REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227
Volume 5, Number 309 (2016), 146 – 155

S.A. Mashekov[1], B.N.Absadykov[2], M.M. Alimkulov[3]

[1] K.I. Satpaev Kazakh National Research Technical University, Almaty, the Republic of Kazakhstan;
[2]Kazakh-British Technical University, Almaty, the Republic of Kazakhstan;
[3]M.Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communication, Almaty, the Republic of Kazakhstan
Mashekov.1957@mail.ru, b_absadykov@mail.ru

CASE HISTORY OF TRACKS IN CIS COUNTRIES AND THEIR APPLICATION IN DEVELOPING INTERSTATE STANDARD

Abstract. The article analyzes the case history of the tracks in neighbouring countries and beyond. Through comparative analysis of technical requirements CN12-16C (2001), AREMA-2003, UIC 860, EN 13674-1:2011 to tracks, it shows that the most advanced regulatory document with the highest scientific and technical level, which should be carried out by developing the harmonization of international standards is the European standard EN 13674-1: 2011 "Railways. Way. Tracks. Part 1. Vignoles tracks from 46 kg / m and more" (EN 13674-1: 2011 "Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg / m and above", NEQ). It is shown that this standard is adopted as identical (equivalent) national standard in almost all European countries: in tracks producing states and tracks purchasing states, such as the United Kingdom, Germany, France, Austria, Poland, Italy, Belgium, Luxembourg, the Netherlands, Denmark, Norway, Sweden, Finland, Latvia, Lithuania, Estonia. The paper notes that nowadays developing interstate standard "Railway tracks. General technical conditions" is based on GOST R 51685-2013 and ST RK 2432-2013; it contains a number of technical requirements and test methods as specified in EN 13674-1: 2011. It is shown that for harmonization of interstate standards with European norms of the EN 13674-1: 2011, the series of standards, tracks quality indicators and methods of their control have been used. The article notes that in developing standard the global development of rail-rolling production taken into account (production of steel in the converter and electric arc-furnace production instead of outdated open-hearth production, transition from steel teeming into molds for continuous steel teeming, the introduction of vacuum vessels for better degassing of steel, transition to the rolling rails in universal stands and implementation of innovative differentiated technologies of air-water quenching), which allows producing 120 meters long tracks with high-performance, compared with 25 meter, manufactured by ST RK GOST R 51685-2005. It is stated that the technical effect of the introduction of interstate standard in railway transport will be reflected in improving the reliability and safety of operation of tracks, reducing the amount of work for maintenance and current repair, increasing productivity in the rail-welding plants, reducing the number of unscheduled repairs during rail-laying work, reducing operating costs by extending the service life of the tracks. Production of tracks with new standard will improve traffic safety on the railways of Kazakhstan.

Keywords: tracks, flaw, rating of merit, heat strengthening.

С.А.Машеков[1], Б.Н. Абсадыков[2], М.М. Алимкулов[3]

[1]Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан;
[2]Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Республика Казахстан;
[3]Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЛЬСОВ В СТРАНАХ СНГ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА

Аннотация. В статье анализируется опыт применения рельсов в ближнем и дальнем зарубежье. Путем проведения сравнительного анализа технических требований CN12-16C (2001), AREMA-2003, UIC 860, EN 13674-1:2011 к рельсам показано, что самым современным нормативным документом, имеющим наиболее высокий научно-технический уровень, с которым и следует осуществлять гармонизацию разрабатываемого международного стандарта, является евростандарт ЕН 13674-1:2011 «Железные дороги. Путь. Рельсы.

