапа D5.

Для выполнения задач на этапе D4 могут использоваться следующие инструменты: контрольные карты; функции распределения; диаграмма причинно-следственных связей; диаграмма тренда, отражающая направленные изменения эффективности в течение определенного времени; диаграмма Парето, отражающая ранжирование на основе частного; FMEA - анализ видов, причин и последствий потенциальных дефектов [2, 3].

Применяя эти инструменты, необходимо воспроизвести дефект, смоделировать истинную причину его возникновения (т.е. дефект возникает и устраняется при моделировании).

Только тогда можно будет говорить о точном определении причины дефекта.

Этап D5 «Выбор и проверка окончательных корректирующих действий». Корректирующие действия по улучшению качества применяются с целью устранения причин дефектов, снижающих потребительские свойства и конкурентоспособность автомобилей.

Основные шаги реализации этапа D5: определение возможных окончательных корректирующих действий; выбор наилучших окончательных корректирующих действий; подготовка к внедрению окончательных корректирующих действий; определение методов оценки окончательных корректирующих действий.

Схема выполнения этапа D5 представлена на рисунке 3.

Определение возможных окончательных корректирующих Действий. Первоначально определяются основные критерии, на которые следует

ориентироваться при выборе окончательных корректирующих действий, и оценивается их значимость по 10-балльной шкале. Примерами таких критериев могут быть: финансовые затраты; сроки реализации и т.д. [1].

Проводится анализ результативности внедренных ВСД, а также оценивается возможный риск, связанный с введением ОКД. Фиксируется, что необходимо будет делать, если после внедрения ОКД дефект не будет устранен.

Составляется список возможных корректирующих действий для устранения причин возникновения дефекта. Оценивается, насколько уменьшится появление дефекта после введения каждого корректирующего мероприятия.

По возможности необходимо опробовать ОКД на небольшом объеме для проверки их эффективности.

Выбор наилучших окончательных корректирующих действий. При необходимости для выбора и внедрения наилучших окончательных

корректирующих действий изменяется состав команды.

Из составленного списка возможных корректирующих действий в соответствии с выбранными критериями определяются наилучшие. Выбор в обязательном порядке должен быть обоснован. Выбранные действия согласовываются с потребителем и руководителем команды.

Подготовка к внедрению окончательных корректирующих действий. Чтобы исключить нежелательные побочные эффекты проводятся практические испытания в соответствующем объеме. Возможные побочные эффекты также рассматриваются теоретически, например, в FMEA, и исключаются путем проведения подходящих мероприятий.

Определяется, какие ресурсы будут необходимы для реализации ОКД, какие подразделения будут участвовать в планировании и внедрении ОКД.

