

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СТОЙНОСТИТЕ НА ПРОЕКТНАТА ЕКВИВАЛЕНТНА КОНИЧНОСТ ЗА ХАРАКТЕРНИ ПРОФИЛИ НА РЕЛСИТЕ, ИЗПОЛЗВАНИ В БЪЛГАРСКАТА ЖЕЛЕЗНИЦА

Владимир Жеков
vladijegov@gmail.com

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

Ключови думи: железен път, еквивалентна коничност, профил на релса, бандажен профил

Резюме: Докладът разглежда изискванията за гранични стойности на проектната еквивалентната коничност, които трябва да бъдат удовлетворени при оценка на съответствието, съгласно Регламент 1299/2014, от 18 ноември 2014 година относно техническите спецификации за оперативна съвместимост по отношение на подсистемата „Инфраструктура“ на железопътната система в Европейския съюз. Направени са изчисления за проектни профили на релси 60E1 и 49E1 (съгласно EN 13674-1:2011) при наклон на релсата 1:40 и при 1:20 и проектни профили на бандажи S1002 и GV 1/40 (съгласно EN13715:2006+A1:2010). Използваната методика за определяне е съгласно изискванията на Регламент 1299/2014 и в съответствие с изчислителния метод определен в стандарт EN 15302:2008+A1:2010. В доклада са разгледани основните релсови профили и наклон на релсата прилагани в България за проекти по основната и широкообхватна трансевропейска мрежа, поради което може да се използва при доказване на съвместимост с изискванията на Регламент 1299/2014 от 18 ноември 2014 година относно техническите спецификации за оперативна съвместимост по отношение на подсистемата „Инфраструктура“ на железопътната система в Европейския съюз. На базата на получените резултати са направени препоръки относно приложението на основните профили, разглеждайки и възможността за бъдещо развитие на високоскоростни трасета.

1. УВОД

Приемането на Република България в Европейския съюз налага интегрирането на българската транспортна система в европейската, въвеждане и утвърждаване на европейските стандарти за модерен, екологично-съобразен и сигурен транспорт, както и действия за хармонизиране на българското законодателство с европейското. С Директива 2008/57/ЕО на Европейския парламент и Съвета от 17 юни 2008г[1] относно оперативната съвместимост на железопътната система в рамките на Общността, са определени условията, които трябва да бъдат изпълнени за постигане на оперативна съвместимост в рамките на железопътна система на Общността. Съгласно директивата

са приети технически спецификации за оперативна съвместимост (ТСОС), на които трябва да отговаря всяка подсистема или част от подсистема, за да удовлетвори съществените изисквания и осигури оперативна съвместимост.

Подсистема „Инфраструктура“ се оценява съгласно Регламент (ЕС) № 1299/2014 на Комисията от 18 ноември 2014 година[2], който отменя Решение 2011/275/ЕС[3]. Основен параметър за определяне на съвместимостта е оценка на проектните стойности на еквивалентна коничност, като не трябва да бъдат надвишени определените стойности за избраната конфигурация от релсови профили и профили на бандажи.

Определените гранични стойности на проектната еквивалентна коничност са показани в табл. 1, която е в съответствие с табл.10 от Регламент 1299/2014г[2].

таблица 1

Диапазон на скоростите(km/h)	Профил на колелата
	S1002, GV1/40
$V \leq 60$	не се изисква оценка
$60 < V \leq 200$	0.25
$200 < V \leq 280$	0.20
$V > 280$	0.15

Граничните стойности на еквивалентна коничност, представени в табл.1, трябва да бъдат изчислени за амплитуда на напречното преместване на колооста, определена съгласно:

- $y = 3 \text{ mm}$ ако $TG-SR \geq 7 \text{ mm}$
- $y = \left(\frac{TG - SR - 1}{2} \right)$ ако $5 \text{ mm} \leq (TG-SR) < 7 \text{ mm}$
- $y = 2 \text{ mm}$ ако $(TG-SR) < 5 \text{ mm}$

където TG е междурелсието, а SR е разстоянието между контактните повърхности на реборда на бандажа. За междурелсие 1435 mm изчисленията се извършват при амплитуда на напречното преместване $y = 3 \text{ mm}$.