Часть 1. Рельсы Виньоля от 46 кг/м и более» (EN 13674-1:2011 «Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above», NEQ). Показано, что данный стандарт принят в качестве идентичного (эквивалентного) национального стандарта почти во всех европейских странах: как в производящих рельсы, так и в тех, которые их приобретают. Это Великобритания, Германия, Франция, Австрия, Польша, Италия, Бельгия, Люксембург, Нидерланды, Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия, Латвия, Литва, Эстония. В работе отмечается, что в настоящее время разрабатываемый межгосударственный стандарт «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» осуществляется на основе ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, содержит ряд технических требований и методов испытаний, установленных в EN 13674-1:2011. Показано, что для гармонизации межгосударственного стандарта с евронормами из EN 13674-1:2011 использован ряд нормативов, показателей качества рельсов и методов их контроля. В статье отмечается, что в разрабатываемом стандарте учтены изменения в технологии изготовления рельсов с учетом мирового развития рельсопрокатного производства (производства стали в конверторе и электросталеплавильном производстве взамен устаревшего мартеновского, переход от разливки стали в изложницы на непрерывную разливку стали, внедрение вакуумматоров для лучшей дегазации стали, переход на прокатку рельсов в универсальных клетях и внедрение инновационной дифференцированной технологии водо-воздушной закалки), что позволяет производить рельсы длиной 120 метров с высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению с 25 метровыми, выпускаемыми по СТ РК ГОСТ Р 51685-2005. Указывается, что технический эффект от внедрения межгосударственного стандарта на железнодорожном транспорте выразится в повышении надежности и безопасности эксплуатации рельсов, сокращении объемов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, увеличении производительности на рельсосварочных заводах, и при укладке рельсов на путях, уменьшении числа неплановых ремонтов, сокращении эксплуатационных затрат за счет продления срока службы рельсов. Производство рельсов по новому стандарту повысит безопасность движения на казахстанских железных дорогах.

Ключевые слова: рельсы, дефекты, оценка качества, термическое упрочнение.

В связи с интенсификацией движения на железных дорогах страны, увеличением грузонапряженности и перевозок постоянно растут показатели, определяющие срок службы рельсов [1-3]. Строительство в перспективе скоростных и высокоскоростных железнодорожных магистралей, постоянное увеличение веса перевозимых грузов, приводят к увеличению динамического воздействия на колесную пару и ужесточению требований, предъявляемых к эксплуатационным свойствам железнодорожных рельсов. Повышение качества рельсов связано с необходимостью существенной реконструкции и внедрением новых технологий производства, а также методов контроля. Для проведения технико-экономического анализа и расчета эффективности капитальных вложений необходимо в каждом отдельном случае достоверно оценить степень повышения качества рельсов и ее влияние на потребительские свойства.

В настоящее время качество рельсов становится важнейшим фактором повышения эффективности рельсового производства [4]. Решение подобной задачи невозможно без разработки принципиально новых технологий и оборудования, позволяющих получать рельсы высокого качества при наименьших затратах на их производство. При этом в современных формирующихся условиях рыночных отношений фактор высокого качества необходимо рассматривать как реальное средство повышения конкурентоспособности создаваемой рельсовой продукции и главное условие функционирования создаваемого промышленного предприятия.

В данное время в Казахстане построен уникальный рельсобалочный завод, который будет производить рельсы длиной 120 метров по инновационной технологии закалки. Применяемое оборудование и технология соответствуют лучшим мировым достижениям в области производства рельсов.

Следует отметить, что в рамках Таможенного Союза продолжается работа по совершенствованию нормативной базы, обеспечивающей соблюдение требований Технических регламентов на различные виды продукции. Одним из направлений этой деятельности является подготовка межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия», обеспечивающего соблюдение технических регламентов ТР ТС 003/2001 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» и ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта». До разработки обсуждаемого стандарта была создана Программа разработки межгосударственного стандарта. Программа по разработке (внесению изменений, пересмотру) межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные.

Общие технические условия» направлена на ускоренную разработку передового межгосударственного стандарта на основе лучших международных и региональных стандартов.

Следует также отметить, что опыт работы предприятий стран СНГ по ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия», появление стандарта канадских железных дорог (CN 12-16C) и нового европейского стандарта (EN 13674-1:2011), ужесточение требований отечественных и зарубежных потребителей к качеству рельсов при проведении тендеров на их поставку и вступление России и Казахстана в ВТО обусловили необходимость разработки новой редакции межгосударственного стандарта.

Разработка межгосударственного стандарта осуществлялась путем использования результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических, проектных работ: результаты патентных исследований; международные, региональные стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации (в том числе по межгосударственной стандартизации); прогрессивные национальные стандарты государств – участников Соглашения и других стран, а также современные достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологий, такие как коренная реконструкция рельсового производства, освоение новых производств с применением современных технологий выплавки стали, прокатки и отделки рельсов. Известно, что достижения техники и технологии прокатного производства позволили повысить качество и эксплуатационную надежность рельсов, как для магистральных железных дорог общего пользования, так и для подъездных и технологических путей промышленного железнодорожного транспорта.

