

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ГОЛОВКИ РЕЛЬСА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. А. Кебиков

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Изучено состояние материала поверхностных слоев головки нетермоупрочненных рельсов типа Р50 после пропуска нормативного тоннажа в сравнении с состоянием до эксплуатации. Выполнено исследование твердости по Виккерсу (HV) по поверхности катания и по боковой поверхности головки рельса. Обнаружены четыре характерные зоны деформирования головки рельса на ее поверхности катания с различными значениями твердости.

Проблема обеспечения требуемой эксплуатационной долговечности системы колесо/рельс и особенно главного ее элемента – рельса – является одной из самых злободневных для железнодорожного транспорта во всех странах мира. Поэтому известна огромная литература, посвященная ее обсуждению с разных позиций [1 – 6 и др.]; систематически проводятся (во многих странах) специальные международные научно-технические конференции. И хотя общими усилиями достигнуты впечатляющие успехи в разрешении многих задач, сама проблема как была, так и остается: выход, например, рельсов из строя – это бич современного железнодорожного транспорта.

Действующими нормативными документами по текущему содержанию пути в условиях метрополитенов рекомендуется: независимо от того, есть или нет дефекты в рельсах типа Р50, они должны заменяться сплошь после пропуска 300 млн т в прямых и кривых радиусом более 600 м, после пропуска 210 млн т – в кривых радиусом от 600 до 301 м.

За 20 лет эксплуатации первой линии Минского метрополитена по рельсам первого участка пропущено более 338 млн т, а за 18 лет на втором участке – более 317 млн т брутто груза. Таким образом, по всей первой линии пропущен сверхнормативный тоннаж, и все рельсы должны были заменены новыми.

Для продления существующих нормативов срока службы рельсов в прямых и кривых участках Минского метрополитена был выполнен комплекс экспериментальных исследований. Особое внимание было уделено изучению состояния материала поверхностных слоев головки нетермоупрочненных рельсов типа Р50 после пропуска нормативного тоннажа в сравнении с состоянием до эксплуатации. Кроме того, проанализировано изменение характеристик механических свойств материала рельсов в процессе эксплуатации.

Объектами для исследований служили три отрезка рельсов: не бывший в эксплуатации (исходное состояние); вырезанный из прямого участка пути, после эксплуатации, в течение которой пропущен нормативный тоннаж 300 млн т; вырезанный из кривого участка пути радиусом 500 м, после эксплуатации, в течение которой пропущен нормативный тоннаж 210 млн т.

Было выполнено исследование твердости по Виккерсу (HV) по поверхности катания и по боковой поверхности головки рельса. Схема измерения твердости представлена на рисунке 1.

Систематизация и обобщение статистических данных для поверхности катания рельса из прямого участка выполнены на рисунке 2.

Обнаруживаются четыре (I, II, III, IV) характерные зоны деформирования головки рельса на ее поверхности катания.

В зоне I твердость достигает наибольших значений порядка 500–600 HV и (редко) более. Эта зона неравномерна по ширине головки катания и периодична по ее длине, другими словами, она – нестационарна. Поскольку твердость исходного материала не превышает 300 HV, то имеет место более чем двукратный рост твердости. Такое повышение твердости означает сильное упрочнение пластической деформацией тонкого поверхностного слоя. Но в результате большой остаточной деформации развиваются и процессы разупрочнения: она предвестник охрупчивания и разрушения материала. Понятно, что именно в зоне I следует ожидать в будущем образования ямок выкрашивания и интенсивного износа отслаиванием.