Определянето на еквивалентната коничност се извършва съгласно методиката на стандарт EN 15302:2008+A1:2010[5], като се моделират проектните релсови профили с следните профили на бандажи[2]:

- S1002 (съгласно прил. С на стандарт EN13715:2006+A1:2010) с $SR_1=1420 \text{ mm}$;
- S1002 (съгласно прил. С на стандарт EN13715:2006+A1:2010) с $SR_2=1426 \text{ mm}$;
- GV 1/40 (съгласно прил. В на стандарт EN13715:2006+A1:2010) с $SR_1=1420 \text{ mm}$;
- GV 1/40 (съгласно прил. В на стандарт EN13715:2006+A1:2010) с $SR_2=1426 \text{ mm}$.

Релсовите профили, които са най – често използвани при модернизация и подновяване на железопътните линии по основната и широкообхватната трансевропейската мрежа в България са профил 60E1 и 49E1, съгласно EN 13674-1:2011[6]. Въпреки че, основно се прилага наклон на релсата 1:40, желателно е да се изследва и за наклон на релсата 1:20, за да се обхване по широк спектър на конфигурации. Скоростта на движение в участъците, част от основната и широкообхватна трансевропейска мрежа, е обикновено $\geq 160 \text{ km/h}$ за конвенционален състав и 200 km/h с влакове с наклонящи се кошове, поради което приложимата гранична стойност на еквивалентната коничност е 0.25.

2. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За определяне на проектните стойности на еквивалентна коничност за характерни конфигурации и съгласно изискванията на Регламент 1299/2014[2] е използвана методиката на стандарт EN 15302:2008+A1:2010[5], показана в приложения

В и С. Съставени са графики на разлика в радиусите на търкаляне или функцията Δr , графика на функцията $\tan\gamma_e$ (еквивалентна коничност) и графика с контактните точки между релса и колело при напречно преместване ± 10 mm, в съответствие с показаните в приложение Е от стандарт EN 15302:2008+A1:2010[5].

Разгледани са следните конфигурации от релси и бандажни профили:

таблица 2

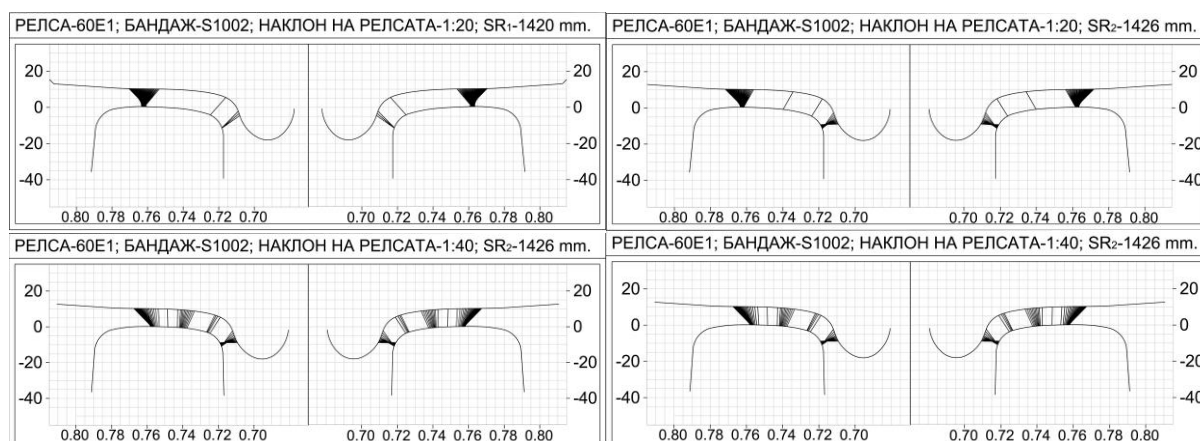
S1002 съгласно приложение С към EN 13715:2006+A1:2010		GV 1/40 съгласно приложение С към EN 13715:2006+A1:2010	
SR ₁ =1420 mm	SR ₂ =1426 mm	SR ₁ =1420 mm	SR ₂ =1426 mm
60E1/1:20	60E1/1:20	60E1/1:20	60E1/1:20
60E1/1:40	60E1/1:40	60E1/1:40	60E1/1:40
49E1/1:20	49E1/1:20	49E1/1:20	49E1/1:20
49E1/1:40	49E1/1:40	49E1/1:40	49E1/1:40

3. ИЗЧИСЛЕНИЕ НА ПРОЕКТНИТЕ СТОЙНОСТИ НА ЕКВИВАЛЕНТНА КОНИЧНОСТ

3.1. Определяне на проектните стойности на еквивалентна коничност за релсов профил 60 E1

3.1.1. при взаимодействие с профил на бандажа S1002

Графиките на контактните точки при взаимодействие на релсов профил 60E1 с профил на бандажа S1002 за различните конфигурации са показани в фиг. 1.



