



ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)
УДК 658.512
DOI: 10.18503/1995-2732-2026-24-2-181-187

ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ДЛЯ ПРОСЛЕЖИВАНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ПРИЧИН ДЕФЕКТОВ В ПОТОКАХ ОПЕРАЦИЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АВТОКОМПОНЕНТОВ

Сафаров Д.Т., Касьянов С.В., Сафарова Л.Р.

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета,
Набережные Челны, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Несмотря на внедрение СМК, по требованиям IATF 16949 объем дефектов, выявляемых у потребителя, и объем внутреннего брака остаются значительными. Систематизация задач поставщика по управлению дефектами показала, что эта методика не охватывает полный цикл выявления и устранения причин дефектов. **Используемые методы.** Системный анализ. Процессный подход. Анализ последствий потенциальных дефектов. **Новизна.** Управление дефектами автокомпонентов рассматривается как комплекс процедур, применяемых на этапах APQP-проекта, для выявления и устранения причин значимых потенциальных дефектов, возникающих в конкретных операциях жизненного цикла автокомпонента. Для прослеживания процесса развития значимого дефекта введены понятия «плечо дефекта» и «дефектоопасная операция», позволяющие выполнить прослеживание процесса развития значимого дефекта в операциях по этапам жизненного цикла изделия. На основе понятий «плечо дефекта» и «дефектоопасная операция» разработана методика экспертного выявления и оперативного устранения причин наиболее опасных последствий дефектов, возникших у пользователя изделия, в производстве заказчика, в производстве поставщика по этапам APQP-проекта подготовки производства новых автокомпонентов. **Результат.** Прослеживание осуществляется по картам непрерывных потоков операций на этапах производства автокомпонента и его составляющих. Условия каждой операции идентифицируются по выверенной технической документации. **Практическая значимость.** Разработаны дополнительные процедуры подготовки производства и документооборот выявления и устранения причин значимых потенциальных дефектов APQP-проекта. При условии компьютерной реализации вероятность предупреждения потенциальных дефектов возрастает, сроки устранения причин выявленных дефектов значительно сокращаются, отчеты заказчику становятся более адекватными.

Ключевые слова: автокомпонент, информационное сопровождение, жизненный цикл, специальная характеристика качества, дефекты, потоки операций

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания № FZSM-2025-0017 «САПР металлорежущего инструмента».

© Сафаров Д.Т., Касьянов С.В., Сафарова Л.Р., 2026

Для цитирования

Сафаров Д.Т., Касьянов С.В., Сафарова Л.Р. Информационное сопровождение для прослеживания и устранения причин дефектов в потоках операций жизненного цикла автокомпонентов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2026. Т. 24. №2. С. 181-187. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-2-181-187>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

INFORMATION SUPPORT FOR TRACKING AND ELIMINATING THE CAUSES OF DEFECTS ACROSS THE OPERATIONAL FLOWS THROUGHOUT THE AUTOMOTIVE COMPONENT LIFE CYCLE

Safarov D.T., Kasyanov S.V., Safarova L.R.

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). Despite the implementation of the IATF 16949-compliant QMS, the volume of defects detected by a customer and the volume of internal defects remain significant. The systematization of a supplier's defect management tasks has revealed that this methodology does not cover the entire cycle of identifying and resolving the causes of defects. **Methods Applied.** System analysis, process approach, and analysis of consequences of potential defects have been used within the framework of the research. **Originality.** The management of defects in automotive components is considered as a set of procedures applied at the stages of the APQP project to identify and eliminate the causes of significant potential defects that occur in specific operations of the automotive component's life cycle. To trace the development process of a significant defect, the concept of "shoulder of the defect" and "defect-prone operation" has been introduced, allowing for the tracking of the development process of a significant defect in operations across the product's life cycle. Based on the concepts of "shoulder of the defect" and "defect-prone operation," a methodology has been developed for expert identification and prompt elimination of the most dangerous consequences of defects that occur in the user's product, in the customer's production, and in the supplier's production, according to the stages of the APQP project for preparing the production of new automotive components. **Result.** Tracking is carried out using maps of continuous flow operations at the stages of production of the automotive component and its parts. The conditions of each operation are identified using verified technical documentation. **Practical Relevance.** Additional procedures have been developed for production preparation and document management to identify and eliminate the causes of significant potential defects in the APQP project. With the implementation of computer-based solutions, the probability of preventing potential defects increases, the time required to eliminate the causes of identified defects is significantly reduced, and reports to the customer become more accurate.

