

## 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.

**П**роблема 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.

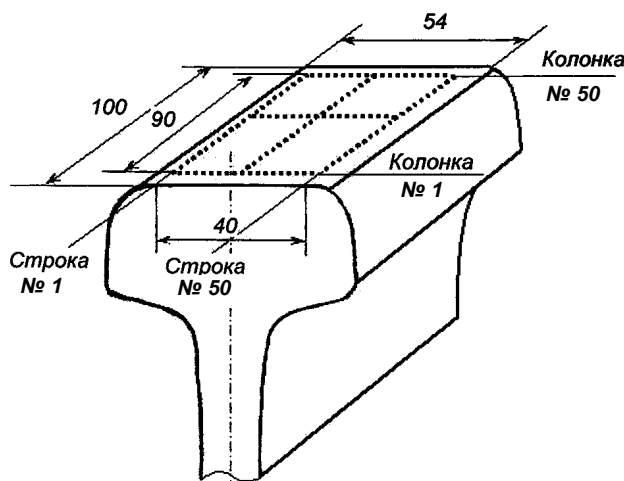


Рисунок 1 – Схема измерения твердости на поверхности катания головки рельса

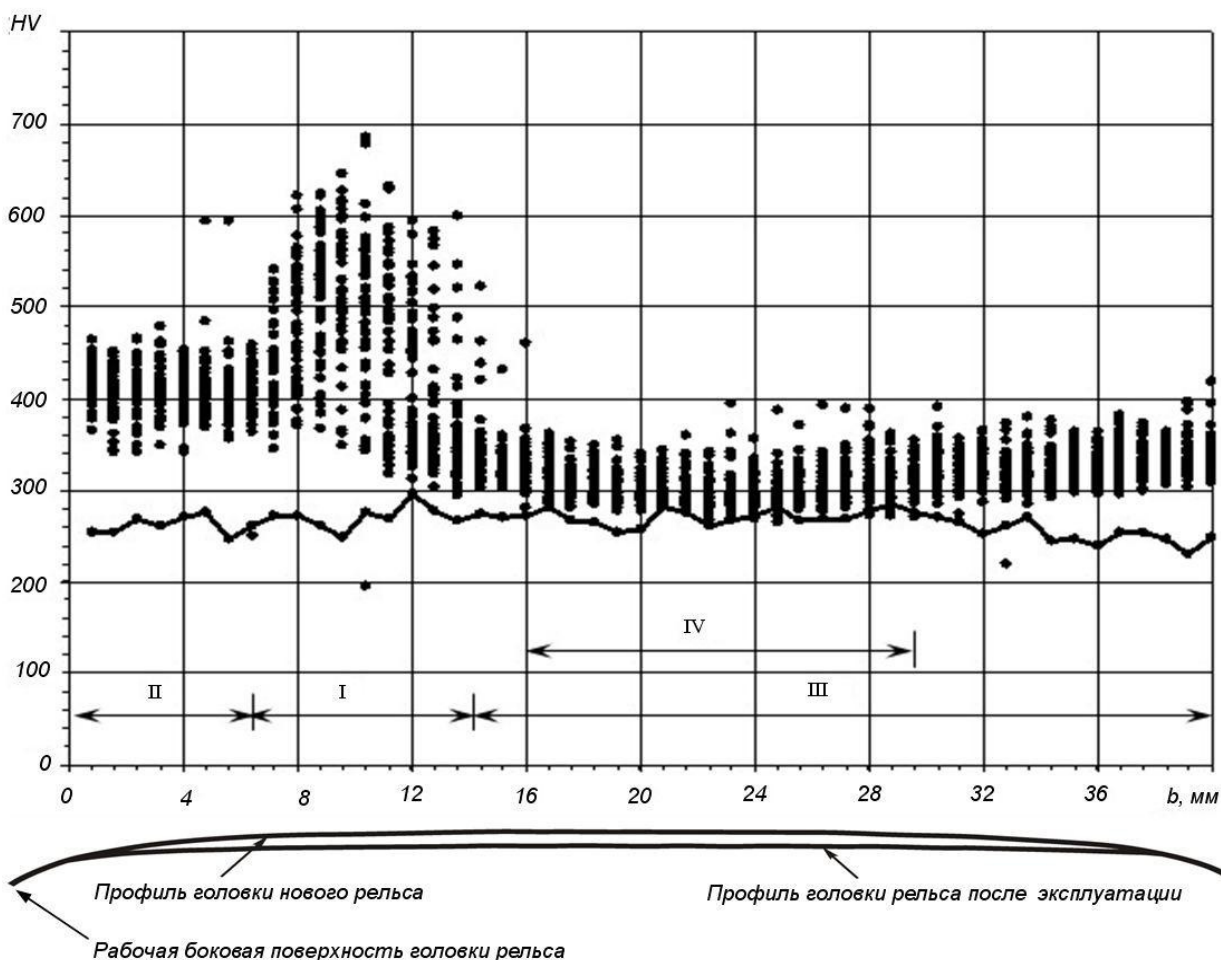


Рисунок 2 – Обобщенное распределение твердости по поверхности катания головки рельса из прямого участка, пропустившего нормативный тоннаж, и твердость до эксплуатации (ломаная линия)

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.