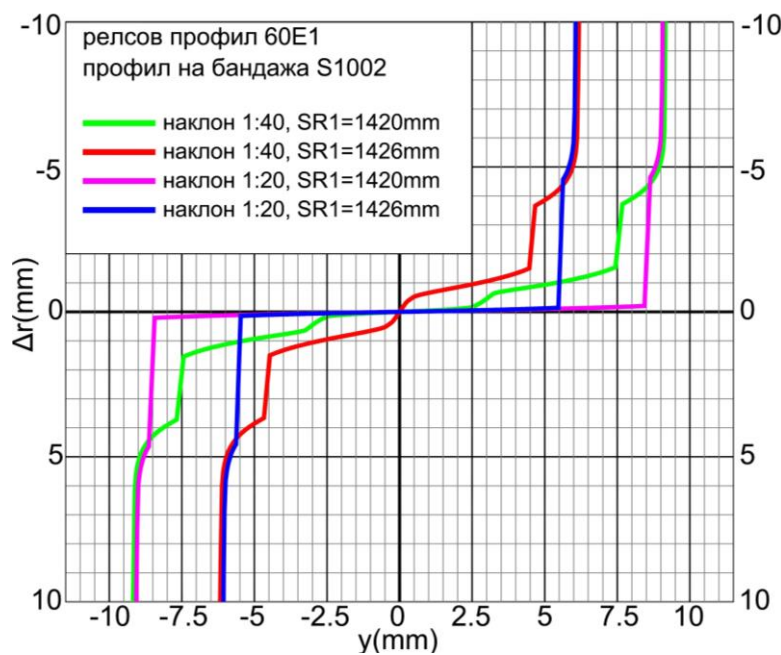
фиг.1. Графика на контактни точки – релса 60E1, бандаж – S1002

От фигурите на контактните точки е видимо, че контакта между релсите и бандажите е близък до конформния при наклон на релсата 1:40.

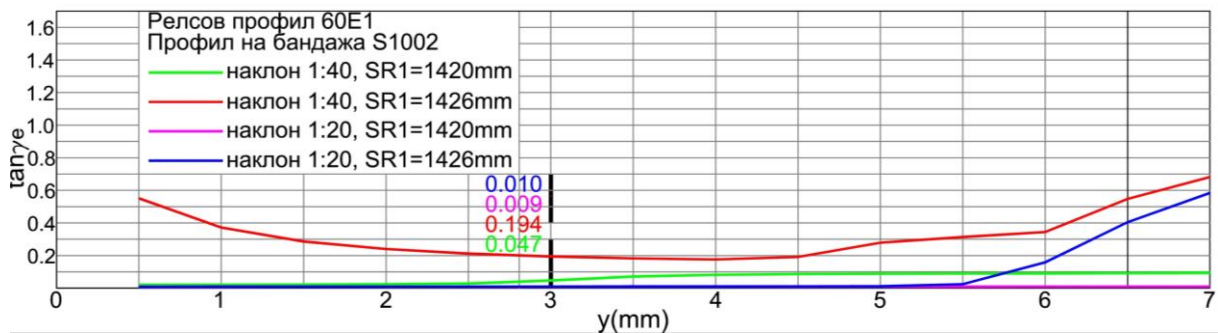
На фиг. 2 е показана графика на функцията Δr или графично изобразяване на разликата между радиусите на търкаляне на ляво и дясно колело при определено напречно преместване на колооста. От графиката се установява, че при вариант с наклон на релсата 1:40 и SR₁=1426 mm се наблюдава бързо покачване на релсата, което води до по-високи стойности на еквивалентната коничност.

На фиг.3 е показана графика на функцията $\tan\gamma_e$ или еквивалентната коничност във функция от амплитудата на напречното преместване y . Всички стойности са в допустимите граници, като само при наклон 1:40 и SR₁ =1426 mm има по-висока стойност равна на 0.194. Тази стойност е близка до допустимата граница от 0.25 за изследвания диапазон на проектната скорост. Поради тази причина при по-високи

скорости (над 200km/h) е желателно да се прилага наклон 1:20, където имаме ниски стойности на $\tan\gamma_e=0.010$ (при $SR_2=1426$ mm) и $\tan\gamma_e=0.009$ (при $SR_1=1420$ mm).



