



## **ЖЕЛЕЗОПЪТНА ИНФРАСТРУКТУРА ЗА ВИСОКОСКОРОСТНО ДВИЖЕНИЕ – ИЗИСКВАНИЯ, ОСОБЕНОСТИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**Юри Годоров, Златин Крумов, Светослава Димитрова**

[todorov.yuri@gmail.com](mailto:todorov.yuri@gmail.com), [z.krumov@rail-infra.bg](mailto:z.krumov@rail-infra.bg), [svetoslava.m.dimitrova@abv.bg](mailto:svetoslava.m.dimitrova@abv.bg)

**„Метрополитен ЕАД”, София ул. „Княз Борис I”121,  
ДП „НКЖИ”, София бул. „М.Луиза” 110  
БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** *високоскоростна железопътна инфраструктура,*

**Резюме:** *Понятието високоскоростни железни пътища на практика се потвърждава през 1964 година, когато в Япония се въвежда в експлоатация първата специализирана железопътна магистрала Токио – Осака. Това събитие инициира конструктори и специалисти, работещи в областта на транспортните системи да търсят все по-ефективни решения за по-бърз и сигурен транспорт. Високоскоростните влакове имат явни предимства в сравнение с другите видове транспорт при масови превози на пътници на разстояния до 700–800 километра във вагони със седящи места и на разстояния 1500–2000 километра във вагони със спални места при осигуряване на нужното ниво на сигурност и комфорт на пътниците. С разрастването на високоскоростните железници по основните направления в много европейски и азиатски държави е налице преразпределение на пътниците в полза на високоскоростния железопътен транспорт, отличаващ се с висока степен на надеждност, нулеви емисии на вредни газове в атмосферата, безопасност за пътниците. Значително се намалява както времетраенето, като резултат от високите скорости, така и общото време за пътуване, тъй като обслужването на пътниците при тръгване и пристигане се извършва в непосредствена близост до центъра на населените места (градове).*

В доклада са описани параметрите (различията при проектиране и строителство) на високоскоростни железни пътища в сравнение с тези от конвенционалната железница. Подробно е разработена частта за горно строене на железния път – влагането на други типове елементи на горното строене – релси, траверси, еластични скрепления, жп стрелки.

Отделено е специално внимание и на съвременните методи и средства за управление и контрол, изградени на базата на интегрирани системи. Разгледани са различни варианти на експлоатация на високоскоростни участъци и най-вече при съществуващи междурелсия, различни от нормалното (1435 мм) в някои страни. Проследено е развитието на високоскоростни железници в Европа, посочени са данни и за някои страни извън Европейския континент. Понятието високоскоростни железни пътища на практика се потвърждава през 1964 година, когато в Япония се въвежда в експлоатация

първата специализирана железопътна магистрала Токио – Осака. Това събитие инициира конструктори и специалисти, работещи в областта на транспортните системи да търсят все по-ефективни решения за по-бърз и сигурен транспорт.

Високоскоростните влакове имат явни предимства в сравнение с другите видове транспорт при масови превози на пътници на разстояния до 700–800 километра във вагони със седящи места и на разстояния 1500–2000 километра във вагони със спални места при осигуряване на нужното ниво на сигурност и комфорт на пътниците. С разрастването на високоскоростните железници по основните направления в много европейски и азиатски държави е налице преразпределение на пътниците в полза на високоскоростния железопътен транспорт, отличаващ се с висока степен на надеждност, нулеви емисии на вредни газове в атмосферата, безопасност за пътниците. Значително се намалява както времепътуването, като резултат от високите скорости, така и общото време за пътуване, тъй като обслужването на пътниците при тръгване и пристигане се извършва в непосредствена близост до центъра на населените места (градове).

Високото ниво на сигурност, безопасност и комфорт при високоскоростни специализирани железопътни линии се гарантира с адекватни за тези скорости проектни параметри и конструктивни елементи на пътя и електрозахранването, ефективни системи за сигнализация, телекомуникации и контрол. Икономическите и социални предимства, които има високоскоростната железопътна система и малкото отрицателно въздействие върху околната среда в сравнение с автомобилния и авиотранспорта доведоха до това, в някои европейски страни да се приемат и реализират мащабни програми.

