

Рахчеев В. Г., Максимов И. С., Галанский С. А., Мустафин А. Г.
V. G. Rakcheev, I. S. Maksimov, S. A. Galansky, A. G. Mustafin

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ
ГОЛОВОК РЕЛЬСОВ ПРИ ШЛИФОВАНИИ**

**THEORETICAL FEATURES OF THE FORMATION OF THE ROLLING SURFACE
OF THE RAIL HEADS WHILE GRINDING**

Рахчеев Валерий Геннадьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» Самарского государственного университета путей сообщения (Россия, Самара); 443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В; тел. +7(927)760-82-75.

Valery G. Rakcheev – Dr. Sc. (Technical), Professor, Samara State Transport University (Russia, Samara); 2 V Svoboda str., Samara 443066, Russia; tel. +7(927)760-82-75.

Максимов Илья Сергеевич – старший преподаватель Самарского государственного университета путей сообщения (Россия, Самара); 443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В; тел. +7(927)694-36-53.

Ilya S. Maksimov – Assistant Professor, Samara State Transport University (Russia, Samara); 2 V Svoboda str., Samara 443066, Russia; tel. +7(927)694-36-53.

Галанский Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент Самарского государственного университета путей сообщения (Россия, Самара); 443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В; тел. +7(917)111-72-82.

Sergey A. Galansky – Cand Sc. (Technical), Assistant Professor, Samara State Transport University (Russia, Samara); 2 V Svoboda str., Samara 443066, Russia; tel. +7(917)111-72-82.

Мустафин Артур Галимзянович – заведующий лабораторией Самарского государственного университета путей сообщения (Россия, Самара); 443066, Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В; тел. +7987-917-15-06.

Artyr G. Mustafin – Head of the Laboratory, Samara State Transport University (Russia, Samara); 2 V Svoboda str., Samara 443066, Russia; tel. +7987-917-15-06.

Аннотация. Рассмотрена возможность получения и формирования поверхности катания головок рельсов в технологическом процессе шлифования рельсов. Воссоздаются условия совместного взаимодействия рабочей грани головок железнодорожных рельсов с абразивным инструментом при различных условиях механической обработки в процессе шлифования. Раскрыт критерий, связывающий высокую точность формирования поверхности катания и обеспечение эффективности процесса шлифования рельсов.

Summary. The possibility of obtaining and forming the rolling surface of rail heads in the technological process of rail grinding is theoretically considered. The conditions of joint interaction of the working face of the heads of railway rails, with an abrasive tool, under various conditions of mechanical processing during grinding are recreated. The criterion linking the high accuracy of the surface formation and ensuring the efficiency of the rail grinding process is disclosed.

Ключевые слова: шлифование рельсов, модель взаимодействия, шлифовальный круг с обрабатываемой поверхностью.

Key words: grinding of rails, model of interaction, grinding wheel with the processed surface.

УДК 625.144

В перспективе развития железнодорожной отрасли страны всё чаще наблюдаются тенденции и пути реализации, направленные на значительное увеличение грузонапряжённости, повышение межосевых нагрузок подвижного состава, увеличение скоростей движения, массы поездов. Все эти условия в значительной мере накладывают определённые издержки на действующую ин-

фраструктуру. Одним из решений, ориентированных на рост эксплуатационных характеристик железнодорожного пути, является усовершенствование технологий, направленных на увеличение жизненного цикла объектов инфраструктуры, в особенности рельсового хозяйства [1; 4].

Перед путевым комплексом возникает ряд проблем, заключающихся в увеличении срока эксплуатации рельсов без снижения параметров надёжности всей конструкции железнодорожного пути. Существующие технологические решения базируются на совершенствовании и разработке операций по восстановлению эксплуатационных показателей рельсов.

Железнодорожные рельсы, применяемые на железных дорогах РФ, имеют сложный рабочий профиль. Применение рабочих поверхностей рельсов сложного профиля направлено на увеличение эксплуатационных свойств рельсов. На увеличение эксплуатационных свойств рельсов значительно влияет выполнение высокой точности формы головки рельсов. При искажении формы головки рельсов увеличивается их износ, появляются трещины и изломы, которые существенно влияют на надёжность, тем самым снижается срок службы рельсов.