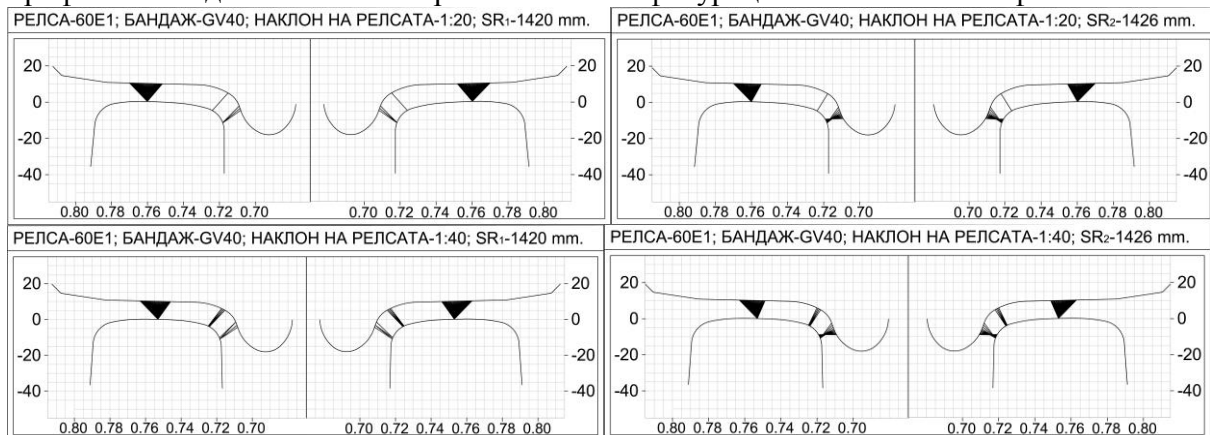
Фиг.2. Графика на функцията Δr при релсов профил 60E1 и профил на бандажа S1002



Фиг.3. Графика на функцията $\tan\gamma_e$ при релсов профил 60E1 и профил на бандажа S1002

3.1.2. при взаимодействие с профил на бандажа GV 1/40

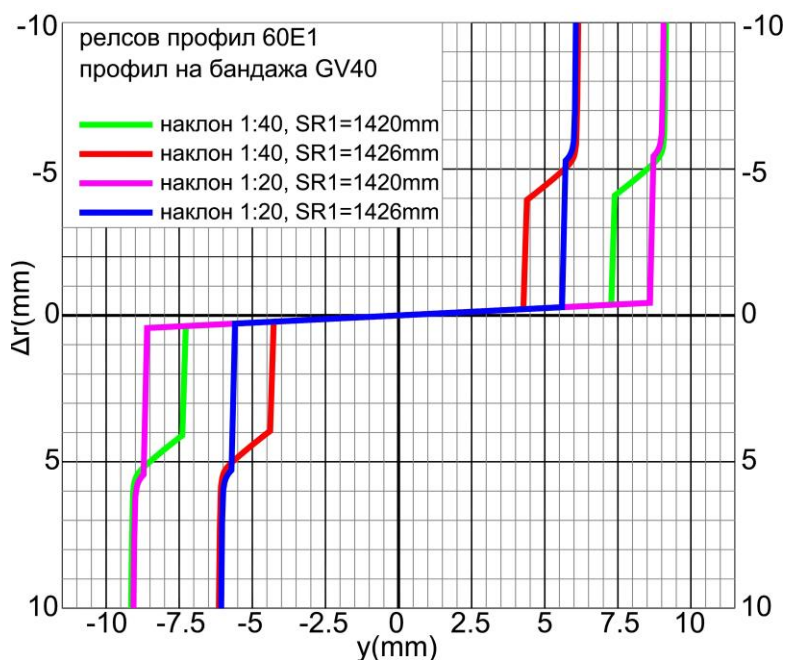
Графиките на контактните точки при взаимодействие на релсов профил 60E1 с профил на бандажа GV 1/40 за различните конфигурации са показани на фиг.4.



