

**Для цитирования**

Головина Е.Ю., Богатырева М.В., Якубова А.А. Исследование процессов управления кадровыми рисками в системе менеджмента качества высокотехнологичных предприятий: нечеткая модель FMEA / III Научно-практическая конференция «Стандартизация: траектория науки», Москва, 15 октября 2025 года // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 341–349.

УДК 658.5: 005.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМИ РИСКАМИ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ FMEA

**Головина Е.Ю.**, канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и цифровых бизнес-технологий, института экономики, управления и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Россия, Иркутск

**Богатырева М.В.**, канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и цифровых бизнес-технологий, институт экономики, управления и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Россия, Иркутск

**Якубова А.А.**, аспирант кафедры автоматизации и управления, институт высоких технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Россия, Иркутск

**В статье рассматривается проблема интеграции управления кадровыми рисками в систему менеджмента качества (СМК) высокотехнологичных предприятий.**

**Обосновывается критическое влияние человеческого фактора на стабильность качества продукции и процессов. Представлен адаптированный подход, сочетающий классический FMEA-анализ с теорией нечетких множеств Л. Заде для количественной оценки кадровых рисков. Модель позволяет получить интегральный показатель риска, приоритизировать риски и оптимизировать выбор корректирующих действий.**

**Ключевые слова:** кадровые риски, система менеджмента качества, высокотехнологичное предприятие, человеческий фактор, нечеткая логика, теории нечетких множеств, анализ вероятностей, риск-менеджмент.

## RESEARCH OF PERSONNEL RISK MANAGEMENT PROCESSES IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF HIGH-TECH ENTERPRISES: FUZZY FMEA MODEL

**Golovina E.Yu.**, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics and Digital Business Technologies, Institute of Economics, Management, and Law, Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk

**Bogatyreva M.V.**, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics and Digital Business Technologies, Institute of Economics, Management, and Law, Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk

**Yakubova A.A.**, Postgraduate student at the Department of Automation and Control, Institute of High Technologies, Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk

**The article discusses the problem of integrating personnel risk management into the quality management system (QMS) of high-tech enterprises. The critical impact of the human factor on the stability of product and process quality is substantiated. An adapted approach is presented that combines classical FMEA analysis with L. Zade's fuzzy set theory to quantify personnel risks. The model**

**allows for obtaining an integrated risk indicator, prioritizing risks, and optimizing the selection of corrective actions.**

Keywords: personnel risks, quality management system, high-tech enterprise, human factor, fuzzy logic, fuzzy set theory, probability analysis, risk management.

Современный подход к системе менеджмента качества высокотехнологичных предприятий сталкивается с рядом значительных трудностей, среди которых кадровый риск. По данным отечественных и международных рейтинговых агентств, риски, связанные с кадровыми вопросами, входят в число ключевых угроз, которые могут негативно сказаться на функционировании организаций. В случае отсутствия процесса идентификации и управления такими рисками организации могут столкнуться с рядом серьезных последствий: финансовыми потерями, снижением морального боевого духа сотрудников, снижением качества человеческого капитала, потерей деловой репутации, сокращением объемов работ и другими негативными эффектами.

В теории и практике современных управленческих дисциплин отсутствует ясная методология для работы с кадровыми рисками, что свидетельствует о недостаточном развитии данного научного направления. Поэтому управление кадровыми рисками имеет важное значение и требует активного внимания.

Современные высокотехнологичные предприятия, работающие в сферах аэрокосмической промышленности, машиностроения, фармацевтики, микроэлектроники, функционируют в условиях повышенных требований к качеству продукции. Основой для обеспечения стабильного качества является внедренная и сертифицированная система менеджмента качества (СМК), соответствующая требованиям стандартов ISO 9001.

