

П. В. КОВТУН, В. И. МАТВЕЦОВ (Белорусский государственный университет транспорта), А. А. СЫРОКВАШ (Минский метрополитен, Беларусь)

О ВЫХОДЕ РЕЛЬСОВ НА ПУТЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

Проаналізовано основні показники дефектності рейок, які експлуатуються в Мінському метрополітені. Зроблено зіставлення показників для магістральної колії і для умов метрополітену.

Проанализированы основные показатели дефектности рельсов, эксплуатирующихся в Минском метрополитене. Произведено сопоставление показателей для магистральных путей и для условий метрополитена.

The article analyzes the main deficiency parameters of rails, used in Minsk Underground and provides comparison of these parameters for mainline tracks and underground conditions.

На первой линии Минского метрополитена в 1984 году открыто движение поездов на участке ст. Институт культуры–ст. Московская; в 1986 году – на втором участке ст. Московская–ст. Восток. Общая протяженность первой линии составляет 12,5 км.

На путях Минского метрополитена применяются в основном нетермоупрочненные рельсы типа Р50 производства металлургического комбината «Азовсталь», и только с 2001 года для замены вышедших из строя используются рельсы Нижнетагильского металлургического комбината.

В отличие от рельсов, эксплуатирующихся на железных дорогах, где применяют в основном объемно-закаленные рельсы, метрополитены стран СНГ эксплуатируют рельсы без термического упрочнения. Основная причина – это стремление обеспечить их лучшую механическую обрабатываемость в условиях метрополитенов при резке и сверлении болтовых отверстий.

Авторами выполнено исследование структуры дефектов (табл. 1) и интенсивности выхода рельсов на двух путях первой линии Минского метрополитена с момента начала эксплуатации.

Таблица 1

Дефекты рельсов, выявленные на путях первой линии Минского метрополитена

Наименование дефекта и основная причина его появления и развития	Обозначение	Число выходов рельсов (доля от общего числа выходов)
1	2	3
Отслоение и выкрашивание металла на поверхности катания головки из-за недостатков технологии изготовления рельсов – волосовин, закатов, плен и т. п.	10.1-2	4 шт. (1,8 %)
Выкрашивание металла на боковой рабочей выкружке головки из-за недостаточной контактно-усталостной прочности металла	11.1-2	125 шт. (56,0 %)
Отслоение и выкрашивание металла на поверхности катания в закаленном слое головки (при отсутствии наплавки)	17.1-2	7 шт. (3,1 %)
Поперечные трещины в головке в виде светлых или темных пятен и изломы из-за них, вызванные внутренними пороками (флокенами, газовыми пузырями и др.)	20.1-2	1 шт. (0,4 %)
Поперечные трещины в головке в виде светлых или темных пятен и изломы из-за них, вследствие недостаточной контактно-усталостной прочности металла	21.1-2	8 шт. (3,6 %)
Поперечные трещины в головке из-за нарушений технологии сварки рельсов	26.33	5 шт. (2,2 %)
Закалочные трещины в закаленном слое металла головки	27.1-2	1 шт. (0,4 %)

1	2	3
Горизонтальное расслоение головки из-за наличия скоплений неметаллических включений	30 г.1-2	1 шт. (0,4 %)
Продольные трещины и выколы из-за них в местах перехода головки в шейку	52.1-2	1 шт. (0,4 %)
Трещины в шейке от болтовых и других отверстий в рельсах	53.1-2	8 шт. (3,6 %)
Трещины в шейке в месте сварного шва вследствие дефектов сварки и обработки сварного шва	56.3	2 шт. (0,9 %)
Волосовины в подошве, трещины, выколы части подошвы и изломы из-за этих дефектов	60.1-2	3 шт. (1,3 %)
Трещины в подошве из-за нарушения технологии сварки рельсов	66.3	13 шт. (5,9 %)
Другие, кроме перечисленных выше, дефекты и повреждения рельсов	99.1-2-3	44 шт. (20,0 %)

Всего обнаружено 223 дефекта. Основной причиной выхода рельсов является дефект 11. Его доля среди всех дефектов с начала эксплуатации до настоящего времени составляет 56 %, а по годам колеблется 15...86 %, в то время как совместная доля дефектов 21 и 30. Г не превышает 4 %.

Положительной стороной является малая доля опасных стыковых дефектов 53. По сравнению с рельсами, лежащими на сети железных дорог, где доля таких дефектов дости-

гает 30 %, в рельсах метрополитена их всего около 3–4 %.

