

АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА БЕЗБАЛАСТОВИ КОНСТРУКЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛСТВО НА НОВИ ТУНЕЛИ

Методи Атанасов, Владимир Жеков
metodi8atanasov@abv.bg, vladijegov@gmail.com

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

Ключови думи: Железен път, безбаластови конструкции, тунели

Резюме: Целта на доклада е да разгледа и обобщи информацията за основните типове безбаластови конструкции и да определи възможностите за внедряване на дадена система при условията на новопроектирани тунели. Използван е подход за избор на база определени критерии и при анализиране на основните параметри и особености на дадените конструкции. При създаването на системата за избор са използвани редица данни от проучвания и анализ на данни.

1. Въведение

Приложението на безбаластов път в тунели е широко разпространено в последните години в редица страни. Въпреки това към момента използването на безбаластов път в конвенционалната железница в България е доста ограничено, като са изпълнени 3240 m от системата FFYS-ATS. В същото време развитието на железопътната мрежа в България определя проектирането и изпълнението на сложни инфраструктурни проекти с цел оптимизиране на железопътните магистрали за скорост по-голяма от 160 km/h. Избора на конструкция за безбаластов път изисква задълбочено разглеждане на възможностите от техническа и финансова гледна точка, с което да се определят типовете горно строене за безбаластов път в нови тунели. При строителството на нови железопътни линии от голямо значение са следните аспекти: разходите за експлоатационния им живот, техническата им готовност, границата на умора, замърсяването на околната среда и продължителността за построяване на дадената линия.

2. Класификация на безбаластовите конструкции

Безбаластовите конструкции се характеризират с твърда основа и устойчивост на железният път, което е особено подходящо за високи скорости. Основното предимство на безбаластовия железен път е намаляването на интензивността на натрупване на остатъчни деформации, вследствие на което значително се увеличават междуремонтните периоди. Главна предпоставка при строителството на тунели е значителното намаляване на напречното сечение на тунела при използване на безбаластов път, а също и подобрените условия на работа на елементите от горното строене, което увеличава тяхната дълготрайност.

Необходимостта от първоначален избор на проектно ниво се налага най-вече, за да може правилно да се определи напречното сечение на тунелите. Основната концепция при избор на сечение е то да позволява интегрирането на различните типове горно строене за безбаластов път.

Използваните в практиката конструкции от безбаластов тип се подразделят в шест основни категории:

Таблица 1: Класификация на безбаластовите конструкции [1]

ПОДПИРАНЕ ПРЕЗ ОПРЕДЕЛЕНО РАЗСТОЯНИЕ				НЕПРЕКЪСНАТО РЕЛСОВО ПОДПИРАНЕ	
С траверси			Без траверси		
Траверси вградени в бетонова носеща плоча	Траверси еластично вградени в бетонова носеща плоча	Траверси положени върху бетонова или асфалтова основа	Предварително изготвени панели	Конструкции с релсова подложка, анкерирани в бетонова плоча	Вградена релса
RHEDA	Sonneville-LVT	ATD	SHINKANSEN	COCON	EDILON
ZUBLIN	STEDEF	BTD	BOGL	VANGUARD	BBERS(Balfour Beatty)
BERLIN	WALLO	GETRAC	ÖBB-PORR	KES	Deck Track
HEITKAMP		SATO	IPA	SFF	
SBV		WALTER		SAARGUMMI	
		FFYS			
		FFBS-ATS-SATO			

Необходимо е да разграничим широко използваните конструкции в световен мащаб от тестови участъци или тези с ограничено приложение. Поради ограничения опит в страната при използване на безбаластови конструкции е препоръчително използването на доказани като приложение и време за експлоатация конструкции.

Според AFTES Recommendations „Rail tracks and track beds in tunnels“[2] препоръчителни за използване при тунели са следните конструкции:

- **RHEDA DYVIDAG**
- **RHEDA 2000**
- **STEDEF**

2.1. Конструкции с траверси вградени в бетонова носеща плоча

Конструкцията с траверси, вградени в бетонова носеща плоча имат следните характеристики:

- Двублокови траверси свързани чрез метален напречник или армировка;
- Осигурено междурелсие и наклоняване на релсата чрез напречника;
- Лесна и удобна подмяна на износващите елементи - релси, еластични елементи;
- Възможност за минимални корекции по ос и ниво, чрез еластични скрепления.

