



## **СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА УВЕЛИЧАВАНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННИЯ СРОК НА РАБОТА НА РЕЛСИТЕ В ЖЕЛЕЗНИЯ ПЪТ НА МЕТРОПОЛИТЕНА НА СОФИЯ**

**Юри Иванов Тодоров, Руско Вълков**  
[todorov.yuri@gmail.com](mailto:todorov.yuri@gmail.com), [rvalkov@vtu.bg](mailto:rvalkov@vtu.bg)

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

***Ключови думи:** релси, метрополитен, дефектиране, *headcheck*, механизирано шлайфане*

***Резюме:** В доклада се разглежда необходимостта и ефекта от извършването на периодично механизирано шлайфане на главите на релсите, като необходима и адекватна съвременна мярка за превенция елиминиране на повърхностните пукнатини познати в световната практика и терминология като *headcheck*, с цел удължаване на експлоатационния живот на положените железопътни релси в Метрополитена на София.*

### **Релсите в Метрополитена на София**

Железопътните релси в Метрополитена на София, както и в различните администрации където се използват, почти изцяло са обект на голямо общо натоварване. В духа на съвременните тенденции, това натоварване в най-общия случай е свързано с увеличаването на трафика, повишаването на осовите натоварвания и увеличаване на скоростта, особено във високоскоростните отсечки. Релсите са един от най-важните и същевременно най-скъпи елементи от горното строене на железния път и смяната им отнема много време, усилия и е скъпо и трудно за организиране и реализиране мероприятие, особено в стеснените условията каквито са условията на Метрополитена. Релсите са елемента даващ сигурност и непрекъснатост на услугата превоз, и по тази причина за да са в пълна изправност, трябва да бъдат постоянно наблюдавани и да се следи тяхното състояние.

Релсите, които са вложени и се използват в трасетата на Метрополитена са тип **S49**. Първоначално в строителство на железния път са използвани обикновени релси. След 2010 г., при построяване на новите участъци и при подмяна на остро дефектирали или прекомерно износени релси, се използват само обемно закалени релси. Има много положителен опит и практика натрупани през годините и свързан с процесите, които настъпват в релсите в периода на техния експлоатационен живот. Въпреки това е много важно внимателно да се следи тяхното общо състояние, натоварването, деформациите както и промяната на профила им. Състоянието на релсите в съвременните условия се проверява и анализира с помоща на различни модерни и интелигентни технически средства и специализирани инструменти и техника.

### **Състояние на проблема с дефектирането на релсите**

През 2006 г., след 8 години на нормална и абсолютно безаварийна експлоатация на релсовия път и стрелките, бяха констатирани първите видими признаци за наличие на натрупани деформации и износвания по релсите. В следствие на твърде специфичния вид и тип на движение и натоварване, което е характерно с относително малките си осови натоварвания - до 12 тона/ос, но с много голяма интензивност на движение на влаковете при минимални интервали, и голяма цикличност на натоварването в точка.

