

А. М. Валиева, Н. Г. Николаева, С. М. Горюнова

## ОЦЕНКА РИСКОВ ПРОЦЕССА ВУЛКАНИЗАЦИИ ШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА FMEA

*Ключевые слова: менеджмент риска, метод оценки риска, метод анализа видов и последствий отказов процесса (PFMEA), справочное руководство по анализу видов и последствий отказов (FMEA Handbook).*

*Применение метода FMEA (DFMEA и PFMEA) является обязательным в соответствии с требованиями международного стандарта IATF 16949. В статье показана возможность применения метода анализа видов и последствий отказов процесса (PFMEA) в соответствии с FMEA Handbook, которое является новым справочным руководством. Новая методология FMEA описана как процесс, имеющий семь этапов/шагов, объединённых в три фазы. Применение метода FMEA (Handbook) рассмотрено для оценки рисков процесса «Вулканизация шин», который является одним из опасных процессов при производстве шин из-за наличия ряда факторов риска, таких как: использование высоких температур и давлений; работы с крупным оборудованием, повышающим риск травм и несчастных случаев; использование опасных материалов. Представлен алгоритм проведения PFMEA, алгоритм процесса «Вулканизации шин». Определены основные риски данного процесса, их причины, последствия. Проведен анализ отказов процесса «Вулканизация шин» в соответствии с FMEA (Handbook). Рассмотрены категории приоритета действий для PFMEA. Определены зоны приоритетности действий по каждому из выявленных рисков в соответствии с матрицами рисков. Представлена таблица результатов PFMEA процесса «Вулканизация шин» в соответствии с руководством FMEA Handbook. Выявлены риски среднего и высокого приоритета.*

A. M. Valieva, N. G. Nikolaeva, S. M. Goryunova

## RISK ASSESSMENT OF THE TIRE VULCANIZATION PROCESS USING THE FMEA METHOD

*Keywords: risk management, risk assessment method, Process Failure Modes and Effects Analysis (PFMEA), Failure Modes and Effects Analysis Handbook (FMEA Handbook).*

*The application of FMEA method (DFMEA and PFMEA) is mandatory according to the requirements of the international standard IATF 16949. The article shows the possibility of applying the method of analyzing the types and consequences of process failures (PFMEA) according to the FMEA Handbook, which is a new reference manual. The new FMEA methodology is described as a process with seven steps/stages organized into three phases. The application of the FMEA method (Handbook) is considered for risk assessment of the process "Tire Vulcanization", which is one of the hazardous processes in tire manufacturing due to the presence of a number of risk factors such as: use of high temperatures and pressures; working with large equipment that increases the risk of injuries and accidents; use of hazardous materials. An algorithm for conducting PFMEA, an algorithm for the process of "Tire Vulcanization" is presented. The main risks of this process, their causes, consequences are determined. Analysis of failures of the process "Vulcanization of tires" in accordance with FMEA (Handbook) is carried out. Categories of priority of actions for PFMEA are considered. Action priority zones for each of the identified risks according to the risk matrices are determined. A table of PFMEA results for the Tire Vulcanization process in accordance with the FMEA Handbook is presented. Medium and high priority risks are identified.*

В настоящее время риск-менеджмент является частью стратегического управления любой организации вне зависимости от ее масштабов и специфики производства или предоставления услуг. Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 не предъявляет требований по ведению какой-либо документации СМК, касающейся проблематики управления рисками. Однако, на данный момент, почти на всех крупных предприятиях разработаны Политика и внутренние НД по оценке и управлению рисками.

Риск, в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 31000 – это влияние неопределенности на цели [1]. Риск, который связан с безопасностью, как правило, дается следующее определение – это сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести данного ущерба [2-4]. Понятие риск также может быть дополнено производными показателями, например, с учетом специфики воздействий (химических и др.), характера воздействия (ущерб для окружающей среды и др.). Рассмотрению отдельных аспектов риска посвящено значительное количество стандартов, например, риск чрезвычайных ситуаций (ГОСТ Р 55059-2012, ГОСТ Р 22.2.06-2016, ГОСТ Р 22.10.02-2016),

пожарный риск (ГОСТ Р 51901.10-2009/ISO/TS 16732:2005), риск аварии, риск для здоровья (ГОСТ Р 56748.2-2016/ISO/TS 12901-2:2014) и др. [5, 6].

Основными стандартами по выбору и применению методов оценки риска являются ГОСТ Р 58771 (разработан с учетом основных нормативных положений IEC 31010:2019 «Risk management – Risk assessment techniques») [7] и ГОСТ Р МЭК 31010 (идентичен IEC 31010:2019) [8].

Рассматривая возможные риски в автомобильной промышленности, следует отметить, что обязательным требованием международного стандарта IATF 16949 [9], стандарта ГОСТ Р 58139 (аналог IATF 16949) [10], описывающих требования к СМК предприятий, которые занимаются проектированием, разработкой, производством, установкой, обслуживанием продукции автомобильной промышленности, является применение метода FMEA (DFMEA и PFMEA) (рис. 1).

