

## **ДЕФЕКТИ В РЕЛСИТЕ, КЛАСИФИКАЦИЯ И МЕРКИ ЗА ТЯХНОТО ОТСТРАНЯВАНЕ**

**Тошко Русенов**

[toshko\\_rusenov@mail.bg](mailto:toshko_rusenov@mail.bg)

**ВТУ “Тодор Каблешков”  
София 1574, ул. „Гео Милев” №158,  
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** безразрушителен контрол, релсови елементи, дефекти, пукнатини, отлюсване.*

***Резюме:** За сигурността на железопътния транспорт огромно значение има качеството на елементите на горното строене на пътя. Един от най-важните елементи на горното строене на железния път са релсите.*

*Докладът обобщава и дава по-ясна представа за дефектите в релсите като цяло, разглежда съотношенията им по вид, посочва основни причини и предписания за по-нататъшната експлоатация.*

Железопътния транспорт играе важна роля и има голямо значение за развитието на икономиката на държавата. За безопасното движение на влаковете е необходимо той да функционира правилно и безопасно. При експлоатация на железни пътища, релсите се подлагат на високи натоварвания от подвижен състав. За осигуряване безопасността на движение е необходимо с помощта на подходящи методи за безразрушителен контрол своевременно да се откриват и оценяват изникващите дефекти. За тази цел се използва ултразвуковата дефектоскопия, която позволява да се регистрират и оценят дефектите както по повърхността, така и вътре в релсата. Релсите като елемент от горното строене се намират под интензивно въздействие на динамичното натоварване от влаковете, а също така и от заобикалящата ги околна среда и климат. Тези фактори обуславят и водят до образуване и развитие на най-различните дефекти, които застрашават безаварийната експлоатация на подвижния състав.

Дефектите на релсите се характеризират с нарушаване на тяхната форма, размери, параметри, качество на метала при въздействието от подвижния товар и природно-климатични фактори.

В процеса на експлоатация на железния път под въздействието на динамичния подвижен товар и природно-климатични фактори в релсите се образуват различни повреди, деформации, умора в дефектите. Вследствие на това се понижава значително надежността на релсите, които довеждат до понижаване на скоростите, аварийни ситуации и спиране на движението на влаковете.

Решаването на този проблем се постига със съвременни физически методи на безразрушителния контрол. Практиката показва, че добрата организация, както и умелото използване на метода на контрол и разумната комбинация от тези методи позволяват да се оцени надеждността на големите дефекти.

Неизправностите в релсовите елементи съгласно “Класификатора на дефектите на релсите” от железния път са класифицирани като номера, състоящи се от три цифри. Първата цифра характеризира вида на дефекта и мястото на негово разположение (в главата, шийката или петата). Втората цифра оказва причината за повреда на релсата, а третата мястото на разположение на дефекта по дължината на релсата.

Неизправностите се систематизират в девет основни групи като всяка има различни причини за поява и развитие. В зависимост от вида и степента на повредата релсите се подразделят на остродефектни и дефектни.

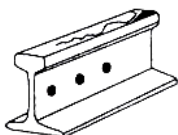
## **I ГРУПА -РАЗСЛОЯВАНЕ И ОТКЪРТВАНЕ НА МЕТАЛА ОТ ПОВЪРХНОСТТА НА ТЪРКАЛЯНЕ**

➤ Разслояване и откъртване на метала по повърхността на търкаляне на главата на релсовия елемент(фиг.1):

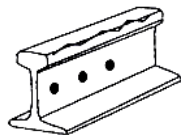
В процеса на изработка от технологични грешки, в релсите могат да се образуват фини надлъжни (косъмни) пукнатини. Тези дефекти, не се забелязват при приемането им в заводите производител. Разслояването и откъртването на метала по повърхността на търкаляне се образува след като по релсите започнат да се движат влакове. Начина на индетифициране е визуален оглед и ултразвуков контрол. Необходимо е профилактично шлайфане на релсите. Релсите лежащи в главните коловози при товаронапрежение повече от 25 млн.т./км бруто за година, които имат откъртване дълбоко до 3 мм. се смятат за дефектни и подлежат на замяна. При откъртване дълбоко над 8 мм. неизправността е остродефектна и трябва незабавно да се замени релсовия елемент.