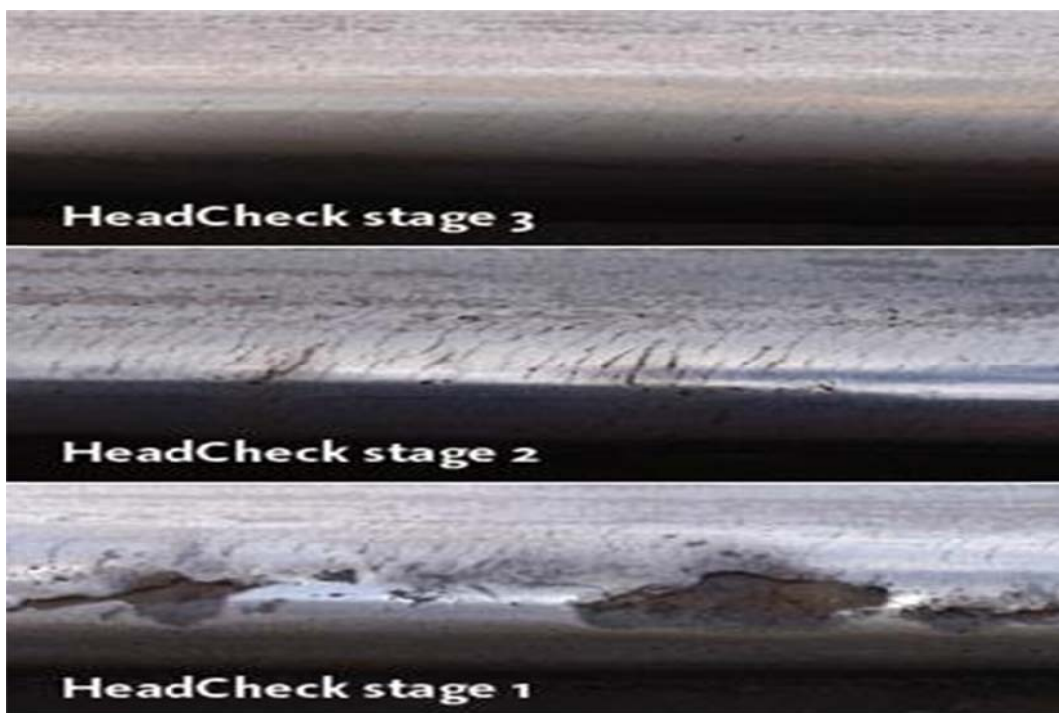
Първоначално констатираните дефекти представляват слабо видими аксиални, радиални и диагонални микропукнатини върху главите на релсите, без определена връзка и зависимост с плана и профила на пътя, или със скоростта и режима на движение на влаковете. След първоначалното откриване и маркиране на участъците в които се прояви видимия признак на дефекта за период от около 12 месеца се направи проследяване, проучване и анализ на състоянието и развитието на този дефект. За периода, в голяма част от наблюдаваните зони, размера на пукнатините прогресивно и доста бързо нарастнаха, и в един следващ период започна процес на отделяне на късове от уморен пластифицирал материал от натоварената контактна зона на дърята на колелата върху главите на релсите. Язвите върху главата, които се получават след отлюспването на материал в тази втора фаза на развитие на дефекта, са с размери от 5-10 до 25-30 мм. и с констатирана дълбочина до 2 - 2,5 мм. (фиг. 1)



**Фиг.1 – фаза на развитие (одлюспване)**

По своята същност headcheck-а представлява, пластичното изражение на умората на материала на главите на релсите, която се натрупва след някакъв период на експлоатация с работни натоварвания, чийто вид, характер, интензитет и параметри, са сходни с тези в Метрополитена на София.(Фиг.2) Визуалния контрол отдавна вече не е единствения и най-ефективен начин за откриване на дефекти и неизправности. Навременното ефективно откриване на първите симптоми в скрита фаза на дефекта и последващо проследяване на развитието му са възможни само с използване на съвременни технически методи и средства. Пътеизмерителна тележка на фирма „ROHMANN” е инструмент за откриване наличието и оценка на различни скрити дефекти, шупли и други вътрешни пукнатини и некачествени заваръчни шевове и

работи посредством вих-ротокови измервания. Тя е изключително модерен и прецизен инструмент изработен от карбон, снабден с модерен и бърз аналитичен софтуер и при работа се използва и обслужва само от един оператор. Тележката може да бъде сглобена и разглобена без да са необходими допълнителни инструменти, в рамките на броени минути. Тя е доста универсална и може да бъде оборудвана с различни конфигурации на хардуерни елементи и различен софтуер, които посредством метод на вихров ток извършват моментна проверка на различни параметри. Конструирана е да се постави и движи върху железния път и да проверява едната ходова релса. Оборудвана е с патентован магнитен държач, който позволява изключително спокоен ход и прецизна проверка на цялата глава на железопътната релса. С тележката могат да се проверяват и стрелки и стрелкови части. Сондите посредством които контактува с проверяваната повърхност са с керамична защита срещу износване, имат дълъг живот и могат да се използват както безконтактно, така и с директно плъзгане по измерваната повърхност. С нейна помощ може да се извършва пълна проверка на състоянието на една релса с работна скорост равна на нормален човешки ход, около 4,5 км/час.