Keywords: automotive component, information support, life cycle, special quality characteristic, defects, workflows.

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment No. FZSM-2025-0017, "Computer-Aided Design of Metal-Cutting Tools".

For citation

Safarov D.T., Kasyanov S.V., Safarova L.R. Information Support for Tracking and Eliminating the Causes of Defects Across the Operational Flows Throughout the Automotive Component Life Cycle. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2026, vol. 24, no. 2, pp. 181-187. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-2-181-187>

Постановка задачи работы

Российские поставщики автокомпонентов (АК) сертифицируют свои СМК на соответствие требованиям IATF 16949 уже свыше 15 лет. Все требуемые стандартом процедуры признаются формально выполненными. Однако практически на всех предприятиях сохраняется проблема оперативного устранения причин дефектов товарной продукции, выявляемых у заказчика и предупреждения внутреннего брака в производстве. Так, по требованиям [1, 2] поставщик АК представляет на согласование с головным заводом реестр специальных характеристик качества (СХК), которые могут приводить к дефектам со следующими последствиями:

- нарушаются законодательные требования;
- возникают отказы изделия у конечного потребителя (пользователя);

– возникают отказы в сборочном производстве заказчика.

Для каждой СХК заказчику представляется индивидуальный план управления.

Методика определения СХК [3, 4] содержит только самые общие положения экспертной оценки степени тяжести последствий потенциальных дефектов, вероятности возникновения и вероятности обнаружения. Исходные данные для анализа не включают обязательное использование требований технической документации. Набор выходных документов анализа ограничен только формами отчетов для заказчика. Предположения о причинах дефектов не являются идентификацией условий их возникновения в конкретных операциях. Отсутствуют рекомендации по определению конкретных потенциально дефектоопасных операций при использовании изделия, при его сборке и в производстве АК. Не формализованы

процедуры планирования поставщиком мероприятий для последующего управления качеством АК. Не раскрыт механизм прямой связи СХК с потенциальным дефектом и не уделено внимания дефектам, возникающим в производстве самого поставщика.

Большая часть нынешних российских поставщиков не имеют достаточно квалифицированных специалистов для качественного анализа. Поэтому заложенную в [4] версию FMEA они рассматривают только как подготовку отчетов для одобрения производства потребителем и прохождения сертификационных аудитов СМК. FMEA-команду они обычно наскоро формируют по должностям специалистов уже в ходе серийного производства АК без проверки знания ими устройств автомобиля, функций АК и технологий его жизненного цикла (ЖЦ). Это дополнительно снижает адекватность отчетов и обесценивает труд специалистов по их подготовке в ряде современных публикаций [5-9], на примерах несложных технологических процессов также авторами исследований подтверждаются недостатки стандартной методики FMEA-анализа.

Таким образом, методика FMEA при ее релаксации в стандартном применении, без обеспечения информационного сопровождения в потоках операций жизненного цикла изготовления изделий не помогает конкретизировать причины проблем поставщика и не может дать необходимой ему информации для улучшений.

Цель данной работы – обосновать комплекс информации для прослеживания факторов зарождения, развития, возникновения значимых потенциальных дефектов в операциях потоков технологий на этапах ЖЦ АК для разработки планов по их предупреждению, а также для оперативного устранения причин уже выявленных дефектов.

Теоретическое положение

В [11] дано следующее определение: дефект – это невыполнение требований, связанных с предполагаемым или установленным использованием. Значит, за любым возникшим дефектом какого-либо элемента АК стоит или невозможность выполнить какую-то функцию (отказ АК), или ухудшение качества выполнения функции, или, как минимум, снижение эффективности ее выполнения. Необходимо разобраться в причинах его возникновения и развития.