В 2019 году вышло новое руководство по методу FMEA – FMEA Handbook. Оно объединило лучшие практики AIAG (Ассоциации автомобильной про-

мышленности) и VDA (Союза автомобильной промышленности Германии). FMEA Handbook включает FMEA конструкции (DFMEA), FMEA процесса (PFMEA) и FMEA мониторинга и реагирования (FMEA-MSR) [11-13]. Новая методология FMEA опи-

сана как процесс, имеющий семь этапов/шагов, объединённых в три фазы (рис. 2). После выполнения каждого шага заполняется FMEA (Handbook) таблица. Она расширена и значительно отличается от прежней.



Рис. 1 – FMEA, обязательность применения метода

Fig. 1 – FMEA, mandatory application of the method

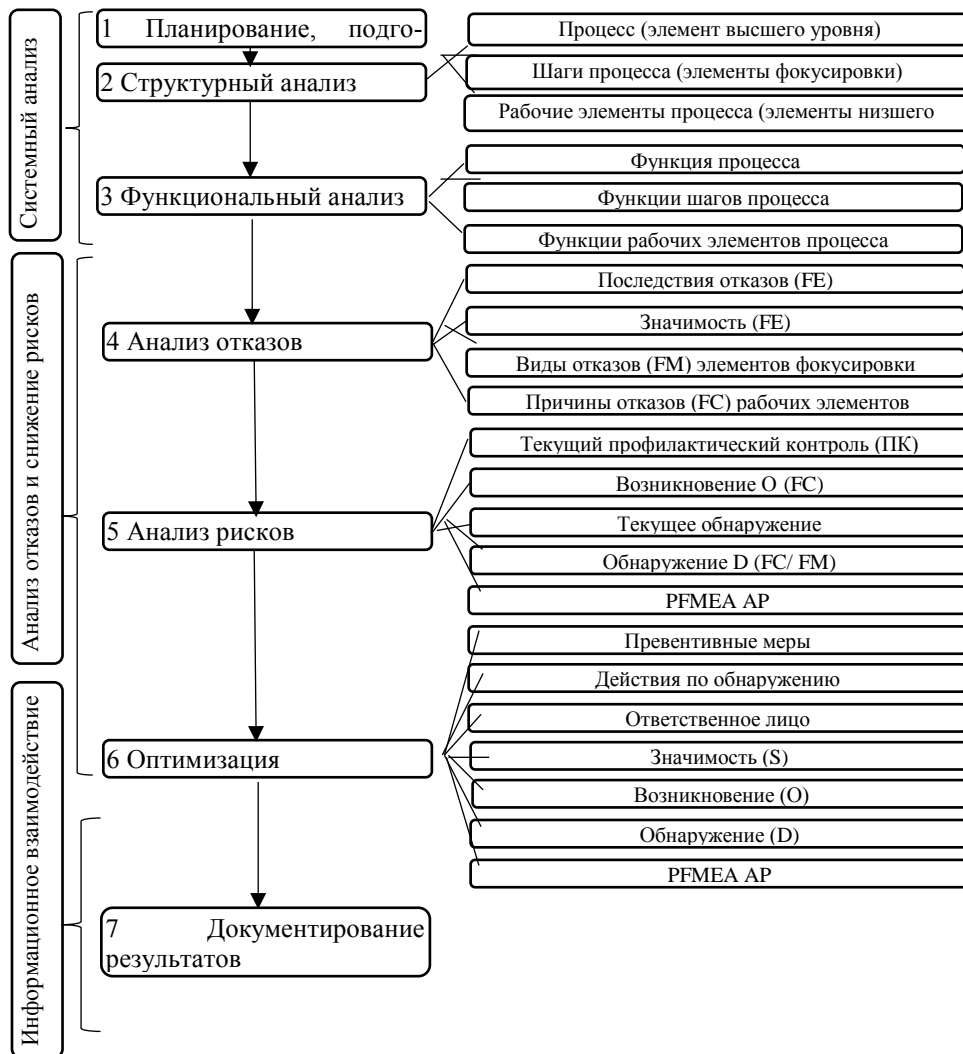


Рис. 2 – Алгоритм проведения PFMEA анализа в соответствии с FMEA Handbook

Fig. 2 – Algorithm of PFMEA analysis according to the FMEA Handbook

Производство, использование и утилизация автомобильного транспорта до сих пор является одной из наиболее проблемных зон экономики и экологии. Наибольшее внимание уделяется вопросам выброса в атмосферу различных загрязняющих веществ при использовании автомобильного транспорта [14,15], а также проблемам безопасности их использования [16-18].