При разработке межгосударственного стандарта в качестве базовых требований стандарта были приняты требования действующих на тот период стандартов Российской Федерации и Республики Казахстан: ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, а также межгосударственных стандартов на магистральные рельсы МПС РФ и на конструкцию ГОСТ 7174-75 (рельсы типа Р50), ГОСТ 8161-75 (рельсы типа Р65), ГОСТ 16110-77 (рельсы типа Р75) и технические требования к термоупрочненным рельсам (ГОСТ 19267-82) и не термоупрочненным рельсам (ГОСТ 24182-80). Опираясь на требования этих стандартов, межгосударственный стандарт установил требования к рельсам железнодорожных путей с учетом осевых нагрузок и скоростей движения.

В настоящем стандарте сохранена преемственность по отношению к ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, сохранены в основном структура построения (для выполнения действующих требований стандартизации ГОСТ 1.5–2001), перечень основных требований, порядок приемки и методы контроля рельсов с учетом реальных и перспективных условий производства рельсов на металлургических предприятиях Российской Федерации, Республики Казахстан и других стран СНГ с учетом специфики требований эксплуатации железных дорог стран СНГ.

Совершенствование технологии сталеплавильного производства, отказ от устаревшего способа мартеновского производства стали и ее разливки в слитки, переход на непрерывную разливку заготовок и обязательное проведение продувки инертными газами и вакуумирования жидкой стали привели к снижению содержания кислорода, водорода, неметаллических включений в ней, и, как следствие, к резкому повышению металлургического качества рельсовой стали. Эти новшества сталеплавильного производства были применены при разработке анализируемого межгосударственного стандарта.

При разработке межгосударственного стандарта учитывались реконструкция прокатного производства, внедрение современной технологии прокатки, правки, термической обработки рельсов, применение автоматизированного контроля размеров, качества поверхности и прямолинейности рельсов. Известно, что такие научно-технические достижения привели к новому, более высокому, уровню технических характеристик рельсов.

Проект нового межгосударственного стандарта предусматривает: введение пяти типов рельсов: Р50, Р65, Р65К и Р75; классификацию рельсов по типам, точности изготовления профиля, видам термического упрочнения, классу прочности, категориям качества, наличию болтовых отверстий для накладок; ужесточение требований по прямолинейности рельсов, содержанию вредных примесей в стали, загрязненности стали неметаллическими включениями, величине остаточных напряжений в термоупрочненных рельсах; уточнение норм твердости для термически-упрочненных рельсов; повышение уровня механических свойств термоупрочненных и нетермоупрочненных рельсов; установление требований к микроструктуре термоупрочненных рельсов;

уточнение критического коэффициента интенсивности напряжений (К1С), характеризующего вязкость разрушения (трещиностойкость) рельсов; уточнение скорости роста усталостных трещин (ΔК) и прочности (число циклов нагружения до излома образцов) рельсов; установление твердости на поверхности катания рельса, НВ; определение уравнений регрессии механических свойств по химическому составу стали для нетермоупрочненных рельсов; уточнение маркировки рельсов; применение современных автоматизированных методов контроля качества рельсов.

Известно, что правовой основой для разработки технических регламентов в виде межгосударственных моделей являются: «Соглашение об основах гармонизации технических регламентов государств-членов Евразийского экономического сообщества» и проект «Соглашения об основах гармонизации технических регламентов государств-участников Содружества Независимых Государств».

Проведенный сравнительный анализ технических требований CN12-16C (2001), AREMA-2003, UIC 860, EN 13674-1:2011 к рельсам показал, что самым современным нормативным документом, имеющим наиболее высокий научно-технический уровень, с которым и следует осуществлять гармонизацию разрабатываемого международного стандарта, является евростандарт EN 13674-1:2011 «Железные дороги. Путь. Рельсы. Часть 1. Рельсы Виньоля от 46 кг/м и более» (EN 13674-1:2011 «Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above», NEQ). Его приняли в качестве идентичного (эквивалентного) национального стандарта почти все европейские страны. Это Великобритания, Германия, Франция, Австрия, Польша, Италия, Бельгия, Люксембург, Нидерланды, Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия, Латвия, Литва, Эстония. В связи с вышесказанным, международный стандарт, разработанный на основе ГОСТ Р 51685–2013 и СТ РК 2432–2013, содержит ряд технических требований и методов испытаний, установленных в EN 13674-1:2011. Для гармонизации настоящего стандарта с евронормами из EN 13674-1:2011 использован ряд нормативов, показателей качества рельсов и методов их контроля.

