

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ НЕСООТВЕТСТВИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Показана возможность интеграции методов, позволяющих повысить эффективность, качество и надежность технологических процессов через адресно сформированные предупреждающие и корректирующие действия, минимизирующие влияние потенциальных несоответствий и возможных отклонений на этапах проектирования и реализации технологических процессов.

Ключевые слова: технологический процесс, управление рисками, экспертные методы



А.М. Завьялов



В.А. Аксёнов

Эффективность обеспечения качества технологических процессов требует постоянной оценки всей совокупности факторов, влияющих на соответствие предъявляемым к системе требованиям, а также контроля и проверок выполняемых технологических процессов, что зачастую реализуется в рамках системы менеджмента качества [1]. Учитывая, что система менеджмента качества опирается на процессную модель, следует и подсистему управления рисками [2] реализовывать применительно к существующим процессам, что позволит сделать систему менеджмента

качества более гибкой, результативной и эффективной. Одним из этапов процесса управления рисками является их оценка, которая позволяет ответить на следующие вопросы.

- Какие опасные события могут произойти и какова их причина?
- Каковы последствия этих событий?
- Какова вероятность их возникновения?
- Каким образом можно сократить неблагоприятные последствия или уменьшить вероятность возникновения опасных ситуаций?

Аксёнов Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (РОАТ МГУПС (МИИТ)). Область научных интересов: технология транспортного машиностроения, ресурсосберегающие технологии на транспорте. Автор более 200 научных работ, в том числе четырех монографий, одного учебника и 14 учебных пособий.

Завьялов Антон Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (РОАТ МГУПС (МИИТ)). Область научных интересов: обеспечение надежности и безопасности железнодорожного транспорта. Автор 34 научных работ, в том числе одной монографии.

Завьялова Юлия Владимировна, ассистент кафедры «Эксплуатация железных дорог» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (РОАТ МГУПС (МИИТ)). Область научных интересов: обеспечение надежности и безопасности железнодорожного транспорта. Автор пяти научных работ.

Синякина Ирина Николаевна, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация железных дорог» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (РОАТ МГУПС (МИИТ)). Область научных интересов: оптимизация транспортных процессов и организация производства. Автор пяти научных работ, одного учебного пособия и одного курса лекций.

Тарадин Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (РОАТ МГУПС (МИИТ)). Область научных интересов: надежность и безопасность функционирования инфраструктуры на железнодорожном транспорте. Автор 33 научных работ.

В настоящее время существует большое количество методов оценки риска, отличающихся сложностью, объемом необходимых для реализации ресурсов, степенью неопределенности данных и информацией, которую предстоит обработать [3]. Одним из широко применяемых методов является анализ видов и последствий отказов (Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)). Этот метод позволяет проанализировать потенциальные ошибки, их причины и последствия, оценить риски их появления и обнаружения, чтобы принять меры для устранения или снижения вероятности и ущерба от их появления.

Данный метод лег в основу стандарта в автомобилестроении [4], хотя его применимость гораздо шире [3]:

- метод применим к видам отказов, связанных с ошибками персонала, нарушением работоспособности оборудования и работы систем программного обеспечения и процессов;
- метод позволяет идентифицировать виды отказов компонентов, причины этих отказов и их последствия для системы и представить их в удобной для пользователя форме;
- применение метода помогает избежать дорогостоящих модификаций оборудования при техническом обслуживании за счет идентификации и устранения проблем на ранних стадиях этапа проектирования;
- метод позволяет идентифицировать виды отказов в отдельной точке и установить требования к резервированию и системе безопасности;
- метод дает возможность получить входные данные для разработки программ мониторинга, предоставляя информацию о необходимых объектах мониторинга и их особенностях.

Суть метода заключается в экспертной оценке специально созданной рабочей группой возможных видов отказов (или несоответствий, если речь идет о технологическом процессе) по трем критериям:

- значимости, измеряемой с точки зрения тяжести последствий данного несоответствия (S);
- относительной частоте (вероятности) появления (O);
- относительной частоте (вероятности) обнаружения данного несоответствия или его причины (D).