В целом, доля остродефектных рельсов в общем количестве изымаемых из пути в одиночном порядке рельсов в определенной мере характеризует уровень безопасности движения в части, зависящей от рельсового хозяйства. Поэтому целесообразно сравнить показатели выхода дефектных и остродефектных рельсов. Необходимые данные для I и II пути представлены в табл. 2.

Таблица 2

Выход рельсов по первой линии Минского метрополитена (по I пути / по II пути)

Годы	Дефектные					Остродефектные				
	дефект, шт.			Итого, шт.	Интенсивность, шт./км в год	дефект, шт.			Итого, шт.	Интенсивность, шт./км в год
	11	10, 17	99			20, 21, 26, 27, 30г	60, 66	52, 53, 56		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1984	–	–	–	–	–	2/0	–	–	2/0	0,16/0,00
1985	1/0	–	0/1	1/1	0,08/0,08	–	–	–	–	–
1986	1/0	1/1	2/2	4/3	0,32/0,24	–	–	–	–	–
1987	1/0	0/1	0/3	1/4	0,08/0,32	0/1	2/0	–	2/1	0,16/0,08
1988	–	–	–	–	–	–	2/2	0/2	2/4	0,16/0,32
1989	4/1	–	–	4/1	0,32/0,08	–	3/1	–	3/0	0,24/0,00
1990	–	–	0/5	0/5	0,00/0,40	0/1	–	–	0/1	0,00/0,08
1991	3/3	–	1/1	4/4	0,32/0,32	1/0	–	–	1/0	0,08/0,00
1992	8/13	1/0	1/0	10/13	0,80/1,04	0/1	–	–	0/1	0,00/0,08
1993	3/5	–	–	3/5	0,24/0,40	1/1	–	–	1/1	0,08/0,08
1994	7/6	–	–	7/6	0,56/0,48	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1995	2/7	0/1	–	2/8	0,16/0,64	–	–	–	–	–
1996	4/3	–	1/0	5/3	0,40/0,24	–	0/1	–	0/1	0,00/0,08
1997	6/2	–	1/1	7/3	0,56/0,24	0/1	0/2	1/1	1/4	0,08/0,32
1998	3/3	2/0	2/1	7/4	0,56/0,32	–	0/1	1/0	1/1	0,08/0,08
1999	4/0	0/1	4/2	8/3	0,64/0,24	2/0	1/1	–	3/1	0,24/0,08
2000	6/3	–	5/1	11/4	0,88/0,32	2/0	1/0	1/1	4/1	0,32/0,08
2001	2/4	–	1/1	3/5	0,24/0,40	0/1	–	1/0	1/1	0,08/0,08
2002	0/2	0/3	0/2	0/7	0,00/0,56	–	–	–	–	–
2003	7/3	–	5/1	12/4	0,96/0,32	2/0	0/0	0/1	2/1	0,16/0,08
2004	2/6	–	–	2/6	0,16/0,48	–	–	1/0	1/0	0,08/0,00
Всего	64/61	4/7	23/21	91/89	–	10/6	9/7	6/5	25/18	–
шт./год	<u>3,10</u>	<u>0,20</u>	<u>1,10</u>	<u>4,50</u>	–	<u>0,50</u>	<u>0,45</u>	<u>0,30</u>	<u>1,20</u>	–
	3,00	0,30	1,00	4,40	–	0,30	0,35	0,25	0,90	–
шт./км в год	<u>0,25</u>	<u>0,02</u>	<u>0,09</u>	<u>0,34</u>	–	<u>0,04</u>	<u>0,03</u>	<u>0,02</u>	<u>0,16</u>	–
	0,24	0,02	0,08	0,33	–	0,02	0,03	0,02	0,12	–

За 20 лет эксплуатации выход дефектных и остродефектных рельсов для II пути составил 6,88 шт./км и оказался ниже выхода рельсов по I пути на 0,48 шт./км. При этом суммарный выход дефектных рельсов, остродефектных и прочих дефектных рельсов по II пути оказался на 0,64 шт./км меньше чем по I пути и составил 8,56 шт./км.

Средний выход дефектных и остродефектных рельсов на первой линии метро за весь срок эксплуатации к 2005 году составил 7,12 шт./км, а средний суммарный выход всех видов дефектных рельсов за этот же срок – 8,22 шт./км.

Выход рельсов по отдельным группам дефектов незначителен и может обеспечивать пропуск значительного тоннажа.

Так, например, для дефектных рельсов можно допустить пропуск 500 млн т и более. Необходимо отметить, что годовой удельный выход рельсов в размере 5–7 шт./км представляется неоправданно высоким, поэтому требуется принятие кардинальных мер по повышению эксплуатационной стойкости поступающих в метрополитен рельсов.