Основните различия при проектирането и строителството на високоскоростни железопътни линии в сравнение с конвенционалните са: увеличаване радиуса на хоризонталните криви, увеличаване на надлъжните наклони, подобряване (усъвършенстване) на конструкцията на пътя, изграждането на друг тип изкуствени съоръжения.

При скоростни и високоскоростни железопътни линии радиусите на хоризонталните криви са от порядъка на 4000–7000 метра. В някои страни на високоскоростни железопътни магистрали 7000 метра се приема като минимален радиус на хоризонтални криви. Новият подвижен състав конструиран за движение по високоскоростни участъци е със значително по-високи скорости на движение, което му позволява да преодолява по-големи наклони. При съществуващи изисквания за максимални надлъжни наклони 20-25% за различните железопътни администрации (в България – 28%) при високоскоростни железопътни магистрали максималният надлъжен наклон достига 35–40%. Това значително намалява обема на земните работи, броя и габаритите на изкуствените съоръжения, като цяло строителните разходи и степента на въздействие върху околната среда. Изкуствените съоръжения се изпълняват при завишени изисквания свързани със специфичния характер на динамичните натоварвания, вибрациите и шума при високоскоростно движение. Още в първите години на експлоатация на високоскоростни влакове възниква проблема с ударната въздушна вълна при преминаване през тунели с висока скорост. Това налага повишена херметизация на подвижния железопътен състав и преминаването към конструкции с обтекаема предна част. В тунелите се изграждат различни инженерни конструкции при входовете на тунелите, допълнителни вентилационни шахти и въздушни камери за смекчаване на фронта на ударната въздушна вълна.

В горното строене се влагат релси с тегло 60 и повече  $\text{kg/m}^1$ , безнаставов релсов път на стоманобетонни траверси, еластични релсови скрепления. Релсо – траверсовата скара се полага върху баластово легло с по-голяма дебелина, завишени са изискванията

към характеристиките на материалите за баласт. Често се прилагат и различни конструкции на безбаластова основа.

Проектирането и строителството на високоскоростни железопътни магистрали наложи разработването на нови типове железопътни стрелки, позволяващи висока скорост при преминаване през стрелката, както по правия път, така и по отклонението. Най-използваните по нашата железопътна мрежа стрелки са с отклонение 1:9 и 1:12. При високоскоростни железни пътища намират приложение стрелки с отклонение 1:65, които позволяват возилата да преминават по правата с участъковата скорост, а в отклонение с максимална скорост 220 км/ч. Най-широко разпространени са железопътни стрелки с отклонение 1:32 с подвижни елементи в кръстовидната част, позволяващи максимална скорост по правата и 140 км/ч в отклонение.

Към високоскоростното движение се прилага нов подход за осигуряване на безопасност и комфорт на пътниците. Високата степен на безопасност се постига чрез пълното отделяне на високоскоростната железопътна мрежа от конвенционалната, не се допуска пресичане с автомобилни и други железни пътища на едно ниво, както и пешеходни пресичания. Движението на високоскоростни влакове става в обособени полоси, недостъпни за хора и животни. По-високото ниво на комфорт при пътуването в сравнение с конвенционалната железопътна система се осигурява не само с други геометрични характеристики на земната основа и горното строене на железния път, но и с отчитането на много второстепенни фактори – атмосферни условия (посока и скорост на вятъра, мъгла, снеговалеж, проливни дъждове), интензивни слягания. В тази връзка с помощта на съвременни технически средства се следи състоянието на земната основа, изкуствените съоръжения, горното строене на железния път, на отделни участъци дори и сеизмичната активност.

На високоскоростните железопътни магистрали се използват съвременни методи за управление и контрол на движението на влаковете на базата на интегрирани системи за сигнализация и телекомуникации – европейската система за управление на железопътното движение (ERTMS – European Rail Traffic Management System), европейската система за контрол и управление на влаковете (ETCS – European Train Control System), глобалната мобилна комуникационна система в железниците (GSM-R Global System For Mobile Communications - Railway), системата за дистанционно управление и контрол (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition).