Однако, кроме вышеуказанных проблем только в автомобилестроении, присутствуют множество разнообразных рисков. Нами был проанализирован процесс производства шин, в частности его составляющая - «Вулканизация шин». Данный процесс считается одним из опасных при производстве шин [19] из-за наличия целого ряда факторов, таких как:

- использование высоких температур и давлений. При обработке шин выделяются токсичные газы, которые могут негативно повлиять на здоровье работников, если правила безопасности не соблюдаются [20];
- работа с крупным оборудованием, что повышает риск травм и несчастных случаев при обслуживании и наладке оборудования [20];
- материалы (смола, каучуки, растворители и другие химические вещества) являются опасными при неправильном использовании или при попадании на кожу или дыхательные пути [21].

Алгоритм процесса «Вулканизация шин» представлен на рис. 3.

Для оценки рисков данного процесса был использован, описанный выше, метод FMEA Handbook, в частности - метод PFMEA.

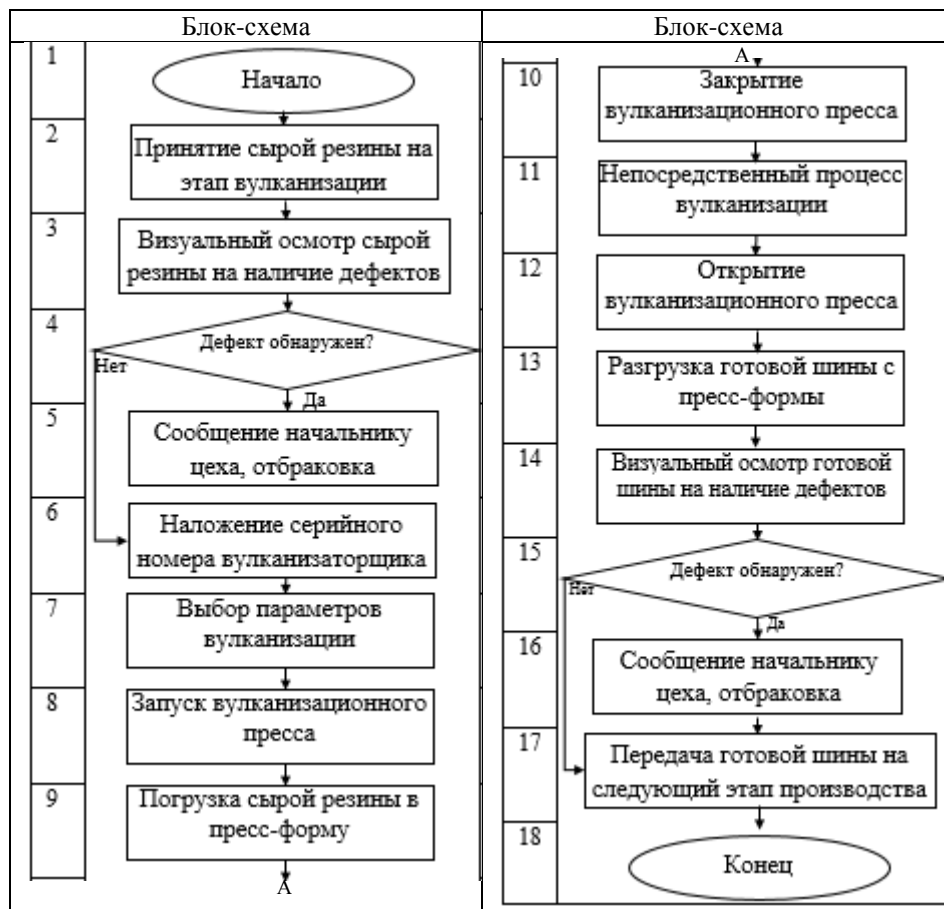


Рис. 3 – Алгоритм процесса «Вулканизация шин»

Fig. 3 – Algorithm of the “Tire vulcanization” process

Оценка рисков начинается с фазы системного анализа и первого шага – планирование и подготовка.

Второй шаг – структурный анализ. Он предназначен для представления потока процесса в том виде, в каком он физически существует и позволяет визуализировать объем анализа. В рамках процесса «Вулканизация шин» выделим:

- элемент процесса (элемент высшего уровня) – сам процесс «Вулканизация шин»;
- шаги процесса (элемент фокусировки) – этапы процесса «Вулканизация шин»;

- рабочий элемент процесса (элементы низшего уровня) – оборудование, рабочие, изделие, окружающая среда и т. д.

Третьим шагом фазы системного анализа является – функциональный анализ. Цель его состоит в том, чтобы визуализировать функции, описать, для чего предназначен каждый шаг процесса (может быть несколько функций). Строится дерево функционального анализа процесса.

