

СПЕЦИФИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА РЕЛСОВИЯ ПЪТ В МЕТРОПОЛИТЕНА

Юри Тодоров, Руско Вълков
todorov.yuri@gmail.com, rvalkov@vtu.bg

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

Ключови думи: *релсов път, метрополитен, дефектиране*

Резюме: *В доклада са разгледани специфичните особености на релсовия път в метр-политена на София, видовете различни технически решения при реализирането на проектите, материалите и технологиите за изпълнение на горното строене, както и спецификата на натоварванията и проява на деформациите в пътя и начините за контрол и превенция.*

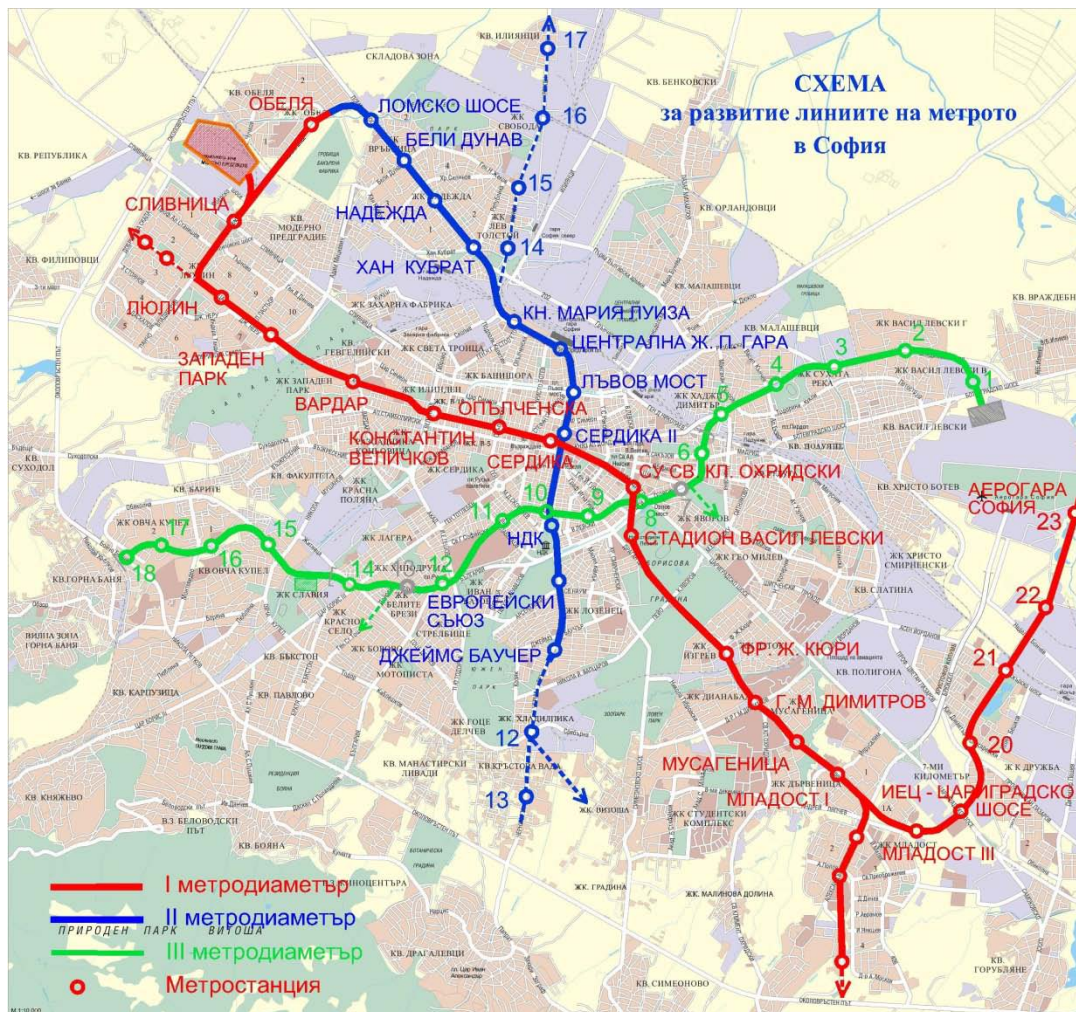
1. Въведение

Първата отсечка от Метростанция(МС)-„Сливница” до МС-„Константин Величков” с дължина на трасето 6,5 км. бе пусната в експлоатация на 28.01.1998 г. Настояща дължина на трасето е 31 км. и за периода от февруари 1998 г. до времето на въвеждане в експлоатация на втори метродиаметър на 31.08.2012 г., общата дължина на трасето в се увеличи почти 5 пъти. Към момента, общата дължина на релсовия път е 63,5 км. а приведената дължина на стрелките, маневрените и гаражни коловози - около 5 км.