Для каждого из этих критериев имеется своя шкала экспертных оценок в диапазоне от 1 до 10 (табл. 1). Причем, чем выше значимость или частота появления несоответствия, тем выше соответствующая оценка.

После получения экспертных оценок S , O , D вычисляют приоритетное число риска ПЧР по формуле

$$\text{ПЧР} = S \cdot O \cdot D. \quad (1)$$

ПЧР сравнивается с принятым его предельным значением, и в случае превышения необходимо произвести корректирующие мероприятия, направленные на доработку рассматриваемой системы или процесса.

Надежность, безопасность, качество и эффективность технологических процессов, реализуемых в рамках любой человеко-машинной системы, в большой степени зависят от влияния человеческого фактора [5;6]. Управление рисками технологических процессов на этапах их проектирования и реализации обеспечивает их более эффективную реализацию через корректировку наиболее значимых несоответствий, снизив количество инцидентов, связанных с отказами устройств или несчастными случаями на производстве.

Важным этапом проведения такого анализа технологического процесса является его представление в виде отдельных операций. При этом для каждой операции фиксируются все возможные случаи дефектов или несоответствий и описывается их влияние на последующие операции и конечный результат.

Для пооперационной декомпозиции технологического процесса используется обобщенный структурный метод на основе функциональных сетей Губинского А.И. [7], который, в том числе позволяет оценивать показатели эффективности, качества и надежности (ЭКН).

Метод состоит из следующих этапов:

- изучение технологического процесса, реализуемого в рамках человеко-машинной системы, и назначение каждой производственной операции соответствующей ей модели типовой функциональной единицы (ТФЕ);
- составление формализованной модели технологического процесса в виде функциональной сети (ФС);
- расчет показателей ЭКН в рамках исследуемого технологического процесса.

Формализация процесса функционирования человеко-машинной системы осуществляется при помощи ТФЕ функционеров (основных и дополнительных) и композиционеров (вспомогательных и служебных). Функционеры соответствуют реальным операциям и действиям человека, рабочим операциям технологического оборудования, средств вычислительной техники и программных средств в анализируемом процессе функционирования, а композиционеры — некоторым взаимосвязям операций и логическим функциям.

Шаблон оформления анализа технологического процесса, представленного в виде функциональной сети, представлен в табл. 2.

Применение представленного подхода на этапах проектирования и реализации технологических про-