Rheda

Тази конструкция е доказала своята ефективност като е преминала през достатъчен период на експлоатация в световен мащаб. Най-разпространената разновидност е Rheda 2000, която се прилага изключително в тунелни участъци.

2.2. Конструкции с траверси еластично вградени в бетонова носеща плоча

Конструкцията Stedef, Sonneville - LVT systems и Wallo са принципно подобни разработки на изобретение направено от Roger Sonneville. Основният принцип на конструкцията е използването на двублокови траверси, които са вградени в бетонова

плоча, като траверса е в предварително положен гумен ботуш. Разликата между Stedef и Sonnevile - LVT се състои главно в това, че при Stedef, двублоковите траверси са свързани посредством напречник, докато при Sonnevile те са отделени. Wallo представлява швейцарско подобрене на системата Stedef.

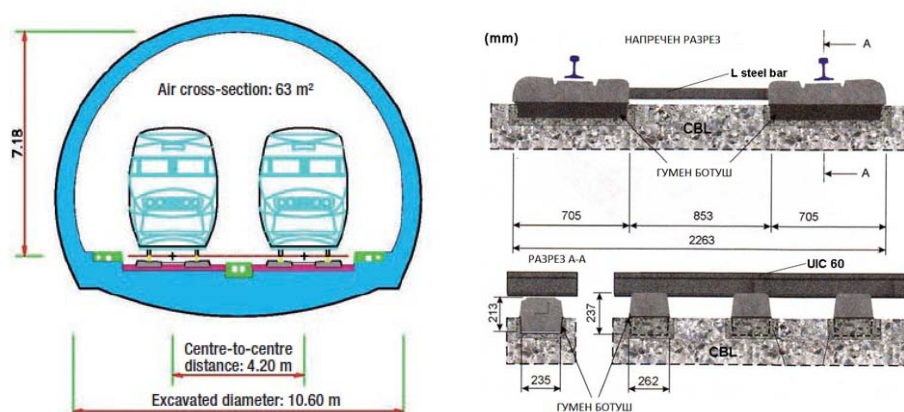
Конструкция Sonnevile-LVT (Low Vibration Track)

Системата LVT се състои от армирани бетонови траверси, които се отделят от бетоновата плоча посредством гумен ботуш, специално разработен за целта. Гуменият ботуш е снабден с еластична подложка, която се разполага под дъното на бетоновия траверс. Тя се разработва индивидуално за всеки проект, за да може да се подобри предаването на натоварването и да се достигне до по-ниски стойности на шум. Независимо от вида на скрепленията, които се използват, еластичната подложка винаги се използва, тъй като това е от решаващо значение за една от основните характеристики на тази система - две нива на еластичност[3].

Конструкцията LVT е широко използвана в световен мащаб, като има изпълнени над 1300 km, в това число и новооткрития тунел Готарг между Швейцария и Италия с дължина 114 km (57 km в посока) и скорост 250 km/h.

Конструкция Stedef

Конструкцията Stedef е широко използвана в Европа при строителство на безбаластов път в тунели.



Фигура 1: Безбаластова конструкция Stedef, изпълнен тунелен участък в Марсилия [2]

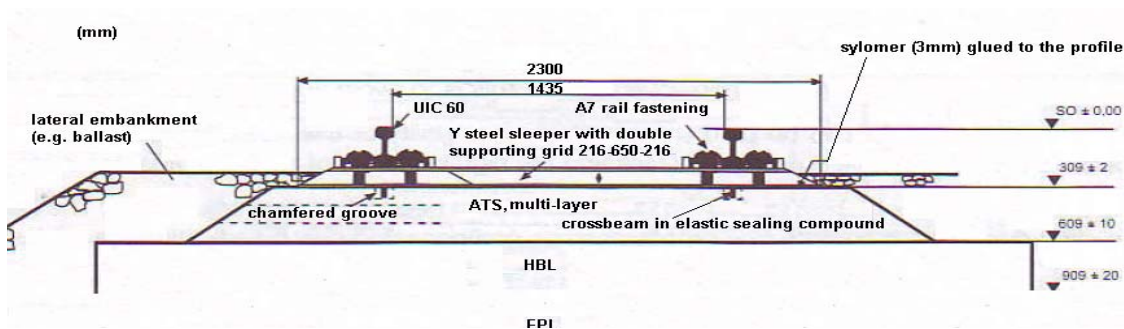
2.3. Конструкции с траверси положени върху бетонова или асфалтова основа

При този тип безбаластови конструкции релсо - траверсовата скара се полага върху предварително изготвена основа от асфалт или асфалтобетон. Асфалтът се полага обикновено с стандартните асфалтополагащи машини при спазване на изисквания за висока точност - точност на горния слой до ± 2 mm.