Съгласно приетия от Министерския съвет на РБългария „**Технико-икономически доклад за развитието на метрото**”, одобрения със закон „**Общ устройствен план на столицата**” и според показаната на „**Генерална схема за развитие на Метро-то**”(фиг.1), в крайната си фаза на строителството трябва да бъде с три основни диаметра и с разклонения в периферията им, с обща дължина на трасето - 62 км. и 63 броя метростанции. По прогнозни изчисления, в крайния етап на реализация се планира то да превозва повече от 1 млн. пътника дневно.

На настоящия етап от развитието на метрото, МС-„Цариградско шосе” и МС-„Джеймс Баучер” се явяват крайни станции на работещия участък на метрото. На тези крайни станции става обръщането на посоката на движение чрез смяна на кабините. На такива временни или постоянно крайни метростанции, задължително се проектират и изграждат стрелкови обръщателни съоръжения даващи възможност за маневра при обръщане на посоката на движение на влаковете. Докато съответните станции играят роля на крайни, тези съоръжения се използват и работят интензивно - при всяко приемане и изпращане на влак. В общия случай това представляват есови коловозни съединения – с леви или десни стрелки, които след промяна на статута на

метростанцията и отпадането им като основни за движението, служат за извършване на маневра на служебните състави. Освен стрелки и есови съединения, на територията на метрополитена има изградени още и бретели. Бретели са изградени основно на тези от метростанциите, където има изградени временни или постоянни гаражни коловози за гарирание и престой по време на работата на метрото, на топли резерви на метросъстави - готови да бъдат включени в графика за движение, в случаите на повреда на някой от циркулиращите влакови състави.



Фиг.1 „Генерална схема за развитие на Метрото”

2.Трасе на 1-ви и 2-ри метродиа метри

Трасето на метрото, респективно релсовия път е изцяло изграден върху изкуствени съоръжения. Единствено на територията на депо „Обеля”, релсовият път е разположен върху терена. Изкуствените съоръжения, според разположението си спрямо терена, биват:

- подземни – тунели,
- надземни – на терена, върху мостове и естакади.

Тунелите, според начина на изпълнение, биват с правоъгълен, сводов или кръгъл профил, а според броя на пътищата – едно и двупътни.

Надземните части от релсовия път и съоръжения по трасето, с цел обезопасяване и ограничаване на външното въздействие от хора и околна среда, както и с цел

изолиране намаляване на шума от движението на влаковете, са изцяло и напълно покрити (фиг.2).



Фиг.2 Двупътен надземен покрит участък с бретел

Като правило, достъпът до съоръженията на метрополитена е ограничен и се извършва при специален режим, и съгласно действащи инструкции. Заради наличието на третатоководеща контактна релса на всички места релсовия път е ограден и сигнализиран. Коловозите в депо то също са оградени и сигнализирани, и достъпът до тях за извършване профилактика и различен вид работи, става по специален ред и при спазване на предписания и инструкции за работа под напрежение.

Изграждането на такова голямо и сложно съоръжение каквото е Метрополитена, разполагането и свързването му в синхрон и синтез с гъсто застроената и населена градска среда на София, поставя комплекс от сложни въпроси и изисква решаването на редица не-стандартни задачи при проектирането и строителството му. В отговор на въпросите и за решаване на комплекса от задачи, много често се налага прилагане на нестандартни подходи и иновативни решения, а при необходимост и излизане от рамките на общоприетите и наложени стандарти, норми и принципи, по които се проектира и строи в наши дни. Прилагането на нестандартни подходи и решения при проектирането и реализирането на строителството от друга страна, изискват и нестандартни подходи при организиране на системата за контрол и поддръжката на съоръженията при бъдещата им експлоатация.