С целью высокоточного формообразования рабочей поверхности рельсов на стадиях текущего содержания и ремонта пути назначается механическая обработка дорожек качения специализированными комплексами и мобильными средствами.

Шлифование производится рельсошлифовальными поездами (РШП-48), которые имеют 48 абразивных кругов. Данные круги шлифуют головку рельса по многоугольнику. При этом на рабочей поверхности головки рельсов появляются грани (см. рис. 1).

Под влиянием высоких контактных напряжений в зонах соприкосновения колёс подвижного состава и рельса в местах вершин граней из-за изменений структуры металла головки происходит образование трещин, которые приводят к выкрашиванию на поверхности катания рельсов и их излому, что снижает эксплуатационные условия участков железнодорожного пути [2, 15; 3, 7].

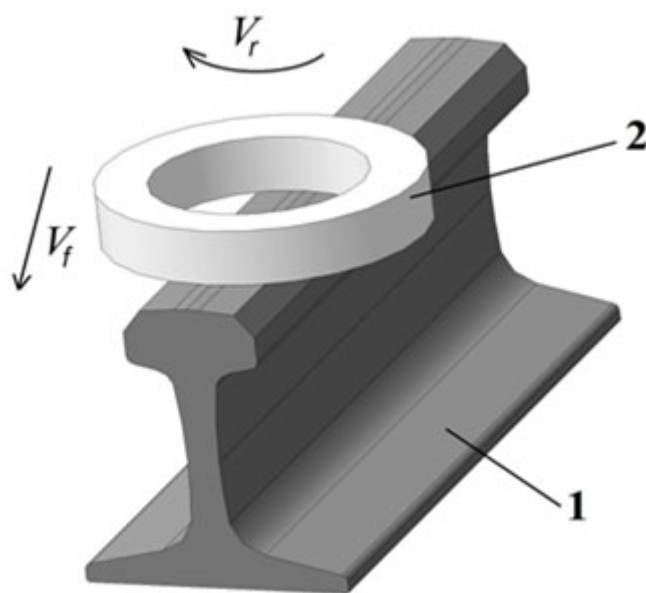


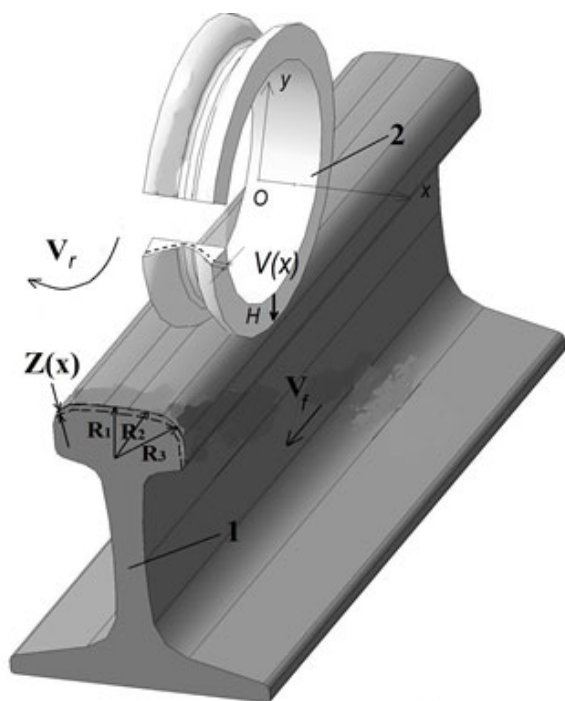
Рис. 1. Существующая схема шлифования дорожки качения и рабочей поверхности головки рельса торцом абразивного круга: 1 – рельс; 2 – шлифовальный круг

С целью повышения точности формы профильного шлифования, исключения гранённости на дорожке качения и выкружке головки рельсов предлагается обработку производить периферией абразивного круга (см. рис. 2).