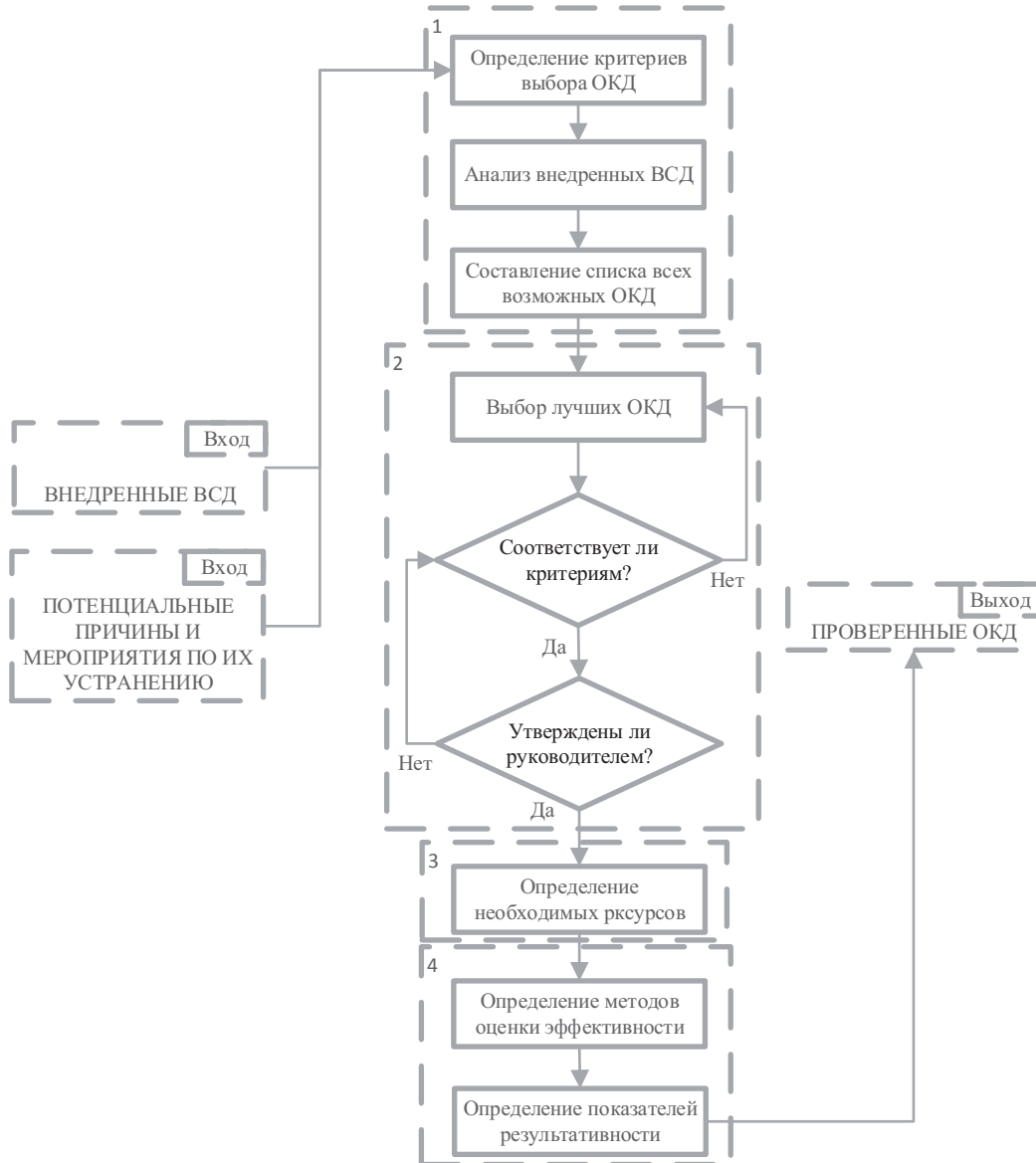


Рис. 3. Схема этапа D5 «Выбор и проверка окончательных корректирующих действий»

Определение методов оценки окончательных корректирующих действий. Определяются методы оценки результативности, показатели, которые необходимо измерять для проверки результативности ОКД, методы оценки эффективности на начальном этапе внедрения корректирующих действий и для прогнозирования долгосрочных результатов.

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D5 являются исходной информацией для этапа D6.

Для выполнения задач на этапе D5 могут использоваться следующие инструменты: FMEA [2, 3]; схема технологического процесса.

Этап D6 «Реализация и анализ окончательных корректирующих действий». Основные шаги реализации этапа D6: реализация окончательных корректирующих действий; оценка результативности; анализ результата проведения окончательных корректирующих действий. Схема выполнения этапа D6 представлена на рисунке 4.

Реализация окончательных корректирующих действий. Если быстрое введение ОКД невозможно, разрабатывается план их реализации, в котором указываются: точная дата прекращения ВСД; последовательность действий с указанием сроков и ответственных подразделений; наличие необходимых ресурсов и т.д.

Перед внедрением ОКД анализируются возможные непредвиденные обстоятельства, возможные сбои.