3.Особености на релсовия път в метрополитена

Особеностите на релсовия път в метрополитена на София, могат да бъдат разгледани и анализирани в две основни направления .

Първото направление е чисто техническото и е пряко свързано с начина на проектиране на трасето, съставяне на елементите на плана и профила според генералната схема, и разположението и връзката помежду им. То включва и начина на изпълнение на елементите на релсовия път в различните участъци, според това дали са под или над земята – основа, вид горно строене и релси, материали и технологии приложени при изграждането на релсовия път. Второто направление е експлоатационното и представя работата и натоварването на пътя откъм брой и тегло на преминалите возила, както и като среда за движение на тяговия и осигурителни токове, начина за осъществяване на контрол на техническото състояние на релсовия път и

съоръженията, в условията на работа на метрополитена, както и периодичното им обслужване и ремонт, в условията и рамките на нормална експлоатация.

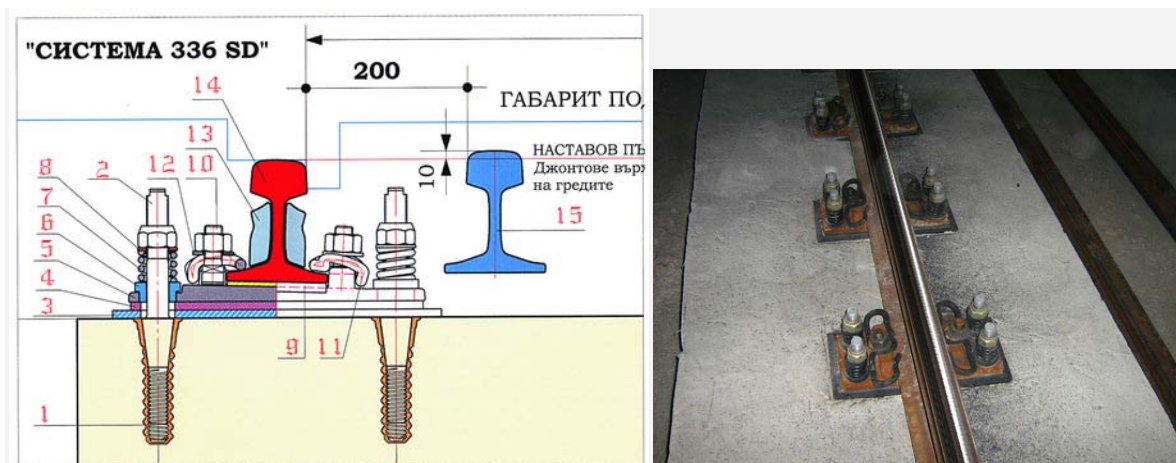
Релсовия път в тунелите и естакадите на метрополитена е изграден като изцяло без-наставов път. Температурната амплитуда на работа на релсите и контактната релса в тунелите е 30°C , а върху мостовете и естакадите съответно 87°C . Всички заварки, които свързват релсите са алуминотермитни и са изпълнени след окончателното замонолитване на релсовия път. Релсите, които се използват са тип 49кг/м., като в първия етап на строителство в първия метродиаметър, по проект, са поставяни нормални релси, а при строителството на втория, вече се използват само обемно закалени. Релсовия път на метрополитена е и изцяло безбаластов. Релсотраверсовата скара е замонолитена в легло от пътен бетон. Път на баластова призма съществува единствен район на бретела на МС-„Сливница” и в коловозното развитие на депо - „Обеля”.

В първия етап от изграждането, в участъка от МС-„Сливница” до МС-„Западен парк” както и в участъка на връзката с депото, са използвани само дървени траверси, кои-то са замонолитвани в бетоновата основа. Във всички следващи етапи при изграждане на релсовия път се използват двублокови стоманобетонни траверси и единични полутраверси, поставени в гумен ботуш за намаляване на шума и вибрациите и повишаване на електроизолацията.

Навсякъде по трасето скрепленията са еластични, като през различните периоди и етапи на строителство, са прилагани различни варианти и комбинации на популярното и масово еластично скрепление SKL- модификации 12 и 14.