Предварительно периферия абразивных кругов профилируется твёрдосплавными дисками под профиль новых рельсов или ремонтный профиль с радиусами R_1 , R_2 и R_3 (см. рис. 3).

Отличительной характеристикой появления гранённости на рабочей поверхности головки рельсов являются различные условия взаимодействия поверхностей кругов и рельсов. Так, напри-

мер, при шлифовании рельсов периферией круга участвует в работе различное количество абразивных зёрен. Если необходимо удалить одинаковый припуск $Z(X)$ (см. рис. 2), то на долю большего количества абразивных зёрен приходится меньший объём снимаемого металла и наоборот. В результате происходит неравномерный износ круга, который приводит к получению искажённого рабочего профиля рельсов. В связи с этим существующие технологии шлифования невозможно использовать с высокой эффективностью в условиях путевого хозяйства [4; 17].



$Z(x)$ – убираемый припуск; $V(x)$ – радиальный износ абразивного круга; H – радиальное перемещение абразивного круга; V_f – скорость подачи абразива (скорость поезда РШП); V_r – скорость вращения абразивного круга; XOY – система координат; R_1 , R_2 и R_3 – радиусы профиля обрабатываемого рельса

Рис. 2. Предлагаемая схема шлифования дорожки качения и рабочей поверхности головки рельса по периферии абразивного круга:
1 – рельс; 2 – шлифовальный круг

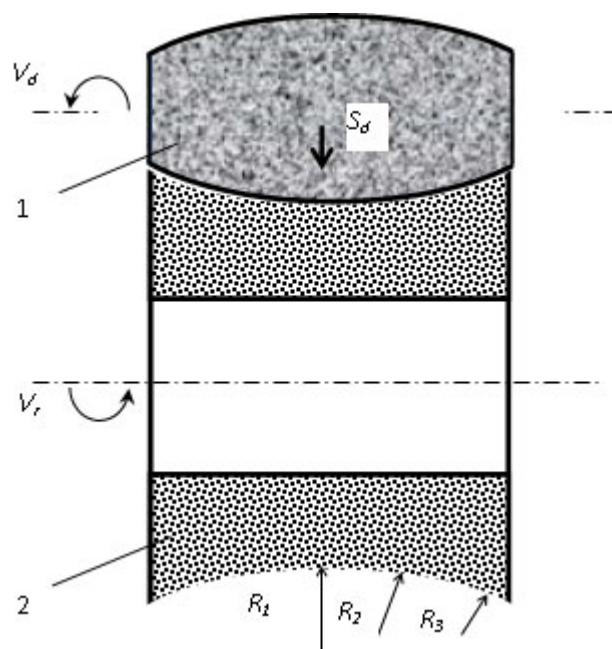
Для повышения показателей процесса шлифования выполнен теоретический анализ формообразования рабочей поверхности рельса при шлифовании периферией круга.

С этой целью предлагается рассмотреть статистическую модель, изображённую на рис. 2, описывающую технологический процесс шлифования рабочего профиля железнодорожных рельсов периферией круга. В начальном положении ось абразивного круга 2 совмещена с осью OX системы координат XOY [5, 21].

Технологический процесс шлифования описывается двумя показателями: практически убираемым припуском $Z(X)$ и линейным радиальным износом абразивного круга $V(X)$, т.е.

$$H = Z(X) + V(X), \quad (1)$$

где H – радиальное перемещение круга.



S_d – скорость подачи твёрдосплавного диска, V_d – скорость вращения твёрдосплавного диска
Рис. 3. Схема профилирования периферии абразивного круга твёрдосплавным диском:
1 – абразивный круг; 2 – твёрдосплавный диск

Зависимость (1) характеризует математическую модель формообразования рабочей поверхности рельсов при шлифовании.

Представленный теоретический анализ математической модели показывает, что величина радиального перемещения круга зависит от его износа и удаляемого припуска.

Неравномерность износа периферии круга $V(X)$ возможно описать следующим условием:

$$V(X) \neq \text{const}, X \in [0, n],$$

где n – количество поперечных сечений круга.

