

# Энциклопедия знаний о дефектах рельсов: рецензия на книгу К.-О. Эделя, Г. Будницкого, Т. Шнитцера «Дефекты рельсов. Напряжения и повреждения». Том 1

**Е. А. ШУР**

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

**Аннотация.** В рецензии проведен анализ вышедшей в издательстве Springer Vieweg монографии, в которой представлены научные подходы к проблемам образования дефектов в железнодорожных рельсах. К преимуществам рецензируемой книги следует отнести анализ статистических данных об отказах рельсов, описание методов испытаний, диагностики повреждений. В книге подробно рассмотрены широко распространенные различные виды контактно-усталостных дефектов, образующихся при эксплуатации в головке рельсов: внутренние продольные подповерхностные трещины (shelling), множественные поверхностные параллельные трещины (head checks), поверхностные конические трещины в средней части поверхности катания с большей или меньшей степенью деформации (squats und studs).

**Ключевые слова:** железнодорожные рельсы; трещины; контактно-усталостные дефекты; статистика повреждений; методы испытаний; диагностика

Издательство Springer Vieweg выпустило монографию, посвященную дефектам, которые развиваются при эксплуатации железнодорожных рельсов и определяют как продолжительность их службы, так и безопасность движения. В первом томе представлен классический подход к изучению напряжений и повреждений железнодорожных рельсов, а во втором томе будут обобщены решения, которые позволяют получить по отношению к проблемам повреждений рельсов современная механика разрушений.

В отличие от других книг, выпущенных в последние годы по рельсам и посвященных повреждаемости рельсов [1], их ресурсу [2], надежности пути [3], системе ведения путевого хозяйства [4], расчетам верхнего строения пути [5], заводским дефектам рельсов [6], износу рельсов [7] и путевой дефектоскопии [8], в данной монографии освещены все эти вопросы в одной книге и взаимосвязано.

Существующие во всем мире тенденции повышения нагрузок на ось и грузонапряженности в грузовом движении, а также увеличения скоростей движения пассажирских поездов ужесточают усло-

вия эксплуатации рельсов, что приводит к росту их повреждаемости. Это определяет научную и практическую актуальность обобщения многолетней истории борьбы с износом и эксплуатационными повреждениями рельсов на основе изучения их природы, статистических наблюдений за их развитием, совершенствования методов расчета рельсов на прочность и контроля за появляющимися дефектами в пути.

Структура монографии достаточно четко обоснована и определяется тем, что комплексный характер «рельсовой проблемы» требует комплексного ответа в ходе мониторинга, исследований, расчетов, наблюдений и дефектоскопирования рельсов в процессе эксплуатации.

В первом томе монографии использована следующая последовательность изложения материалов о научных подходах к проблемам образования дефектов в железнодорожных рельсах. В первой главе коротко рассмотрены повреждения чугунных рельсов и рельсов из пудлингового железа на заре железных дорог.

Вторая глава посвящена проблемам систематизации дефектов рельсов, которая начиная с 1930-х гг. развивалась и совершенствовалась в разных странах. К сожалению, авторы не высказали своего мнения о преимуществах и недостатках классификаций рельсов, принятых в настоящее время в Северной Америке, Европе, России, Китае и международных организациях.

В третьей главе подробно освещен опыт многолетних наблюдений за процессами образования различных дефектов в рельсах. Отдельно рассмотрены последствия и материальный ущерб в случаях, если дефекты в рельсах выявляются своевременно, если они приводят к изломам рельсов и в тех случаях, когда изломы рельсов служат причиной сходов с рельсов подвижного состава с аварийными последствиями. Обобщены закономерности кинетики роста эллиптических трещин в головках рельсов по мере увеличения

■ E-mail: [shurea@mail.ru](mailto:shurea@mail.ru) (Е. А. Шур)

пропущенного по ним груза. Аналогичные работы были проведены по наблюдениям за ростом трещин от отверстий в шейке рельсов и поперечных трещин, растущих от поверхности головки или подошвы рельсов при нагружении их изгибом.