➤ Откъртване на метала в закръгленето на контактната работна повърхност на главата на релсовия елемент (фиг.2):

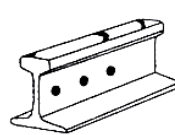
Недостатъчна контактно-уморна якост на метала води до вътрешно напукване на материала, което се появява като ръб на странична повърхност. По-често отлюспването се проявява предимно по външните релсови нишки в криви. В начален стадии на развитие може да бъде установен с ултразвукова дефектоскопия. Появяването на тъмни надлъжни петна е признак за появяване на дефекта. Релсите лежащи в главните коловози при товаронапрежение повече от 25 млн.т./км бруто за година, които имат откъртване дълбоко до 3 мм. и при товаронапрежение по-малко 25 млн.т./км бруто за година на всички приемно-отправни коловози се смятат за дефектни и подлежат на замяна. При откъртване дълбоко над 8 мм. неизправността е остродефектна и трябва незабавно да се замени релсовия елемент. За недопускане появата на този дефект е необходимо да се шлайфат периодично релсите.



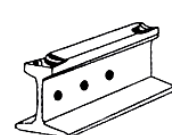
Фиг.1 Дефект №10.1-2



Фиг.2 Дефект №11.1-2



Фиг.3 Дефект №14



Фиг.4 Дефект №17.1-2

➤ Причини от буксуване на колелата на локомотивите (фиг.3):

Колелата на подвижния състав при буксуване предизвикват образуване на откъртвания (пробуксуване) на повърхността на главата и на двете релсови нишки. Откриват се с визуален оглед и проверка с измервателни уреди. Релсите с пробуксуване

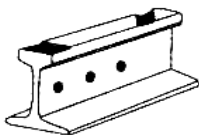
по често се проверяват. С пробуксуване по-дълбоки от 2 мм в участъците със скорости на движение 120 км/ч и дълбочина повече от 1 мм в участъците със скорости на движение над 120 км/ч се отнасят към дефектните и подлежи на замяна. Релсите с напречни цепнатини се явяват остродефектни и се заменят незабавно.

➤ Откъртване на закаления слой на повърхността на търкаляне на главата на релсата (фиг.4);

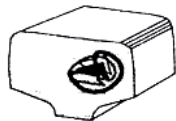
От незадоволително закаляване на релсите в закаления слой може да се образуват зони с неравномерни преходи от закален към незакален метал. Под въздействието на колелата на подвижния състав в тези места се откъртва и отлюспва метал, като може да доведе и до изкривяване на краищата на релсите. Откъртване по релсата с дължина повече от 25 мм. и дълбочина до 3 мм. се отнася към дефектни и подлежи на смяна при текущ ремонт. Ако релсите са с дълбочина на откъртване над 6 мм. те се подменят с приоритет.

➤ Откъртване на напластения слой на повърхността на търкаляне на главата на релсата (фиг.5);

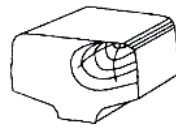
Нарушаване на технологията при напластяване води до нездраво съединяване на заварката. Под въздействието на подвижния състав се образуват хоризонтални пукнатини като напластения слой се разслоява и откъртва. При откъртване на напластен метал с дължина повече 25 мм. релсите се заменят с нови.



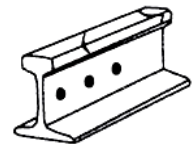
Фиг.5 Дефект №18



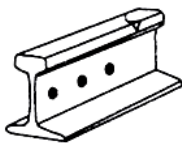
Фиг.6 Дефект №20.1-2



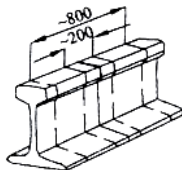
Фиг.7 Дефект №21.1-2



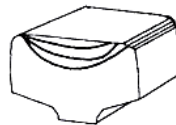
Фиг.8 Дефект №24



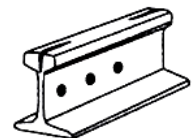
Фиг.9 Дефект №25



Фиг.10 Дефект №26.3



Фиг.11 Дефект №27.1-2



Фиг.12 Дефект №30B.1-2

## II ГРУПА –НАПРЕЧНИ ПУКНАТИНИ В ГЛАВАТА НА РЕЛСОВИЯ ЕЛЕМЕНТ

➤ Напречни пукнатини в главата на релсовия елемент;