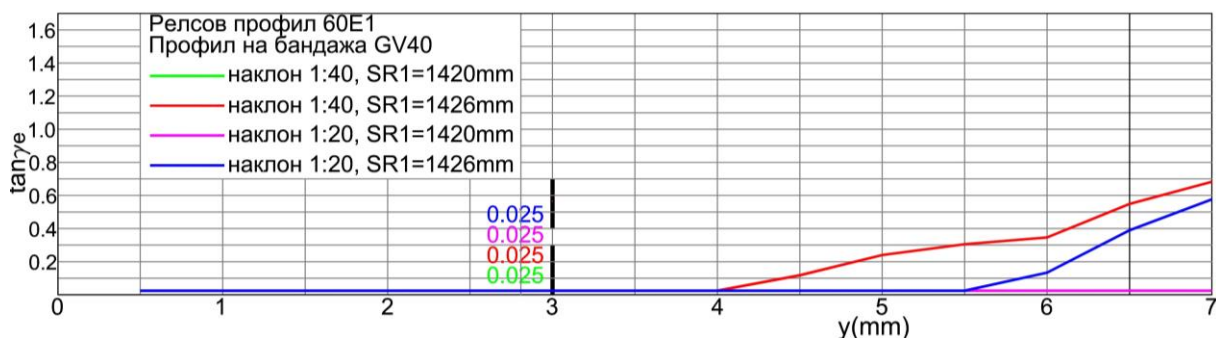
фиг.4. Графика на контактни точки – релса 60E1, бандаж – GV1/40

На фиг.5 е показана графиката на разлика в радиусите на търкаляне Δr за определено напречно преместване. От графиката се установява, че разглежданите конфигурации има добре изразена наклонена права линия в графиката, без резки скокове и с ниски стойности на Δr , в зоната на свободно напречно преместване на колооста.

Графиката на функцията $\tan \gamma_e$ показва ниски стойности на еквивалентната коничност ($\tan \gamma_e = 0.025$) при амплитуда на напречното преместване $y = 3\text{mm}$.



Фиг.5. Графика на функцията Δr при релсов профил 60E1 и профил на бандажа GV 1/40

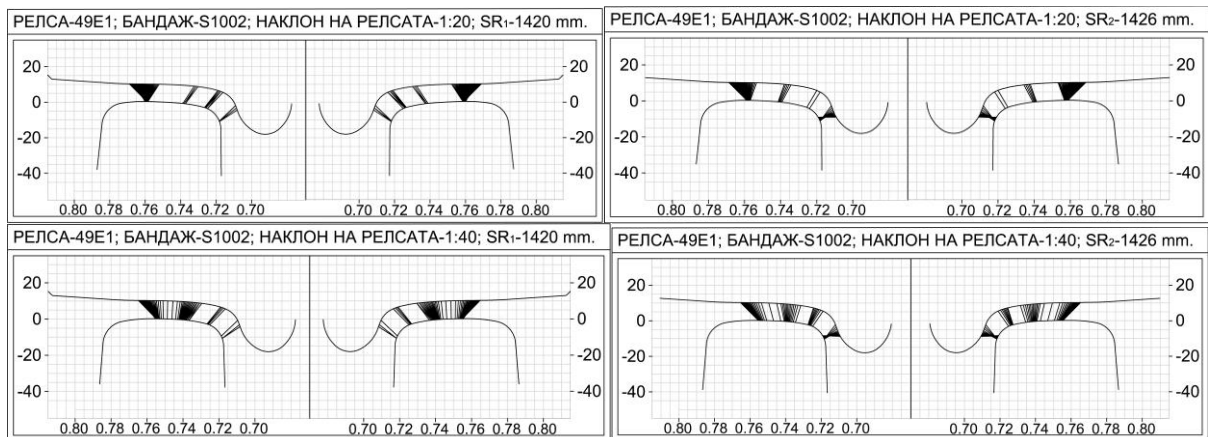


Фиг.6. Графика на функцията $\tan \gamma_e$ при релсов профил 60E1 и профил на бандажа GV 1/40

3.2. Определяне на проектната еквивалентна коничност за профил 49E1

3.2.1. при взаимодействие с профил на бандажа S1002

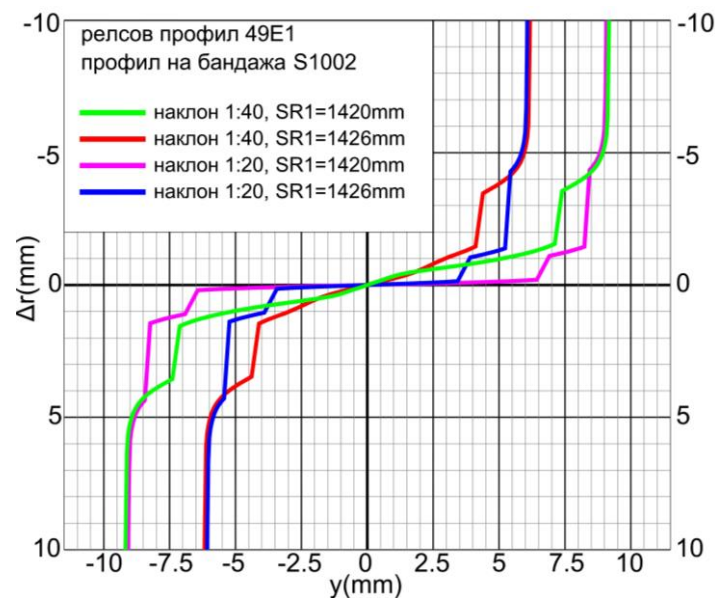
Графиките на контактните точки при взаимодействие на релсов профил 49E1 с профил на бандажа S1002 са показани в фиг.7.