Наиболее подробно рассмотрены широко распространенные различные виды контактно-усталостных дефектов, образующихся при эксплуатации в головке рельсов: внутренние продольные подповерхностные трещины (shelling), множественные поверхностные параллельные трещины (head checks), поверхностные конические трещины в средней части поверхности катания с большей или меньшей степенью деформации (squats und studs). К сожалению, рассмотрение всех этих контактно-усталостных дефектов ограничено в основном горячекатаными рельсами. Особенности повреждаемости термоупрочненных рельсов с твердостью не НВ 260–300, а НВ 350–400 остались не освещенными.

Большое место в книге занимает анализ статистических данных об отказах рельсов. Целью периодической оценки отчетов об изъятах или сломавшихся рельсах является определение числа изъятых рельсов в зависимости от типа повреждений, марки стали, производителей рельсов, года прокатки, типа тяги, нагрузок на ось и многих других параметров. Задача заключается в том, чтобы выявить причины повреждений рельсов и в конечном итоге повлиять на повышение эксплуатационной безопасности железной дороги путем принятия контрмер и доказательства их эффективности.

Обсуждаются проблемы обеспечения сопоставимости статистических данных и необходимости многолетних наблюдений для получения достоверной статистической информации. Рассмотрены статистические данные о влиянии нагрузок на ось, скорости движения, наработки, износа, температуры и различных способов сварки на изломы рельсов. К сожалению, большинство данных относится к 1970-м гг., когда длина, погонная масса, технология прокатки и термической обработки существенно отличались от рельсов современного производства.

В четвертой главе рассмотрены вопросы долговечности железнодорожных рельсов. Этот процесс тесно связан с совершенствованием конструкции рельсов и железнодорожного пути в целом. Параллельно кардинально изменялись способы производства рельсовой стали и происходил переход от коротких рельсов, соединенных болтами и накладками, к бесстыковому сварному пути. Значительный прогресс в повышении сопротивления повреждаемости рельсов был связан с переходом от разливки рельсовой стали в слитки к непрерывной разливке, переходу к прокатке рельсов в универсальных клетях, широкому внедрению упрочняющей термической обработки.



Karl-Otto Edel, Grigori Budnitzki, Thomas Schnitzer. Schienenfehler 1. Beanspruchung und Schädigung von Eisenbahnschienen. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2021. 606 p.

Подробно описан многолетний прогресс в методах испытания рельсов и рельсовой стали при статическом, динамическом и циклическом нагружении. Результаты этих испытаний составили основу приемочных испытаний и вошли в условия поставки, а затем и в национальные и международные стандарты на рельсы. Для современных стандартов характерно проведение испытаний и на образцах, и на полнопрофильных пробах. Проведение усталостных испытаний дополняется испытаниями образцов с трещинами в соответствии с методами механики разрушения. В общий комплекс разнообразных испытаний входят и методы определения остаточных напряжений. Единственное, в чем можно упрекнуть авторов, это то, что они чрезмерное внимание уделяют истории совершенствования рельсов и их испытаний в ущерб обсуждению современных проблем в этих вопросах.

Подробно описаны различные мероприятия, предпринимаемые в пути по поддержанию нормального содержания рельсов. К ним относится и борьба с ползунами на колесах подвижного состава, которые приводят к недопустимым ударным нагрузкам рельсов, и контроль температурных напряжений, которые могут привести к потере устойчивости рельсов в пути. В процессе эксплуатации рельсов должны быть предотвращены механические, термические и электротермические повреждения, которые могут

приводить к их разрушению. Важную роль в восстановлении работоспособности рельсов играет их периодическое шлифование в пути, улучшающее их прямолинейность и устраняющее волнообразный износ и контактно-усталостные повреждения поверхности головки.

Рассмотрены основы и периодичность магнитного и ультразвукового неразрушающего контроля рельсов в пути — основного метода своевременного обнаружения дефектов рельсов и предотвращения их разрушения. Растущие поперечные усталостные трещины в головке рельсов должны быть выявлены при неразрушающем контроле в процессе эксплуатации до достижения ими критического размера, который на российских железных дорогах составляет 20–30 % от сечения головки, а на европейских — 45–55 %.