Несоответствие радиального износа абразивного круга $V(X)$ влечёт за собой искажение, унаследованное после убираемого припуска $Z(X)$ очертания рабочей поверхности железнодорожных рельсов ΔX , но поскольку рабочая зона шлифовального круга при круглом шлифовании дублируется на обрабатываемой поверхности рельса, то величина удаляемого припуска $Z(X)$ будет определяться по следующему выражению:

$$Z(X) = H - V(X) \neq \text{const}, X \in [0, n]. \quad (2)$$

Обеспечить высокую точность обработанной поверхности рельсов возможно в том случае, когда радиальный износ шлифовального круга будет минимальным. Потенциально создать такое условие возможно, если радиальный износ по всей рабочей поверхности абразивного круга будет равен нулю, т.е. выполнимо следующие условие:

$$V(X) = \text{const}, X \in [0, n]. \quad (3)$$

На основании представленного теоретического анализа установлено, что высокоточное формообразование поверхности катания головки рельсов при шлифовании возможно только при равномерном износе периферии абразивного круга.

Принимая во внимание такой показатель, как точность шлифования головок рельсов с равномерным износом рабочей поверхности абразивного круга, необходимым условием будет являться, чтобы режущие зёрна изнашивались равномерно. Для этого толщина слоя a_z , снимаемого одним зерном, должна быть постоянным параметром:

$$a_z(x) = \text{const}.$$

Учитывая принятый постоянный параметр, толщина слоя $a_z(x) = \text{const}$ принимается за совокупный критерий. Следует обратить внимание на то, что обеспечение постоянства $a_z(x) = \text{const}$ при технологии шлифования рельсов позволит выполнить условие (3), т.е. создаются условия для равномерного износа шлифовального круга. При использовании данного критерия диспергирование поверхности будет равномерным, припуск $Z(X) = \text{const}$, т.е. выражение (2) можно записать

$$Z(X) = H - V(X) = \text{const}, X \in [0, n].$$

В свою очередь удаляемый припуск с головки рельсов $Z(X)$ может быть связан с толщиной слоя $a_z(x)$, который определится следующим образом:

$$Z(X) = \sum_{i=1}^n a_z(x) \cdot n_p,$$

где n_p – число режущих зёрен в сечении X ; n – частота вращения абразивного круга, необходимая для удаления фактического припуска $Z(X)$.

Теоретически обоснована и разработана аналитическая модель взаимодействия абразивного круга с обрабатываемой поверхностью головки рельсов, на основе которой выявлен критерий, показывающий процесс качественного шлифования. Этим критерием является толщина слоя a_z , снимаемого одним зерном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение эффективности привода механизма стрелочного перевода / С. Н. Иванов, К. К. Ким, М. Ю. Сарылов, М. В. Семибратова // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2019. – № IV-1 (40). – С. 46-51.
2. Рахчеев, В. Г. Осциллирующее шлифование рельсов железнодорожного пути / В. Г. Рахчеев, С. А. Галанский, И. С. Максимов // Вестник транспорта Поволжья. – 2019. – № 2 (74). – С. 46-50.
3. Рахчеев, В. Г. Повышение эффективности шлифования рельсов на основе применения модернизированных композиционных и лепестковых кругов и оптимизации системы измерения рельсошлифовального поезда / В. Г. Рахчеев, С. А. Галанский, И. С. Максимов // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – № 4 (70). – С. 52-58.
4. Байдакова, Н. В. О влиянии формы и зернистости абразивного зерна на эффективность шлифования / Н. В. Байдакова, С. А. Крюков // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы. Шлифабразив-2014: сборник статей Международной научно-технической конференции / под общ. ред. В. М. Шумячера. – Волгоград: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. – С. 106-110.
5. Рахчеев, В. Г. Пути повышения качества шлифования рельсов железнодорожного пути / В. Г. Рахчеев, С. А. Галанский, И. С. Максимов // Наука и образование транспорту. – 2018. – № 2. – С. 164-165.
6. Автоматизированный электромеханический привод вагонных дверей / С. Н. Иванов, К. К. Ким [и др.] // Электротехника. – 2019. – № 10. – С. 11-16.