Главната причина за образуването на неизправността (фиг.6) е от грешки при самото производство на стоманата, развива се т.н. дефект-концентратор разположен във вътрешността на главата или от вътрешна хоризонтална пукнатина и в редки случаи от отлюспване на контактния ръб. При недостатъчната контактено-уморна якост на метала под въздействието на подвижния състав води до образуване на дефект (фиг.7). Релсите с напречни пукнатини с всякаква големина се заменят незабавно. При забелязването на напречна пукнатина в безнаставовия път дефекта се изрязва и се заменя с друго парче релса. Неизправности появяващи се повреме на експлоатация, причинени от дерайлиране, висящи части от возилото, наранен бандаж на колелото, наранявания от технологични процеси с различни инструменти, падащи материали, удари на релса в релса водят до образуване на пукнатини дори при нормално натоварване (фиг.8 и фиг.9). Пукнатините бързо се развиват и могат да доведат до счупване на релсата. Затова при натоварване, транспорт и разтоварване на релсите е необходимо внимателно да се подхожда към този вид дейности както и при самата им експлоатация да не се допускат удари и други повреди.

➤ Напречни пукнатини в главата на заварения край (фиг.10);

Некачественото изпълнение на заварките, наличие на нащърбвания, балони, цепнатини в местата на заварките както и неправилно обработване на релсите води пукнатина. Релсите или се заменят с нови или се изрязва парче и се заварява друго.

➤ Закалени пукнатини в закаления слой на метала в главата на релсовия елемент (фиг. 11);

От неравномерно нагриване и охлаждане на релсата при процеса на закаляване се образуват пукнатини. При преминаване на гарантирания допустим тонаж през релсовия път ако има такива пукнатини се предивява рекламация към завода производител и релсите се заменят с нови.

### **III ГРУПА – НАДЛЪЖНИ ПУКНАТИНИ В ГЛАВАТА НА РЕЛСОВИЯ ЕЛЕМЕНТ**

➤ Вертикално разслояване на главата на релсовия елемент (фиг.12);

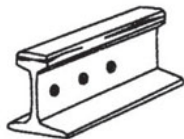
Главния признак за образуване на този дефект е пукнатина разделяща главата на елемента на две части в равнината успоредна на шийката на главата. Релси с вертикално разслояване на метала на главата се явява остродефектен и подлежи на незабавна подмяна.

➤ Хотизонтално разслояване на главата на релсовия елемент (фиг.13);

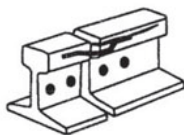
В главата на релсата се появява хоризонтално разслояване на метала. То може да е в края на релсата както и по цялата дължина с дълбочина над 8 мм. от повърхността на търкаляне. Неизправността е остродефектна и подлежи подмяна с нови релси.

➤ Пукнатини в главата в близост до заварения релсов край (фиг.14);

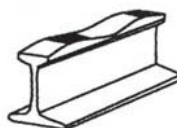
От неправилно заваряване на джъмперното въже и други елементи към релсата възникват малки пукнатини, които могат да доведат до счупване. Обикновено се развиват в надлъжна и напречна посока. Незабавно се подменят в кратък срок.



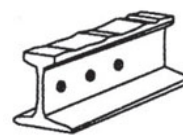
Фиг.13 Дефект №30X.1-2



Фиг.14 Дефект №38.1



Фиг.15 Дефект №40



Фиг.16 Дефект №41.1-2

### **IV ГРУПА – СМАЧКВАНЕ И НЕРАВНОМЕРНО ИЗНОСВАНЕ НА ГЛАВАТА НА РЕЛСОВИЯ ЕЛЕМЕНТ**

➤ Вълнообразна деформация на главата на релсовия елемент (фиг.15);

Образуват се вълни с дължина 0.20-1,5 м , възникват от вибрации при преминаване и изправяне на релсите през ролките във заводите. При експлоатацията на релсите първоначалните дефекти се развиват и образуват като вълнообразни неравности. Релсите с дълбочина до 1мм. и дължина до 1м. са дефектни и трябва да се шлайфат. При дълбочина над 3 мм трябва да се заменят. В участъка където не е започнало шлайфане и подмяна на релсите се въвежда временно следната скорост за преминаване на влаковете: дълбочина на вълните от 1 до 1,5 мм. скоростта е до 140 км/ч., от 1,5 до 2 мм. не повече от 100 км/ч., от 2 до 3 мм. до 70 км/ч и над 3 мм. до 40 км/ч.