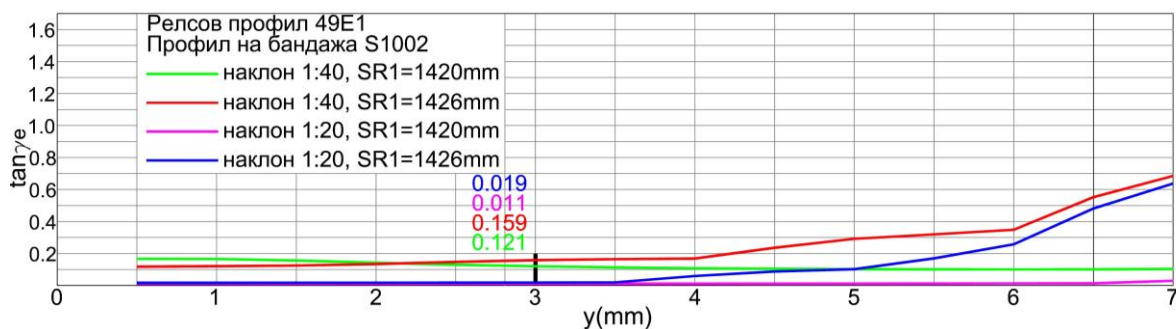
фиг.7. Графика на контактни точки – релса 49Е1, бандаж – S1002

На фиг.8 е показана графиката на разликата в радиусите на търкаляне на ляво и дясно колело. От нея се вижда, че при наклон 1:40 има относително бързо покачване на колелото. Обикновено това определя и по - високи стойности на еквивалентната коничност.

Това се потвърждава от графиката на функцията $\tan\gamma_e$ (фиг.9), където при наклон 1:40 имаме стойности на еквивалентната коничност съответно 0.159 (при $SR_2=1426$ mm) и 0.121 (при $SR_1=1420$ mm). Въпреки че са по-високи, тези стойности са в допустимата граница от 0.25 за изследвания диапазон на проектната скорост.



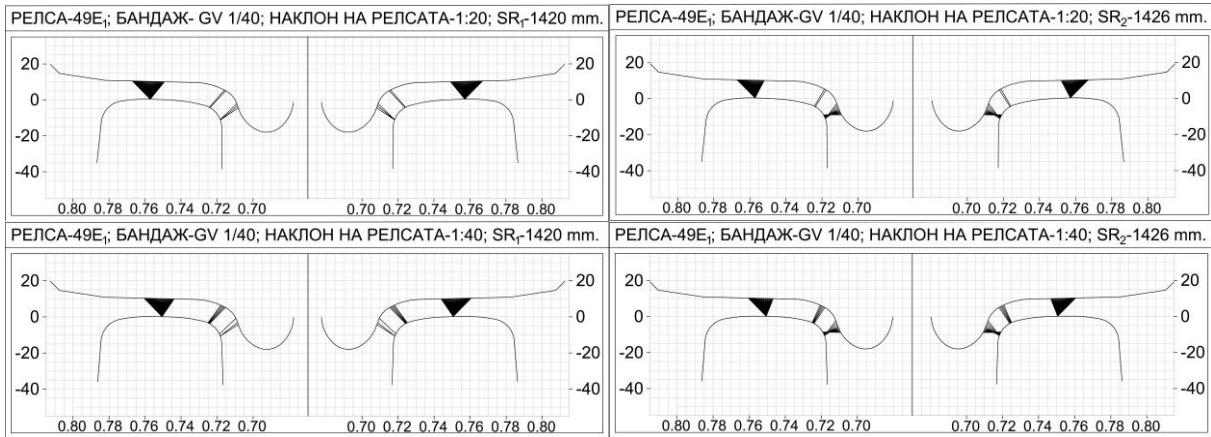
Фиг.8. Графика на функцията Δr при релсов профил 49Е1 и профил на бандажа S1002