Асфалтът използван при този тип безбаластови конструкции се различава от асфалта използван за пътища. При пътищата важните свойства по отношение на повърхността са устойчивост на триене и износване, а устойчивостта на деформации и твърдостта са вторични. При безбаластовата конструкция с основа от асфалт от съществено значение са точно устойчивостта на деформации[1].

Конструкция FFYS-ATS

Системата е позната в България от изпълнението на участък с дължина 3240 m на Тунел 3.



Фигура 2: Безбаластова конструкция FFYS-ATS [4]

На базата на опита от използването на тези конструкции се счита, че резултатите са задоволителни.

2.4. Конструкции с предварително изготвени панели

При този вид конструкции се използват заводски изготвени панели, които се доставят и монтират на обекта като по този начин се спестява значително технологично време и може да се достигне високо качество на изпълнение, тъй като панелите са изготвени при стриктно спазване на изискванията за бетонови работи.

Японската система Shinkansen е широко използвана, както и австрийската ÖBB-PÖRR и немската Bögl. Приложението на тези системи е предимно във високоскоростната железница и в тунели.

Конструкция Bögl

Конструкцията Bögl е открита и използвана за първи път в Германия през 1977г. Същността на тази система е в използването на заводски изготвени панели. При стандартната конструкция FFB използвана предимно при високоскоростни железници се използват панели с размери 6,45 m дължина, 2,55 m ширина и 0,20 m дебелина като се достига до обща дебелина на конструкцията 47,4 cm.

2.5. Конструкции с релсова подложка, анкерирани в бетонова носеща плоча

Тези конструкции са характерни при изпълнение предимно в тунелното строителство, като осигуряват необходимата еластичност.

Vanguard

Конструкцията е разработена от фирмата Pandrol, релсовият профил се закрепя посредством скрепителен елемент, така че да осигурява проектното положение на железния път.



Фигура 3: Безбаластова конструкция Vanguard в Китай [5]

Въз основа на данни от приложението ѝ, този тип конструкция успява да намали значително честотата на вибрациите пораждащи се от взаимодействието на железния път с подвижния състав[1].

2.6. Конструкции с вградена релса

При този тип конструкции релсата е с непрекъснато подпирание и стандартните скрепления са заменени от еластични материали, които както фиксират релсата в точно проектно положение така и осигуряват редуциране на вибрациите и ефективно намаляване на шума.

Характеристиките на тези системи са[1]:

- Еластични подложки осигуряват непрекъснато релсово подпирание;
- Релсата е поставена в улей в носещата плоча и фиксирана чрез специални еластични елементи, строго специфични за всяка система;
- Възможност за избор на елементи с различна еластичност за специфични изисквания.

Конструкция BBERS

Конструкцията BBERS използва U-образно покритие от подсилена с стъклени нишки пластмаса и подложка отново с U-форма от микроклетъчен полиуретанов материал.

Покритието има за основна цел да осигури жлеб с точни размери, в които еластичната подложка да бъде подпряна стабилно, както и да предава натоварванията от релсата на бетоновата плоча.

Конструкция The EDILON Embedded Rail System

Конструкцията Embedded Rail System (ERS) е решение, при което стандартните скрепления са заменени от еластично вграждане на релсата.

Конструкцията е разработена от компанията Edilon Sedra в тясно сътрудничество с холандските железници (NS) в началото на 70-те. От 1982 конструкцията се използва в Европа.

Характеризира се с непрекъснато подпирание на релсата и липса на каквито и да е от познатите елементи на релсовите скрепления, на метален елемент за поддържане на междурелсието и т.н. Непрекъснатото подпирание на релсите осигурява равномерно предаване на натоварването от релсата към носещата плоча, за разлика от познатото подпирание през определено разстояние.