Качество выполнения автомобилем (изделием) какой-либо функции обеспечивает совокупность действовавших в этом процессе автокомпонентов (технологических модулей). Структура изделия является иерархической, то есть каждая ее сборочная единица входит в состав сборочной единицы смежного вышележащего уровня. Общая схема структуры изделия (автомобиля) содержит следующие иерархические уровни;

– функциональные системы изделия (например, трансмиссия);

– агрегаты функциональной системы (коробка раздаточная);

– узлы агрегата (вал первичный в сборе коробки раздаточной);

– детали узла (шестерня первичного вала).

Цельная деталь является материальным телом. Но как технологический модуль она также имеет функциональную иерархическую структуру [12]. В ее состав входят функциональные комплексы (опорные, несущие, рабочие). Так, рабочий комплекс шестерни – это зубчатый венец. Его конструктивными элементами являются отдельные зубья. В объеме каждого зуба выделяются функциональные составляющие – части его объема, обеспечивающие в зацеплении передачу вращения с заданными характеристиками качества.

Отказы и неисправности механических устройств возникают из-за несоответствий требованиям или повреждений хотя бы одной характеристики качества (ХК) детали, в одном ее конструктивном элементе, или из-за несоблюдения требуемых условий работы хотя бы одного сопряжения.

Представим, что при движении грузового автомобиля с полной загрузкой в одном из агрегатов трансмиссии возник дефект – крупный скол одного зуба одной шестерни. Это означает риск лавинообразного нарастания поломок остальных зубьев. Очевидное последствие – отказ данной зубчатой передачи. Но возникновение отказа передачи означает и отказ агрегата в целом – стало невозможно принять и передать движение по кинематической цепи трансмиссии. Соответственно, это и ее отказ. В конечном счете становится невозможным движение машины. Дефект только одного конструктивного элемента одной детали через распространение отказов на все более крупные модули приводит к отказу транспортного средства в целом. Дальнейшее последствие – транспортное подразделение организации-владельца машины не в состоянии продолжать выполнять задание на перевозку груза. Организация либо не выполнит в срок полученный заказ (значимость последствия для нее 8 баллов, по ГОСТ [3]), либо понесет дополнительные затраты (7 баллов). Поэтому для гарантированного устранения причин значимых последствий дефектов их зарождение и развитие надо прослеживать последовательно по всем иерархическим уровням конструкции изделия, начиная с простейших.

Каждый отдельно взятый элемент АК проходит через множество предыдущих операций собственного ЖЦ. Зарождение и возможное развитие дефекта проследим на другом примере. Опорная шейка детали типа «вал» должна работать в подвижном сопряжении. На конечной круглошлифовальной операции для нее установлено требование к точности диаметрального размера $\varnothing 60 (-0,005/-0,030)$. Предположим, что в результате обработки диаметр получил значение 60,010 мм (больше верхнего предельного значения).

Если это несоответствие на последующей контрольной операции будет обнаружено, то полуфабрикат детали получит статус «негодный» и не будет использоваться далее. Потенциальный дефект в последующих операциях предупрежден, но конвейер не получит нужное количество сборочных комплектов. Это последствие не выходит за пределы производства поставщика.

Если же при контроле несоответствие не будет обнаружено, то на сборочной операции появляется дефект «несобираемость сопряжения». Последствие – запланированная сборочная единица не войдет в состав АК. Опять-таки потребуются дополнительные затраты. Но в этом случае еще возрастает риск срыва срока сдачи партии АК заказчику, так как сборка осуществляется уже в самом конце производственного цикла.

Допустим далее, что фактический диаметр шейки после шлифования составил $\varnothing 59,998$ мм. Если это вроде бы незначительное несоответствие не обнаружить при контроле, то сборка сопряжения будет выполнена, но зазор посадки будет меньше запланированного. При эксплуатации выявляется несоответствие условий работы сопряжения (недостаточная несущая способность слоя смазки) и риск возникновения дефекта «повышенная интенсивность износа элементов сопряжения». Мгновенного отказа не произойдет, но, очевидно, приведет к сокращению срока службы узла и снижению эффективности изделия в целом (значимость 7 баллов).