При реализиране на релсовия път на естакадата над река Какач в кв.Обеля - част от втория метродиаметър, за първи път е приложена схемата подпиране на пътя без използване на напречни траверси. На естакадата са изпълнени стоманобетонни надлъжни греди, в които директно са анкерирани скрепленията на релсовия път, контрарелсите и носачите на контактната релса. Едновременно с това, тези надлъжни греди са и конструктивни носещи елементи на естакадата, с важното изискване да бъдат напълно електро-изолирани. В профил естакадата съдържа максимални наклони от 40‰ в участъците на рамките в двата си края, а в план включва четири хоризонтални криви с радиуси от по 400 м. За реализиране на това сложно и същевременно твърде авангардно конструкторско решение, е използвана една новост в областта на скрепленията, еластичното релсово скрепление - 336 SD на немската фирма Vossloh.(фиг.3.1-3.2). Това скрепление освен еластични съдържа и вибропоглъщащи елементи. За още по-пълно обезшумяване на релсовия път върху естакадата, по цялата и дължина в областта на шийката на релсите, са монтирани допълнителни заглушаващи полимерни панели.

Още в първата фаза на строителството през 80-те и 90-те год. на миналия век, при използване на изцяло открити способности на строителство, за осъществяване на промяна на основното направление - от север-юг на изток-запад в участъка МС-„Сливница”- МС-„Люлин” е приложена остра крива с радиус 180 м. Това проектно решение от гледна точка на бъдещата експлоатация на трасето е твърде екстремно и неприемливо, но от гледна точка на проверката на работата му във времето, се оказва оптимално и ефективно, защото за шестнадесетте години в експлоатация, в този участък няма проявени технически и експлоатационни проблеми при движението на влаковете.



Фиг.3.1-3.2 Еластично релсово скрепление 336 SD на Vossloh

В един от по-следващите етапи от строителството, при проектиране на втория метродиаметър в района на МС-„Централна гара” е приложена крива с радиус 200 м. с цел плавно и безболезнено вписване в съществуващата градска инфраструктура. Като допълнителна мярка за обезпечаване на вписването на съставите, на криви с малки радиуси са поставени и лубрикиращи устройства.

Прилагането на нестандартни решения при реализацията на надлъжния профил, се налагат при преминаване от един по-рядко населен район, към по-централен и гъсто застроен и населен район. В етапите на преодоляване на централната градска част на София, се прилагат закрити способ на строителство с използване на *Tunnel boring mash-ine* (ТВМ). В районите с повече свободни пространства и възможности за надземно преминаване, с цел да не се получи изкуствено разделяне на жилищните районите от тръбата на трасето, то се реализира върху естакади. Преминаването от плитко към по-дълбоко заложение или към повдигане върху естакади, става с максимално къси и доста стръмни рампи с наклони до 40 ‰. При движението си, влаковете не изпитват затруднение при изкачване и спускане на такива стръмни наклони, независимо от степента на натовареност с пътници или от скоростта на движение.

Вторият основен аспект е натоварването, работата и повредите на релсовия път като трасе за движение на влаковете и като проводник за преминаване на тягов и осигури-телни токове. Пресметнатото максимално възможно натоварване на пътя от влакове плюс пътници, при натоварвания от настоящи влакове и нормативи за натоварването им с пътници е 12 тона на ос. Ежедневния график за движение в нормални работни дни, включва движение на общо 275 чифта влака, с различна интензивност и гъстота в различните часо-ви зони. За интервала - от пускането на движението сутрин в 5,00 часа, до приключването му малко след полунощ – сумарно около 19 часа, това прави средно по около 14,5 влака на час или средно по около 4,13 минути, между отделните влакове в едно направление. При такъв един интензивен трафик на движение на влакове, независимо от сравнително малкото осово натоварване, за сравнително кратък период от време се получава голямо общо натоварване в една точка. В една част от времето обаче, влаковете се движат по-слабо натоварени, поради неравномерния брой пътници в различните направления и в различните часове от денонощието. Този факт автоматично ни отвежда до извода, че желез-ния път всъщност поема по-малки натоварвания от максимално изчислените.