Следующая фаза «Анализ отказов и снижение рисков» также включает в себя также 3 шага: анализ отказов, анализ рисков и оптимизацию. Трехуровне-

вая декомпозиция рассматриваемого процесса позволила идентифицировать 34 потенциальных риска. Риски могут возникнуть на каждом из шагов процесса «Вулканизация шин» по причине отказа любого из рабочих элементов процесса и могут привести к задержке или остановке процесса, к поломке оборудования, дефекту изделий или травмам рабочих. Далее необходимо было выявить наиболее значимые риски с целью их минимизации или устранения. При анализе потенциальных рисков были использованы результаты опроса рабочих шинной отрасли (данные получены в рамках сети Internet). Вопросы, которые были использованы для опроса рабочих, касались примерного количества потенциальных рисков по определенной причине в течение года. Это позволило рассчитать усредненные значения количества потенциальных рисков на 1 рабочего за год. Результаты опроса были использованы в дальнейшем при определении баллов возникновения (O) в ходе проведения анализа рисков процесса. Фрагмент анализа потенциальных отказов представлен в таблице 1.

Целью следующего шага (фаза «Анализ отказов и снижение рисков») является анализ рисков на основе оценок серьезности последствий, вероятности возникновения и обнаружения, для определения приоритетности действий (AP). AP не является оценкой риска, в отличие от RPN (приоритетного числа рисков), однако учитывает все возможные

комбинации S (Severity), O (Occurrence) и D (Detection). Таблицы баллов S, O и D, используемые в методе FMEA (Handbook) значительно изменены.

Расстановка AP по снижению риска рассматривается в 3 категориях:

– высокий приоритет (H) – требуются действия для улучшения контроля предотвращения и/или обнаружения;

– средний приоритет (M) – требуется действие для улучшения контроля предотвращения и/или обнаружения;

– низкий приоритет (L) – действие может потребоваться или нет.

AP учитывает все 1000 возможных комбинаций S, O и D (табл. 2) [12,13].

Определить AP можно, используя также матрицы рисков, в соответствии с FMEA (Handbook) их четыре [22]. На рис. 4 представлена серия данных матриц рисков (S и O, в зависимости от значений D). Выявлено, что большинство рисков (29 из 34) находятся в зоне низкого приоритета действий (L), три риска в зоне среднего приоритета действий (M) и один риск в зоне высокого приоритета действий (H) – «вулканизационный пресс вовремя не закрылся/закрылся негерметично (причина – сбой работы оборудования – вулканизационного пресса)».

**Таблица 1 – Анализ отказов процесса «Вулканизация шин» в соответствии с FMEA Handbook (шаг 4)**

**Table 1 – Failure analysis of the “Tire vulcanization” process according to FMEA Handbook (step 4)**

Последствия отказов (FE) для следующего элемента более высокого уровня или конечного пользователя	Значимость S (FE)*	Виды отказа (FM) элемента фокусировки	Причины отказа (FC) рабочего элемента
Задержка процесса		Сырая резина вовремя не загружена в пресс-форму	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
Задержка процесса Остановка процесса Поломка/сбой работы оборудования Дефект изделия Травма рабочего		Резина зафиксирована в положении, не соответствующем НД	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
Задержка процесса Остановка процесса Травма рабочего		Пресс вовремя не закрылся/закрылся негерметично	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
Дефект изделия Задержка процесса Остановка процесса Хронический риск для здоровья рабочего		Вулканизация сырой резины прошла не в соответствии с требованиями НД	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
Задержка процесса Дефект изделия Травма рабочего		Пресс вовремя не открылся	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
Задержка процесса		Готовая шина вовремя не разгружена с пресс-формы	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
Дефект изделия на последующей стадии производства		Не проведена визуальная проверка	Невнимательность рабочего – вулканизаторщика Некомпетентность рабочего – вулканизаторщика Не соблюдение инструкций рабочим – вулканизаторщиком
...			

\* определяется и выставляется на следующем шаге

Таблица 2 – Категории приоритета действий (AP) для PFMEA (фрагмент)

Table 2 – Action Priority (AP) categories for PFMEA (excerpt)

Приоритет действий основан на сочетаниях значимости (S), возможности возникновения (O) и возможности обнаружения (D)							
Последствия	S	Прогнозирование причины возникновения сбоя	O	Способность обнаружения	D	AP	
Очень высокие	9-10	Очень высокий	8-10	Низкая – очень низкая	7-10	Н	
				Умеренная	5-6	Н	
				Высокая	2-4	Н	
				Очень высокая	1	Н	
		Высокий		6-7	Низкая – очень низкая	7-10	Н
					Умеренная	5-6	Н
					Высокая	2-4	Н
					Очень высокая	1	Н
		Умеренный		4-5	Низкая – очень низкая	7-10	Н
					Умеренная	5-6	Н
					Высокая	2-4	Н
					Очень высокая	1	М
	Низкий	2-3	Низкая – очень низкая	7-10	Н		
			Умеренная	5-6	М		
			Высокая	2-4	Л		
			Очень высокая	1	Л		
Очень низкий	1	Очень высокая – очень низкая		1-10	Л		
....							