➤ Смачкване и вертикално износване на главата на релсовия елемент (фиг.16);

Поради недостатъчна здравина на метала в главата на релсата под въздействието на подвижния състав, главата бързо се смачква в порядъка от 1,5 до 6 мм или повече. Това води до бързо износване на главата и нарушаване на междурелсието. В този случай се намалява скоростта в зависимост от дълбочината както при вълнообразната деформация докато релсите се заменят с нови.

➤ Смачкване на главата на вътрешната релса в крива (фиг.17);

При бавно движещи се товарни влакове по жп мрежата се увеличава натиска от колелата им върху вътрешната нишка. Това води до смачкване на главата, както и до

разлика в междурелсието. Необходимо е да се направи съответствие между надвишението на външната релсова нишка в кривата и реализираните скорости на движения на товарните влакове и да се реконструира дадения участък.

➤ Неизправност от момента, в който страничното износване стане по-голямо от граничните стойности определени в нормативните документи (фиг.18):

Недостатъчна здравина на метала, силен страничен натиск, преплъзване на колелата по страничната повърхност на външната релса в криви с малки радиуси води до появата на неизправността. Максималното допустимо странично износване за релси UIC60 - 11мм. а за S49 - 13.5мм. В участъците с интензивно странично износване на релсата следва да се влагат релси от износоустойчива стомана.

➤ Смачкване на главата на релсовия елемент във вид на седловина в зоната на заварения настав (фиг.19):

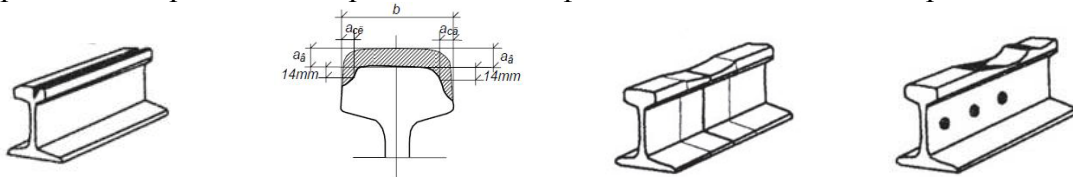
При нееднородност на механичните свойства на основния и заварения метал, впоследствие се появява смачкване или седловина. Повърхността на търкаляне в зоната на заварката следва да се изравни чрез шлайфане.

➤ Смачкване на главата на релсовия елемент във вид на седловина в зоната на болтовия настав (фиг.20):

Образува се в местата с рязко изменение на твърдостта на закаления и незакален метал. Повърхността на търкаляне се шлайфа. Главата на релсата се оформя, така че да се увеличи зоната на контакт между релсата и колелото.

➤ Къси вълнообразни неравности на главата на релсовия елемент (фиг.21):

При движение на подвижния състав колелата приплъзват и се образуват вълнообразни неравности от 3 до 12 см. възможно по цялата дължина на релсата, затова повърхността на релсата се обработва с шлайфане или се заменя самата релса.



Фиг.17 Дефект №43

Фиг.18 Дефект №44

Фиг.19 Дефект №46.3

Фиг.20 Дефект №47.1

## У ГРУПА – НЕИЗПРАВНОСТИ В ШИЙКАТА НА РЕЛСОВИЯ ЕЛЕМЕНТ

➤ Разслояване на шийката (фиг.22):

Наличие на остатъчни язви както и на всякакви неметални частици в релсовата стомана в процеса на движение на влаковете могат да доведат до образуване на разслояване на метала в шийката на релсата. Тези релси се смятат за остроредфектни и се заменят с приоритет.

➤ Продълговати пукнатини в закръгленето между шийката и петата (фиг.23):

Недостатъците на профила и високите местни напрежения водят до развитие на цепнатини с дължина над 30 мм. разположени под главата по дължината на релсата. Това може да доведе до счупване на парче от релсата. Неизправността е остроредфектна и подлежи на незабавно сменяне на релсата.

➤ Пукнатини в шийката от болтови и други дупки (фиг.24):

Концентрация на напреженията в болтовите дупки от некачествено пробиване и водят до ускоряване и развитие на пукнатини. Релсите с пукнатини в шийката започващи от болтовите дупки са остроредфектни и се заменят.