В първите години на експлоатация на участъка от МС-„Обеля” - МС-„Сердика”, при сравнително точни и прецизни системи за контрол и преброяване на пътничко-

потока, се получава общо годишно натоварване от 7,578 860 млн.бруто тона. След въвеждането в експлоатация и на участъка до МС-„Младост-1”, пресметнатото годишно товаронапре-жение нарасна до 11,351 135 млн.бруто тона.

4.Състояние на проблема на дефектирането на релсите

През лятото на 2006 г., след повече от 8 години експлоатация на релсовия път, в следствие на специфичния вид и тип на натоварването, с осови натоварвания до 12 тона на ос, но с много голяма интензивност и цикличност в точка, в първите участъци пуснати в експлоатация през 1998 г. се проявиха и първите видими признаци за наличие на натрупани деформации и износвания по релсовия път, по-специално върху главите на релсите.Първоначално, дефектите представляваха слабо видими диагонални микрорукнатини на главата на релсата в зоната на дирята на колелото(фиг.4.1). В един следващ период от 12-18 месеца се извърши проследяване и анализ на състоянието и развитието на дефекта. Развитието се изрази в прогресивно нарастване на размера на пукнатините, и поява на един следващ процес на одлюспвания на късове от пластифицирал вече уморен материал от натоварената контактна зона на главите на релсите. Язвите които се получават на главата в тази фаза, са с размери от 5-10 до 25-30 мм. с дълбочина до 2-2,5 мм.(фиг.4.2)



Фиг.4.1 - 4.2 Първа и втора фаза на развитие на HEADCHECK

Явлението умора и разрушаване на материала на главите на релсите, в следствие на големия брой цикли на натоварване се оказа познато и вече изследвано и класифицирано като *HEADCHECK*, в практиките на някои европейски железопътни администрации. По своята същност *HEADCHECK-a* представлява, пластично изражение на умората на материала на главите на релсите, която се натрупва след определен продължителен период на експлоатация с работни натоварвания с характеристики и параметри сходни с тези в софийския метрополитен. В следствие на прогресирането на дефекта, релсите дефектираха до степен, че се наложи в участъците с концентрация на големи одлюспвания да се извърши подмяната им с нови, вече обемно закалени релси.

5.Заключение - мерки за контрол на дефекта

Основна и адекватна съвременна мярка за контролиране на появата на проблема *HEADCHECK*, която се препоръчва и използва от железопътните администрации с натрупан опит по въпроса е периодично механизирано шлайфане на главите на релсите. Според нуждата и интензивността с която се извършва, то предпазва

от поява и елиминира развитието на дефекта и по този начин удължава експлоатационния живот на релсите. За условията на натоварване на релсовия път в софийския метрополитен е препоръчително, такова шлайфане да се извършва през период от около 2,5 до 3 години. Механизираното шлайфане при въвеждане в експлоатация на новопостроени участъци от релсов път, е желателна стартова мярка, която гарантира по-продължителната експлоатация на релсите.

Първото механизирано шлайфане на релсовия път в метрополитена на София, бе организирано и изпълнено през месец юни на 2012 г. Екип от специалисти и машина на швейцарската фирма SPENO(фиг.5), в рамките на 20 нощни „прозораца“ извърши прецизно шлайфане на по-голямата част от релсовия път и стрелките на първия метродиаметър.



Фиг.5 Машина за шлайфане на SPENO по време на работа в тунела

Предпусково бе извършено шлайфане и на целия новопостроен релсов път на втори метродиаметър от МС-„Обеля“ до МС-„Джеймс Баучер“.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1.] Братоев С. „Софийски Метрополитен“ -2004 г.
- [2.] Братоев С. „Софийски метротрасета, реалности и перспективи“ – 2012 г.
- [3.] Метрополитен, Вътрешни документи
- [4.] Снимки, Личен архив, Интернет

SPECIFIC FEATURES OF THE RAILWAY TRACK AT THE METROPOLITAN

Yuri Todorov, Rusko Valkov
todorov.yuri@gmail.com, rvalkov@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia,
BULGARIA*

Key words: railway, subway, faulty

Abstract: *This report examines the specific features of railway tracks in Metropolitena-Sofia, various types of technical solutions when implementing the projects, construction materials and technologies used as well as the specifics of the stress and deformations on the railroad tracks and respective ways and means for their control and prevention.*