Эффективным средством выявления потенциальных сложностей в реализации ОКД является методика FMEA. Определяются дополнительные мероприятия по устранению сбоев.

Отменяются все краткосрочные мероприятия и реализуются ОКД.

Оценка результативности. Через определенное время после внедрения количественно оценивается результативность корректирующих мероприятий.

Анализ результата проведения окончательных корректирующих действий. Проверяется, полностью ли устранен дефект. Предоставляются соответствующие доказательства. Потребитель должен подтвердить, что дефект не появляется вновь на протяжении определенного периода времени после реализации ОКД. Если потребитель не подтверждает устранение дефекта, необходимо вернуться к этапу D5. В случае подтверждения полной ликвидации дефекта в процесс, методики, системы вносятся необходимые изменения.

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D6 являются исходной информацией для этапа D7.

Для выполнения задач на этапе D6 могут использоваться следующие инструменты: FMEA для выявления потенциальных сложностей в реализации ОКД; схема технологического процесса.

Этап D7 «Предотвращение повторного возникновения дефекта». Основные шаги реализа-

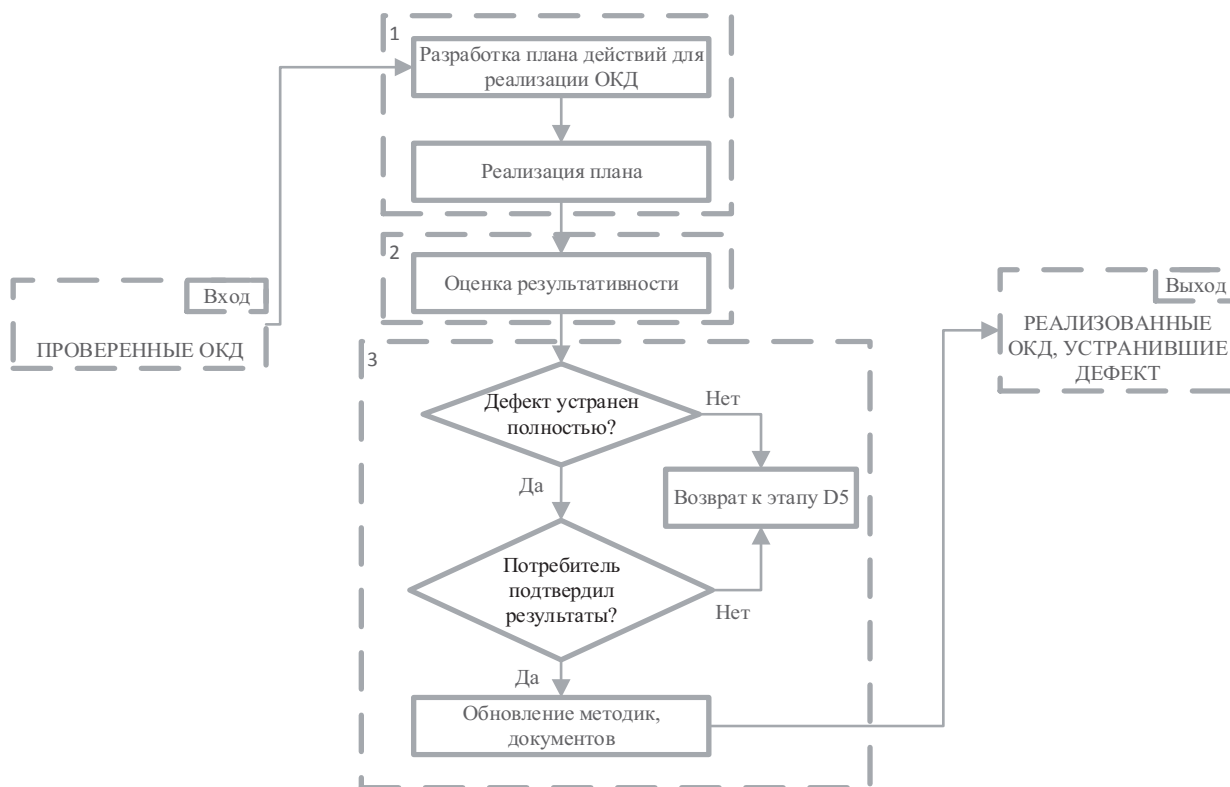


Рис. 4. Схема этапа D6 «Реализация и анализ окончательных корректирующих действий»