Таким образом, любой вариант невыполнения требований к характеристике $\varnothing 60 (-0,005/-0,030)$ становится первичным несоответствием для ряда возможных дефектов. Точно так же невыполнение требований к свойствам материала детали, а также к точности сборки узла или агрегата, к значениям момента затяжки резьбовых соединений – это первичное несоответствие будущих дефектов.

Для прослеживания процесса развития значимого дефекта введем понятие «плечо дефекта» – это непрерывный поток всех операций в жизненных циклах деталей и сборочных единиц АК, начиная с той, где допущено несоответствие хотя бы одной ХК одного структурного элемента детали, и заканчивая операцией, в которой из-за этого несоответствия и возникает дефект. По мере прохождения АК по этим операциям к первичному несоответствию могут добавляться те, которые допущены в последующих операциях. Для идентификации операций, в которые наиболее вероятно возникновение дефектов, введено понятие «дефектоопасная операция». Например, у конечного пользователя это будут те операции, в которых действуют максимальные эксплуатационные нагрузки.

На основе понятия «плечо дефекта» можно однозначно интерпретировать сущность понятия «специальная характеристика качества». Этот статус должна получить та ХК, невыполнение требований к которой является первопричиной или одной из наиболее веро-

ятных причин возникновения потенциального дефекта с наиболее значительными последствиями (10–7 баллов по шкале S [1]). Чем тяжелее могут быть последствия дефекта, тем более жестким должен быть план управления этой СХК на той операции, где она формируется. Все прочие характеристики остаются в статусе «контролируемая».

Подготовка информационно-технологического сопровождения для управления значимыми дефектами

Дефекты элементов конструкции могут возникать и у конечного пользователя, и в производстве заказчика АК (изготовителя автомобиля), и, конечно, в производстве поставщика АК. Оценка степени тяжести и последствий для всех этих случаев приведена к балльной шкале показателя S (табл. 1). Полный цикл мероприятий по устранению причин дефектов встроен в общую последовательность работ на всех этапах APQP-проекта (табл. 2). В таблице приведены также используемые документы ЕСПП и дополнения к ним. На I этапе формируются данные, необходимые для управления дефектами. В состав перечня требований заказчика предложено включать перечень всех потенциально дефектоопасных операций на этапе применения изделия у конечного пользователя и в производстве заказчика. Исходя из этого, поставщик АК на II этапе своего проекта целенаправленно определяет варианты возможных дефектов деталей и сопряжений АК у конечного пользователя и в ходе монтажа АК у заказчика.

Определение операций, в которых может быть допущено первичное несоответствие (не выполнены требования с СХК), ведется на III этапе по картам потоков обратным ходом от момента возникновения возможного конкретного дефекта. В той операции, где формируется конкретная СХК, надо определить факторы (контрольные характеристики), в наибольшей степени влияющие на ее величину, и составить план реагирования на возможные несоответствия. Для разработки адекватных планов устранения причин дефектов потребуются проверка содержания технологической документации, а также наличие данных по устройству узлов оборудования и оснастки, содержанию процедур наладки, характеристик процесса обработки.

В ходе выпуска и поставок АК на V этапе проекта заказчик может ужесточить свои требования. Могут также возникнуть не выявленные ранее лимитирующие дефекты. Подготовленное информационное сопровождение позволит в минимально короткие сроки выявить и устранить их причины.

В ходе серийного производства по данным измерений СХК обязательно формировать базы статистических данных. Это многократно повышает вероятность назначения адекватных планов управления СХК с первой попытки и сокращает трудоемкость работы команды. При таком подходе стандартизованные формы отчета для одобрения производства заказчиком формируются автоматически.