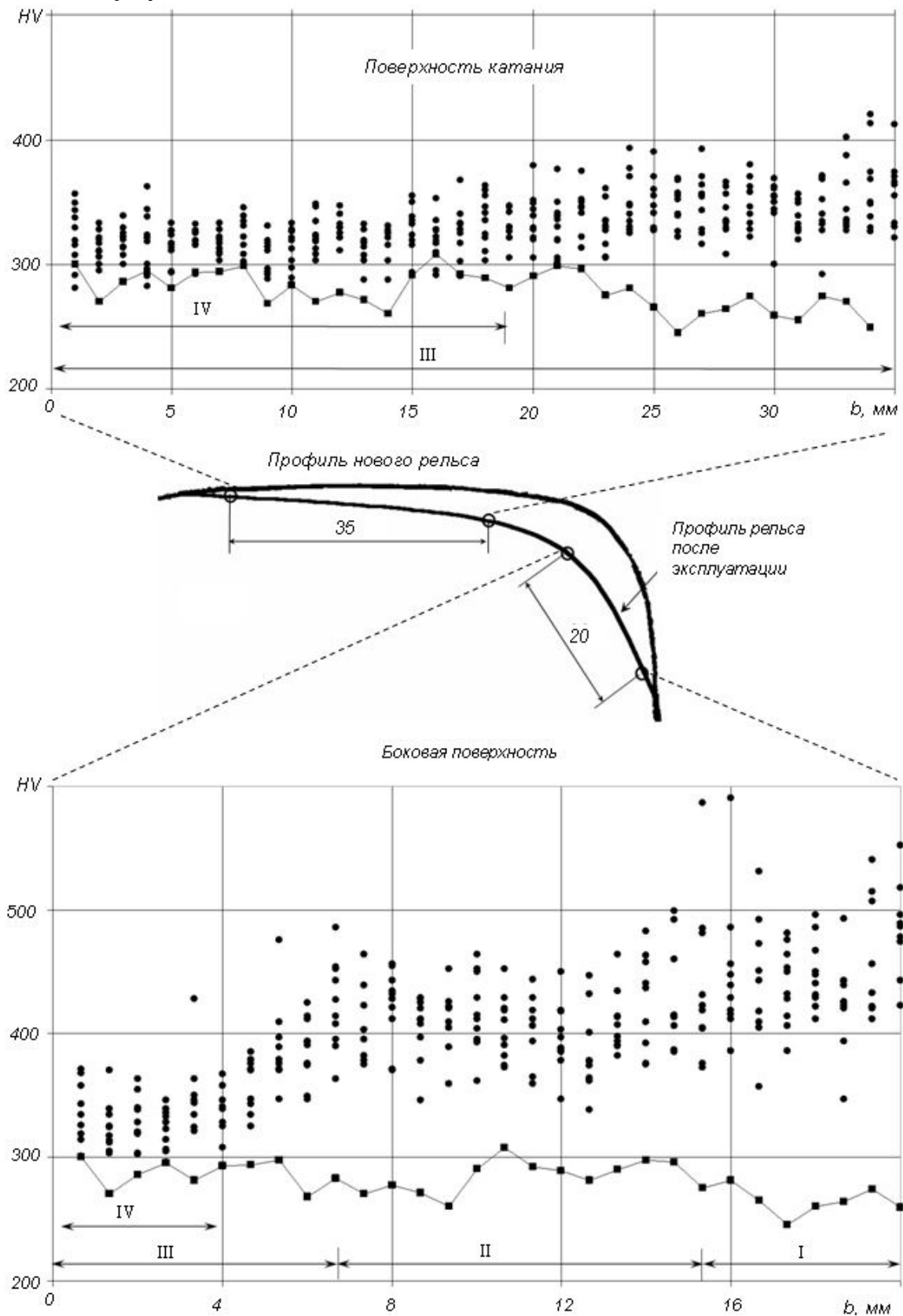


Рисунок 3 – Обобщенное распределение твердости по рабочим поверхностям головки рельса из кривого участка, пропущившего нормативный тоннаж, и твердость до эксплуатации (ломаная линия)

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	боковая поверхность
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.