Пятая глава посвящена напряжениям в железнодорожных рельсах. Рассмотрены теоретические основы расчета сил, моментов, напряжений и деформаций при нагружении рельсов. Собраны достаточно полные данные о физико-механических свойствах различных рельсовых сталей с временным сопротивлением от 200 до 400 МПа в рельсах с погонной массой от 50 до 70 кг/м. Большое внимание уделено остаточным напряжениям в рельсах и в сварных швах. Напряжения в рельсах существенно зависят от нагрузок на ось и скорости движения подвижного состава, которые заметно росли с годами, температур закрепления плетей бесстыкового пути. Обсуждается изменение свойств поверхностных слоев головки рельсов в результате холодной пластической деформации и наклепа под воздействием колес подвижного состава. При этом не только увеличиваются твердость и прочностные свойства наклепанного рельсового металла, но и снижается его пластичность и сопротивление хрупкому разрушению.

Подробно обсуждены особенности динамического нагружения рельсов колесами по сравнению со статическим при повышении скорости движения и наличии различных неровностей. Приведены максимальные значения динамических сил от колесного нагружения и их распределение. В рамках классической теории усталости обсуждается влияние частоты и скорости нагружения на увеличение напряжений в потенциальных точках начала зарождения трещин. Дополнительно рассмотрены силы, возникающие в рельсах при торможении.

Поскольку температура оказывает существенное влияние на вероятность появлений изломов рельсов, вполне оправдано подробное рассмотрение вопросов температуры рельсов. Это относится к изменению температуры в течение суток и года, соотношению температур рельсов и воздуха, экстремальным и кри-

тическим значениям температур, температурам закрепления бесстыкового пути.

Приведены решения по определению напряжений и деформаций при продольном изгибе рельсов в бесстыковом пути под действием температурных сил, напряжений в различных частях профиля при поперечном изгибе, рассмотрены особенности напряженного состояния вблизи концов рельсов, соединенных накладками и в свободном состоянии, в шейке рельсов вблизи отверстий, в переходных рельсах от одного профиля к другому. Поскольку в настоящее время максимальную долю в общей повреждаемости рельсов занимают дефекты контактной усталости, особый интерес представляют контактные напряжения в местах приложения сил между колесом и рельсом. Этому комплексу проблем, связанному с оценкой контактных напряжений при разном сочетании различной степени изношенности колес и рельсов в кривых разных радиусов, следовало бы уделить большее внимание, чем это сделано в книге. Вообще проблемы износа рельсов и смазки как основного средства борьбы с ним освещены недостаточно.

В каждой из пяти глав имеется обширная библиография. К сожалению, старые работы в ней представлены более полно, чем современные.

Оценивая книгу «Дефекты рельсов» в целом, нельзя не отметить, что она представляет собой энциклопедически полный обзор многолетних работ по такому важному вопросу, как природа повреждений рельсов. С нетерпением ждем второй том этой книги, посвященный применению механики разрушения и проблемам разрушения рельсов.

Книга будет полезна широкому кругу путейцев, прочнистов, металловедов и сварщиков, занимающихся проблемами железнодорожных рельсов.

Приятно отметить, что один из авторов монографии (Григорий Будницкий) является выпускником аспирантуры ВНИИЖТ, достаточно долго проработал в нашем институте и защитил здесь свою кандидатскую диссертацию.

Рецензируемая книга убедительно свидетельствует о том, что многолетний процесс совершенствования конструкции железнодорожного пути и рельсов и сегодня не завершен. Из-за повышенных нагрузок, перемещающихся по рельсам, и повышенных скоростей движения в рельсах возникают новые дефекты, которые необходимо устранять в интересах безопасности и экономии. Нельзя не согласиться с авторами, что вопросы о том, когда и как их нужно устранять, когда нужно заменять рельсы, нельзя разрешать просто на основе опыта работы путейцев. Эти вопросы должны являться объектом технической науки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шур Е. А. Повреждения рельсов. М.: Интекст, 2012. 192 с.
2. Крутиков А. М. Ресурс и срок службы рельсов Р65. Донецк: Nord-press, 2005. 158 с.
3. Надежность железнодорожного пути / под ред. В. С. Лысюка. М.: Транспорт, 2001. 286 с.
4. Каменский В. Б. Направления совершенствования системы ведения путевого хозяйства. М.: Академкнига, 2006. 392 с.
5. Шахунянц Г. М. Расчеты верхнего строения пути. М.: Трансжелдориздат, 1959. 264 с.
6. Дефекты и качество рельсовой стали: справочник / В. В. Павлов [и др.]. М.: Теплотехник, 2006. 218 с.

