

УДК 625.143.2

В. Матвеев¹, канд. техн. наук; Н. Мирошников¹; В. Кратенок²

¹Белорусский государственный университет транспорта

²Белорусская железная дорога

ПОВРЕЖДЕНИЯ РЕЛЬСОВ ДЕФЕКТАМИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

***Резюме.** Рассмотрено выход дефектных и острodefектных рельсов на Белорусской железной дороге. Приведено анализ данных по выходу рельсов в зависимости от причин изъятия, пропущенного тоннажа, года проката и завода-изготовителя.*

***Ключевые слова:** рельсы, повреждения рельсов, дефектоскопия, излом рельсов.*

V. Matvecov, N. Miroshnikov, V. Kratenok

DAMAGES OF RAILWAY RAILS IN DIFFERENT OPERATION CONDITIONS

***Summary.** Railway rails are one of the basic and most responsible elements of a railway and play defining role in safety of movement of trains and reliability of all railways operation. Requirements grow in modern service conditions with constant increase of speeds of movement and increase in axial loads to quality of rails also. Small life cycle and premature failure of the most expensive and scarce elements of a superficial structure of a way remains one of the most sufficient problems for the Belarus railway.*

While in service railway rails under the influence of rolling stock, carried tonnage, natural and other factors there appear defects and damages menacing to traffic safety of trains are formed. By each railway track maintenance always involve the removal of a number of rails because of cracking or damage resulting from manufacturing defects or traffic loads. For an estimation of quality of rails in operational conditions, and also on rail welding enterprise making welding new and repair of old suitable rails, their flaw detection is made. It is directed mainly on revealing of internal latent defects which can lead to a rail bent fracture under train and finally to the big accidents.

In article the analysis of damages of rails on the Belarus railway is resulted. The data by quantity of the defective rails found out and withdrawn from a way during the last years is presented. The reasons of their occurrence are considered. The analysis of damages of rails depending on manufacturer, year of their hire, and also the passed tonnage is made.

***Key words:** railway rail, damages of railway rail, flaw detection, break of rails.*

Вступление. Принятый курс на увеличение осевых нагрузок для вновь проектируемого подвижного состава до 25 т/ось, повышение скоростей движения и увеличение веса поездов ставит перед путевым хозяйством дороги повышенные требования по сохранению стабильности пути, повышению качества его текущего содержания, эффективному использованию материально-технических ресурсов. Срок службы рельсов от их укладки в путь до изъятия является важнейшим показателем, во многом определяющим финансовые расходы, объемы закупок рельсов, периодичность ремонта пути, объемов работ по текущему содержанию, скорость поездов, безопасность движения. К сожалению, малый срок службы и преждевременный выход из строя самых дорогостоящих и дефицитных элементов верхнего строения пути остаются одной из серьезнейших проблем для Белорусской железной дороги.

Рельсовое хозяйство Белорусской железной дороги – это 11766 км железнодорожных путей, из которых 7204 км главных путей, 3505 км станционных и 1059 км подъездных путей, а также 12500 стрелочных переводов. На главных и приемо-отправочных путях лежат преимущественно и эксплуатируются рельсы типа Р65, производства ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (далее НТМК),

ОАО «Металлургический комбинат «Азовсталь» (далее Азовсталь) и ОАО «Кузнецкий металлургический комбинат» (далее КМК). В 2010 г. в порядке опыта были уложены на дороге рельсы типа 60Е1 австрийского производства, а в 2011 г. – рельсы типа Р65 польского производства.

В процессе эксплуатации железнодорожного пути в рельсах под воздействием подвижного состава, пропущенного тоннажа, природных и других факторов образуются дефекты и повреждения, угрожающие безопасности движения поездов [1].

Дефектоскопия рельсов включает оценку их качества в эксплуатационных условиях, а также на рельсосварочном предприятии, производящем сварку новых и ремонт старогонных рельсов, и направлена на своевременное обнаружение главным образом внутренних скрытых дефектов. Ежегодно средствами дефектоскопии выявляется в пути и изымается около 6 тысяч дефектных и 4 тысяч остродефектных рельсов.