**Фиг. 2 – основните фази на развитие на headcheck**

### **Мерки за контрол на дефекта**

Основна и адекватна съвременна мярка за контролиране на появата на проблема headcheck, която се препоръчва, използва и се е наложила в железопътните администрации с натрупан опит по въпроса, е механизирано шлайфане на главите на релсите. Според нуждата и интензивността с която се прилага, то предпазва от поява и елиминира развитието на дефекта, като по този начин се удължава неколкостранно експлоатационния живот на релсите преди напълно изчерпване на работните им параметри и тяхната смяна.

### **Международен опит и практика**

INNOTRACK е европейски изследователски проект за железопътна поддръжка. Пре-поръките отправени на база изследвания на INNOTRACK, се приемат и прилагат

на много места в Европа и по целия свят. Констатациите на работните групи в която са включени представители на различни железопътни администрации и фирми като - *DB Netz AG, SNCF, Network Rail, Pro Rail, Corus Rail, Voestalpine Schienen GmbH u Speno International*, включително специални анти-headcheck профили и циклично планово шлайфане, са залегнали в практиката на много администрации. Препоръките обхващат пет тематични варианта и възможности за прилагане на механизираното шлайфане:

- Предпусково шлайфане: Целта на предпусковото шлайфане е да се премахнат разликите в състоянието на главите на релсите в новопостроения участък и те да бъдат уеднаквени, като се елиминират дребните нацърбвания по главата на релсата, образувани при строително монтажните работи. Изпълнява се с един цикъл на шлайфане (фиг.3а) и 3б)). Служи също така и за коригиране и уеднаквяване на разликите в наклона на напречния профил на релсите, получени от грешки при установяване на положението на релсите преди заваряване, както и прецизно да елиминира неравностите от заварки.
- Профилактично: Профилактичното превантивното шлайфане е дейност по поддържането, насочена към запазване на повърхността на релсата в добра форма, възможно най-близо до нова релса, преди появата на видими дефекти, които в последствие може да доведат до сериозни проблеми. Това обикновено е случаят с периодичен контрол на повърхностната умора на главата на релсата. Превантивното шлайфане се планира предварително и изисква малък брой шлифовъчни цикли. В зависимост от конфигурацията на машината, много често то се изпълнява в режим на един - единствен цикъл на шлайфане.



Фиг.3а)



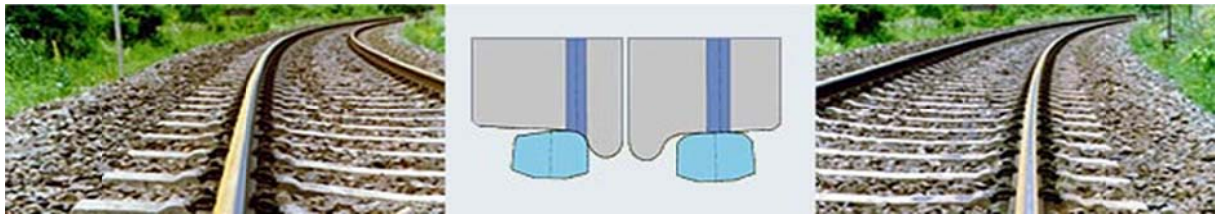
Фиг. 3б)

- Циклично: За да се предотвратят вибрациите и се да държи развитието на повърхностната умора под контрол, релсата трябва да се шлайфа периодично съобразно някаква икономическата конюнктура. Този тип интервенции са планирани, с определена периодичност, обикновено след като определен тонаж е преминал по една линия (например, на всеки 20 млн.бр.тона), или в съответствие с програмите за намаляване на шума, въз основа на статистическите данни. Препоръчително е също така да се извърши допълнителен цикъл на шлайфане, за да се осигури хомогенна металургичната структура.