3. Техничко-икономическо сравнение на конструкциите

Таблица 2: Техничко-икономически анализ на безбаластовите конструкции [6]

ВИД НА КОНСТРУКЦИЯ	ГОДИНА НА РАЗРАБОТКА	v (km/h)	ОБЩА ДИСЦИПИНА (cm)	ОЦЕНКА НА ШУМА	Q	ОЦЕНКА ПО ПОКАЗАТЕЛ Q	СТОЙНОСТ €/m	ТЕХНОЛОГИЧНО ИЗПЪЛНЕНИЕ ЗА ДЕН (m)	ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПОДНОВЯВАНЕ
Rheda	1972	300	63	2	15	1	1198	172	3
Rheda Berlin	1997	300	67	3	6	1	630	170	3
Züblin with sleepers	1988	300	60	2	30	3	550	200	2
züblin BTE	1996	300	44	1	25	2	475	200	1
FTR	1988	-	-	-	-	-	1750	-	3
ATD	1993	300	~70	2	25	2	600	200	2
BTD	1994	300	63	2	14	1	-	350	2
Getrac	1995	300	72	2	20	2	625	270	2
SATO, FFYS	1984	200	61	2	35	3	600	350	1
lawn track	1998	160	80	2	28	3	-	-	-
Heitkamp	1998	160	78	3	5	1	-	200	3
FFC	1998	300	48	1	30	3	470	200	1
Infundo	1995	160	-	1	-	-	470	200	1
Saargemünd	-	160	-	2	-	-	-	-	-

Подробен сравнителен икономически анализ на отделните конструкции е трудно да бъде направен, тъй като с изключение на FFYS нито една от другите конструкции не е прилагана в България. Техничко-икономическо сравнение на отделните конструкции на база данни от литературата е показано в таблица 2.

Приложената таблица предоставя информация за приблизителна цена на метър и съотношението по цена за отделните конструкции.

Оценката по даден показател е дадена със скала от 1 до 3 със следното значение: 1-препоръчителен; 2-задоволителен; 3-нужда от подобрения. Показателят Q отразява необходимостта от поддръжка за период от 5г. Ако показателят превиши 100, има нужда от незабавна работа по пътя. Ниските стойности на показателя показват, че конструкцията е надеждна във времето и не се налага да се поддържа често.

4. Заключение

От направеното изследване за използването на безбаластовите конструкции в световен мащаб може да се заключи, че конструкциите Rheda и Sonneville LVT са широко използвани по света за високоскоростни железопътни линии и в тунели. Rheda има изпълнени към 3100 km при високоскоростна и конвенционална железница, Sonneville 1255 km. Конструкцията Bögl е била използвана на мащабен проект като най-дългата високоскоростна линия от Beijing to Shanghai с дължина 1318 km.

От направеното изложение можем да заключим, че конструкциите Rheda, Sonneville-LVT и Bögl са с най-добри параметри в световен мащаб, които биха намерили приложение при строителството на нови железопътни тунели в България.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Esvelde C. Modern Railway Track, Second Edition. Delft University of Technology, 2001
- [2] AFTES Recommendations, „Rail tracks and track beds in tunnels“, 2013
- [3] Sonneville AG. Low Vibration Track (LVT) <http://www.sonneville.com/>
- [4] Michas G. Slab Track Systems for High-Speed Railways. Master Degree Project. KTH Royal Institute of Technology. Stockholm, 2012
- [5] Pandrol Vanguard <http://www.pandrol.com/>
- [6] Lichtberger B. Track compendium, First edition. Eurail Press. 2005.

ANALYSIS OF THE OPPORTUNITIES FOR THE IMPLEMENTATION OF BALLASTLESS TRACK SYSTEM IN THE TUNNEL CONSTRUCTIONS

Metodi Atanasov, Vladimir Zhekov
metodi8atanasov@abv.bg, vladijegov@gmail.com

Todor Kableskov University of Transport, Geo Milev str. 158, 1574 Sofia
BULGARIA

Key words: Railway track, slab tracks, tunnels

Abstract: The aim of the report is to examine and summarize the information regarding the main types of ballast structures and to identify opportunities for an implementation of a system under newly constructed tunnels. The used approach is related to a selection of the base criteria and in analysis of the main parameters and characteristics of the structure. During the creation of the system data has been used from a number of studies and data analysis.