По состоянию на начало 2013 г. количество дефектных рельсов, эксплуатируемых на главных и приемо-отправочных путях, составляет 18455 шт. За последние 5 лет, как видно на рисунке 1, отмечается постоянное возрастание числа дефектных рельсов (с 15473 шт. на начало 2008 г. до 18455 шт. на начало 2013 г., т.е. на 3000 шт. или на 20%). В 2012 году средствами дефектоскопии выявлено 3824 остродефектных рельсов (рисунок 2). Выход рельсов за 2012 год по рисункам 21, 30Г достиг 80% общего количества остродефектных рельсов на дороге.

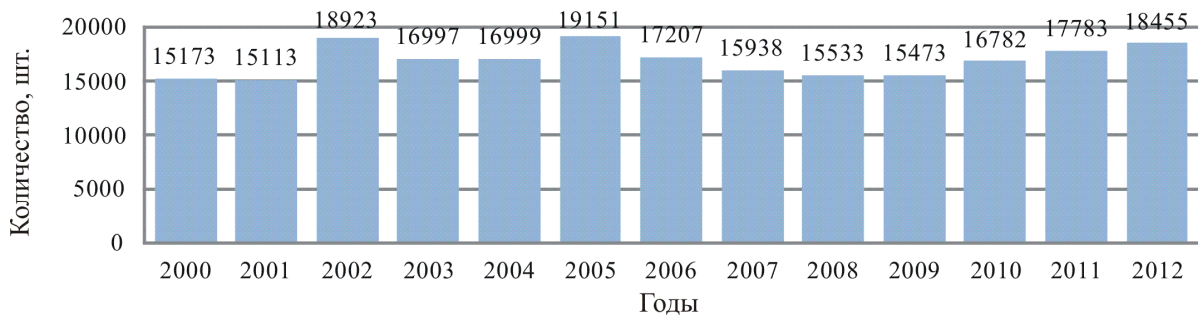


Рисунок 1. Количество дефектных рельсов на дороге

Figure 1. Quantity of damaged rails on road

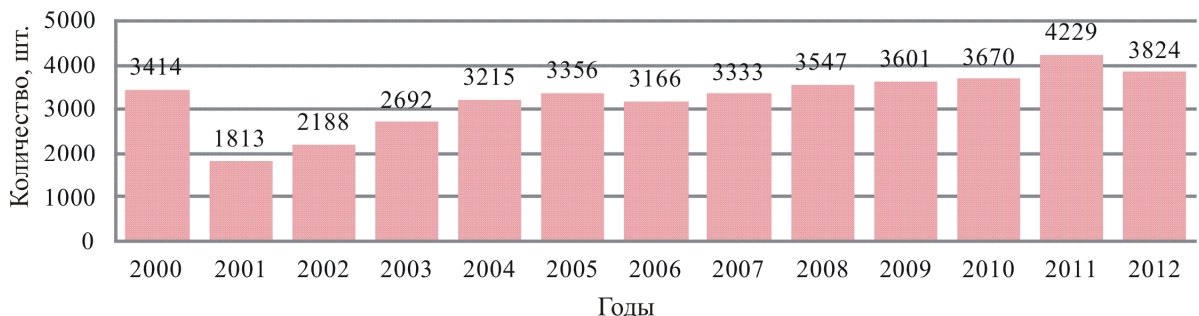


Рисунок 2. Количество остродефектных рельсов на дороге

Figure 2. Amount of cracked rails on road

Преимущественно появляются дефекты кодов: 10.2 – отслоения и выкрашивания металла; 11.2 – выкрашивание металла на боковой рабочей выкружке головки рельса; 17.2 – отслоения и выкрашивания металла на поверхности катания в закаленном слое,

которые составляют более 70% от общего количества выявленных дефектных рельсов. При дальнейшей эксплуатации рельсов с дефектами, поверхностные дефекты преобразуются во внутренние, потенциально опасные дефекты головки рельса преимущественно кода: 21.1-2 – поперечные трещины в головке вследствие недостаточной контактно-усталостной прочности металла, которые составляют около 53% от общего количества выявляемых остродефектных рельсов и 30Г.1-2 – горизонтальное расслоение головки, которые составляют около 17% от общего количества выявляемых остродефектных рельсов. На рисунках 3 и 4 представлено количество преобладающих дефектных и остродефектных рельсов, выявленных за 2011 и 2012 годы соответственно.