Таблица 1

Шкала баллов значимости экспертных оценок


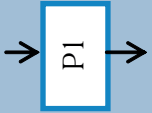

Балл	Последствие S	Критерий значимости последствия	Частота (вероятность) появления O	Возможные виды частоты (вероятности) появления		Частота (вероятность) обнаружения D	Критерий частоты (вероятности) обнаружения
				ГОСТ Р 51814.2	QS-9000 (на миллион)		
10	Опасное без предупреждения	Очень высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта ухудшает безопасность работы транспортного средства и (или) вызывает несоответствие обязательным (государственным и международным) требованиям безопасности и экологии без предупреждения. Может подвергнуть опасности персонал у станка или на сборке без предупреждения	4	5	6	7	8
9	Опасное с предупреждением	Весьма высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта ухудшает безопасность работы транспортного средства и (или) вызывает несоответствие обязательным (государственным и международным) требованиям безопасности и экологии с предупреждением. Может подвергнуть опасности персонал у станка или на сборке с предупреждением	Очень высокая: дефект почти неизбежен	> 1 из 2	> 100 000	Почти невозможно	Нет известного контроля для обнаружения вида дефекта в производственном процессе
8	Очень важное	Транспортное средство/узел неработоспособны с потерей главной функции. Потребитель очень недоволен. Большое нарушение производственной линии. Может браковаться до 100% продукции или транспортное средство/узел ремонтируется со временем ремонта более 1 часа	Высокая: повторяющиеся дефекты	> 1 из 3	50 000	Очень плохое	Очень низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля
7	Важное	Транспортное средство работоспособно, но с пониженной эффективностью. Потребитель очень недоволен. Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться сортировка продукции, когда часть ее бракуется, или ремонт от 0,5 до 1 часа	Высокая: повторяющиеся дефекты	> 1 из 8	20 000	Плохое	Низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля
				> 1 из 20	10 000	Очень слабое	Очень низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Умеренное	Транспортное средство/узел работоспособны, но некоторые системы комфорта и удобства не работают. Потребитель не удовлетворен. Небольшое нарушение производственной линии. Часть продукции необходимо забраковать (без сортировки) или ремонт менее 0,5 часа	Умеренная: случайные дефекты	> 1 из 80	5 000	Слабое	Низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля
5	Слабое	Транспортное средство/узел работоспособны, но некоторые системы комфорта и удобства работают с пониженной эффективностью. Потребитель испытывает некоторое неудовлетворение		> 1 из 400	2 000	Умеренное	Умеренная вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля
4	Очень слабое	Узел пригоден, но отделка и шумность (скрип, дребезжание) изделия не соответствуют ожиданиям потребителя. Этот дефект замечает большинство потребителей (более 75%). Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться сортировка и частичная переделка продукции		> 1 из 2000	1 000	Умеренно хорошее	Умеренно высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля
3	Незначительное	Узел пригоден, но отделка и шумность (скрип, дребезжание) не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект замечает 50% потребителей. Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться переделка части продукции на специальном участке	Низкая: относительно мало дефектов	> 1 из 15 000	500	Хорошее	Высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля
2	Очень незначительное	Узел пригоден, но отделка и шумность (скрип, дребезжание) не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект замечает разбросанный потребитель (менее 25%). Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться доработка части продукции на основной технологической линии		> 1 из 150 000	100	Очень хорошее	Очень высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля
1	Отсутствует	Никакого заметного последствия. Оператор испытывает легкое неудобство	Малая: дефект маловероятен	< 1 из 1 500 000	< 10	Почти наверняка	Действующий контроль почти наверняка обнаружит вид дефекта. Для подобных процессов известны надежные методы контроля


Таблица 2

Шаблон анализа технологического процесса

№ п/п	Схема технологического процесса	Операция технологического процесса	Вид потенциального дефекта	Последствие потенциального дефекта	Балл S	Потенциальная причина(ы) или механизм(ы) дефекта	Балл O
	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
	...						
							

Окончание табл. 2

Первоначально предложенные меры по обнаружению дефекта	Балл D	ПЧР	Рекомендуемое изменение	Результаты работы				
				Предпринятые действия (изменения)	Новые значения баллов			
					S	O	D	ПЧР
9	10	11	12	13	14	15	16	17

цессов позволяет снизить риски возникновения нежелательных событий (отказов устройств, травматических случаев, нарушений безопасности движения) в процессе функционирования человеко-машинных систем на железнодорожном транспорте. 

Литература

1. Апатцев В.И. Показатели оценки качества технологических процессов работы железнодорожных станций// Наука и техника транспорта, 2013. №3.
2. Аксёнов В.А., Раенок Д.Л., Завьялов А.М. Совершенствование системы управления рисками для решения задач по обеспечению безопасности производственных процессов. Надежность. М.: ООО «Издательский Дом «Технологии»» 2013, №3 (46) 2013. –С. 103–111.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК31010–2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. –М.: Стандартинформ, 2011. –70с.
4. ГОСТ Р 51814.2 – 2001 Системы качества в автомобилестроении. Метода анализа видов и последствий потенциальных дефектов. –М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. –23с.
5. Апатцев В.И., Завьялов А.М., Синякина И. Н, Завьялова Ю.В., Гришина Е.В. Обеспечение безопасности движения поездов на основе снижения влияния человеческого фактора// Наука и техника транспорта, 2014. №2.
6. Завьялов А.М. Повышение эффективности перевозочного процесса на основе учета влияния человеческого фактора в технических и профессиональных рисках. Естественные и технические науки. ООО Издательство «Спутник+» 2014. №2.
7. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / Под общ. ред. А.И. Губинского, В.Г. Евграфова. –М.: Машиностроение, 1993. –528 с.