Проведенный анализ литературных источников позволил выявить, что традиционная методика FMEA, регламентированная стандартами AIAG-VDA [5]. и ГОСТ Р 51814.2 [1], подвергается обоснованной критике в научной среде за ряд методологических ограничений. Ключевым изъяном является проведение математических операций (умножения) с порядковыми баллами параметров S, O и D, что некорректно с позиций метрологии, поскольку баллы представляют собой реперные точки на шкале порядка, а не интервальной или абсолютной шкале [3].

Для преодоления указанных ограничений в научной литературе предлагается ряд подходов, среди которых наиболее перспективным является интеграция FMEA с аппаратом теории нечетких множеств Л. Заде [4]. Данный подход позволяет работать с лингвистической неопределенностью экспертных оценок, формализуя такие качественные суждения, как «высокая вероятность» или «низкая обнаруживаемость».

Значительный вклад в развитие данного направления внесли Мирошников В.В., Борбаць Н.М. и Горленко О.А. [2]. В их работе предложена комплексная методика, в которой представлены:

- вероятность появления дефекта, тяжесть его последствий и обнаруживаемость формализованы как лингвистические переменные;
- строгий математический аппарат на основе  $\alpha$ -уровневых множеств для выполнения операций с нечеткими числами и расчета итогового приоритетного числа риска (ПЧР);
- детально описаны процедуры построения функций принадлежности на основе экспертных опросов и семантические правила для генерации производных термов.

Модель, предложенная авторами [2], демонстрирует повышенную точность и позволяет учесть разброс мнений внутри экспертной группы, что является существенным преимуществом перед классическим FMEA.

Вместе с тем следует отметить, что указанное исследование [2], как и большинство других работ в данной области [6, 7], фокусируется на применении нечеткого FMEA для анализа технических систем и производственных процессов (например, в машиностроении).

Научный пробел, на устранение которого направлено настоящее исследование, заключается в отсутствии проработанной методики адаптации нечеткого FMEA-анализа для

управления кадровыми рисками в системе менеджмента качества. Специфика кадровых рисков, связанная с повышенной субъективностью оценок и уникальным характером последствий, требует модификации существующих моделей.

Таким образом, целью данной работы является адаптация и апробация подхода, основанного на теории нечетких множеств [2], для количественной оценки и управления кадровыми рисками в СМК высокотехнологичных предприятий. В отличие от исходной методики в данной работе представлены лингвистические шкалы и функции принадлежности параметров S, O, D калиброваны под специфику кадровых рисков.

Для упрощения практического применения используется модель треугольных нечетких чисел (ТНЧ) и их поэлементное агрегирование, что сохраняет наглядность для специалистов по качеству и менеджеров.

## 1. Теоретические основы

Отметим, что риск – неотъемлемая часть бизнеса, и избежать его невозможно. Управление рисками подразумевает выявление и подготовку к возможным неудачам с целью минимизации их последствий. Управление рисками необходимо в тех случаях, когда требуется принятие сложных решений. Риски нужно оценивать в самых разных ситуациях, таких как разработка нового продукта, анализ целесообразности изменений, расследование отклонений, оптимизация рабочего пространства или принятие решения о совмещении производственных процессов для разных препаратов. Везде, где есть необходимость выбора между несколькими вариантами и отсутствие четких нормативных требований, играет ключевую роль управление рисками.

Организациям необходимо внедрять управление рисками в свою деятельность, при этом кадровые службы должны уделять особое внимание тем рискам, которые находятся в его зоне ответственности. Важно понимать, что персонал в системе менеджмента качества (СМК) играет ключевую роль в обеспечении эффективности и результативности абсолютно всех процессов организации.

Кадровый риск можно рассматривать как возможность негативного влияния на организацию, вызванного действиями или бездействием сотрудников, которые могут привести к финансовым потерям, репутационным ущербам или другим неблагоприятным последствиям. Это может быть связано с неправильными решениями в области управления персоналом, недостаточной квалификацией работников, нарушениями корпоративной этики, а также мошенническими действиями. Важно учитывать, что кадровые риски могут возникать на разных уровнях организации и иметь различные формы проявления, влияя не только на эффективность работы, но и на общую атмосферу внутри коллектива.