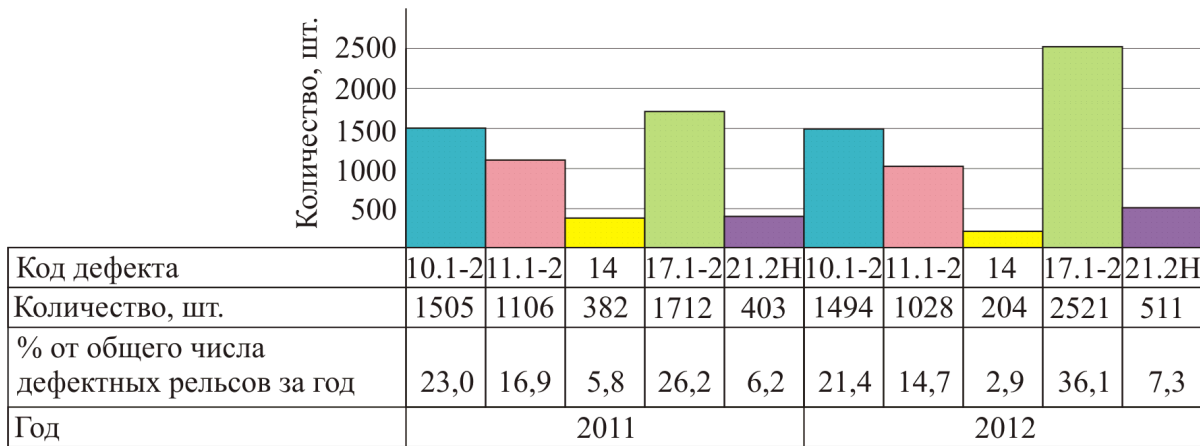


Рисунок 3. Количество преобладающих дефектных рельсов за два года

Figure 3. Quantity of prevailing damaged rails for the last two years

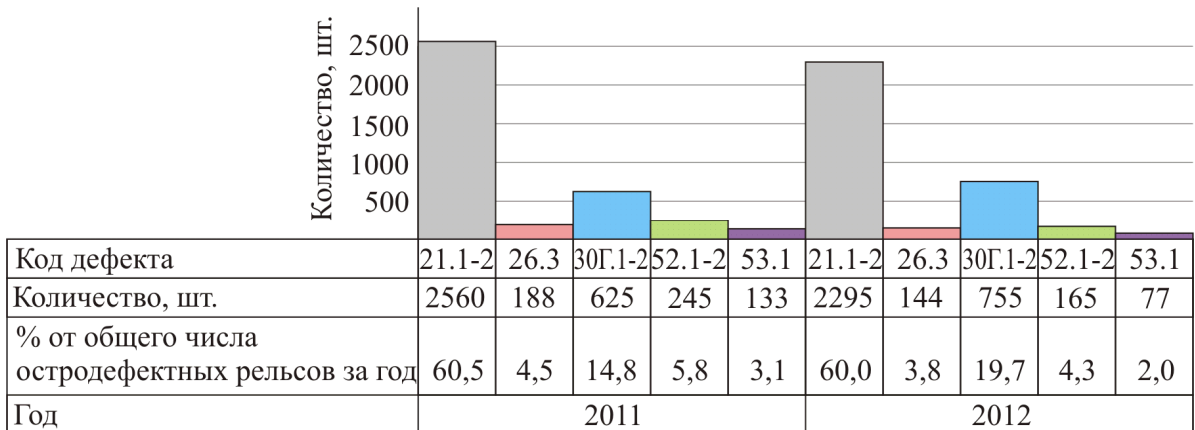


Рисунок 4. Количество преобладающих остродефектных рельсов за два года

Figure 4. Quantity of prevailing cracked rails for the last two years

Выход остродефектных рельсов в зависимости от пропущенного тоннажа за 2011 год представлен на рисунке 5.