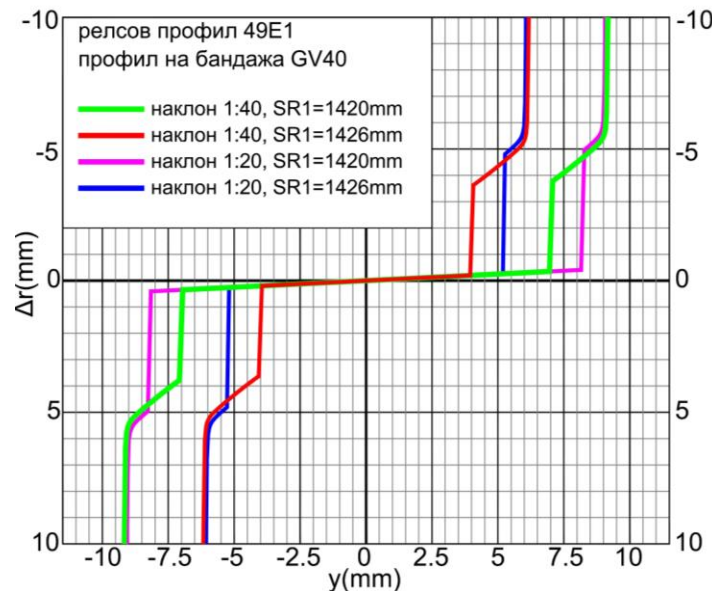
Фиг.9. Графика на функцията $\tan\gamma_e$ при релсов профил 49Е1 и профил на бандажа S1002

3.2.2. при взаимодействие с профил на бандажа GV 1/40

Графиките на контактните точки при релсов профил 49 E1 са показани в фиг.10 за различните конфигурации.

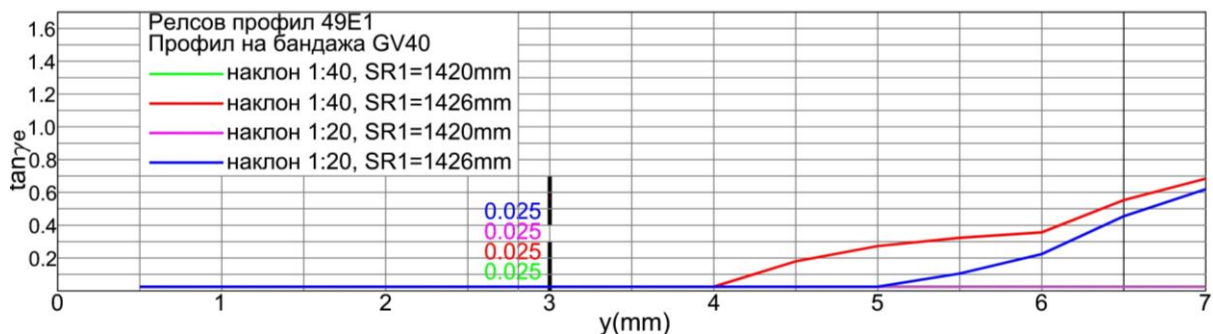


фиг.10. Графика на контактни точки – релса 49E1, бандаж – GV 1/40



Фиг.11. Графика на функцията Δr при релсов профил 49E1 и бандаж GV1/40

На фиг. 11 е показана графика на функцията Δr или разликата в радиусите на търкаляне на ляво и дясно колело при определена амплитуда на напречното преместване y . В графиката се наблюдава добре изразена наклонена права линия без наличие на резки скокове при ниски - стойности на y . В този случай могат да се очакват ниски стойности на еквивалентната коничност. Това твърдение се потвърждава от графиката на функцията $\tan \gamma_e$ (фиг.12), където еквивалентната коничност е 0.025.



Фиг.12. Графика на функцията $\tan \gamma_e$ при релсов профил 49E1 и бандаж GV1/40

4. ОБОБЩЕНИЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Резултатите от изчисленията на проектната еквивалентна коничност за определените конфигурации от профили на релси и бандажи са обобщени в табл.3.

таблица 3

		60E1		49E1	
		1:40	1:20	1:40	1:20
S1002	SR₂=1426 mm	0.194	0.010	0.159	0.019
	SR₁=1420 mm	0.047	0.009	0.121	0.011
GV 1/40	SR₂=1426 mm	0.025	0.025	0.025	0.025
	SR₁=1420 mm	0.025	0.025	0.025	0.025

В нито един от разглежданите конфигурации на релсови профили и бандажи не се превишават допустимите стойности, съгласно изискванията на Регламент 1299/2014г.