Методология управления кадровыми рисками представляет собой системный подход к управлению рисками, связанными с человеческими ресурсами в организации. Она включает в себя теоретические основы и практические принципы разработки системы обеспечения кадровой безопасности и управления кадровыми рисками. В рамках этой методологии разрабатываются методы и инструменты для анализа управленческих решений, направленных на снижение негативного воздействия рисков на деятельность компании.

Отметим, что в рамках риск-ориентированного подхода, человеческий фактор по-прежнему играет значительную роль в любом производственном процессе.

Вопросы соответствия сотрудников необходимым квалификационным требованиям, поиск новых специалистов для замещения уходящих кадров, как следствие утрата высококвалифицированных сотрудников зачастую требуют оперативного решения. В связи с этим, риск-ориентированный подход позволяет вовремя выявить потенциальные угрозы, которые могут негативно повлиять на эффективность работы сотрудников, а также на достижение стратегических целей компании.

## 2. Методологическая основа исследования

### 2.1. Адаптация метода FMEA для анализа кадровых рисков

Классическая методология FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), регламентированная стандартом AIAG-VDA [2, с. 70], была адаптирована для анализа кадровых рисков с учетом их специфики. Адаптация проведена через базовые элементы анализа и заключается в следующем:

1. Вид потенциального отказа (Failure Mode) – нарушение требований к качеству продукции или процесса, вызванное человеческим фактором.

Пример: «Деформация ответственной детали при сборке», «Несоответствие параметров настройки оборудования», «Нарушение временного регламента операции».

2. Причина отказа (Cause) – конкретное проявление кадрового риска.

Пример: «Ошибка оператора-сборщика при установке детали из-за недостаточного практического опыта», «Неверная интерпретация технологом требований чертежа», «Усталость контролера ОТК, приведшая к пропуску дефекта».

3. Последствие отказа (Effect) – воздействие на потребителя (внутреннего или внешнего) или на производственную систему.

Пример: «Нарушение герметичности узла», «Выпуск партии некондиционной продукции», «Простой производственной линии», «Рекламация от заказчика».

Процедура проведения анализа включает формирование межфункциональной группы экспертов (руководитель производства, технологи, инженер по качеству, мастер участка), которая последовательно заполняет таблицу FMEA, идентифицируя отказы, их причины и последствия для каждого критического процесса.

### 2.2 Математический аппарат нечеткой логики

В качестве математического аппарата для учета неопределенности экспертных оценок применяется подход, предложенный Мирошниковым В.В. и др. [2], основанный на интеграции метода FMEA с теорией нечетких множеств Заде [4].

Так, оценки параметров FMEA формулируются экспертами не в виде точных чисел, а в виде «лингвистических термов» («низкая», «средняя», «высокая»), что более соответствует человеческой логике.

Каждому лингвистическому терму ставится в соответствие треугольное нечеткое число (ТНЧ), математически описывающее его смысл:

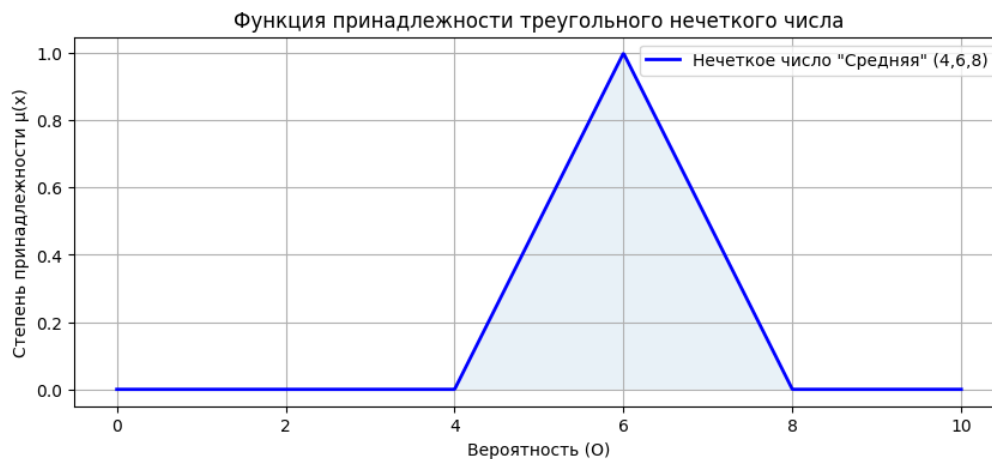
$$\tilde{X} = (x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