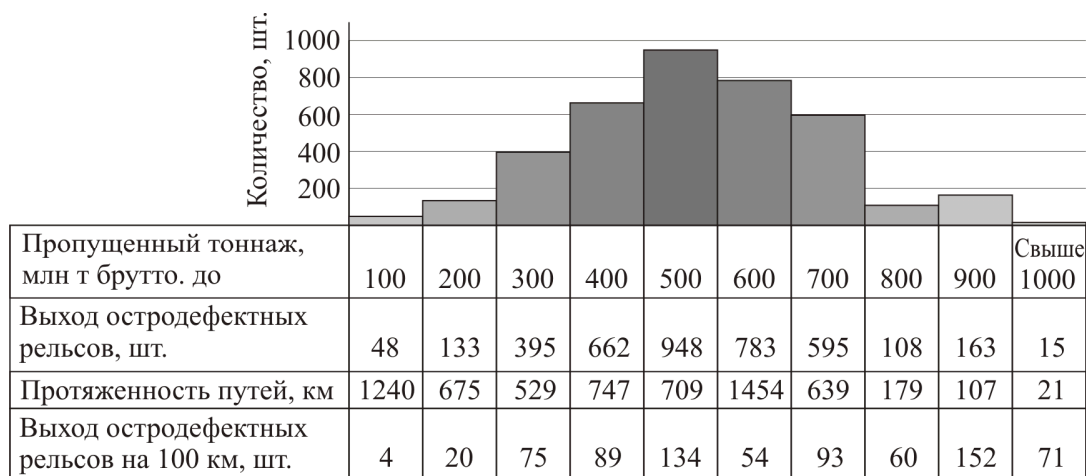


Рисунок 5. Выход остродефектных рельсов в зависимости от пропущенного тоннажа

Figure 5. Output cracked rails depending on the missed tonnage

Анализ выхода остродефектных рельсов в зависимости от пропущенного тоннажа за 2011 год показал, что рельсы с наработкой пропущенного тоннажа 300 млн.т брутто и более представляют наибольшую угрозу безопасности движения поездов.

Выход остродефектных рельсов в 2011 году по годам проката представлен в таблице 1.

Таблица 1

Выход остродефектных рельсов в 2011 году по годам проката

Год проката	До 1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	После 2010
Количество ОДР, шт.	197	418	2297	1108	197	12
Протяженность, км	173	692	2443	1206	1620	146
Выход ОДР, шт/ км	~ 1 ОДР на 1 км				~ 1 ОДР на 10 км	

Анализ выхода остродефектных рельсов в 2011 году по годам проката показал, что в рельсах проката до 2000 года выход остродефектных рельсов составляет 1 остродефектный рельс на 1 км пути, что в 10 раз больше по сравнению с рельсами проката после 2000 года.

Выход остродефектных и дефектных рельсов в 2011 году на главных путях по заводам-производителям представлен в таблице 2. На рисунке 6 представлен удельный выход остродефектных и дефектных рельсов по заводам-изготовителям в расчете на 100 км пути.

Таблица 2

Выход рельсов в 2011 году по заводам-производителям

Завод-изготовитель	Азовсталь	НТМК	КМК	Другие
Протяженность, км	2818	2877	336	470
Количество остродефектных рельсов, шт.	1568	2206	398	47
Количество дефектных рельсов, шт.	6853	9689	967	147
Выход остродефектных рельсов на 100 км, шт.	55,6	76,7	118,5	10,0