ции этапа D7: изучение истории дефекта; разработка предупреждающих действий. Схема выполнения этапа D7 представлена на рисунке 5.

Изучение истории дефекта. Определяется, что способствовало возникновению дефекта, возможно какие-то принципы, методики или системы. Проводится анализ процесса. При

необходимости переделывается FMEA анализ процесса.

Разработка предупреждающих действий. Составляется список изменений и улучшений процесса или системы, необходимых для предотвращения повторного возникновения дефекта.

На основании составленного списка и по

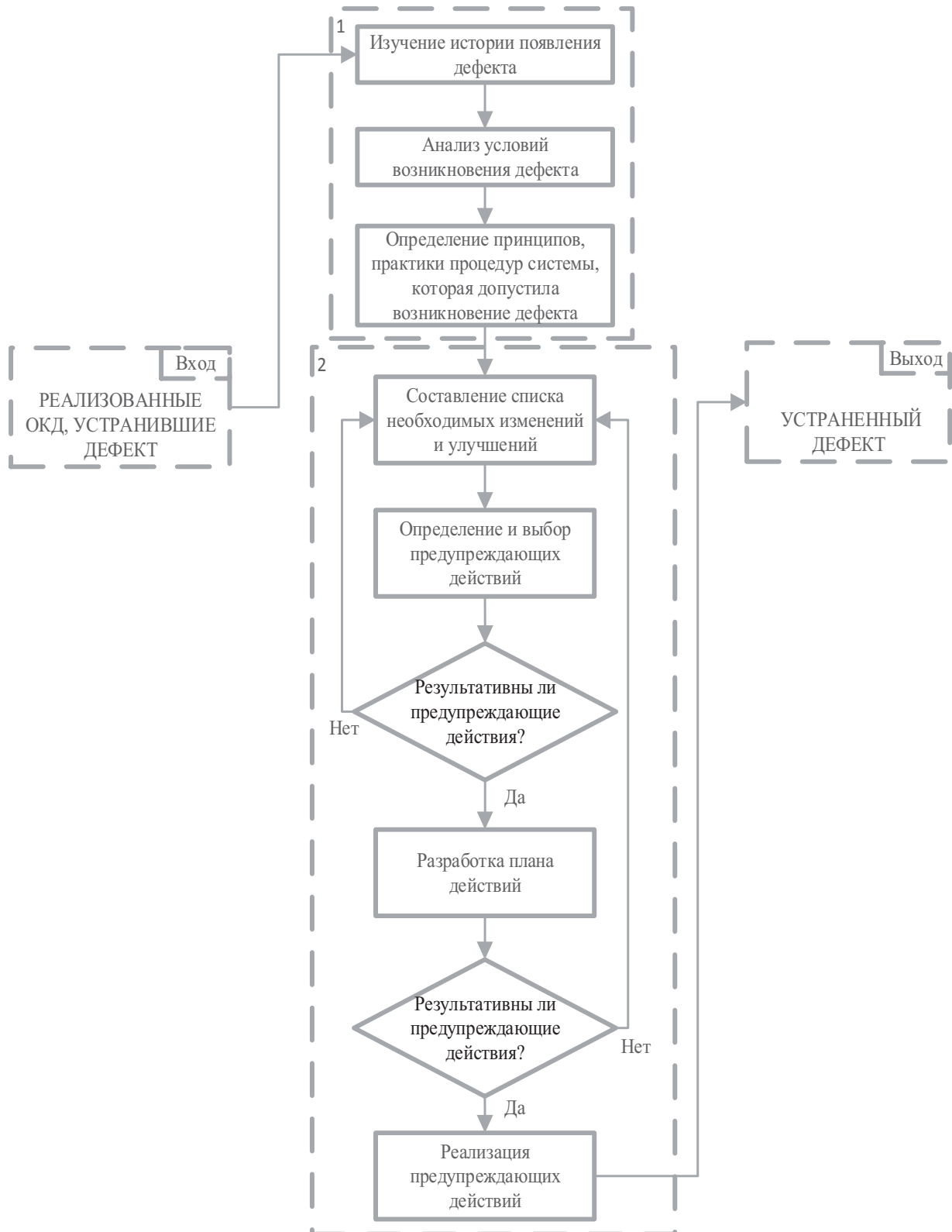


Рис. 5. Схема этапа D7 «Предотвращение повторного возникновения дефекта»

результатам анализа причин потенциального дефекта и мероприятий по их устранению разрабатываются предупреждающие действия, которые в обязательном порядке проверяются на результативность. Разработанные предупреждающие действия утверждаются руководителем команды. В стандартах и рабочих инструкциях фиксируются улучшения в процессах. О введенных мероприятиях информируются затрагиваемые подразделения.

Руководитель команды утверждает отчет по данному этапу, после чего команда переходит к следующему этапу методики. Результаты проделанной работы на этапе D7 являются исходной информацией для этапа D8.

Для выполнения задач на этапе D7 могут использоваться следующие инструменты: FMEA; схема технологического процесса.

Этап D8 «Подведение итогов». Основные шаги реализации этапа D8: анализ командной работы; формирование пакета документации и обеспечение его хранения. Схема выполнения этапа D8 представлена на рисунке 6.

Анализ командной работы. Проводится анализ командной работы, выявляются недостатки с целью предотвращения их последующего появления. Определяется вклад каждого члена команды в решение проблемы и способ признания заслуг активных членов команды.

Формирование пакета документации и обеспечение его хранения. Фиксируется дата завершения решения проблемы. Командой оформляется итоговый отчет об анализе и решении проблем и отдается на утверждение представителю службы качества подразделения, являющегося инициатором проблемы. Вся документация, использовавшаяся в ходе анализа, все записи и текущие отчеты систематизируются и передаются на хранение. Для предотвращения потери данных вся информация хранится в двух видах: на бумажном носителе и в электронном виде.

Возвращаясь к первой части работы, с точки зрения концептуальной структуры цифровой среды, а также с учетом полученных в представленной работе результатов, можно предложить модернизированный алгоритм взаимодействия подразделений предприятия в рамках решения проблем качества, с использованием группы показателей [4]: тревожные сигналы из гарантии (ТСГ), срочные сообщения о неисправностях (ССН); количественных показателей мониторинга уровня дефектности автомобилей по группе месяцев эксплуатации (IPTV) в рамках рассматриваемой методологии (рисунок 7). Разработанный алгоритм анализа деятельности межфункциональной проектной группы экспертов (МФГ), направленный на эффективное решение проблем представлен на рисунке 8.