где,  $x_1$  – нижняя граница (наименьшее возможное значение оценки),  $x_2$  – ядро (наиболее вероятное значение),  $x_3$  – верхняя граница (наибольшее возможное значение оценки).

Рассмотрим практический пример задания термов для параметра «Вероятность» (Occurrence):

- «Очень низкая» = (1, 1, 2)
- «Низкая» = (2, 3, 4)
- «Средняя» = (4, 5, 6)
- «Высокая» = (6, 7, 8)
- «Очень высокая» = (8, 9, 10)

Тогда функция принадлежности для терма «Средняя» (5, 6, 7) будет визуализироваться следующим образом (см. рисунок):



Функция принадлежности ТНЧ «Средняя вероятность»

Отразим агрегирование мнений экспертов. Если три эксперта оценили вероятность как «Среднюю» (4, 6, 8), «Высокую» (6, 8, 10) и «Среднюю» (4, 6, 8), их мнения не усредняются, а объединяются в новое ТНЧ, что сохраняет информацию о разбросе мнений.

### 2.3. Определение параметров FMEA

В соответствии со стандартом AIAG-VDA FMEA [5] параметрам даны следующие строгие определения:

Серьезность (Severity – S) – параметр, характеризующий степень воздействия отказа на потребителя (внутреннего или внешнего) после того, как этот отказ произошел. Оценивается исключительно по тяжести последствий без учета вероятности его возникновения или обнаружения.

Шкала – от 1 (незаметно для потребителя) до 10 (катастрофично, нарушает безопасность).

Например, для отказа «Разгерметизация топливной магистрали» последствием является «Отказ двигателя в полете». Эксперты единогласно оценивают  $S=10$ .

Вероятность (Occurrence – O) – параметр, характеризующий частоту или вероятность возникновения конкретной причины отказа.

Шкала – от 1 (крайне маловероятно, практически никогда) до 10 (неизбежно, отказ постоянен).

В качестве примера частоты или вероятности возникновения рассмотрим причину «Ошибка оператора при затяжке соединения». Эксперты, зная уровень подготовки персонала и статистику ошибок, как правило, оценивают вероятность как  $O=6$  («Высокая»).

Обнаруживаемость (Detection – D) – параметр, проявляющийся через оценку способности текущих средств контроля обнаружить причину отказа или сам потенциальный отказ до того, как продукция будет передана потребителю.

Здесь важно отметить, что оценивается не вероятность обнаружения, а эффективность существующего контроля.

Шкала – от 1 (контроль почти наверняка обнаружит) до 10 (контроль отсутствует или гарантированно не обнаружит).

Так, например, для контроля операции «затяжка соединения» используется визуальная проверка мастером. Эксперты считают, что этот метод ненадежен, и оценивают  $D=8$ .

Таким образом, ключевой принцип, проявляющийся через последовательность параметров S-O-D, является стандартным и отражает приоритетность, где сначала оценивается тяжесть последствий (S), затем частота их причины (O), и лишь затем – способность ее обнаружить (D).