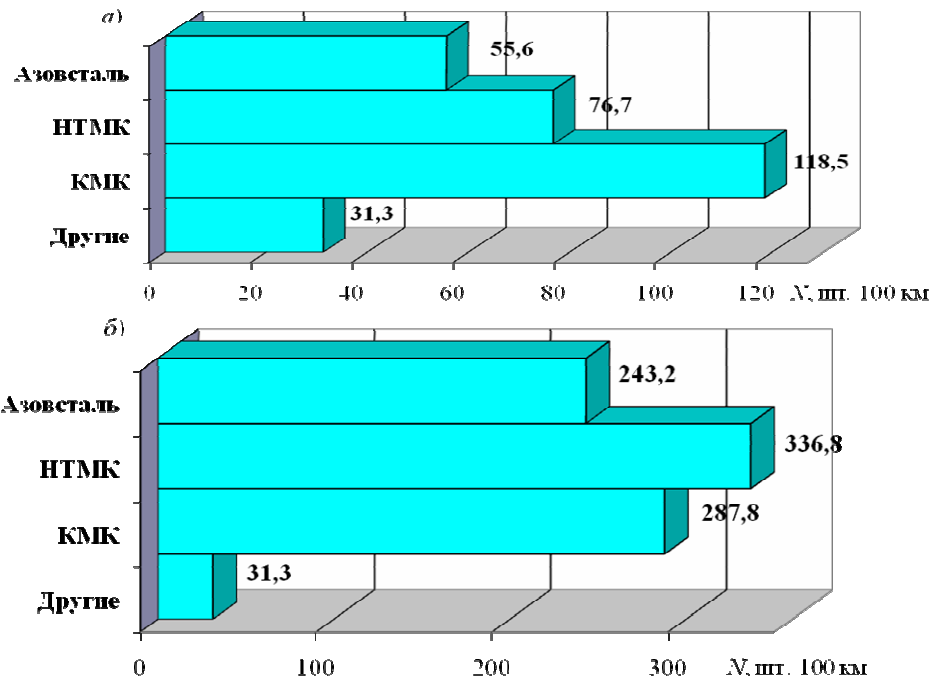


Рисунок 6. Выход остродефектных (а) и дефектных рельсов (б) в расчете на 100 км по заводам-изготовителям в 2011 году

Figure 6. Output cracked (a) and damaged rails (b) counting on 100 km on manufacturers in 2011

Из рисунка 6 видно, что по качеству изготовления рельсы КМК и НТМК имеют большую склонность к образованию поверхностных и внутренних дефектов и представляют наибольшую угрозу безопасности движения поездов на Белорусской железной дороге.

Одним из наиболее распространенных и опасных дефектов в последние 10–15 лет являются дефекты кода 21.1-2 – поперечные трещины в головке рельсов и изломы из-за них, вследствие недостаточной контактно-усталостной прочности металла, которые развиваются под отслоением и выкрашиванием металла на поверхности катания головки рельса или под горизонтальным расслоением головки рельса (рисунок 7) [2].

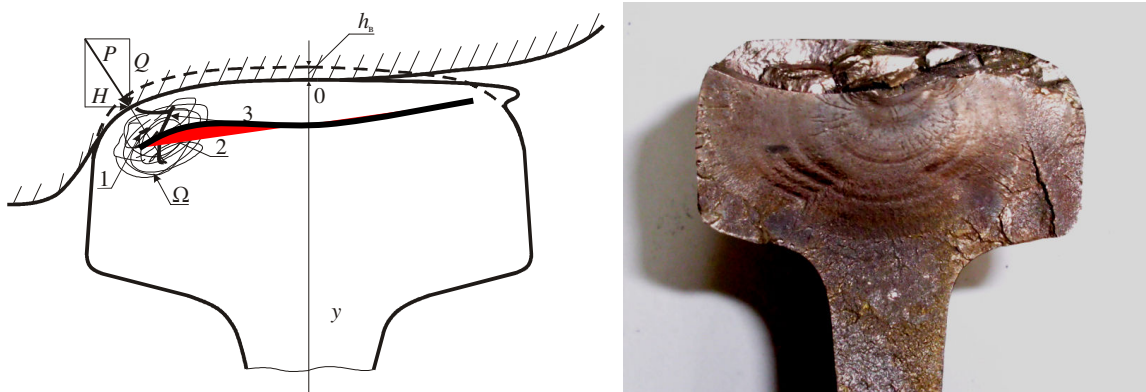


Рисунок 7. Схема образование и внешний вид дефекта контактно-усталостной прочности металла рельсов

Figure 7. Scheme of development and appearance of the defect contact-fatigue strength of metal rails

Недостаточная контактно-усталостная прочность металла в процессе эксплуатации рельсов приводит к появлению и развитию внутренних дефектов в головке рельса. В закаленном слое головки рельса образуются зоны местного неравномерного перехода по твердости, что приводит к образованию хрупкого поверхностного слоя с измененной микроструктурой в виде неравномерного потемнения металла на поверхности катания головки рельса. Переход от закаленного слоя металла к незакаленному слою разделяется на поверхности катания головки рельса микротрещинами, зарождение которых начинается от рабочей выкружки головки рельса, где происходит максимальное механическое взаимодействие колес подвижного состава с рельсом.