Необходимо отметить, что, учитывая географические, климатические условия, используемые типы рельсов, нагрузки на них, особенности конструкций верхнего строения пути и пассажирского, и грузового движения стран СНГ, в международном стандарте учтены наиболее важные положения EN 13674-1: 2011.

Сравнительные данные по геометрическим показателям и показателей качества железнодорожных рельсов разрабатываемого международного стандарта и зарубежных стандартов приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Согласно анализа специалистов ОАО «ВНИИЖТ» [6] в настоящее время при реконструкции существующих и построении новых производств рельсов в странах СНГ актуальным вопросом является изучение результатов исследования качества и физико-механических свойств рельсов, произведенных в дальнем зарубежье. Поэтому, при разработке межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» были изучены и учтены сравнительные данные рельсов, изготовленных в странах СНГ и дальнем зарубежье.

В странах СНГ на данный период межремонтный тоннаж в среднесетевых условиях составляет в лучшем случае около 700 млн т брутто для бесстыкового пути, а в регионе с холодным климатом в 1,2 – 1,3 раза меньше, т.е. конструкция пути стран СНГ в настоящее время не обеспечивает требуемого миллиарда т брутто [5].

Следует отметить, что закупаемые в Японии рельсы профиля Р65 стран СНГ, имеют срок службы в прямых и пологих кривых около 1 млрд. т брутто, а закупаемые в этой же стране рельсы в США служат в 2 и более раз дольше [5].

Причиной вышеотмеченных недостатков являются конструкция и качество рельсов Р65, которые требуют существенного улучшения [5]. Высота головки рельсов Р65 равняется 45 мм, тогда как у зарубежных рельсов данного типа - 49 – 51 мм, что позволяет проводить шлифование рельсов на протяжении всего срока службы и существенно повысить их геометрические свойства и отдалить или предотвратить образование контактно-усталостных дефектов.

Необходимо отметить, что сравнение качества рельсов стран СНГ с качеством лучших образцов зарубежных рельсов (производства Японии, Франции и других стран) свидетельствует о том, что термически упрочненные рельсы производства стран СНГ уступают лучшим термически упрочненным рельсам зарубежного производства по следующим параметрам [5]:

прямолинейности (по всей длине и по концам рельсов); качеству поверхности и отделки (торцы, болтовые отверстия, фаски); чистоте стали по неметаллическим включениям и вредным примесям (сере, фосфору, водороду, кислороду); прокаливаемости, обеспечивающей в зарубежных рельсах более высокий уровень твердости и прочности в зоне действия высоких контактных напряжений, а также высокую износостойкость; остаточным напряжениям.

В работе [5] отмечено, что для обеспечения нормативного срока службы рельсов 1,1 млрд. т брутто, а в перспективе и 1,5 млрд. т брутто, необходимо уже в ближайшее время разработать и начать производство рельсов нового поколения с улучшенным профилем, включая увеличение высоты головки рельса, дифференцированную прочность (термообработкой) по сечению рельса, и т. д.

Усталостные дефекты на поверхности качения относятся к наиболее распространенным повреждениям рельса [6]. Они возникают под действием высоких нагрузок, создаваемых катящимися колесными парами. В настоящее время эта проблема приобретает все большее значение на линиях со смешанным и высокоскоростным пассажирским (выше 200 км/ч) движением. При этом большое значение имеет точное согласование геометрической формы взаимодействующих профилей головки рельса и колеса, что позволяет уменьшить силы, действующие в зоне их контакта.

Для уменьшения усталостных дефектов требуется такой профиль головки рельса, при котором зона контакта колеса и рельса, по возможности, удалена от критической рабочей грани [6]. Решение этой же проблемы возможно за счет применения такого профиля, при котором происходит постепенное перемещение поверхности качения в поперечном направлении. Это также уменьшает износ в зоне контакта. Подшлифовывание внутренней грани головки рельса уже давно успешно практикуется на линиях с большой нагрузкой. На высокоскоростных магистралях также учитывается происходящее в процессе эксплуатации изменение стандартного профиля. При шлифовании рабочей грани головки рельса предусматривается допуск ±0,3 мм.

Чтобы гарантировать оптимальные условия контакта, в последнее время некоторые железнодорожные компании применяют специальные профили, которые характеризуются увеличенным расстоянием между гребнем бандажа и рабочей гранью головки рельса [6]. В соответствии с местными условиями предложены различные варианты профиля. При этом при подшлифовывании рабочей грани головки рельса допускается съем до 1 мм материала по отношению к стандартному профилю.

