



Юркова Елена Олеговна – кандидат технических наук, доцент. В 1998 г. окончила Сибирский государственный университет путей сообщения. С этого года и по настоящее время работает на кафедре и в НИЛ «Технология транспортного машиностроения и ремонт подвижного состава». Является заместителем заведующего кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» Сибирского государственного университета путей сообщения. Имеет 35 печатных работ.



Шаламова Оксана Александровна – кандидат технических наук, доцент. В 1996 г. окончила Сибирский государственный университет путей сообщения. С 1997 г. и по настоящее время работает на кафедре «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» и в НИЛ «Технология транспортного машиностроения и ремонт подвижного состава». Имеет около 40 печатных работ.



Самойлова Елена Владимировна – преподаватель кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» Сибирского государственного университета путей сообщения, который окончила в 2006 г. Имеет 8 печатных работ.

УДК 625.143:621.923.003.13

Е.О. ЮРКОВА, О.А. ШАЛАМОВА, Е.В. САМОЙЛОВА

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ РЕЛЬСОВ В ПУТИ

В качестве способа оценки эффективности технологического процесса обработки рельсов шлифованием применен прогрессивный метод планирования качества ГМЕА-анализ, позволяющий идентифицировать недостатки процессов за счет выявления потенциальных несоответствий, их причин и последствий, оценить риск возникновения дефектов и принять меры для устранения или снижения опасности.

В мировой практике ремонта и технического обслуживания рельсов в середине 60-х гг. появился такой способ продления срока их службы как шлифование рельсов в пути. В России этот способ получил распространение в середине 90-х гг. Комплексными исследованиями эффективности данной механической обработки доказана возможность восстановления служебных свойств

рельсов до 75–95 % от свойств новых, что позволяет дополнительно пропускать по ним 100–150 млн т брутто. Однако опыт эксплуатации рельсошлифовальных поездов (РШП) показал, что использование непроработанных технологий или неправильная их реализация эффекта от шлифования не дает. А если учесть стоимость шлифовальных работ и необоснованный съем металла с головки рельса, данный процесс может привести к значительным затратам. Поэтому решение вопросов, связанных с анализом и поиском способов повышения эффективности данного процесса, сохраняет свою актуальность.

Особое значение на современном этапе развития методов планирования качества приобретают технологии обеспечения качества в проектной деятельности, поскольку, по данным исследователей, около 80 % всех дефектов, которые выявляются в процессе производства и эксплуатации, обусловлены недостаточным качеством разработки концепции изделия, конструирования и подготовки его производства.

Для того, чтобы снизить затраты, учесть возможно в большей степени эксплуатационные требования и сократить сроки разработки, применяют специальные технологии проектирования и анализа разработанных изделий и процессов:

- технологию развертывания функций обеспечения качества, которая представляет собой технологию проектирования изделий и процессов, позволяющую преобразовывать пожелания потребителя в технические требования к изделиям и параметрам процессов их производства;
- функционально-стоимостной анализ — технологию анализа затрат на выполнение изделием его функций;
- FMEA-анализ — технологию анализа возможности возникновения дефектов и их влияния на потребителя;
- функционально-физический анализ — технология анализа качества предлагаемых проектировщиком технических решений.

Эти технологии можно рассматривать и как отдельные приемы, и как системы методов. В каждом случае предлагается специально определять состав и структуру рабочего набора инструментов.

Одним из наиболее прогрессивных методов выявления недостатков и оценки эффективности любых процессов является FMEA-анализ. Метод FMEA-анализ (Failure Mode and Effects Analysis) — «Анализ характера и последствий отказов» (часто называемый «Анализ потенциальных несоответствий и их последствий») появился в США в середине 60-х гг. и впервые был использован при разработке проекта космического корабля «Аполлон», а затем в медицине и ядерной технике. В 80-е гг. метод получил дальнейшее развитие под названием FMEA и нашел применение в автомобильной и других отраслях промышленности США, Европы и Японии. В некоторых областях промышленного производства он стал основой обеспечения качества [4].

При использовании метода FMEA решаются следующие задачи:

- получение сведений о риске альтернативных вариантов;
- определение «слабых» мест процесса и нахождение мер по их устранению;
- сокращение дорогостоящих экспериментов.

В свете ответственности за качество выполнения технологического процесса шлифования рельсов применение метода FMEA позволило определить его уровень с точки зрения предотвращения ошибок, т. е. выявления потенциальных

несоответствий и оценки тяжести последствий для пути, а также устранение установленных отклонений или уменьшение степени их влияния на качество. Такого рода анализы процессов основаны на теоретических знаниях экспертов и их практическом опыте.

При принятии решений всегда существует риск ошибочного выбора, т. е. неверный вклад в достижение цели, обусловленный неправильным шагом. Поскольку риск — вероятность потерь, он означает возможное негативное отклонение от направления, ведущего к цели.