Фиг.21 Дефект №49

Фиг.22 Дефект №50.1-2

Фиг.23 Дефект №52.1-2

Фиг.24 Дефект №53.1-2



➤ Диагонална (коса) пукнатина (фиг.25):

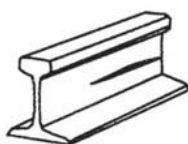
Проявява се в местата на маркировката на релсите, а също така и на всякъде по дължината на релсата. При самото маркиране с удар по шийката възниква концентрация на напрежения които могат да доведат до пукнатини, счупване и откъртване на парче метал. Релсите са остродефектни и се заменят незабавно.

➤ Пукнатина в шийката в зоната на заварката (фиг.26):

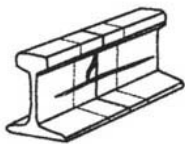
Поява на хоризонтална пукнатина се дължи на лоша заварка и некачествено обработване на заваръчния шев. При безнаставовия път се изрязва парче релса и се заваря друго.

➤ Корозия на шийката (фиг.27):

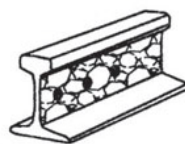
Атмосферното влияние и въздействие на химичните вещества води до корозирание на шийката. Често такива дефекти се появяват в тунелите, в местата където се превозват минерални вещества и други химични товари. Релсите с дълбочина над 4 мм. се считат за дефектни и се заменят при текущ ремонт.



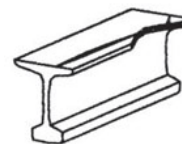
Фиг.25 Дефект №55



Фиг.26 Дефект № 56.3



Фиг.27 Дефект №59



Фиг.28 Дефект №60.1-2

## VI ГРУПА – НЕИЗПРАВНОСТИ В ПЕТАТА НА РЕЛСОВИЯ ЕЛЕМЕНТ

➤ Надлъжна пукнатина и отчупване:

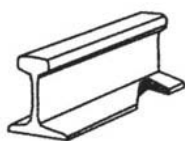
От недостатъци и нарушаване технологията на производство в петата на релсата може да се появи косъмен дефект, като в процеса на експлоатация довежда до образуване на пукнатини, счупвания на части от петата (фиг.28). При некачествено обработване на петата и неравномерно опирание на петата на релсата върху подложката довеждат до напукване на петата по дължина (фиг.29). Механична повреда по петата както и силен удар могат да доведат до пукнатина и впоследствие счупване на парче метал (фиг.30). Релсите и в трите случая се явяват остродефектни и се заменят незабавно.

➤ Пукнатина в петата в заварката(фиг.31):

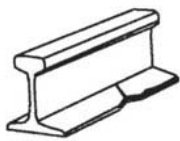
Нарушаване технологията на заваряване, наличие на балони, шупли и пукнатини са основната причина. Релсите се заменят или се изрязва дефектното парче и се заварява друго.

➤ Корозия на петата (фиг.32):

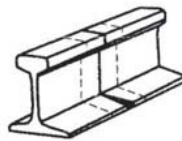
Корозията възниква при сезона влажност, контакт с химични материали. Интензивно се проявява в тунелите. При поражение от корозия на петата с дълбочина над 4мм. релсите се считат за дефектни и се заменят при планирано текущо поддържане.



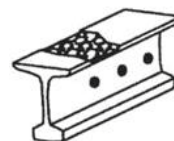
Фиг.29 Дефект №62.1-2



Фиг.30 Дефект №65



Фиг.31 Дефект №66.3



Фиг.32 Дефект №69

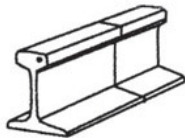
## VII ГРУПА – СЧУПВАНЕ НА РЕЛСОВИЯ ЕЛЕМЕНТ ПО ЦЯЛОТО СЕЧЕНИЕ

➤ Напречно счупване (фиг.33 и фиг.34):

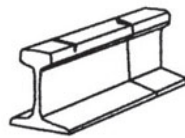
Наличие на шлаки или други металургични дефекти попадащи в метала при изготвянето на релсите води до дефект в макроструктурата им. Проверяват се с дефектоскопи. Релсите се заменят незабавно. По често се наблюдава участък с релси където е минал подвижен състав с наранени бандажи на колелата, дори ако няма никакви външни признаци на повреда.