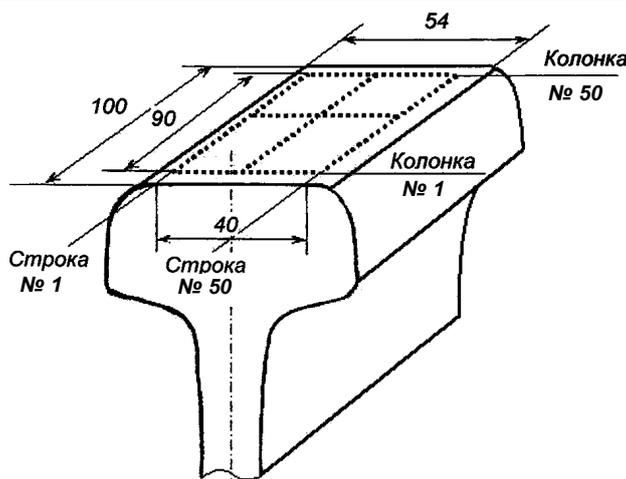


Рисунок 1 – Схема измерения твердости на поверхности катания головки рельса

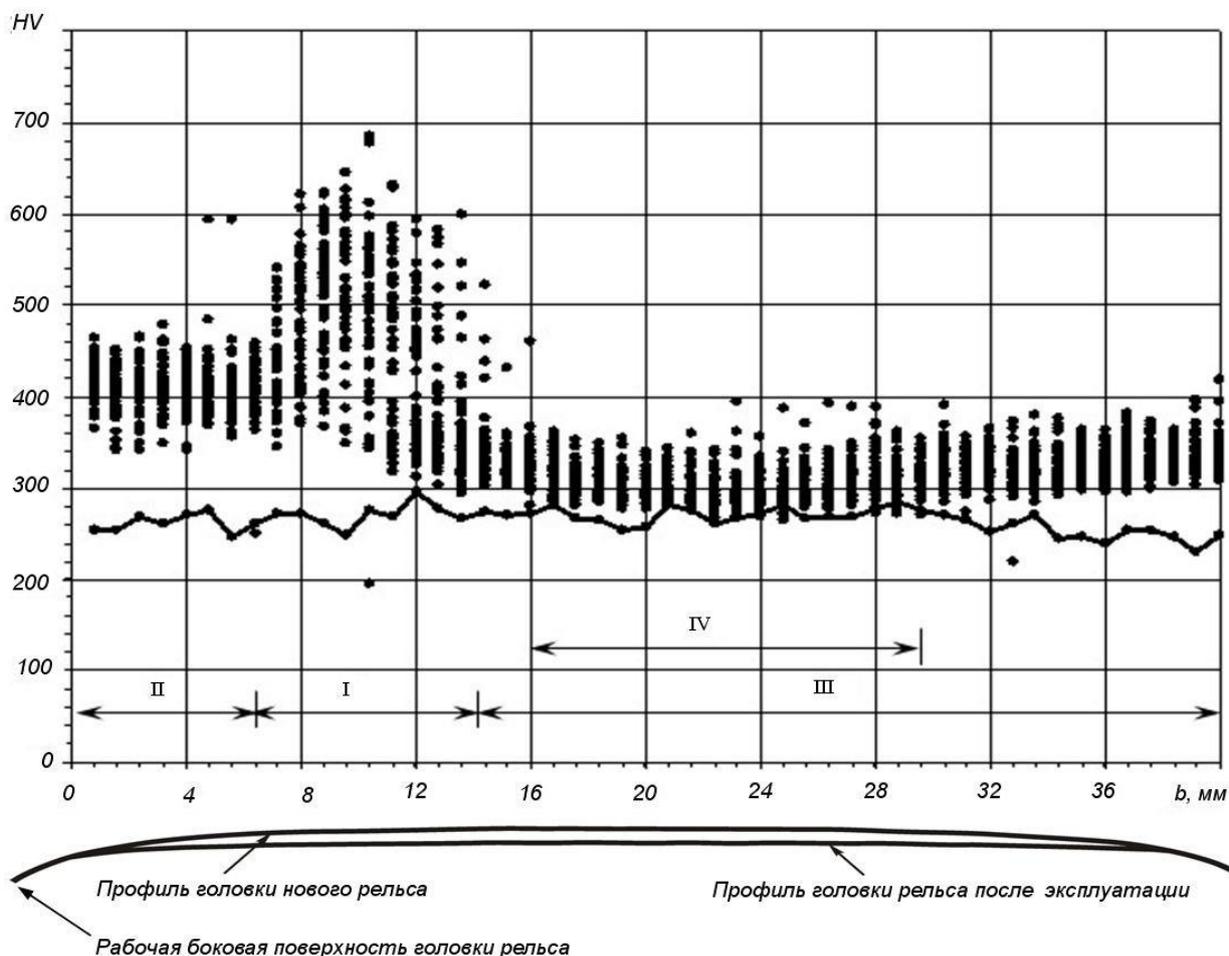


Рисунок 2 – Обобщенное распределение твердости по поверхности катания головки рельса из прямого участка, пропустившего нормативный тоннаж, и твердость до эксплуатации (ломаная линия)

В зоне II твердость достигает значений порядка 450–460 HV и (редко) несколько выше; это примерно на 25 % ниже, чем в зоне I. Это тоже зона интенсивного остаточного деформирования, но ясно, что здесь можно говорить больше об упрочнении, чем разупрочнении пластической деформацией.