Для оценки технологического процесса шлифования рельсов в пути FMEA-анализ проводился в определенном порядке [1]. Была сформирована рабочая группа, состоящая из экспертов. Перечислены все операции технологического процесса. Для каждой операции определены виды потенциальных дефектов. Затем установлены потенциальные причины возникновения этих дефектов и потенциальные последствия для пути.

В ходе этой работы для каждой операции технологического процесса был рассчитан коэффициент риска RPZ :

$$RPZ = A \cdot B \cdot E,$$

где A — параметр частоты возникновения дефекта; B — параметр тяжести последствий для потребителя; E — параметр вероятности обнаружения дефекта.

Значения коэффициентов A , B и E оцениваются по рекомендациям ГОСТ Р 51814.2–2001 по 10-балльной шкале.

Результаты расчетов вносятся в таблицу, фрагмент которой для двух операций технологического процесса показан в табл. 1.

Таблица 1

Фрагмент таблицы, составленной в процессе FMEA-анализа технологии шлифования рельсов в пути

Операция	Потенциальный дефект	Потенциальная причина	Потенциальные последствия	A	B	E	RPZ
1. Предварительное сканирование фронта работ	1. Большая погрешность сканирования 2. Отсутствие результатов сканирования	1. Низкая квалификация персонала 2. Отказ системы сканирования	Неверное назначение режимов шлифования	4	4	6	96
2. Выбор ремонтного профиля рельса	Несоответствие ремонтного профиля эксплуатационным требованиям пути	1. Низкая квалификация персонала 2. Отсутствие требуемого ремонтного профиля для данных условий эксплуатации	1. Снижение производительности шлифования	4	5	4	80
			2. Необоснованно большой съем металла с головки рельса	4	5	6	120
			3. Несоответствие геометрической формы обработанного поперечного профиля рельса эксплуатационным требованиям пути	6	6	4	144

Далее были выбраны операции со значениями коэффициента RPZ более 100...120, которые считаются операциями с повышенным риском. Если же значение коэффициента RPZ в среднем для данного процесса выше 100, то «узкими местами» являются переходы.

При анализе техпроцесса шлифования рельсов в пути были выявлены две операции с коэффициентом риска более 100 ед. Во-первых, это операция выбора ремонтных профилей рельсов, для которой коэффициент риска RPZ составил 144 ед. Во-вторых, операция назначения режимов шлифования — RPZ составил 180 ед.

Для выявленных операций с целью уточнения значения коэффициента RPZ проводится факторный анализ, который сводится к оценке влияния шести факторов Исикава на составляющие коэффициента RPZ , т. е. на коэффициенты

A , B и E . Для этого с целью определения весовых коэффициентов a_i , b_i , e_i внутри каждой группы параметров A , B и E проводится их попарное сравнение. Весовые коэффициенты отражают значимость каждого из параметров группы по отношению к другим параметрам.

При проведении факторного анализа, с одной стороны, требуется максимальное абстрагирование от конкретной реализации исследуемого объекта, но, с другой стороны, функции объекта приходится рассматривать в связи с их конкретными реализациями, в частности, чрезвычайно затрудняется оценка степени влияния каждой функции на работоспособность объекта в целом. Для вычисления относительной важности каждой функции предварительно производится экспертная оценка значимости всех функций, сводящаяся к определению степени влияния каждой из функций на другие.

Возможны различные варианты проведения экспертной оценки значимости функций. К числу наиболее доступных относится метод парных сравнений. При его использовании строится матрица, на пересечении строки и столбца которой фиксируется:

- 2 — если фактор Φ_i более значим, чем Φ_j ;
- 1 — если фактор Φ_i равнозначен с Φ_j ;
- 0 — если фактор Φ_i менее значим, чем Φ_j .

Вид матрицы парных отношений для одного из коэффициентов показан в табл. 2.

Таблица 2

Парные отношения для коэффициента A

Факторы	Квалификация персонала	Методика исполнения	Контролируемость	Использование специальных технических средств контроля	Фактор среды	Фактор материала
Квалификация персонала	1	2	1	1	0	2
Методика исполнения	0	1	0	0	0	2
Контролируемость	1	2	1	2	0	0
Использование специальных технических средств контроля	1	2	0	1	0	2
Фактор среды	2	2	2	2	1	2
Фактор материала	0	0	2	0	0	1
$A_i (\sum A_i = 36)$	5	9	6	6	1	9
Вес фактора a_i	0,14	0,25	0,17	0,17	0,03	0,25

Кроме весов по 10-балльной шкале определяются значения факторов A_n , B_n и E_n . Уточненные значения коэффициентов получаются перемножением весов факторов на их значения.