### 3. Математическая модель оценки рисков

Применяемый в данной работе математический аппарат модели основан на интеграции классического алгоритма FMEA с операциями над треугольными нечеткими числами (ТНЧ). Это позволяет работать с лингвистическими оценками экспертов и учитывать присущую им неопределенность.

#### 3.1. Формализация параметров модели

Так, каждый параметр FMEA (S, O, D) описывается треугольным нечетким числом (ТНЧ):

$$\tilde{P} = (p_1, p_2, p_3), \quad (2)$$

где,  $p_1$  – нижняя граница оценки (минимальное значение);  $p_2$  – ядро числа (наиболее вероятное значение);  $p_3$  – верхняя граница оценки (максимальное значение).

Вместе с тем для лингвистических термов задаются эталонные ТНЧ:

- Низкий уровень (1, 2, 3)
- Ниже среднего (2, 3, 5)
- Средний уровень (4, 5, 6)
- Выше среднего (5, 7, 8)
- Высокий уровень (7, 8, 9)
- Критический уровень (8, 9, 10)

#### 3.2. Агрегирование экспертных оценок

Для агрегирования экспертных оценок используется метод усреднения треугольных нечетких чисел, адаптированный из работы [2].

Так, при агрегировании экспертных оценок мнения  $k$  экспертов объединяются путем вычисления среднего нечеткого числа:

$$\tilde{P}_{agg} = ((\sum p_{1i})/k, (\sum p_{2i})/k, (\sum p_{3i})/k). \quad (3)$$

В качестве примера представим, что 3 эксперта оценили Вероятность (O) как (3,5,7), (4,6,8) и (2,4,6).

Тогда агрегированная оценка будет проявляться следующим образом:

$$\tilde{O}_{agg} = ((3 + 4 + 2)/3, (5 + 6 + 4)/3, (7 + 8 + 6)/3) = (3.0, 5.0, 7.0)$$

#### 3.3. Расчет нечеткого приоритетного числа риска

Далее представим формулу расчета приоритетного числа риска:

$$FRPN = \tilde{S} \cdot \tilde{O} \cdot \tilde{D}, \quad (4)$$

Для ТНЧ используем формулу с приближенным значением:

$$FRPN \approx (S_1 \cdot O_1 \cdot D_1, S_2 \cdot O_2 \cdot D_2, S_3 \cdot O_3 \cdot D_3), \quad (5)$$

Таким образом, расчет нашего примера будет выглядеть как  $\tilde{S} = (7, 8, 9)$ ,  $\tilde{O} = (5, 6, 7)$ ,  $\tilde{D} = (7, 8, 8)$

Тогда приближенное значение нечеткого приоритетного числа риска составит  $FRPN \approx (7 \cdot 5 \cdot 7, 8 \cdot 6 \cdot 8, 9 \cdot 7 \cdot 8) = (245, 384, 504)$ .

#### 3.4. Дефазификация

В качестве итогового значения проводится дефазификация (приведение к четкости) – одна из ключевых концепций в теории нечетких множеств и нечеткой логике, которая

представляет собой процесс перехода от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к ее четкому (числовому) значению в теории нечетких множеств.

Так, для получения количественной оценки риска выполняется преобразование FRPN в четкое число методом центра тяжести:

$$RPN_{crisp} = (s_1 \cdot o_1 \cdot d_1 + s_2 \cdot o_2 \cdot d_2 + s_3 \cdot o_3 \cdot d_3) / 3, \quad (6)$$

Отразим расчет показателя нашего примера  $RPN_{crisp} = (245 + 384 + 504) / 3 = 377.67 \approx 378$

### 3.5. Ранжирование рисков

Следующим этапом представим рассчитанные значения  $RPN_{crisp}$ , применяемые для приоритизации рисков:

- $RPN > 300$  – критические риски (требуют немедленных действий);
- $200 < RPN \leq 300$  – высокие риски (требуют планирования мер);
- $100 < RPN \leq 200$  – средние риски (требуют мониторинга);
- $RPN \leq 100$  – низкие риски (приемлемы).