Поверхностные микротрещины приводят к возникновению внутренних продольных трещин, которые развиваются поперек головки рельса с постоянным углублением от поверхности. Развитие внутренних продольных трещин в виде концентрических полос и колец приводит к горизонтальному отслоению поверхностного слоя металла на глубину до 12 мм и протяженностью 50 – 150 мм. Отслоение поверхностного закаленного слоя металла визуально просматривается на поверхности катания головки рельса в виде потемнения металла, дефект кода 17.2.

При воздействии подвижного состава на дефектный рельс и наработке тоннажа металл на поверхности катания головки рельсов пластически деформируется, что приводит к образованию смятия головки, наплывам металла в нерабочую грань и седловинам глубиной до 1 – 2 мм. При наличии седловины на поверхности катания головки, рельс испытывает ударную нагрузку при движении поездов, что приводит к местному расстройству железнодорожного пути. В зоне дефекта путь работает аналогично работе пути в зоне стыков звеньев пути. Под воздействием переменных динамических нагрузок колес подвижного состава в ослабленном закаленном слое головки рельса под горизонтальной трещиной в центральной части головки плавно, под углом 30 градусов, ответвляется поперечная контактно-усталостная трещина, высотой 5 – 8 мм, дефект кода 21.2. При дальнейшей эксплуатации дефектного рельса, поперечная трещина принимает направление развития близкое к 90 градусам и, достигнув своего развития высотой более 10 мм, впоследствии происходит поперечный излом рельса. Особенно возрастает вероятность образования поперечных контактно-усталостных трещин и скоротечное разрушение (разрыв) рельса в период отрицательных температур, когда увеличивается хрупкость и хладноломкость рельсовой стали, и возникают дополнительные растягивающие напряжения в плетях бесстыкового пути.

При проведении контроля дефектного сечения рельса, имеющего расслоение или выкрашивание металла на поверхности катания, формируются переотраженные (ложные) ультразвуковые сигналы в слое между поверхностью катания и продольной трещиной, которые по показаниям дефектоскопа и своей форме не отличаются от сигналов поперечной трещины. Оператор, проводящий сплошной или вторичный контроль данного дефектного сечения может принять ошибочное решение об оценке опасного внутреннего дефекта, так как опасный дефект маскируется под отслоением или выкрашиванием металла. В результате происходит или пропуск острodefектного рельса, или перебраковка дефектного рельса. Не маловажную роль в данном случае играет человеческий фактор, а также профессиональное мастерство операторов дефектоскопных тележек и инженеров по расшивке.

В дистанциях пути Белорусской железной дороги за период с 2002 по 2011 год допущено 41 случай изломов рельсов:

- 25 случаев (61%) произошло с рельсами производства НТМК;
- 13 случаев (32%) произошло с рельсами производства Азовсталь,
- 3 случая (7%) произошло с рельсами производства КМК.

За 2012 год произошло шесть случаев излома рельсов. Количественное соотношение изломов рельсов по годам представлено на рисунке 7.

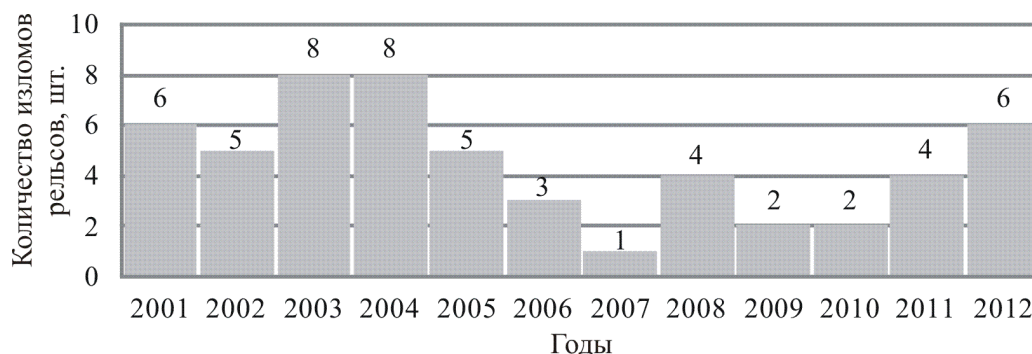


Рисунок 7. Количество допущенных изломов рельсов по годам
Figure 7. Quantity of breaks of rails on years