Условия эксплуатации рельсов в метрополитенах и на магистральных железных дорогах в значительной мере отличаются друг от друга. Малые осевые нагрузки, короткие интервалы движения поездов в метро и сравнительно вы-

сокая грузонапряженность влияют на структуру зарождения и развития дефектов рельсов.

В табл. 3 приведены сравнительные данные по удельному выходу нетермоупрочненных рельсов типа Р50 по основным дефектам на путях железных дорог и Московского метрополитена, а также данные по выходу рельсов на путях первой линии Минского метрополитена, после пропуска тоннажа 315 млн т брутто, несколько превышающего нормативный (который в соответствии с действующими нормативными документами для прямых и кривых участков пути радиусом 600 м и более не должен превышать 300 млн т брутто). Из табл. 3 следует, что по основным дефектам на сети железных дорог изымаются из пути 82,6 % рельсов, на Минском метрополитене – 80,9 %, а на Московском метрополитене – 73,8 %, т. е. указанные доли сравнительно близки друг к другу.

Также довольно близкие значения показателей удельного выхода рельсов из пути по основным дефектам, которые соответственно для путей железных дорог и Московского метрополитена составляют 0,81 и 0,88 шт./км в год. Удельный выход рельсов по основным дефектам от общего числа дефектов для первой линии Минского метрополитена составляет 0,71 шт./км в год. Это можно объяснить меньшей интенсивностью движения поездов по сравнению с Московским метрополитеном.

Удельный выход рельсов типа Р50 на путях метро и линиях сети железных дорог

Показатели		Обозначение дефекта						
		11	10, 17	20, 21, 26, 27, 30Г	41	52.1, 53, 56	60, 66	Всего
На линиях железных дорог	Удельный выход, шт./км	0,06	0,02	0,36	0,04	0,33	–	0,81
	Изъятие рельсов от общего выхода, %	5,8	2,4	36,8	3,9	33,7	–	82,6
На путях Московского метрополитена	Удельный выход, шт./км	0,70	0,08	0,04	–	0,07	–	0,89
	Изъятие рельсов от общего выхода, %	58,0	6,8	3,4	–	5,6	–	73,8
На путях Минского метрополитена	Удельный выход, шт./км	0,490	0,04	0,06	–	0,04	0,06	0,71
	Изъятие рельсов от общего выхода, %	56,0	4,9	6,6	–	4,9	7,2	80,9

Выводы

1. Природа образования контактно-усталостных дефектов 11, 21 и 30Г однострочечные неметаллические включения, от которых вначале образуются внутренние продольные трещины, поворачивающиеся затем либо к поверхности боковой выкружки с последующими выколами металла (дефект 11), либо внутрь головки с образованием поперечного усталостного пятна (дефект 21) или развивающиеся вдоль головки рельса (дефект 30Г). Рельсы с дефектами 21 и 30Г являются остродефектными, а рельсы с дефектом 11 требуют замены в плановом порядке. Следовательно, преимущественное образование дефекта 11 в рельсах Минского метрополитена является положительным фактором (с позиции повышения уровня безопасности движения).

2. Интенсивность выхода дефектных рельсов после пропуска нормативного тоннажа на путях Минского метрополитена составляет от 0,08 до 1,04 шт./км в год. Интенсивность выхода остродефектных рельсов значительно ниже, и не превышает 0,32 шт./км в год. Общее количество дефектных рельсов составило 223 шт. за весь период эксплуатации, а остродефектных рельсов – всего 43 шт., то есть около 19 % от общего числа изъятых рельсов.

3. Структура выхода рельсов типа Р50 на путях Минского метрополитена является более благоприятной, чем на сети магистральных железных дорог. Преобладают постепенно появляющиеся, развивающиеся, визуально контролируемые дефекты 11 и 17, доля которых достигает 60 % от всех дефектов, в то время как на магистральных линиях подавляющее количество составляют дефекты 21, 53.1 и 30Г. По опасным стыковым дефектам на железных дорогах изымают около 34 % рельсов Р50, а на линиях Минского метрополитена этот показатель после пропуска нормативного тоннажа составляет не более 5 %. Величина удельного изъятия остродефектных рельсов типа Р50 на линиях метрополитена находится на уровне 20 % от аналогичного показателя для сети железных дорог.

4. Выполненный анализ позволяет сделать общее заключение, что пропуск нормативного тоннажа на первой линии Минского метрополитена не исчерпал работоспособность рельсов Р50 производства металлургического комбината «Азовсталь». Это означает, что правомерно ставить и решать задачу о продлении их срока службы на основе соответствующих теоретических и экспериментальных исследований.

Поступила в редколлегию 15.06.2005.