Во Франции на сети Национального общества железных дорог (SNCF) разработали два специальных профиля для уменьшения усталостных дефектов на рабочей грани головки рельса. Один из них, а именно профиль АНСР для предотвращения возникновения микротрещин, используется на новых линиях или на тех, где еще не появились указанные дефекты. Если усталостный дефект уже появился, то применяют профиль АНСС (корректирующий), при котором на рабочей грани головки рельса производится съем до 1 мм металла вместо 0,3 мм по отношению к стандартному профилю рельса 60Е1 при подуклонке 1:20.

В Нидерландах инфраструктурная компания ProRail разработала специальный профиль АНС для стандартного рельса 54Е1. Этот профиль характеризуется съемом 1 мм металла на рабочей грани головки рельса и получил обозначение 54Е1 АНС.

Иным путем добиваются уменьшения усталостных дефектов на рельсах железные дороги Германии, которые предложили внести в стандарт на изготовление рельсов заданного профиля применение только отрицательных заводских допусков. В отличие от обычной практики рельс профиля 60Е2 (при подуклонке 1:40), выпускаемый с симметричным допуском ±0,3 мм и предназначенный для укладки на линиях, где возможно появление усталостных дефектов, должен иметь допуск +0/–0,6 мм.

Существенным параметром, определяющим устойчивое движение, является, так называемая, эквивалентная конусность [6]. Значительное влияние на этот параметр со стороны пути оказывают профиль рельсов и их подуклонка, а также ширина колеи. Для линий, на которых скорость движения превышает 200 км/ч, необходимо обеспечивать эквивалентную конусность от 0,05 до 0,3.

Применение высокоскоростного профиля, базирующегося на низкой эквивалентной конусности, является проверенным решением проблемы усталостных дефектов. На Федеральных железных дорогах Австрии разработан подобный специальный профиль. Радиус головки 130 мм и

радиусы боковых граней 60 и 22 мм создают идеальные условия для движения с высокой скоростью при одновременном уменьшении риска возникновения усталостных дефектов на рабочей грани головки рельса.

Особый профиль использован в Норвегии на рудовозной линии Malmbanan. Там износ поверхности качения колес при осевой нагрузке от 25 до 30 т приводил к образованию вогнутого профиля, что вызывало перегрузку рабочей грани головки рельса стандартного профиля. В связи с этим был разработан специальный рельсовый профиль, который снижает износ колеса и явно уменьшает усталостные дефекты рельсов.

Технология закалки рельсов длиной 25 метров в масле (НТМК ЕВРАЗ) заключается в их нагреве в закалочной печи проходного типа, охлаждении в масле и отпуске в отпускной печи. Для данной технологии разработан ГОСТ Р 51685-2000 и поэтому была оговорена длина рельса не более 25 метров (такая длина вмещается в бак охлаждения рельса в масле). Причём, основная получаемая микроструктура рельсов представляет собой тростит. ГОСТ Р 51685-2000 внесён в список поддерживающих стандартов техрегламентов Таможенного союза. В настоящее время данный способ термообработки исчерпал себя. Это связано с негибкостью технологии, с высокими остаточными напряжениями, чрезмерной твёрдостью подошвы рельса и шейки рельса при недостаточной их пластичности и вязкости. Все эти недостатки приводят к низкой эксплуатационной надёжности рельсов в процессе эксплуатации и проигрышу современным японским и австрийским рельсам, имеющим иную технологию закалки рельсов.

По данным авторов работ [7], в настоящее время достаточно полно изучены технология производства и термического упрочнения рельсов, применяемых в ведущих мировых рельсовых заводах. Данную технологию можно разделить на следующие виды [7]: рельсы без термического упрочнения (Польша, Италия); рельсы с дифференцированным термическим упрочнением с прокатного нагрева (Япония, Австрия, США); рельсы с дифференцированным термическим упрочнением с отдельного индукционного нагрева (Франция, Канада (в настоящее время завод закрыт).

Разработку нового стандарта СТ РК 2432–2013 и межгосударственного стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» осуществили взамен СТ РК 2432-2005 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия», т.к. национальные стандарты были разработаны под старую технологию выплавки стали и изготовления рельсов путем термообработки в масле, и перестали соответствовать современным технологическим процессам.

Использование предлагаемого стандарта «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» направлено на достижение высоких требований к рельсам, которые будут соответствовать лучшим мировым аналогам развития технологии производства рельсов в Европейском союзе, а также требованиям норм безопасности на железнодорожном транспорте.