В зоне III твердость не превышает значений 400 HV; но в среднем она составляет 340–350 HV, т.е. немногим больше (примерно на 25–30 %) исходной твердости. Это, конечно, зона, где эксплуатационные повреждения в обозримом будущем не предвидятся.

Внутри зоны III обнаруживается зона IV, твердость в которой наименьшая. Это – почти «здоровая» область деформирования, свойства материала здесь изменились незначительно (и притом, без-условно, улучшились).

Для рельса, вырезанного из кривого участка, твердость исследовалась как на поверхности катания, так и на боковой поверхности скольжения головки рельса. Обобщение статистических данных выполнено на рисунке 3.

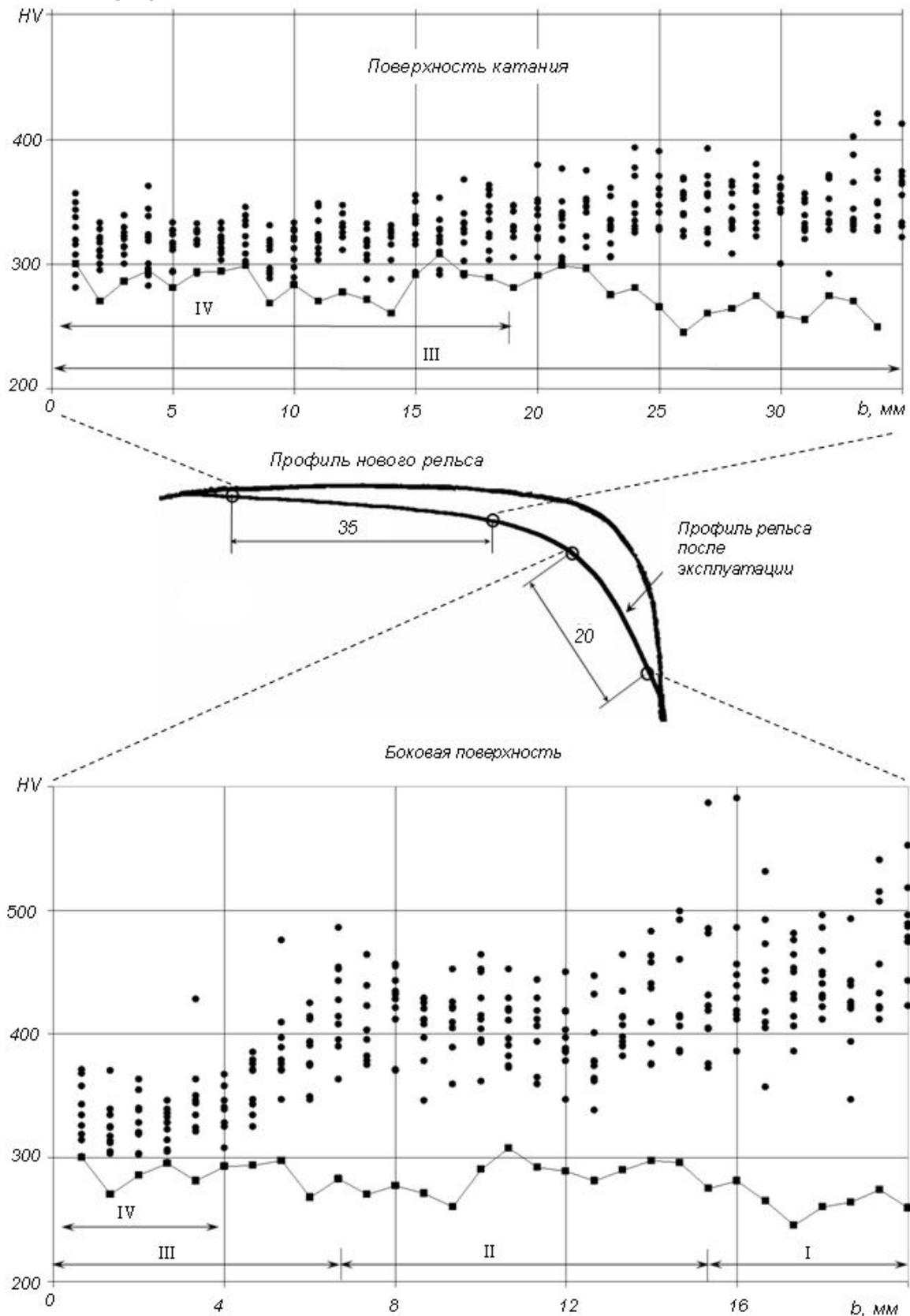


Рисунок 3 – Обобщенное распределение твердости по рабочим поверхностям головки рельса из кривого участка, пропущившего нормативный тоннаж, и твердость до эксплуатации (ломаная линия)

На поверхности катания головки рельса из кривого участка твердость распределена практически равномерно и варьируется в интервале от 300 до 400 HV. Легко заметить, что интервал распределения твердости близок тому, который наблюдается в зоне III для поверхности катания головки рельса из прямого участка (см. рисунок 2). Кроме того, выделяется зона, в которой твердость наименьшая, – зона IV.

На боковой поверхности головки рельса закономерность иная: рассеяние твердости достигает 200 единиц, при этом наибольшая твердость (от 475 до 520) обнаруживается в районе скольжения реборды колеса по рельсу. По величине твердости этот участок соответствует I зоне. Подобным образом выделяются: зона II с твердостью до 475 HV и зона III с твердостью до 400 HV. Режим скольжения оказывается «тяжелее», чем режим качения с проскальзыванием – таково заключение.

Таким образом, на рабочих поверхностях головок рельсов, эксплуатировавшихся в различных условиях, обнаружены сходные зоны деформирования. Их параметры приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение твердости в характерных зонах поверхности головки рельсов

Зона	Среднее повышение твердости HV, %	Интервал значений твердости HV		