- Симптоматически свързано: Когато редовните проверки на състоянието показват, че дефектите са достигнали своите граници на допустимо отклонение, релсата трябва да се подложи на шлайфане. Тези граници могат да бъдат както геометрични така и акустични. За да могат машините с висока мощност да разгърнат възможно най-добрия си потенциал, се препоръчва да не се шлайфат участъци, които са твърде къси.
- Поправително и превантивно: Коригиращо шлайфане позволява *лечението* на единични и сравнително къси проблемни зони и на дефекти и повреди, които са се появили внезапно. Тази категория включва дефекти като тежко нащърбяване, пробоксуване и изолирана повърхност умора. В тези случаи може да се избере и обикновена машина от по лек тип.

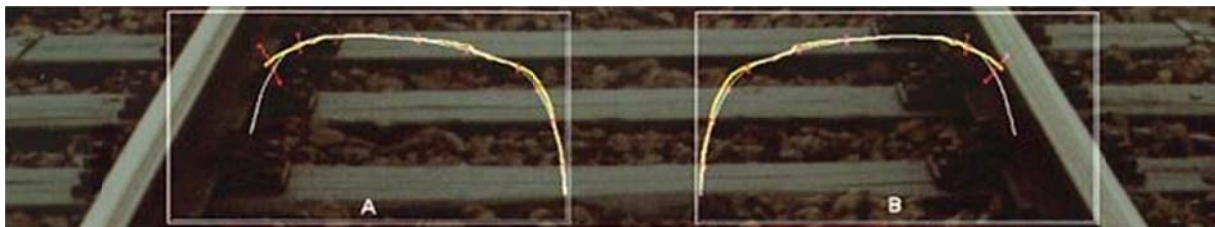
### Специални профили

Специалния профил е понятие, което е различно от обикновения стандартен профил на главата на релсата. Специалните профили при които разликите между дясната и лявата релси са умишлени, също попадат в тази категория. Специални профили обикновено са по-известни като асиметрични профили, които позволяват намаляване на страничното износване в острите криви. (фиг. 4) Разширяването на зададеното междурелсие посредством промяната на профила, позволява преместване на центъра на тежестта и подобряване на стабилността на возилата. Специалния профил може да се моделира и съобрази с всички възможни специфични изисквания на трасето, натоварването, вида на подвижния състав и т.н.



Фиг. 4 – несиметрични профили на релсите в крива

В много случаи на динамични ограничения, габаритното изместване в посока към геометричния център на релсата, се явява допълнителна мярка за превенция срещу появата на headcheck. (фиг.5 )



Фиг. 5 – моделиране на новите профили

### Стратегии

Преди да се пристъпи към механизирано шлайфане на железния път, трябва да се планира и да бъде ясно определена стратегията, която ще се приложи. Възрастта и състоянието на релсите, както и предназначението на линията са основни фактори, които обикновено се отчитат при определянето на стратегия. Изборът на стратегията обаче може да бъде повлияно и от други специфични фактори и изисквания. За

различните фирми предлагали машини за механизано шлайфане, тези различни въпроси се обсъждат по време на предварителните срещи и могат, и трябва да бъдат взети в предвид. Целта на всяко шлайфане трябва да бъде, да се гарантира наличието на достатъчен фронт за работа на машината за шлайфане, за да се постигне максимален ефект при това на най-ниската възможна цена.

## Планиране

Механизираното шлайфане на релсов път е скъпо. Затова е много важно, по време на планирането на етапите на операцията, да се осигури фронт и висока ефективност на работата. След като стратегията е ясно дефинирана, реалното планиране на операцията може да започне. За тази цел е необходимо да се определи кои релси трябва да бъдат шлайфани, къде са те и какъв тип е шлайфането, което те изискват. Да се определи вида на операцията, която се изисква, т.е. надлъжно или напречно сечение, корекция на профила, или премахване на повърхностните дефекти от умора. Също толкова важно е на този етап, да се определи и реши дали релсите не трябва да бъдат заменени поради натрупаните вътрешни дефекти.

Правилното планиране в същност представлява половината от работата. Това важи не само за планиране на техническата част от операцията, но също така и за организирането на всички етапи на операцията. Рентабилността на операцията трябва да бъде основна и водеща. Доброто планиране на тези мероприятия е ключът към ефективността на грижите за железния път. Това например означава, че транспортирането на машината на разстояния между работните места трябва да бъдат кратки, т.е. работни места трябва да са близки.