Системата ERMTS позволява пълна интероперативност на подвижния състав – преминава се от различни варианти, характерни за отделните страни към „глобализация“ на моделите. Същото е и при телекомуникациите. Действащите до сега различни системи се заменят с телефонна мрежа, съответстваща на GSM – R и тенденцията е за интегрирането на мобилната връзка в информационната система с европейски обхват, която осигурява на превозвачите постоянна връзка, приложима във всички области.

На базата на геометричните характеристики на железния път, възможностите за развитие на високи скорости, електрозахранването и системите за контрол и сигнализация, е утвърдена следната градация на железопътните системи и скоростите при пътнически превози:

-до 130–160 км/ч движение на влакове на обикновени пътища – конвенционална (обикновена) железница;

-до 200 км/ч – скоростно движение на влакове по реконструирани железни пътища (скоростна железница) извършва се смесено движение – пътническо и товарно. В някои страни се наричат приспособени;

-над 200 км/ч – високоскоростно движение на влакове по правило на специално построени високоскоростните железопътни магистрали – само за пътническо движение.

Съвременните високоскоростни влакове развиват скорост 350–400 км/ч, а при изпитания до 560–580 км/ч. Благодарение на тези високи скорости те са сериозна конкуренция на другите видове транспорт, запазвайки характерните предимства на влаковете – ниска себестойност на превозите при голям брой превозени пътници.

Високото ниво на организация, сигурност и безопасност при високоскоростните железопътни магистрали се осигурява от разпределението на експлоатационните пунктове и преди всичко от железопътните гари. При строителството на нови високоскоростни участъци в различните държави има два варианта. По-разпространен е варианта, при който междурелсието на конвенционалната, скоростната и високоскоростната железница са с еднакво междурелсие – 1435 милиметра и по протежението на скоростните и високоскоростните железопътни участъци се разполагат нови експлоатационни пунктове, които са непосредствено свързани с организацията и управлението на движението на влаковете. В този случай е възможно използването и на съществуващи експлоатационни пунктове (гари) за обслужване на пътниците. На междугарията на високоскоростните магистрали, които са със значително по-голяма дължина, обикновено след всеки 20–25 километра се изграждат диспечерски постове (с дистанционно управление) и „есови“ съединения между двата пътя, което дава възможност за преминаване от единия път на другия.

В страните, в които железния път е с междурелсие, различно от нормалното (Япония 1067 мм, Испания 1676 мм, Русия 1520 мм) е предопределена автономност на високоскоростните магистрали от съществуващата железопътна мрежа. За удобство на пътниците в този случай се изграждат отделни секции на високоскоростния железен път към съществуващото коловозно развитие. Не се предприема изграждане на високоскоростен железен път на междурелсие различно от нормалното, тъй като високоскоростните магистрали не са само в рамките на една държава. И в двата варианта на експлоатационните пунктове се изграждат специализирани структури за поддържане на железния път и съоръженията при това интензивно движение в надеждно техническо състояние, използвайки специализирана техника. Има създадени специални измервателни вагони за високоскоростни пътища, които снемат характеристиките на пътя, съоръженията, контактната мрежа, устройствата за сигнализация и телекомуникация.

При строителството на високоскоростните железопътни линии се прилагат ТСОС (Технически спецификации и оперативна съвместимост) във всички страни за уеднаквяване на параметрите на пътя, електрическо захранване, сигнализация и подвижен железопътен състав.

Основната част от съществуващите високоскоростни магистрали са електрифицирани с променливо напрежение 25 kV, 50Hz.

Действащата високоскоростна железопътна система обхваща много европейски страни – Франция, Германия, Великобритания, Испания, Холандия, Белгия, Швейцария (извън Европа – Япония, Китай, Южна Корея). Реализират се проекти по отделни направления в Австрия, Дания, Норвегия, Швеция. Първата сериозна крачка е направена в края на ХХ-ти век, когато се обединяват няколко национални високоскоростни железопътни мрежи. Разработеният през 1983 година проект, окончателно се реализира през 1989 година – Париж – Брюксел – Кьолн – Амстердам – Лондон, като първа високоскоростна европейска железопътна мрежа.