7. Лужнов Ю. М. Сцепление колес с рельсами (природа и закономерности). М.: Интекст, 2003. 144 с.

8. Марков А. А., Шпагин Д. А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов. СПб.: Образование – Культура, 2008. 281 с.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

### ШУР Евгений Авелевич,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, НЦ «Рельсы, сварка, транспортное материаловедение», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 12.05.2021 г., принята к публикации 18.05.2021 г.

**Для цитирования:** Шур Е. А. Энциклопедия знаний о дефектах рельсов: рецензия на книгу К.-О. Эделя, Г. Будницкого, Т. Шнитцера «Дефекты рельсов. Напряжения и повреждения». Том 1 // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2021. Т. 80. № 3. С. 182–185. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-3-182-185>.

## Best practices about rail defects: a review of the book “Defects of rails. Stresses and Damages”, Vol. 1 by K.-O. Edel, G. Budnitskiy, T. Schnitzer

E. A. SHUR

Joint Stock Company Railway Research Institute (JSC “VNIIZHT”), Moscow, 129626, Russia

**Abstract.** The review analyzes a monograph published by Springer Vieweg publishing house, which presents scientific approaches to the problems of defect formation in railway rails. The advantages of the book under review include the analysis of statistical data on rail failures, description of test methods and damage diagnostics. The book discusses in detail the widely occurring types of contact-fatigue defects formed during operation in the rail head: internal longitudinal shelling, multiple parallel head checks, surface squats and studs in the middle of the rolling surface with a greater or lesser degree deformations.

**Keywords:** railway rails; cracks; contact fatigue defects; damage statistics; test methods; diagnostics

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-3-182-185>

## REFERENCES

1. Shur E. A. *Povrezhdeniya rel'sov* [Damage to rails]. Moscow, Intext Publ., 2012, 192 p.
2. Krutikov A. M. *Resurs i srok sluzhby rel'sov R65* [Resource and service life of R65 rails]. Donetsk, Nord-press Publ., 2005, 158 p.
3. Lysyuk V. S. *Nadezhnost' zheleznodorozhnogo puti* [Reliability of the railway track]. Moscow, Transport Publ., 2001, 286 p.

4. Kamenskiy V. B. *Napravleniya sovershenstvovaniya sistemy vedeniya putevogo khozyaystva* [Directions of improving the system of track management]. Moscow, Akademkniga Publ., 2006, 392 p.

5. Shakhunyants G. M. *Raschety verkhnego stroeniya puti* [Calculations of the upper structure of the track]. Moscow, Transzhelдориздат Publ., 1959, 264 p.

6. Pavlov V. V., Temlyantsev M. V., Korneva L. V., Oskolkova T. N., Gavrilov V. V. *Defekty i kachestvo rel'sovoy stali. Spravochnik* [Defects and quality of rail steel. Reference book]. Moscow, Teplotekhnika Publ., 2006, 218 p.

7. Luzhnov Yu. M. *Stsepleniye koles s rel'sami (priroda i zakonomernosti)* [Coupling of wheels with rails (nature and patterns)]. Moscow, Intext Publ., 2003, 144 p.

8. Markov A. A., Shpagin D. A. *Ul'trazvukovaya defektoskopiya rel'sov* [Ultrasonic flaw detection of rails]. St. Petersburg, Obrazovanie – Kul'tura [Education – Culture] Publ., 2008, 281 p.

## ABOUT THE AUTHOR

### Evgeniy A. SHUR,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, SC “Rails, welding, transport materials science”, JSC “VNIIZHT”

Received 12.05.2021

Accepted 18.05.2021

■ E-mail: shurea@mail.ru (E. A. Shur)

**For citation:** Shur E. A. Best practices about rail defects: a review of the book “Defects of rails. Stresses and Damages”, Vol. 1 by K.-O. Edel, G. Budnitskiy, T. Schnitzer // VNIIZHT Scientific Journal. 2021. 80 (3): 182–185 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-3-182-185>.