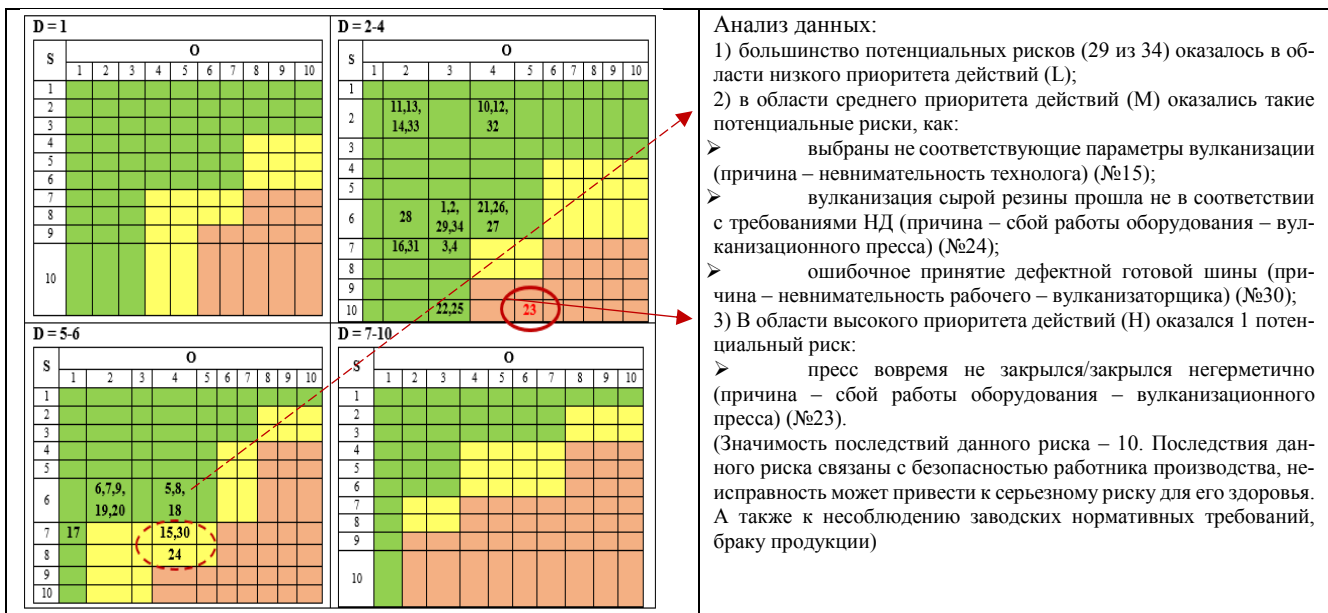


Рис. 4 – Анализ рисков, определение приоритетности действий в соответствии с матрицами рисков FMEA (Handbook)

Fig. 4 – Risk analysis, prioritization of actions in accordance with FMEA risk matrices (Handbook)

Шаг оптимизации (фаза «Анализ отказов и снижение рисков») направлен на разработку действий, снижающих риск за счет улучшения процесса, а также реализацию и документирование предпринятых действий.

В рамках заключительной фазы «Информационное взаимодействие» проводится документирование результатов. Результаты PFMEA процесса «Вулканизация шин» в соответствии с FMEA (Handbook) представлены в таблице 3.

Т.о. образом, в области среднего приоритета мы выделили три потенциальных риска (рис.4), на которые в ближайшее время необходимо разработать

предупреждающие мероприятия. К области высокого приоритета мы отнесли один риск, последствия от возникновения которого самые максимальные и связаны с безопасностью работника производства. Возникновение данной неисправности может привести к серьезному риску для его здоровья. Кроме того, сбой работы оборудования неминуемо приведет к выпуску бракованной продукции, и как следствие – снижению конкурентоспособности и эффективности производства.

Таблица 3 – Результаты PFMEA процесса «Вулканизация шин»