## 4. Практическая апробация модели

Представим практическую апробацию модели, проведенной на примере авиастроительного предприятия – производителя узлов летательных аппаратов.

### 4.1. Идентификация рисков

В рассматриваемом примере объектом анализа будет выступать процесс сборки ответственного узла из композитных материалов.

Для расчетов применим выявленные риски:

1. Деформация детали при установке;
2. Несоответствие момента затяжки крепежа;
3. Загрязнение поверхности перед склейкой.

### 4.2. Экспертная оценка параметров

Так, для риска «Деформация детали при установке» 5 экспертов дали оценки, представленные в таблице.

Результаты экспертного опроса

| Эксперт | S (Серьезность) | O (Вероятность) | D (Обнаруживаемость) |
|---------|-----------------|-----------------|----------------------|
| 1       | (7, 8, 9)       | (4, 5, 6)       | (6, 7, 8)            |
| 2       | (9, 10, 10)     | (3, 5, 7)       | (7, 8, 9)            |
| 3       | (6, 8, 9)       | (5, 6, 7)       | (5, 6, 7)            |
| 4       | (8, 9, 10)      | (4, 5, 6)       | (6, 7, 8)            |
| 5       | (7, 8, 9)       | (3, 5, 7)       | (7, 8, 9)            |

### 4.3. Расчет агрегированных оценок

$$\tilde{S}_{agg} = ((7+9+6+8+7)/5, (8+10+8+9+8)/5, (9+10+9+10+9)/5) = (7.4, 8.6, 9.4)$$

$$\tilde{O}_{agg} = ((4+3+5+4+3)/5, (5+5+6+5+5)/5, (6+7+7+6+7)/5) = (3.8, 5.2, 6.6)$$

$$\tilde{D}_{agg} = ((6+7+5+6+7)/5, (7+8+6+7+8)/5, (8+9+7+8+9)/5) = (6.2, 7.2, 8.2)$$

### 4.4. Расчет показателей риска

$$FRPN \approx (7.4 \cdot 3.8 \cdot 6.2, 8.6 \cdot 5.2 \cdot 7.2, 9.4 \cdot 6.6 \cdot 8.2) \approx (174.2, 322.0, 507.9)$$

$$RPN_{crisp} \approx (174.2 + 322.0 + 507.9) / 3 \approx 334.7 \approx 335$$

Полученное значение  $RPN \approx 335$  указывает на критический уровень риска.

## 5. Алгоритм управления рисками

### 5.1 Разработка корректирующих действий

В рассматриваемом примере для снижения риска предложены мероприятия по двум параметрам – О и D.

Так, для снижения Вероятности (О) предложено внедрение тренажера для отработки навыков сборки, дополнительное обучение по работе с композитными материалами, а также стандартизация операций сборки.

Вместе с тем для улучшения Обнаруживаемости (D) было предложено внедрение контрольного шаблона для проверки геометрии, использование динамометрического ключа с записью параметров и введение операционного аудита.

### 5.2. Оценка эффективности мероприятий

Проведенная повторно экспертная оценка показала, что внедрение мероприятий было эффективным и позволило достичь следующих значений параметров О и D, и расчетного показателя метода дефазификации RPN:

$\tilde{O}_{new} = (2.5, 3.5, 4.5)$  (снижение на  $\approx 30\%$ );

$\tilde{D}_{new} = (3.0, 4.0, 5.0)$  (улучшение на  $\approx 45\%$ );

$\tilde{S}_{new} = (7.4, 8.6, 9.4)$  (без изменений).

$FRPN_{new} \approx (7.4 \cdot 2.5 \cdot 3.0, 8.6 \cdot 3.5 \cdot 4.0, 9.4 \cdot 4.5 \cdot 5.0) \approx (55.5, 120.4, 211.5)$ .

$RPN_{new} = (55.5 + 120.4 + 211.5)/3 \approx 129.1 \approx 129$ .