5. ИЗВОДИ

Изследването на проектните стойности на еквивалентна коничност при характерни конфигурации за мрежата на основната и широкообхватна трансевропейска мрежа в България, показва че в нито един от разглежданите варианти не се превишават граничните стойности, определени в Регламент 1299/2014г[2].

По - високи стойности се наблюдават при релсов профил 60E1 и 49E1 при наклон на релсата 1:40, при взаимодействие с бандажен профил S1002 при SR₂=1426 mm. Следователно при скорости по-високи от 200 km/h е желателно да се прилага наклон на релсата 1:20. При всички останали конфигурации са установени ниски проектни стойности на еквивалентната коничност.

Настоящия доклад представя изчисления, които доказват съответствието при използване на разглежданите характерни профили на релси с изискванията на Регламент 1299/2014[2] по отношение на точка 4.2.4.5. „Еквивалентна коничност“.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] ДИРЕКТИВА 2008/57/ЕО НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 17 юни 2008 година относно оперативната съвместимост на железопътната система в рамките на Общността. Официален вестник на Европейския съюз. 2008 г.
- [2] РЕГЛАМЕНТ (ЕС) № 1299/2014 НА КОМИСИЯТА от 18 ноември 2014 година относно техническите спецификации за оперативна съвместимост по отношение на подсистемата „инфраструктура“ на железопътната система в европейския съюз Официален вестник на Европейския съюз. 2014 г.
- [3] РЕШЕНИЕ НА КОМИСИЯТА от 26 април 2011 година относно техническа спецификация за оперативна съвместимост по отношение на подсистемата „инфраструктура“ на трансевропейската конвенционална железопътна система (нотифицирано под номер с(2011) 2741) (2011/275/ЕС)
- [4]. UIC CODE 519, Method for determining equivalent conicity, International union of railways, 1st edition, Paris, December 2004
- [5]. CEN European Committee for Standardization, EN 15302:2008+A1:2010. Railway applications - Method for determining the equivalent conicity, 2010
- [6]. CEN European Committee for Standardization, EN 13674-1:2011. Railway applications – Track – Rail, Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above, 2011
- [7]. CEN European Committee for Standardization, EN 13715:2006+A1:2010. Railway applications - Wheelsets and bogies - Wheels - Tread profile, 2010

- [8]. Esveld C., Modern Railway Track, 2nd ed., MRT Productions, Zaltbommel, ISBN: 90-800324-3-3, 2001.
- [9]. Iwnicky, S.: Handbook of Railway Vehicle Dynamics. CRC Press , Taylor & Francis Group ISBN 0-8493-3321-0, Boca Raton London New York 2006.
- [10]. Lichtberger, B.: Track Compendium Formation, Permanent Way, Maintenance, Economics, Eurail press Tetzlaff Verlag GmbH & Co. KG, 2005
- [11]. Allen P., Bevan A., Determination of Tramway Wheel and Rail Profiles to Minimise Derailment. ORR, 2008
- [12]. ДП „НАЦИОНАЛНА КОМПАНИЯ ЖЕЛЕЗОПЪТНА ИНФРАСТРУКТУРА”, Инструкция за устройство и поддържане на горното строене на железния път и железопътните стрелки, София, 2010 г.
- [13] ДП „НАЦИОНАЛНА КОМПАНИЯ ЖЕЛЕЗОПЪТНА ИНФРАСТРУКТУРА”, Технически изисквания към елементите на железопътната инфраструктура, София, 2015 г.

DETERMINATION OF VALUE OF EQUIVALENT CONICITY FOR TYPICAL RAIL PROFILE, USED IN BULGARIAN CONVENTIONAL RAILWAY

Vladimir Zhekov
vladijegov@gmail.com

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

Key words: railway, equivalent conicity, rail profile, wheel tread

Abstract: The report addresses the requirements for equivalent conicity design limits to be met when assessing conformity according to Commission Regulation (EU) No 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the 'Infrastructure' subsystem of the rail system in the European Union. According to the requirements, calculations were made for project profiles of rails 60E1 and 49E1 with rail slope 1:40 and at 1:20 and project wheel tread S1002 and GV 1/40. The methodology used for determination is in accordance with EN 15302: 2008 + A1: 2010. The report examines the main rail profiles and rail inclination applied in Bulgaria for projects on the core and comprehensive trans-European network and can therefore be used to demonstrate compatibility with the requirements of Regulation 1299/2014.