Table 3 – RFMEA results of the “Tire vulcanization” process

Структурный анализ (шаг 2)			Функциональный анализ (шаг 3)			Анализ отказов (шаг 4)						
Процесс (элемент высшего уровня)	Шаги процесса (элементы фокусировки)	Рабочие элементы процесса (элементы нижнего уровня)	Функция элемента процесса, системы, подсистемы (основная функция элемента процесса)	Функция шага процесса, и характеристика продукта (элемент фокусировки)	Функция рабочего элемента процесса и характеристика процесса	Последствия отказов (FE) для следующего элемента более высокого уровня или конечного пользователя	Значимость S (FE)	Виды отказа (FM) элемента фокусировки	Причины отказа (FC) рабочего элемента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Процесс «Вулканизация шин»	Выбор параметров вулканизации	Рабочий: технолог	Провести вулканизацию сырой резины до готовой шины в соответствии с требованиями нормативных документов	Выбрать параметры вулканизации: давление пара, давление перегретой воды, температура перегретой воды, продолжительность цикла	Выбирает параметры вулканизации на пульте управления	Задержка процесса Остановка процесса Поломка/сбой работы оборудования Дефект изделия	6 7 7 6	Выбраны не соответствующие параметры вулканизации	Невнимательность рабочего – технолога			
	Закрытие вулканизационного пресса	Оборудование: вулканизационный пресс		Закрыть вулканизационный пресс	Закрывает вулканизационный пресс		Задержка процесса Остановка процесса Травма рабочего			6 7 10	Пресс вовремя не закрылся/закрылся негерметично	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
	Непосредственный процесс вулканизации	Оборудование: вулканизационный пресс		Провести вулканизацию сырой резины до получения готовой шины.	Осуществляет непосредственный процесс вулканизации		Дефект изделия Задержка процесса Остановка процесса Хронический риск для здоровья рабочего			6 6 7 8	Вулканизация сырой резины прошла не в соответствии с требованиями НД	Сбой работы оборудования – вулканизационного пресса
	Визуальный осмотр готовой шины на наличие дефектов	Рабочий: вулканизаторщик		Проверить готовую шину на наличие дефектов	Визуально осматривает готовую шину на наличие дефектов		Дефект изделия на последующей стадии производства			6	Не проведена визуальная проверка	Невнимательность рабочего – вулканизаторщика
				Высокая вероятность дефекта изделия на последующей стадии производства	7	Ошибочное принятие дефектной готовой шины		Не соблюдение инструкций рабочим – вулканизаторщиком				

Продолжение таблицы 3

Continuation of Table 3

Анализ рисков (шаг 5)					Оптимизация (шаг 6)							
Текущий профилактический контроль (ПК)	Возникновение O	Текущее обнаружение контролирует FC или FM	Обнаружение D	PFMEA AP	Потенциальный риск	Превентивные меры	Действия по обнаружению	Ответственное лицо	Значимость (S)	Возникновение (O)	Обнаружение (D)	PFMEA AP
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Обучение, аттестация и регулярная перееаттестация технолога (раз в год) Регулярные перерывы в соответствии с НД Регулярная проверка освещения рабочей зоны в соответствии с НД Регулярная проверка температуры в рабочей зоне в соответствии с НД	4	Визуальное обнаружение вулканизаторщиком на пульте управления вулканизационного пресса	6	M	Выбраны не соответствующие параметры вулканизации (причина – невнимательность технолога)	Создание памятки со всеми параметрами вулканизации Расположение памятки в поле зрения технолога при выборе параметров Лишение материального поощрения в виде премии за подобно рода случаи	Обязательная проверка вулканизаторщиком выбранных параметров перед запуском вулканизационного пресса	Начальник цеха вулканизации	7	3	4	L
Регулярный планово-предупредительный ремонт (раз в 2 месяца) Проверка вулканизаторщиком оборудования каждую смену	5	Отображение отказа на пульте управления вулканизационного пресса	2	H	Пресс вовремя не закрылся/закрылся негерметично (причина – сбой работы оборудования – вулканизационного пресса)	Увеличение регулярности проведения техосмотра оборудования (раз в 2 месяца)	Дополнительная настройка параметров оборудования для обнаружения определенных несоответствий	Начальник цеха вулканизации	10	3	2	L
Регулярный планово-предупредительный ремонт (раз в 2 месяца) Проверка вулканизаторщиком оборудования каждую смену	4	Визуальное обнаружение вулканизаторщиком на месте	6	M	Вулканизация сырой резины прошла не в соответствии с требованиями НД (причина – сбой работы оборудования – вулканизационного пресса)	Увеличение регулярности проведения техосмотра оборудования (раз в 2 месяца)	Дополнительная настройка параметров оборудования для обнаружения определенных несоответствий	Начальник цеха вулканизации	8	3	4	L
Обучение, аттестация и регулярная перееаттестация вулканизаторщика (раз в год) Регулярные перерывы в соответствии с НД Регулярная проверка освещения рабочей зоны в соответствии с НД Регулярная проверка температуры в рабочей зоне в соответствии с НД	4	Текущий контроль Проведение плановых и внеплановых аудитов	6	M	Ошибочное принятие дефектной готовой шины (причина – невнимательность рабочего – вулканизаторщика)	Создание чек-листа со всеми видами дефектов изделия Расположение чек-листа в поле зрения вулканизаторщика при визуальной проверке Лишение материального поощрения в виде премии за подобно рода случаи	Осуществление выходного контроля изделия после выполнения процесса вулканизации сотрудниками ОТК	Начальник цеха вулканизации	7	3	4	L
Обучение, аттестация и регулярная перееаттестация вулканизаторщика (раз в год)	2	Текущий контроль Проведение плановых и внеплановых аудитов	4	L								