		рельс из прямого участка	рельс из кривого участка	
			поверхность катания	поверхность катания
I	175	>475	–	>475
II	150	401 – 475	–	401 – 475
III	30	325 – 400	325 – 400	325 – 400
IV	10	<325	<325	–

Изучения изменения твердости в процессе эксплуатации недостаточно для оценки служебных свойств рельсов. Необходим обоснованный критерий, позволяющий установить, как далеко (или как близко) механическое состояние материала рельсов после пропуска нормативного тоннажа находится по отношению к предельному.

Список литературы

- 1 Шур, Е. А. Проверка качества рельсов / Е. А. Шур // Путь и путевое хозяйство. – 2002. – № 9. – С. 23–28.
- 2 Проблемы взаимодействия колеса и рельса: материалы Междунар. конф., 14–17 июня 1999 г. – М.: Интекст, 1999. – 267 с.
- 3 Лысюк, В. С. Исследование причин увеличения контактно-усталостных отказов рельсов с ростом износа (проката) рельсов / В. С. Лысюк, В. Ф. Барабошин, А. В. Лукьянов // Динамические характеристики механических систем: сб. науч. тр. / ИТМ АН УССР. – Киев: Наукова думка, 1984. – С.83–91.
- 4 Износ колес и долговечность рельсов / В. С. Лысюк [и др.] // Путь и путевое хозяйство. – 1984. – № 5. – С.27–28.
- 5 Paul Barton. A review of rail wheel contact stress problems // Railroad Track. Mech. and Technol. Roc. Symp., Princeton N.J. 1975. Oxford, C.D. 1978. – PP.323–351.
- 6 Kumar S., Rajkumar B.R. Laboratory investigation of wheel rail contact stresses for U.S. freight cors. / Trans. ASME. – 1981.– № 2. – PP.246–255.

Получено 15.04.2005

A. A. Kebikov. The main laws of change of mechanical properties of surface layers of the head of a rail at a continuous operation.

The state of a material of surface layers of the head non-thermohardened rails P50 after the skip of the normative tonnage in comparison with a state before operation is investigated. Probe of Vickers hardness (HV) on a surface of driving and on a side face of the head of a rail. There are revealed four characteristic zones of deforming of the head of a rail on its surface of driving with various values of hardness.