Големите проекти – тунела под Ламанша, железопътния преход в Дания (към островната част), между Дания и Швеция дадоха възможност европейската високоскоростна железопътна мрежа да излезе извън континенталната част.

В последните две десетилетия турските железници са сред най-активните в строителството на високоскоростни железопътни магистрали. Инвестиционната

програма на турското правителство за 2019 година предвижда в железопътния сектор да бъдат вложени 570 милиона евро. Основната част от тях са предназначени за високоскоростен железопътен транспорт. В Турция има изградени 1213 километра високоскоростна железопътна мрежа. През настоящата (2019) година в строителство са 3798 километра високоскоростни железопътни линии, в които са включени важни направления като: Анкара – Сивас, Сивас – Карс, Коня – Караман, Халкали – Капъкуле, Самсун – Камен, Анкара – Измир, Анкара – Бурса и Бурса – Бозуло. За няколко също важни направления като Анталия – Коня – Кайсери, Истанбул – Одрин – Капъкуле и Анкара – Кайсери се подготвят да стартират в най-скоро време. До 2023 година е предвидено високоскоростната мрежа в Турция да достигне близо 12000 километра. Страната разполага и с конвенционална електрифицирана железопътна мрежа с дължина 2317 километра. За експлоатация в новоизградените високоскоростни участъци се предвижда доставката на 96 високоскоростни влака .

Първото от споменатите направления Анкара – Сивас е с дължина 405 километра и ще съкрати времетраенето между двата града от дванадесет на два часа. Това ще бъде, втората по дължина високоскоростна железопътна линия в Турция след Истанбул – Анкара (533 километра). Проектът включва изграждането на 49 железопътни тунела. Идеята е след това железопътната линия да достигне до Ерзинджан и Карс и така да се свърже с наскоро откритата железопътна линия Баку – Тбилиси – Карс, която се счита за ключов елемент от така наречения Транскаспийски транспортен коридор в рамките на Китайската инициатива „Един пояс, един път“ .

Проектът „Щутгарт-21“ в Германия е с обща дължина 118 километра за скорост 250 км/ч между градовете Щутгарт и Улм. Включва изграждането на 16 тунела (60 километра), 18 моста, три нови гари и скриване под земята на част от централната гара на Щутгарт.

В Швеция се планира изграждането на високоскоростни железопътни линии за скорост до 320 км/ч, като първата от тях трябва да свърже столицата Стокхолм с Малмьо и Гьотеборг .

Нови високоскоростни участъци от европейската високоскоростна железопътна мрежа се предвижда да бъдат изградени между Румъния и Унгария (Клуж Напока – Будапеща) и между Сърбия и Унгария (Земун – Батайница по линията Белград - Будапеща).

В средата на миналото столетие, някои транспортни специалисти започват да прогнозираят края на епохата на железните пътища. В много европейски страни, включително и в Англия (родината на железницата) общата дължина на железопътната мрежа започва да намалява след закриване на отделни участъци. Пътникопотокът се пренастройва към авиацията (въздушния транспорт), където идва ново поколение въздухоплавателни средства с турбовинтови и турбореактивни двигатели и големи пътнически салони. В същото време като бъдеще се предсказва за монорелсовите пътища, на магнитно окачване, аеролакове на въздушна възглавница и други [СВЖТ].