## Литература

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство. – введ. 2020-03-01. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
2. ГОСТ Р 51898-2002 Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты. – введ. 2003-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 6 с.
3. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации// – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200030153>.
4. ГОСТ Р ИСО 17666-2021 Менеджмент риска. Космические системы [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации// – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200181663>
5. Николаева, Н. Г. Методы оценки риска: учеб. пособие/ Н.Г. Николаева, С.М. Горюнова. – Казань: Изд-во БРИГ, 2021. – 120 с.
6. Николаева, Н. Г. Менеджмент рисков: принципы, теория и практика на примере различных секторов экономики: монография/ Н.Г. Николаева, Е. В. Приймак, В.Ф. Сопин; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2020. – 152 с.
7. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – введ. 2020-03-01. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 86 с.
8. ГОСТ Р МЭК 31010-2021 Надежность в технике. Методы оценки риска. [Электронный ресурс] / Электронный фонд нормативных и нормативно-технических документов// – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200180987>.
9. Общая информация об IATF 16949:2016 «Фундаментальные требования к системе менеджмента качества для производств автомобильной промышленности и организаций, производящих соответствующие сервисные части» [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://alfaregister.ru/spravochnik\\_po\\_standartam\\_iso/iso\\_16949/](https://alfaregister.ru/spravochnik_po_standartam_iso/iso_16949/).
10. ГОСТ Р 58139-2018 Системы менеджмента качества. Требования к организациям автомобильной промышленности [Электронный ресурс] / Электронный фонд нормативных и нормативно-технических документов// – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200159419>.
11. Новиков, В.А. Новое FMEA-руководство – универсальная система управления цепочками поставок/ В.А. Новиков // Компетентность. 2023. №1. С. 46-52.
12. Касторская, Л.В. Новое руководство по FMEA: изменения в подходе к анализу рисков конструкции и процесса/ Л.В. Касторская, Д.И. Цвиркунов, В.В. Шашков // Методы менеджмента качества. 2019. №10. С. 24-29.
13. PFMEA\_AIAG\_VDA\_Manual. pdf - FORCE Connect [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://connect.forcemotors.com/Employee\\_Information/ISO%20Standard/PFMEA\\_AIAG\\_VDA\\_Manual.pdf](https://connect.forcemotors.com/Employee_Information/ISO%20Standard/PFMEA_AIAG_VDA_Manual.pdf).
14. Пашинин, В.А. Влияние автомобильных выхлопных газов на загрязненность атмосферы городов / В.А. Пашинин, Ю.С. Каренкова // Мир транспорта, том 16, № 4, С. 204–210 (2018).
15. Пепина, Л.А. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом / Л.А. Пепина, А.Н. Созонтова // Alfabuild. 1 (1). 2017. №8. С. 99-110.
16. Веревкина, О.И. Факторный анализ рисков безопасности движения поездов в хозяйстве автоматики и телемеханики / О.И. Веревкина, В.Э. Иванов // Наука и техника 2024. №2. С.36-42.
17. Кисуленко Б.В. Безопасность автомобиля - от проектирования до утилизации / Б.В. Кисуленко // Стандарты и качество. 2023. № 12. С. 86-91.
18. Васюкова, О.А. Вопросы обеспечения экологической безопасности при проектировании транспортных объектов /О.А. Васюкова, М.В. Капустина, Ю.В. Пименова // Наука и техника 2024. №2. С.93-99.
19. Задорнова, Е.С. Менеджмент риска в автомобилестроении / Е.С. Задорнова, С.А. Зайцев // Автомобильная промышленность. 2004. №2. С.1-3.
20. Шемелова, А.Д. Оценка и управление производственными рисками при изготовлении легковых шин/ А.Д. Шемелова [и др.] // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. № 6. С. 212-219.
21. Валеева, Э. Т. Профессиональный риск нарушения здоровья работников отдельных производств химической промышленности / Э. Т. Валеева, А. Б. Бакиров // ЗНиСО. 2015. №7. С. 1-5.
22. Kymal, C. New AIAG VDA FMEA Webinar/С. Kymal, G. Gruska [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=4\\_F1oWZi1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=4_F1oWZi1DQ).