Таблица 1. Систематизация последствий потенциальных дефектов АК их составляющих
 Table 1. Systematization of the consequences of the AC potential defects and their components

Последствия		У конечного пользователя	В производстве заказчика	В производстве поставщика
Балл S	Содержание			
10	Угроза жизни и здоровью людей	Авария. Отказ системы жизнеобеспечения. Возгорание в машине	Травмы при выполнении монтажа АК	Травмы в операциях изготовления деталей и сборки АК
9	Значительный ущерб природной и производственной среде	Утечки топлива, масла при движении. Выбросы вредных веществ в атмосферу	Повреждение оборудования, производственной инфраструктуры	Повреждение оборудования, производственной инфраструктуры
8	Невозможность выполнить функцию изделия	Невыполнение задания на перевозку груза	Несобираемость АК в составе изделия: - по базовым сопряжениям - по выходным сопряжениям Несоответствие функциональных характеристик при испытании в составе изделия	Невозможность выполнить последующую операцию в производстве АК. Срыв срока поставки АК, необеспечение характеристик функции АК при испытаниях
7	Недостаточная эффективность выполнения функции	Ограниченная возможность: - наблюдения за дорогой - регулирования режимов работы АК. Повышенный расход топлива. Потеря мощности двигателя. Ограниченный объем кузова/салона	Завышенная трудоемкость монтажа АК	Повышенный расход ресурсов в операциях АК. Санкции за нарушение условий договора поставки АК

Таблица 2. Подготовка и применение информационно-технологического сопровождения для предупреждения критических дефектов АК и устранение причин их возникновения

Table 2. Preparation and application of information technology support to prevent critical defects of the AC and eliminate the causes of their occurrence

Этап APQP	Группы информации	Пользователи информации	
		Производственная система заказчика АК	Производственная система поставщика АК
1	ЕСТПП	Техническое задание на изделие	Техническое задание на подготовку производства АК
	ИТСД	Перечень дефектоопасных операций и степень тяжести последствий отказов агрегатов при эксплуатации изделия	Разработка перечней дефектоопасных операций и степень тяжести потенциальных дефектов АК заказчика по ЖЦ агрегата
2	ЕСТПП	Разработка технической документации на сборку изделия АК	Техническое задание на технологическую подготовку АК
	ИТСД	Перечень дефектоопасных операций при монтаже. Степень тяжести последствий дефектов	Перечень видов потенциальных дефектов в производстве заказчика
3	ЕСТПП	Разработка технического задания на сборку изделия	Разработка техдокументации на АК
	ИТСД	Перечень СХК в операциях монтажа АК	Дефектоопасные операции в производстве поставщика и степень тяжести последствий дефектов. Карты потоков операций сборки узлов и изготовления деталей АК. Перечень СХК. Методики измерения СХК. Перечень ключевых контрольных характеристик в операциях формирования СХК
4	ЕСТПП	Отладка техпроцессов	Отладка техпроцессов
	ИТСД	Оценка первичного отчета РРАР	Анализ приемлемости процессов измерения СХК. Оценка возможностей операций, в которых формируется СХК. Первичный отчет РРАР, ресстр СХК
5	ЕСТПП	Периодическая оценка точности	Периодическая оценка точности. Устранение причин рекламационных дефектов
	ИТСД	Одобрение производства АК у поставщика	Разработка текущих планов управления СХК. Мониторинг СХК по планам управления. Пополнение баз данных значений дефектов и СХК. Текущие отчеты РРАР

Подготовка межфункциональной команды экспертов для управления дефектами

Для результативного анализа каждый из привлекаемых в команду специалистов (конструкторов, технологов, специалистов сервиса, метрологов) должен досконально знать свои технологические операции. Но для взаимопонимания в команде он должен также иметь достаточное представление о содержании операций в других маршрутах полного жизненного цикла АК. Поэтому все они обязаны предварительно изучить справочники по техобслуживанию и ремонту узлов и агрегатов, каталоги деталей изделия, функции и устройство поставляемого АК. Они должны также ознакомиться с содержанием накопленных баз данных по ранее выявленным дефектам.