Традиционната железопътна система „колело-релса“ доказва отново високата си надеждност, сигурност, икономичност, безопасност и комфорт за пътниците, екологичност, с което стана особено актуална и в настоящето и в бъдещето. Високоскоростните железни пътища уверено продължават своето развитие и в XXI-ви век.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

[1] **Вълков Р.**, Железопътна инфраструктура на Република България – начало, развитие, състояние и перспективи, 140 стр., С., 2012, ISBN 978-954-12-0213-5, (монография)

- [2] **Вълков Р.**, Изпълнение на инфраструктурни проекти за интегриране на българската железопътна инфраструктура в Транс-европейската транспортна мрежа. Сборник доклади 12 международна научна конференция ВСУ, 2012 с.65-70. ISSN 1314-071X.
- [3] **Вълков Р.**, Перспективи за развитие на терминалите за комбинирани превози, сп. „Механика транспорт комуникации”, бр 3/2, 2012, том.10 № 0698 ISSN 1312-3823
- [4] **Димитров Д., Кирчев Т.**, Задача за оперативно управление на транспортните пункто-ве, Сборник доклади на научна конференция с международно участие, Транспорт - 2005, стр. 1 – 59 – 1 - 62
- [5] **Димитрова Е, Димитров В.**, Системи за дистанционен мониторинг и управление на обекти в железопътния транспорт, международна конференция „АИ 2016” Сборник научни трудове, ISBN 1313-1850, pp.45-48
- [6] **Зафирова М.; Костов К.**, Приложение на електронното управление в транспортната инфраструктура, научно списание „Механика , транспорт, комуникации” , ISSN 1312-3823, том 12, брой 3/3, 2014 г.
- [7] **Иванов Р., Вълков Р.**, Комбиниране на измервания от GPS и тотална станция за целите на геодезическото осигуряване на железния път. Сборник доклади XIV Научна конференция с международно участие „Транспорт 2004”, ВТУ „Т.Каблешков”, С., 2004 с. 193-196, ISBN 954-12-0104-0
- [8] **Dimitrova E, Dimitrov V.**, Realization of a Simulation model of SKADA – a System for monitoring and Control of Metropolitan –Sofia, Acad. Journal „ Information Technologies and Control” , ISSN 1312-2622, DOI: 10.1515/ itc-2015-0003, Year XI, No.4, 2013, pp.25-33
- [9] **Valkov R.**, Metropolitan in the Public Transport System of Sofia, XV Scientific – Expert Conference on Railways Railcon 12, Nis, Serbia, с. 85-87, ISBN 978-86-6055-028-8

## **HIGH-SPEED RAILWAY INFRASTRUCTURE - REQUIREMENTS, FEATURES, AND CHARACTERISTICS**

**Yuri Todorov, Zlatin Krumov, Svetoslava Dimitrova**

[todorov.yuri@gmail.com](mailto:todorov.yuri@gmail.com), [z.krumov@rail-infra.bg](mailto:z.krumov@rail-infra.bg), [svetoslava.m.dimitrova@abv.bg](mailto:svetoslava.m.dimitrova@abv.bg)

*"Metropolitan" JSC, NRIC  
BULGARIA*

**Key words:** *high-speed railway infrastructure,*

**Abstract:** *The concept of high-speed railways is in fact confirmed in 1964, when Japan's first of its kind specialized high-speed railway (Tokyo-Osaka) was put into operation. This event initiates constructors and specialists working in the field of transport systems to look for ever- more effective solutions for faster and more secure means of transport. High-speed trains have clear advantages over other modes when it comes to mass transit of passengers for up to 700-800 kilometers in seated wagons, and at a distance of 1500-2000 kilometers in sleeping carriages, while still providing the necessary level of safety and comfort. With the expansion of high-speed railways in many European and Asian countries, there is a redistribution of passengers in favor of high-speed rail transport because of its high degree of reliability, zero emissions of greenhouse gases into the atmosphere and safety. It also significantly decreases the travel time as a result of the high speed and since passenger services on both departure and arrival are close to the city center. The report describes the parameters (differences in them design and construction) of high-speed railways compared to the conventional tracks. The part concerned with the construction of the upper railway track has been developed in great detail - the application of other types of elements of the upper construction - rails, sleepers, elastic fasteners, railway switches. Special attention is also paid to the modern methods for management and control based on integrated systems. Various options for the exploitation of high-speed sections, in particular, in existing gauges, deviating from the normal (1435 mm), have been considered in several countries. The development of high-speed railways in Europe is followed. Data for some non-European countries is available as well.*