## References

1. GOST R ISO 31000-2019 Risk management. Principles and guidelines. - Introduced. 2020-03-01. - Moscow: Standartinform, 2011. - 14 p.
2. GOST R 51898-2002 Safety aspects. Rules for inclusion in standards. - Introduced. 2003-01-01. - Moscow: Standartinform, 2006. - 6 p.
3. GOST R 51901.1-2002 Risk management. Risk analysis of technological systems [Electronic resource] / Electronic fund of legal and normative-technical documentation// - Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200030153>.
4. GOST R ISO 17666-2021 Risk management. Space systems [Electronic resource] / Electronic fund of legal and regulatory-technical documentation// - Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200181663>.
5. Nikolaeva, N.G. Methods of risk assessment: textbook / N.G. Nikolaeva, S.M. Goryunova. - Kazan: BRIG, 2021. - 120 p.
6. Nikolaeva, N.G. Risk management: principles, theory and practice on the example of different sectors of economy: monograph / N.G. Nikolaeva, E.V. Priymak, V.F. Sopin; Ministry of Education and Science of Russia, Kazan National Research Technological University. - Kazan: Izd-vo KNITU, 2020. - 152 p.
7. GOST R 58771-2019 Risk management. Technologies of risk assessment. - Introduced. 2020-03-01. - Moscow: Standartinform, 2020. - 86 p.
8. GOST R IEC 31010-2021 Reliability in engineering. Methods of risk assessment. [Electronic resource] / Electronic fund of normative and normative-technical documents// - Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200180987>.
9. General information about IATF 16949:2016 “Fundamental requirements for a quality management system for automotive industry production facilities and organizations producing related service parts” [Electronic resource] - Mode of access: [https://alfaregister.ru/spravochnik\\_po\\_standartam\\_iso/iso\\_16949/](https://alfaregister.ru/spravochnik_po_standartam_iso/iso_16949/).
10. GOST R 58139-2018 Quality management systems. Requirements for organizations of the automotive industry [Electronic resource] / Electronic fund of normative and regulatory-technical documents// - Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200159419>.
11. Novikov, V.A. New FMEA-guideline - a universal system of supply chain management / V.A. Novikov // Competence. 2023. №1. P. 46-52.
12. Kastorskaya L.V., Tsvirkunov D.I., Shashkov V.V. New FMEA Manual: Changes in the Approach to Analyzing Design and Process Risks. Shashkov // Methods of quality management. 2019. №10. P. 24-29.

13. PFMEA\_AIAG\_VDA\_Manual. pdf - FORCE Connect [Electronic resource] - Access mode: [https://connect.forcemotors.com/Employee\\_Information/ISO%20Standard/PFMEA\\_AIAG\\_VDA\\_Manual.pdf](https://connect.forcemotors.com/Employee_Information/ISO%20Standard/PFMEA_AIAG_VDA_Manual.pdf).
14. Pashinin, V.A. Influence of automobile exhaust gases on urban air pollution / V.A. Pashinin, Y.S. Karenkova // The World of Transport, Vol. 16, No. 4, P. 204-210 (2018).
15. Pepina, L.A. Atmospheric air pollution by automobile-road complex / L.A. Pepina, A.N. Sozontova // Alfabuild. 1 (1). 2017. №8. P.99-110.
16. Verevkina, O.I. Factor analysis of the train traffic safety risks in the automation and telemechanics farm / O.I. Verevkina, V.E. Ivanov // Science and Technology 2024. №2. P.36-42.
17. Kisulenko, B.V. Car safety - from design to utilization / B.V. Kisulenko // Standards and quality. 2023. № 12. С. 86-91.
18. Vasyukova, O.A.. Issues of environmental safety in the design of transportation objects / O.A.Vasyukova, M.V. Kapustina, Yu.V. Pimenova // Science and Technology 2024. Vasyukova, M.V. Kapustina, Yu.V. Pimenova // Science and Technology 2024. №2. P.93-99.
19. Zadornova, E.S. Risk management in automobile industry / E.S. Zadornova, S.A. Zaitsev // Automobile industry. 2004. №2. P.1-3.
20. Shemelova, A.D. Estimation and management of the production risks at manufacturing of the passenger tires / A.D. Shemelova [et al.] // Izvestia TulSU. Technical Sciences. - 2020. № 6. P.212-219.
21. Valeeva, E. T. Occupational risk of health disorders of workers of certain production facilities of the chemical industry / E. T. Valeeva, A. B. Bakirov // ZNiSO. - 2015. №7. P. 1-5.
22. Kymal, C. New AIAG VDA FMEA Webinar/C. Kymal, G. Gruska [Electronic resource] - Mode of access: [https://www.youtube.com/watch?v=4\\_F1oWZi1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=4_F1oWZi1DQ).

---

© **А. М. Валиева** – студент каф. Аналитической химии, сертификации и менеджмента качества (АХСМК), Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань, Россия; **Н. Г. Николаева** – канд. хим. наук, доц. каф. АХСМК, КНИТУ, natalia0205@yandex.ru; **С. М. Горюнова** – канд. хим. наук, доц. АХСМК, КНИТУ, svetlanagoryunova@yandex.ru.

© **A. M. Valieva** – Student, Department of Analytical Chemistry, Certification and Quality Management (ACCQM), Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia; **N. G. Nikolaeva** – PhD (Chemical Sci.), Associate Professor, the ACCQM department, KNRTU, natalia0205@yandex.ru; **S. M. Goryunova** – PhD (Chemical Sci.), Associate Professor, the ACCQM department, KNRTU, svetlanagoryunova@yandex.ru.