➤ Крежко счупване без видима причина (фиг.35);

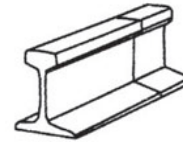
Лошото състояние на пътя, големите опъни напрежения в релсите на безнаставовия път, надвишаване на допустимото натоварване а също така и крежкостта и трошливостта на релсовата стомана довежда до счупване. Дефекта се установява с външен оглед и проверка с дефектоскоп и при установяване на такива се сменят веднага.



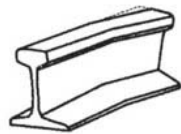
Фиг.33 Дефект №70.1-2



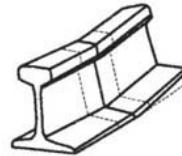
Фиг. 34 Дефект №74



Фиг.35 Дефект №79



Фиг.37 Дефект №86.3



Фиг.36 Дефект №85

## **VIII ГРУПА – ИЗКРИВЯВАНЕ НА РЕЛСОВИЯ ЕЛЕМЕНТ В ХОРИЗОНТАЛНА И ВЪВ ВЕРТИКАЛНА РАВНИНА**

➤ Остатъчни деформации(фиг.36);

Появяват се при небрежно натоварване, разтоварване, неправилна обработка, аварии или от други външни причини. Релсите лежащи в пътя, които имат малки изкривявания, могат да бъдат изправени непосредствено в пътя с хидравлични преси или други приспособления. Релсите с резки и големи изкривяване трябва да се подменят с нови.

➤ Нарушаване праволинейността на елемента(фиг.37);

При заваряване на релсовите елементи с неправилно обработени краища, при неправилна стиковка или при измятане на елемента в горещо състояние се нарушава праволинейността. Изкривените заварени настави следва да се изрежат и да се заварят нови парчета или да се смени релсата.

## **IX ГРУПА – ДРУГИ НЕИЗПРАВНОСТИ**

➤ Други дефекти и повреди на релсите – възникват в края на релсата, извън края на релсата или в челната заварка.

Периодичната проверка на релсите с дефектоскопите определя състоянието на релсите като изхожда от вида на дефекта, характера на развитие на дефекта, състоянието и условие на експлоатация на пътя и други особености. С дефектоскопите се откриват в железния път и в релсозаваръчните предприятия до 99% от всички открити дефекти.

Оптималното планиране на срокове за безразрушителен контрол, разработване на най-добрите маршрути за проверка на дефектни участъци позволява отчасти да се реши проблема на диагностиката на релсите.

За намаляване на технологичните операции при изправяне на релсата през ролковите машини в заводите-производители е необходимо усъвършенстване на процесите за производство на релси.

Оптимално възстановяване на профила на релсата чрез шлайфане благоприятно влияе на динамичните условия на превозите, повишава срока на експлоатация и подобрява безопасността на движение на железопътните возила.

Пукнатиноустойчивостта на железопътните релси е важна характеристика определяща безопасността на подвижния състав. Тази характеристика нараства при увеличаване на натоварването върху колелата, скоростта на движението на влаковете и климатичните промени. Повишаване на пукнатиноустойчивостта на релсите се постига с оптимизиране на химичния състав на релсите без да се намалява тяхната износоустойчивост.

## **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1.] В. И. Грицык, Дефекты рельсов железнодорожного пути, Москва 2005г.
- [2.] Вълков. Р., Изпълнение на инфраструктурни проекти за интегриране на българската железопътна инфраструктура в Транс-Европейската транспортна мрежа, Сборник доклади XII Международна научна конференция ВСУ - София 2012г. ISSN:1314-071X
- [3.] Инструкция за устройството и поддържане на горното строене на железния път и железопътни стрелки, София 2010г.
- [4.] Иванова. М., Учебно-методическо ръководство по проектиране и строителство на железопътни линии, София 2009г.
- [5.] Каталог на неизправностите в релсовите елементи, София 2006г
- [6.] Марков. А. А, Шпагин. Д. А., Ультразвуковая дефектоскопия рельсов, Санкт-Петербург 2008г.
- [7.] Повышение надежности и срока службы колесных пар и рельсов, Научно-технический журнал “Железные дороги мира” №3 стр.54-61, Москва 2011г.
- [8.] Раннее обнаружение усталостных трещин в рельсах, Научно-технический журнал “Железные дороги мира” №8 стр.75-80, Москва 2010г.