Първото механизано шлайфане на релсовия път в Метрополитена на София бе планирано, организирано и изпълнено през месеците юни и юли 2012 г. Екип от специалисти и машина с намален габарит за работа в метрополитени на швейцарската фир-ма *SPENO INTERNATIONAL* (фиг. 6), в рамките на 20 нощни „прозореца“ извърши прецизно *симптоматически свързано* шлайфане на по-голямата част от релсовия път и някои от стрелките по трасето на първи метродиаметър.



Фиг. 6 – машина за шлайфане на железен път на *SPENO INTERNATIONAL*

Някои специфични технически ограничения, бяха една от основните причини за да не може да се обхване и шлайфа целия експлоатационен участък. Непосредствено след изпълнение на *симптоматически свързано* шлайфане се извърши и първото *предпусково шлайфане* на новоизградените участъци от втория метродиаметър, от МС-Обеля до МС-Джеймс Баучер, които бяха въведени в експлоатация на 31 август 2012 г.

### Перспективи в планирането на превенцията

За условията на натоварване на релсовия път в софийския метрополитен с цел превенция на появата и развитие на headcheck, адекватно и препоръчително е механизирано шлайфане да се извършва през период от около 2 до 2,5 години за натоварения участък от трасето, и на 3,5 до 4 години, в по слабо натоварените участъци от МС „Младост 1” до „Летище София” и „Бизнес парк”, въведени в експлоатация наскоро. Механизираното шлайфане при въвеждане в експлоатация на новопостроени участъци от релсов път, е желателна стартова мярка, която гарантира продължителната експлоатация на релсите. Предпусково шлайфане бе заложено и се извърши на участъците пуснати в експлоатация през 2012 г. както и на въведените в експлоатация през месеци април и май 2015 г. участъци обхващащи от МС „Цариградско шосе”– „Летище София” и МС „Младост 1”– „Бизнес парк”.

Второто и засега последно механизирано шлайфане, бе организирано и изпълнено в рамките на част от заданието по договора за строителство на участъците към Летището и Бизнес парка. Фирмата изпълнител „РВП- Илиенци”, предостави по-лек тип машина на фирма „Goldsmith-Thermit RAILSERVICE”, базирана на платформата на товарен автомобил (фиг.7), която извърши пълно *предпусково шлайфане* на новите участъци.



Фиг. 7 – машина и екип на „Goldsmith-Thermit RAILSERVICE”

След приключването му в рамките на три нощни прозореца бе шлайфан *профилактично* и участък от старото експлоатационно трасе с дължина 4,2 километра.

Релсите са елемент от железния път които гарантира сигурността, качеството и ефективността на превоза. Прилагането на съвременни и модерни методи за поддържането им в нормално работно състояние за максимално дълъг период е важно и нужно, мероприятие от програмата за поддръжка. Чрез него се осигурява максимално

продължителна експлоатация и живот, оптимизират се програмите за поддръжка и разходите за тях.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1.] Братоев С. „Софийски Метрополитен” - 2004
- [2.] Братоев С. „Софийски метротрасета, реалности и перспективи“ – 2012
- [3.] Братоев С. „Новите участъци на софийското метро” – 2015 г.
- [4.] Метрополитен, Вътрешни документи
- [5.] Guidat A. „THE STRATEGIC INTEREST OF GRINDING” - 2006
- [6.] Снимки, Личен архив, Интернет

## **MODERN METHODS FOR INCREASING THE LIFETIME OF THE WORK ON THE TRACKS IN SOFIA SUBWAY**

**Yuri Todorov, Rusko Valkov**  
[todorov.yuri@gmail.com](mailto:todorov.yuri@gmail.com), [rvalkov@vtu.bg](mailto:rvalkov@vtu.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport,  
158 Geo Milev Steet., Sofia 1574,  
BULGARIA*

***Key words:*** rail, subway, defects, headcheck, mechanical grinding

***Abstract:*** The report reviews the necessity and effect of the periodic mechanical grinding of the rail head, as necessary and adequate advanced prevention measure to eliminate surface cracks known in world practice and terminology as headcheck to extend the life of the laid railroad tracks at the Metropolitan of Sofia.