Независимо от условий эксплуатации рельсов при обработке задается только один ремонтный профиль, в то время как геометрия поперечного профиля головки рельса зависит в значительной степени от эксплуатационных условий пути. Это требует использования ряда ремонтных профилей, позволяющих учитывать эксплуатационные требования различных участков пути. Для операции «Выбор ремонтного профиля рельса» предлагается корректировочное мероприятие, которое заключается в замене существующего ряда ремонтных профилей на более рациональный, обеспечивающий экономию снимаемого слоя металла и наилучшие условия контактирования рельса с колесом.

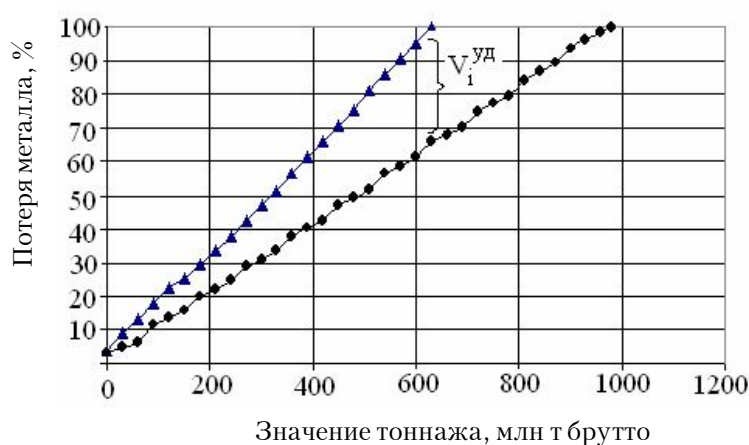
Оценить эффективность использования различных типов ремонтных профилей и влияние их на производительность технологического процесса можно по

значениям удельного съема металла, необходимого для формирования каждого типа ремонтных профилей. Площадь, заключенная между фактическим поперечным профилем, полученным в результате измерения, и ремонтным профилем, по значению равняется удельному съему металла. На рис. 1 показано наложение двух профилей для прямого участка пути.



Рис. 1. Наложение ремонтного профиля рельса на фактический поперечный профиль рельса

В литературе [2] приводятся зависимости потери металла от наработки рельсов, которые были построены по результатам анализа значений удельного съема металла, снимаемого при использовании различных рядов ремонтных профилей, как это показано на рис. 2.



- ▲— — при использовании ремонтных профилей, применяющихся в настоящее время;
- ◆— — при использовании предлагаемого ряда ремонтных профилей

Рис. 2. Потеря металла при использовании различных рядов ремонтных профилей

По данным, полученным в результате исследований, определено, что для прямого участка пути рельсов Р65 средняя экономия удельного объема металла на одну рельсовую нить при замене рядов ремонтных профилей составила $4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{м}$. При этом снижается интенсивность износа абразивного инструмента и повышается производительность технологического процесса шлифования рельсов примерно на 20 %.

Таким образом, замена рядов ремонтных профилей позволила снизить коэффициент RPZ со 144 до 97,39.

Замена используемых шлифовальных кругов Лужского абразивного завода на круги с повышенной износостойкостью Челябинского абразивного завода для проведения операции «Назначение режимов шлифования» позволила снизить коэффициент RPZ со 180 до 92,5.

Стоимость абразивного круга производства Челябинского завода в 1,6 раза меньше, притом что срок его службы примерно в 4 раза продолжительнее. Соответственно, за 1 ч шлифовки изнашивается 20 % круга обычной производительности и 5 % нового круга (это в 4 раза меньше), что сокращает стоимость одной машино-смены рельсошлифовального поезда. Годовой экономический эффект от внедрения новых кругов достигается за счет повышенной стойкости абразивного инструмента и выигрыша в цене [3].

После проведения ФМЕА, с целью подтверждения экономической эффективности проведенного анализа и принятых корректировочных мероприятий рассчитан экономический эффект, который составил более 10 млн р./год при эксплуатации одного рельсошлифовального поезда.

Литература

1. ГОСТ Р 51814.2–2001. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов.
2. Аксенов В.А., Юркова Е.О. Ремонтные профили для рельса Р65 // М-лы всерос. науч.-практ. конф. ученых транспортных вузов, НИИ, инженерных работников и представителей академической науки «Актуальные проблемы Транссиба на рубеже веков». Хабаровск, 2000. С. 230–233.
3. Аксенов В.А., Шаламов В.А., Юркова Е.О. Повышение производительности РШП за счет рационализации параметров технологического процесса шлифования рельсов в пути // Новые технологии — железнодорожному транспорту: подготовка специалистов, организация перевозочного процесса, эксплуатация технических средств. Омск, 2000. С. 334–336.
4. Бабич М.А., Гришина Т.Г. Управление качеством на современных предприятиях. М.: СТАНКИН, 2004. 457 с.