Из допущенных случаев изломов рельсов за период с 2001 по 2011 год 31 излом рельсов (75,6%) произошел в период отрицательных температур и 10 изломов рельсов (24,4%) произошли в период положительных температур. Из шести случаев изломов в 2012 году 5 (83%) произошли в период отрицательных температур.

Допущенные случаи изломов рельсов за 2001 – 2011 гг. по кодам дефектов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Допущенные случаи изломов рельсов за 2001 – 2011 гг. по кодам дефектов

Код дефекта	21.2	26.3, 56.3, 66.3	69	53.1	79	60.2	65	55	52.1
Изломов, шт.	12	9	8	5	2	2	1	1	1
% от общего числа изломов	29,3	22,0	19,5	12,0	5,0	5,0	2,5	2,5	2,5

Из 41 допущенного излома рельсов за период 2002 – 2011 год 15 изломов (37%) произошли по кодам дефектов, которые невозможно было выявить существующими в дистанциях пути дефектоскопными средствами. Остальные 26 случаев излома рельсов (63%), допущены по причине влияния человеческого фактора при проведении ультразвукового контроля рельсов и текущем содержании пути.

Выводы. Безопасность движения поездов во многом определяется надежностью работы рельсов. За последние десятилетия значительно улучшилось качество рельсов, о чем свидетельствует уменьшение в 10 раз удельного выхода остродефектных рельсов проката после 2000 года. Однако ежегодно на Белорусской железной дороге средствами дефектоскопии выявляется в пути и изымается около 6 тыс. дефектных и около 4 тыс. остродефектных рельсов. Как показывает многолетний мониторинг, основные причины образования остродефектных рельсов на Белорусской железной дороге – отслоение и выкрашивание металла на боковой рабочей выкружке головки рельса из-за недостаточной контактно-усталостной прочности металла, доля которых в общей сложности составляет более 70%.

С целью предупреждения преждевременного выхода рельсов вследствие развития в них опасных дефектов, которые могут в конечном счете приводить к полному разрушению рельса и сходу подвижного состава, необходим входной контроль качества поступающих на дорогу рельсов новых, а также старогодных, который позволит не только контролировать состояние рельсового хозяйства дороги, но и

сориентироваться при выборе производителя для закупки рельсов лучшего качества.

Conclusions. Traffic safety of trains is in many respects defined by reliability of work of railway rails. For last decades quality of rails to what reduction in 10 times of a specific exit cracked rails of hire after 2000 testifies has considerably improved. However annually on the Belarus railway flaw detection means comes to light in a way and it is withdrawn about 6 thousand damaged and about 4 thousand cracked rails. As shows long-term monitoring, formation principal causes cracked rails on the Belarus railway – exfoliation and spalling metal on a lateral working external stretching of a head of a rail because of insufficient contact-fatigue durability of the metal which share in total makes more than 70%.

For the purpose of the prevention of a premature output of rails owing to development in them of dangerous defects which can lead finally to final fracture of a rail and a rolling stock descent, the receiving inspection of quality of rails arriving on road new, and also old suitable which will allow not only to supervise a condition of a rail economy of road is necessary, but also to orient at a choice of the manufacturer for purchase of rails of better quality.

Список использованной литературы

1. Шур, Е.А. Повреждения рельсов [Текст] / Е.А. Шур. – М.: Интекст, 2012. – 192 с.
2. Абдурашитов, А.Ю. Закономерности образования контактно-усталостных дефектов [Текст] / А.Ю. Абдурашитов // Путь и путевое хозяйство. – 2002. – № 11. – С. 16 – 20.

Получено 22.08.2013