Выводы

В настоящем стандарте учтены изменения в технологии изготовления рельсов в связи с учетом мирового развития рельсопрокатного производства (производства стали в конверторе и электросталеплавильном производстве взамен устаревшего мартеновского, переход от разливки стали в изложницы на непрерывную разливку стали, внедрение вакуумматоров для лучшей дегазации стали, переход на прокатку рельсов в универсальных клетях и внедрение инновационной дифференцированной технологии водо-воздушной закалки, что позволяет производить рельсы длиной 120 метров с высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению с 25 метровыми, выпускаемыми по СТ РК ГОСТ Р 51685-2005).

Технический эффект от внедрения стандарта на железнодорожном транспорте выразится в повышении надежности и безопасности эксплуатации рельсов, сокращении объемов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, увеличении производительности на рельсосварочных заводах и при укладке рельсов на путях, уменьшении числа неплановых ремонтов, сокращении эксплуатационных затрат за счет продления срока службы рельсов.

Таблица 1 – Сравнение показателей качества железнодорожных рельсов

Страна	ГОСТ	Тип рельсов: Линейная масса 1м рельса, кг	Марка стали	Химический состав стали: Массовая доля элементов, %: Углерод	Марганец	Кремний	Ванадий	Титан	Хром	Фосфор (не более)	Сера (не более)	Алюминий (не более)	Твердость рельса по категориям (НВ)	Временное сопротивление, Н/мм² (кгс/мм²)	Относительное удлинение,	Ударная вязкость, KCU, Дж/см (кгс · м/см)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Межгосударственный стандарт	-	Р75 / 74,6 Р65 / 64,88 Р50 / 51,88	90ХАФ	0,83–0,95	0,75-1,25	0,25–0,60	0,08-0,15	-	0,20–0,60	0,020	0,020	0,004	352 – 409	1080-1280	8-9	15-25
			76ХАФ	0,71 - 0,84			0,05-0,15	-								
			76ХФ				0,03–0,15	0,004								
			76ХСФ			0,30–1,10	05–0,15	-	0,50–1,25							
			90АФ	0,83–0,95		0,25–0,60	0,08–0,15	0,025	–							
			76АФ	0,71–0,82			0,05–0,15		-							
			76Ф				0,03–0,15		-							
Международный	UIC 860 0 - 79	60,34	70	0,40-0,60	0,80 -1,25	0,05 - 0,35	-	-	-	0,055	0,050	-	325 - 352	680 – 830	Н - 14	-
			90 А	0,6–0,8	0,8 - 1,3	0,10 – 0,5				0,050				880	Н - 10	
			90 В	0,55	1,3 - 1,7											
Международный	60 Е 1	60,34	700	0,40- 0,60	0,80–1,25	0,05 - 0,35	-	-	-	0,05	0,05	-	325 - 352	680 – 830	≥14	-
			900А	0,60-0,80	0,80–1,30	0,10 - 0,50			-	0,04	0,04			980	≥10	
			900В	0,55-0,75	1,30–1,70	0,10 - 0,50			-	0,04	0,04			≤1030	-	
			1100	0,60-0,82	0,30–0,90	0,90 - 1,30			0,80-1,30	-	0,03			≥1080	≥9	
Международный	EN 13674 - 20111	68,0	200	0,40 - 0,60	0,15 - 0,58	0,15 - 0,58	0,030	0,025	≤0,15	0,035	0,008-0,035	0,04	320 - 350	700 - 1000	7	-
			220	0,50 - 0,60	0,20 - 0,60	0,20 - 0,60	0,030		≤0,15	0,025		0,04				
			260	0,62 - 0,80	0,15 - 0,58	0,15 - 0,58	0,030		≤0,15	0,025	0,008-0,025	0,04				
			260 Mn	0,55 - 0,75	0,15 - 0,60	0,15 - 0,60	0,030		≤0,15	0,025		0,04				
			320 Cr	0,60 - 0,80	0,50 - 1,10	0,50 - 1,10	0,18		0,80 - 0,20	0,020	0,008-0,025	0,04				
			350 НТ	0,72 - 0,80	0,15 - 0,58	0,15 - 0,58	0,030		≤0,10	0,020	0,008-0,025	0,04				
			350 LHT	0,72 - 0,80	0,15 - 0,58	0,15 - 0,58	0,030		≤0,30	0,020	0,008-0,025	0,04				