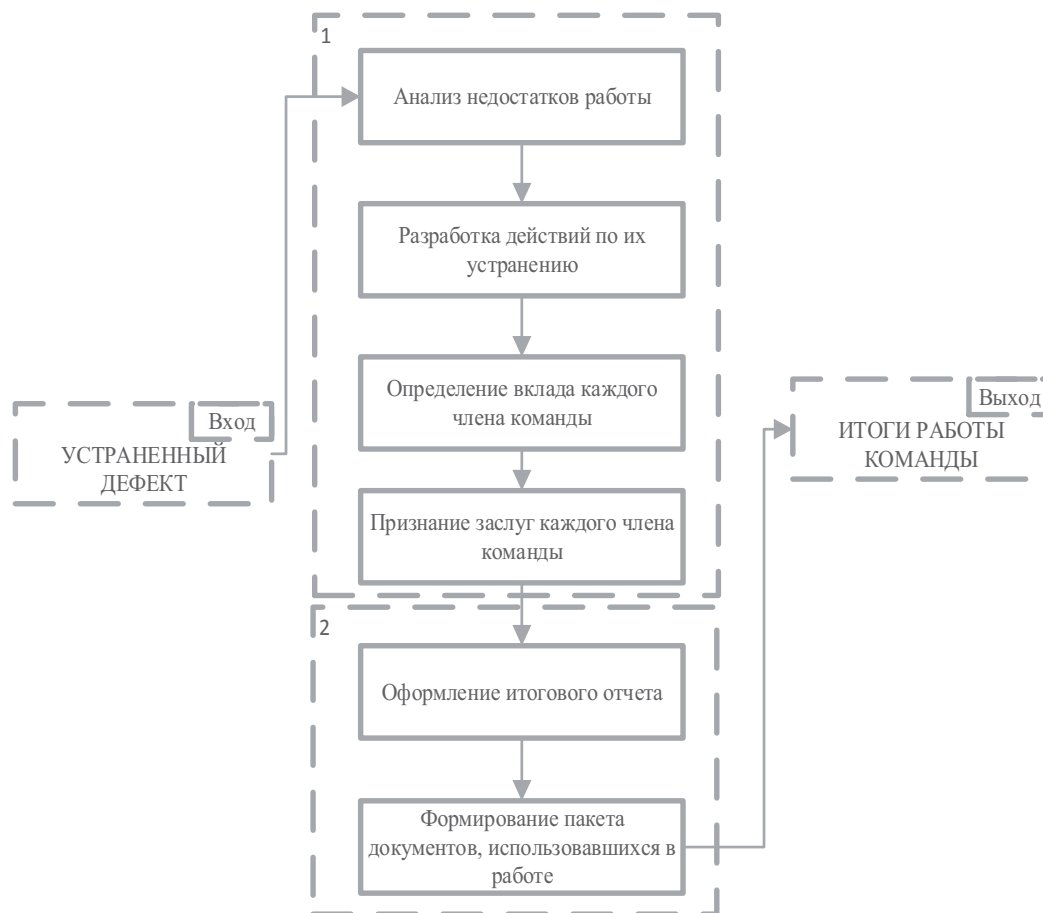


Рис. 6. Схема этапа D8 «Подведение итогов»