Каждый цикл проведения анализа должен быть запланирован. Для анализа потенциальных дефектов и потоков операций потребуются:

- каталоги деталей и узлов автомобиля;
- руководства по эксплуатации автомобиля;
- конструкторская документация на АК;
- чертежи деталей АК;
- карты потоков операций в маршрутах изготовления элементов АК;
- имеющиеся актуальные базы данных по дефектам.

Заключение

К сожалению, требование тотальной сертификации поставщиков АК привело к формальному применению обязательных процедур, анализ их содержания показывает, что сама постановка задач анализа дефектов [3, 4] весьма поверхностна. Многие процедуры анализа проблем и решения задач управления качеством, в том числе и стандартизованные методики FMEA, ограничиваются только формированием укрупненных исходных данных. Но изготовителю АК важно представить полный цикл действий вплоть до подтверждения устранения причин выявленных проблем. Требуется постоянное ведение и анализ баз данных, которые позволят оперативно устранять вновь возникающие на данный момент проблемы. Чтобы результативно устранять причины первичных несоответствий, необходимо достоверно знать, в какой именно операции они допущены. Поэтому для прослеживания причин наиболее опасных потенциальных дефектов надо обязательно документировать содержание потоков всех операций в технологических маршрутах на этапах ЖЦ АК. Иначе говоря, конструкторская и технологическая подготовка производства. Достаточно предусматривать создание полного комплекта информации не только для обеспечения годности, но и для регулирования значений специальных характеристик качества. Это разработка карт потоков операций на этапах ЖЦ АК, формирование баз данных, предметная подготовка команды экспертов.

В данной статье управление дефектами АК рассматривается как комплекс процедур, применяемых на этапах APQP-проекта для выявления и устранения причин значимых потенциальных дефектов, возникающих в операциях жизненного цикла автокомпо-

нента. А требования подготовки отчетов для потребителей тогда решаются автоматически. Однако десятилетия формального внедрения процедур СМК серьезно затормозили решение этой проблемы, поэтому главное – скорейшая автоматизация комплекта информационного сопровождения.

Список источников

1. IATF 16949:2016. Системы менеджмента качества. Особые требования к применению стандарта ISO 9001:2015 для автомобильного производства и соответствующих сервисных организаций. М.: Стандартинформ, 2015. 23 с.
2. ГОСТ Р 51839 – 18. Системы менеджмента качества. Требования к организации автомобильной промышленности. М.: Стандартинформ, 2018. 32 с.
3. ГОСТ Р 51901.12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. М.: Стандартинформ, 2008. 40 с.
4. ГОСТ Р 51814.2-01. Системы менеджмента качества. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов. М.: Стандартинформ, 2001. 23 с.
5. Подгорный А.С., Козловский В.Н., Панюков Д.И. Роль методологического инструментария FMEA в рамках реализации APQP // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2025. Т. 27, № 2(124). С. 34-42.
6. Ключевые характеристики и критические элементы продуктов в проектах машиностроительного производства / И.А. Беляева, А.С. Клентак, А.С. Подгорный, В.Н. Козловский // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2024. Т. 26, № 6(122). С. 47-55.
7. Совершенствование процессов ремонта и обслуживания автомобиля на основе метода FMEA / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, О.В. Никишов, О.В. Пантюхин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 12. С. 493-497.
8. Улучшение методики оценки вероятности обнаружения вида отказа или его причин в рамках метода FMEA / Д.И. Панюков, М.В. Ненашев, Д.А. Деморецкий, В.Н. Козловский // СТИН. 2023. № 12. С. 65-68.
9. Организация подготовительных работ по процедуре FMEA на предприятии / Д.И. Панюков, М.В. Ненашев, Д.А. Деморецкий, В.Н. Козловский // СТИН. 2023. № 12. С. 68-70.
10. Модели оценки эффективности процедуры FMEA / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, М.В. Шакурский // СТИН. 2022. № 8. С. 42-45.
11. ГОСТ 27.002-15. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 23 с.
12. Кондрашов А.Г., Сафаров Д.Т. Математическое моделирование геометрической точности венцов в процессах зубообработки // Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения: сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию основания научного подразделения «Институт механики имени профессора Гольдфарба В.И.». Ижевск: ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2024. С. 67-76.