### 5.3. Анализ результатов

$\Delta RPN = 335 - 129 = 206$  (снижение на 61,5%).

### 5.4. Цикл непрерывного улучшения

Важно отметить, что алгоритм управления рисками предлагается интегрировать в процесс СМК через известный цикл PDCA:

1. Планирование (Plan) – проявляется через ежегодный пересмотр реестра рисков;
2. Выполнение (Do) – характеризует внедрение запланированных мероприятий;
3. Проверка (Check) – заключается в оценке эффективности через пересчет RPN;
4. Действие (Act) – стандартизация успешных практик.

Таким образом, представленный авторский алгоритм позволяет системно управлять кадровыми рисками и интегрировать их в процессы менеджмента качества предприятия, обеспечивая проактивный подход к обеспечению качества продукции.

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Методика FMEA-анализа на основе теории нечетких множеств доказала свою эффективность для количественной оценки кадровых рисков, позволяя преодолеть ограничения, связанные с субъективностью традиционных экспертных методов.

2. Интегральный показатель RPN является надежным инструментом для приоритизации рисков, обеспечивая обоснованное распределение ресурсов на корректирующие и предупреждающие действия.

3. Апробация модели на реальном примере показала ее высокую практическую эффективность, подтвержденную значительным снижением (на 61,5%) уровня ключевого риска после внедрения разработанных мероприятий.

4. Интеграция методики в цикл PDCA СМК создает основу для проактивного управления человеческим фактором, что вносит прямой вклад в повышение стабильности качества и конкурентоспособности предприятия.

Разработанная модель, основанная на принципах нечеткого FMEA [2], доказала свою эффективность и представляет собой готовый инструмент для внедрения в практику управления рисками в рамках СМК.



## Список литературы

1. ГОСТ Р 51814.2–2001. Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов – Введ. 2001-09-14. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
2. Мирошников В.В. Развитие FMEA-анализа на основе использования теории нечетких множеств / В.В. Мирошников, Н.М. Борбаць, О.А. Горленко // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 4(44). – С. 153–163.
3. Шишкин, И.Ф. Теоретическая метрология. Ч. 1. Общая теория измерений [Текст] / И.Ф. Шишкин. – СПб.: Питер, 2010.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. Заде. – М.: Мир, 1976.
5. AIAG-VDA FMEA Handbook. Univ., (2019).
6. Bowles J.B. Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis / J.B. Bowles, C.E. Pelaez // Reliability Engineering & System Safety. – 1995. – Vol. 50. – Pp. 203–213.
7. Liu H.C. FMEA using uncertainty theories and MCDM methods [Текст] / H.C. Liu. – Cham : Springer, 2016.

## References

1. GOST R 51814.2–2001. Quality systems in the automotive industry. The method of analyzing the types and consequences of potential defects is introduced. 2001-09-14. Moscow: Publishing House of Standards, 2001.
2. Miroshnikov, V.V. Development of FMEA analysis based on the use of fuzzy set theory / V.V. Miroshnikov, N.M. Borbats, O.A. Gorlenko // Bulletin of the Bryansk State Technical University. – 2014. – № 4(44). – Pp. 153–163.
3. Shishkin, I.F. Theoretical metrology. Part 1. General theory of measurements [Text] / I.F. Shishkin. – St. Petersburg: Peter, 2010.
4. Zadeh, L. The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions [Text] / L. Zadeh. Moscow: Mir, 1976.
5. AIAG-VDA Handbook on FMEA. University, (2019).
6. Bowles J.B. Prioritization of failures using fuzzy logic in the system failure mode, analysis of consequences and criticality / J.B. Bowles, K.E. Pelaez // Reliability engineering and system security. – 1995. – Volume 50. – Pp. 203–213.
7. Liu H.S. FMEA using uncertainty theories and MCDM methods [Text] / H.S. Liu. – Cham: Springer, 2016.