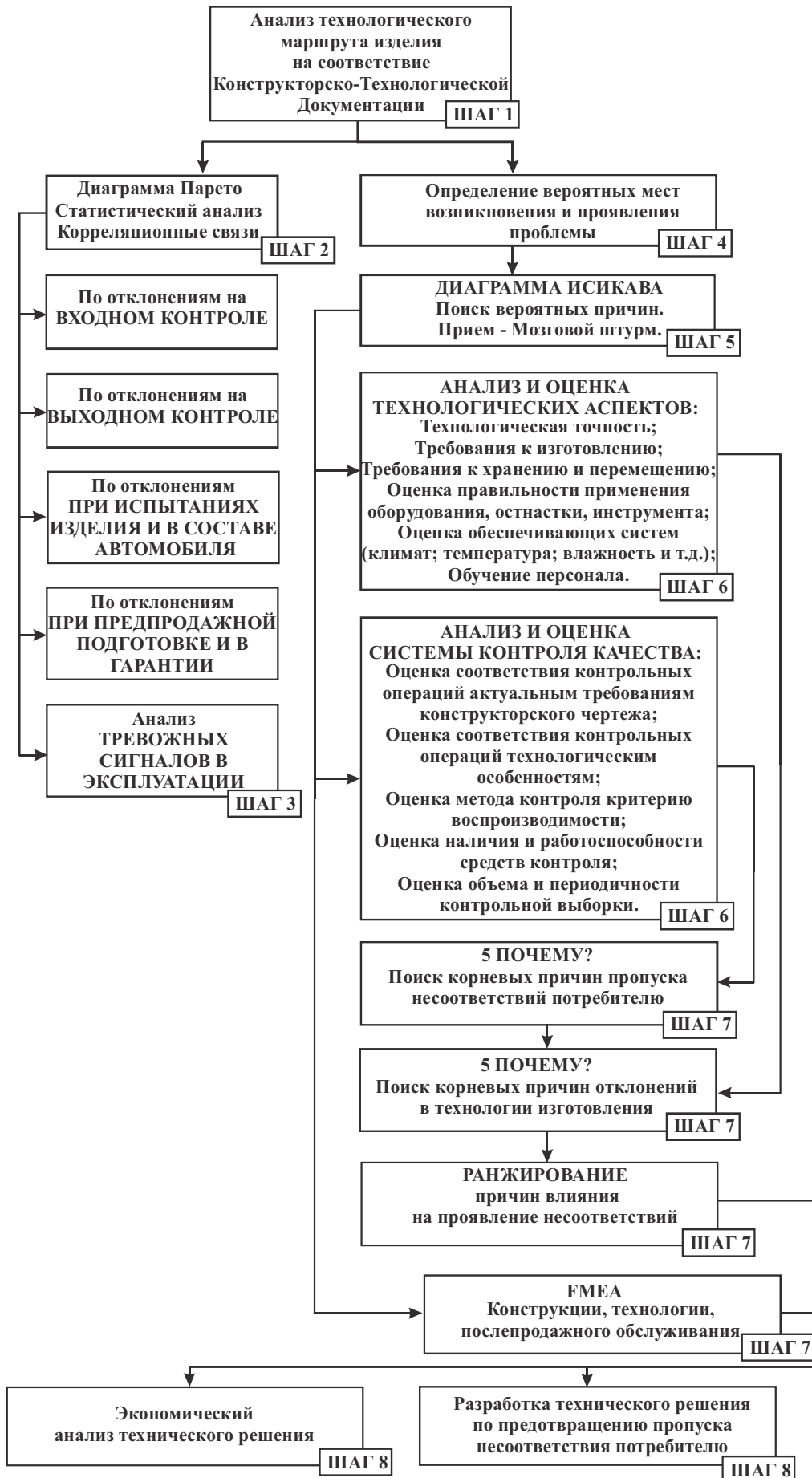