References

1. IATF 16949:2016. Quality management systems. Particular requirements for the application of ISO 9001:2015 for automotive production and relevant service organizations. Moscow: Standartinform, 2015, 23 p.
2. State standard GOST R 51839–2018. Quality management systems. Requirements for automotive industry organizations. Moscow: Standartinform, 2018, 32 p. (In Russ.)
3. State standard GOST R 51901.12–2007. Risk management. Failure modes and effects analysis method. Moscow: Standartinform, 2008, 40 p. (In Russ.)
4. State standard GOST R 51814.2–2001. Quality management systems. Method of analysis of potential failure modes and effects. Moscow: Standartinform, 2001, 23 p. (In Russ.)
5. Podgorniy A.S., Kozlovskiy V.N., Panyukov D.I. Role of FMEA methodological tools within the framework of APQP implementation. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2025;27(2(124)):34-42. (In Russ.)
6. Belyaeva I.A., Klentak A.S., Podgorniy A.S., Kozlovskiy V.N. Key characteristics and critical elements of products in mechanical engineering projects. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2024;26(6(122)):47-55. (In Russ.)
7. Panyukov D.I., Kozlovskiy V.N., Nikishov O.V., Pantyukhin O.V. Improvement of vehicle repair and maintenance processes based on the FMEA method. *Izvestiya Tluskogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of Tula State University. Engineering Sciences]. 2024;(12):493-497. (In Russ.)
8. Panyukov D.I., Nenashev M.V., Demoretskiy D.A., Kozlovskiy V.N. Improvement of the methodology for assessing the probability of detecting a failure mode or its causes within the FMEA method. *STIN* [STIN]. 2023;(12):65-68. (In Russ.)
9. Panyukov D.I., Nenashev M.V., Demoretskiy D.A., Kozlovskiy V.N. Organization of preparatory work for the FMEA procedure at an enterprise. *STIN* [STIN]. 2023;(12):68-70. (In Russ.)
10. Panyukov D.I., Kozlovskiy V.N., Aydarov D.V., Shakurskiy M.V. Models for evaluating the effectiveness of the FMEA procedure. *STIN* [STIN]. 2022;(8):42-45. (In Russ.)
11. State standard GOST 27.002–2015. Reliability in engineering. Terms and definitions. Moscow: Standartinform, 2016, 23 p. (In Russ.)
12. Kondrashov A.G., Safarov D.T. Mathematical modeling of geometric accuracy of gear rims in gear machining processes. *Teoriya i praktika zubchatykh peredach i reduktorostroeniya: sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 30-letiyu osnovaniya nauchnogo podrazdeleniya "Institut mekhaniki imeni professora Goldfarba V.I."* [Theory and practice of gear transmissions and gearbox engineering. Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 30th anniversary of the Institute of Mechanics named after Professor V.I. Goldfarb]. Izhevsk: Kalashnikov ISTU, 2024, pp. 67-76. (In Russ.)

Поступила 26.06.2025; принята к публикации 26.01.2026; опубликована 30.06.2026
Submitted 26/06/2025; revised 26/01/2026; published 30/06/2026

Сафаров Дамир Тамасович – кандидат технических наук, доцент,
Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия.
Email: safarov-dt@mail.ru. ORCID 0000-0002-8297-4524

Касьянов Станислав Владимирович – кандидат технических наук, доцент,
Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия.
Email: kpfu.ktomp@yandex.ru

Сафарова Лейля Ринатовна – аспирант,
Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия.
Email: leila-r.85@mail.ru

Damir T. Safarov – PhD (Eng.), Associate Professor,
Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.
Email: safarov-dt@mail.ru. ORCID 0000-0002-8297-4524

Stanislav V. Kasyanov – PhD (Eng.), Associate Professor,
Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.
Email: kpfu.ktomp@yandex.ru

Leyla R. Safarova – Postgraduate Student,
Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.
Email: leila-r.85@mail.ru