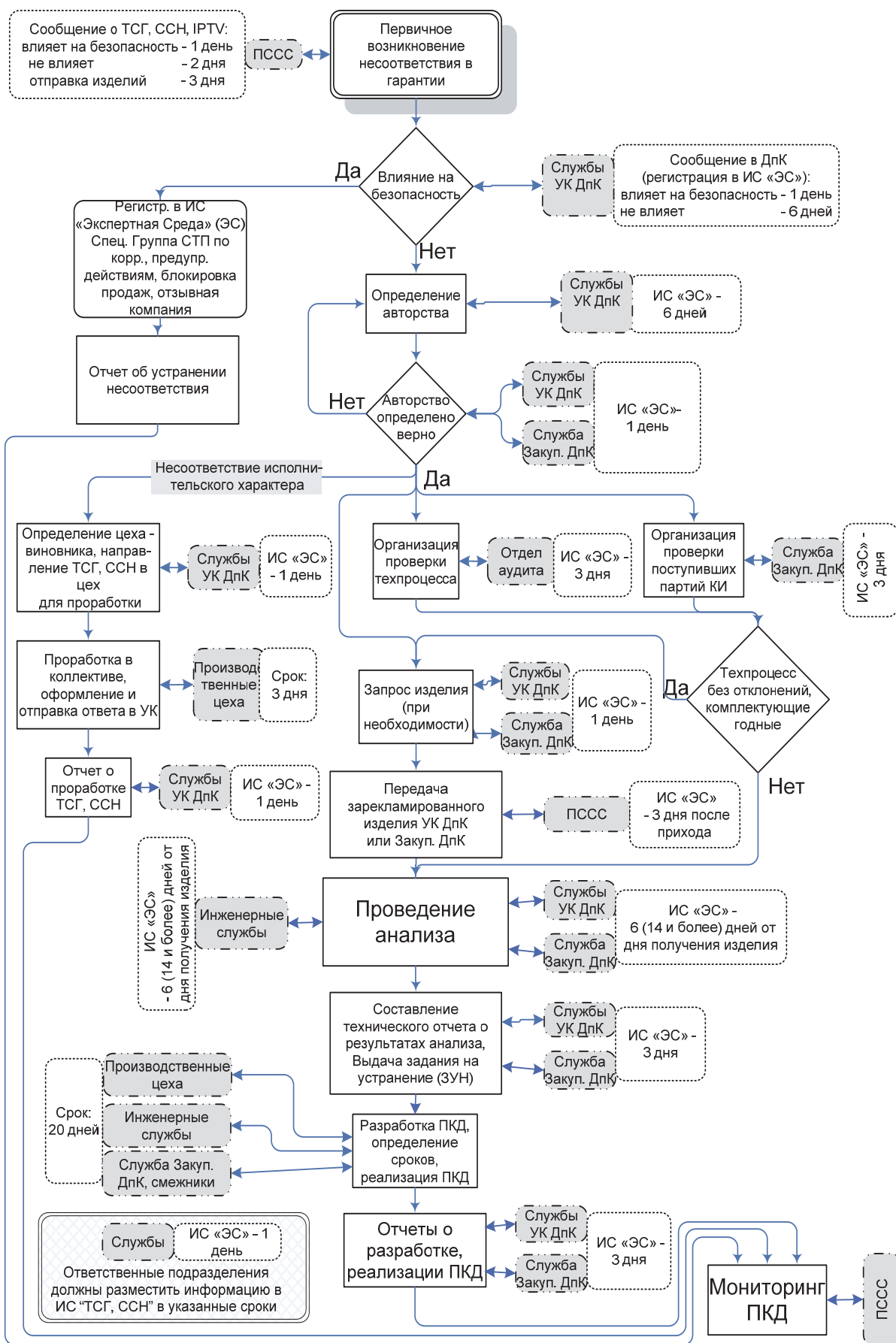


Рис. 7. Алгоритм действия экспертных групп при глубоком анализе проблем качества





**Рис. 8.** Алгоритм взаимодействия подразделений предприятия при решении проблем в области качества: ИС «ЭС» - информационная система «Экспертная среда»

Здесь, проводится полное исследование причин проблемы с качеством, с использованием известных и формализованных в рамках процедуры инструментов анализа качества. Далее МФГ вырабатывает проект технического решения проблемы качества с оценкой экономической эффективности [5].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юнак, Г.Л. Методика решения проблем качества продукции. Методические материалы / Г.Л. Юнак, В.Е. Годлевский, И.В. Лоцилина, А.Д. Трифонова // - Самара: ЗАО «Академический инжиниринговый центр», 2005. – 64 с.
2. Панюков, Д.И. Фундаментальные основы FMEA для автомобилестроения: Монография [Текст] / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский. - Самара: Издательство СНЦ, 2014. - 158 с.
3. 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 СНЦ, 2016. - 202 с.
4. 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.
5. 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.

### DEVELOPMENT OF DESIGN AND DIGITAL SUPPORT ALGORITHMS FOR THE METHODOLOGY FOR SOLVING PROBLEMS IN THE FIELD OF QUALITY OF ENGINEERING PRODUCTS. PART 2.

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

Samara State Technical University

The article develops the second 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.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-1-14-23

*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.*