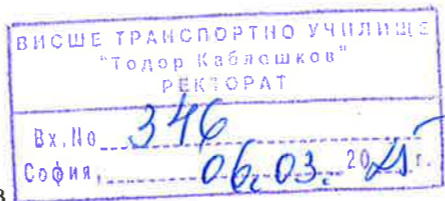


10.04.2025г

## РЕЦЕНЗИЯ



от проф. д-р инж. Стойо Тодоров  
катедра „Железници“, Факултет по транспортно строителство при УАСГ  
на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

Научно направление: 5.7. Архитектура, строителство и геодезия  
Научна специалност: Проектиране, строителство и поддържане на железни пътища и съоръжения  
Автор: Юри Тодоров  
Тема: Изследване на възможности за подобряване на горното строене и дълготрайността на релсовия път в Метрополитен - София  
Научен ръководител: проф. д-р инж. Руско Вълков

Настоящата рецензия е в съответствие с изискванията на чл. 26 (2) от ЗРАСРБ и е възложена от научно жури, назначено със заповед № Р-148 от 24.02.2025 г. от Ректора на ВТУ „Т. Каблешков“ проф. д-р инж.-икон. Даниела Тодорова.

### 1. Кратки биографични данни

Инж. Юри Тодоров е роден през 1970 г. През 1988 г. завършва ЕСПУ „Крум Попов“ гр. Левски, а през 1993 г. ВНВТУ „Т. Каблешков“, специалност „Транспортно строителство“ ОКС „магистър“. В периода 1993-1996 г. работи в жп секция Плевен. От 1996 до 1998 г. работи в трета жп секция София. От 1998 г. работи в Метрополитен ЕАД София.

В периода 2014-18 г. е задочен докторант във ВТУ „Т. Каблешков“ към катедра „Транспортно строителство и съоръжения“ по научна специалност „Проектиране, строителство и поддържане на железни пътища и съоръжения“, професионално направление 5.7 „Архитектура, строителство и геодезия“, област на висшето образование 5. „Технически науки“. Темата на дисертацията е „Изследване на възможности за подобряване на горното строене и дълготрайността на релсовия път в Метрополитен - София“. Изнесъл е 6 доклада по темата на дисертационния труд. Един самостоятелен и 5 с по един съавтор, два от които с ръководителя на дисертацията.

Инж. Юри Тодоров е положил изпити по „Горно строене на железния път“, „Проектиране и строителство на жп линии“ и английски език. Преминал е обучение по „Дисертация – подготовка, оформяне и защита. Академично писане. Изследователски процедури“ и „Разработване и регистриране на патенти и полезни модели“.

Участвал е в научно – изследователски проект по НИД към училището, свързан с темата на дисертацията.

### 2. Материали

Дисертационният труд е разработен в 233 страници: съдържание 2 стр., основна част 182 стр. и приложения.

Общият брой на литературните източници е 62, от които 43 на кирилица, останалите на латиница. Приложен е и списък на допълнителни източници: албуми и личен архив.

Съгласно изискванията на ЗРАСРБ, докторантът е приложил автореферат, който по съдържание съответства на дисертационния труд. Посочени са 6 публикации по темата на дисертационния труд: пет в съавторство и 1 самостоятелна. Четири публикации са във вид на статии в списание и една изнесена на научна конференция.

### 3. Актуалност на проблема

Изследването на релсови пътища за метрополитени е актуална тема с развитието на метрото в гр. София и навсякъде по света. Дисертационният труд е свързан с теоретично и практическо изучаване и обстойно изследване на поведението на елементи от горното строене

на релсовия път в Метрополитена в периода на неговата експлоатация от 1998 год. до сега. Изследвана е работата на отделните елементи на горното строене, както и проявата на деформации и дефекти, в следствие на специфично и интензивно натоварване.

Изследванията в дисертацията са проведени в различни участъци от трасетата по първи и втори метродиаметър, при различни варианти и схеми на реализиране на горното строене на релсовия път. Изследвани са различни видове релси с различна коравина, скрепления с вибропоглъщащи подложки, различна степен и интензивността на експлоатация, полагани в различните етапи на строителство и разширение с нови участъци.

Проучен е практическия опит в решаване на специфични експлоатационни задачи в различните европейски и извън европейски железопътни администрации. Изследвани са възможностите за приложение на споделен опит и подобрения в новостроящата се инфраструктура и участъци на разширение на софийското метро.

#### **4. Анализ на представения дисертационен труд**

Дисертационният труд е разработен в увод, четири глави, приложения и публикации, свързани с темата на дисертацията и използвана литература. Всяка глава завършва с изводи, а в последната се дават и препоръки.

**Уводът на дисертацията** включва актуалност на темата и обект на изследванията. Посочени са целите и задачите, които се поставят в дисертацията. Дават се методите, с които те ще бъдат постигнати.

**Първа глава „Състояние на проблема и литературен обзор“.** Прави се кратък исторически преглед и класификация на метрополитените по света, развитието на железния път като част от единната конструкция на метрополитена. Разглежда се състоянието на мрежата на Софийския метрополитен, релсовия път като инженерна конструкция и елементите на релсовия път, горно и долно строене и съвместна работа на елементите на горното строене: изчисляване, изпитване и въвеждане в експлоатация. Анализирани са нерешените проблеми с дефектирането на релсите в Метрополитен София.

**Втора глава „Собствени разработки“.** Тя е основна за дисертацията. Класифицирани са елементите на релсовия път. Разгледани са релсите в метрополитена, видове дефекти, които настъпват при експлоатация и мерките и мероприятията, които се вземат за контрол и отстраняване на дефекти и прилагани на специални профили за релси.

Траверсите на метрополитена са класифицирани по вид и приложение. Разгледани са деформациите и дефектите в траверсите и подрелсовата основа.

Останалата част от главата разглежда релсовите скрепления по вид и приложение. Анализирани са дефектите в скрепленията, мерките и мероприятията за превенция.

Главата завършва с изводи относно дейностите по отстраняване на проблемите. Шлайфане на релсите и ефект от изпълнението, където дисертантът е участвал от първо лице. Системни дефекти в скрепленията и предотвратяването им със системни проверки и измервания за контрол на релсите, скрепленията и подрелсовата основа с оглед контрол на здравината, тяхната цялост и сигурност.

**Глава трета „Изследване на натоварването на горното строене на релсовия път в Метрополитен – София“.** Направен е анализ на напрегнатото състояние на железния път. Проверени са въздействията от подвижния състав за времето от 2012 до 2024 г.

Определено е сумарното натоварване за различните видове влакове по първата и втората линия на метрото – стар и нов тип. Изчислено е сумарното натоварване за периода юли 2012 – януари 2015 г. на 17 318 610 т. Изчислени са броят колела преминали през една точка 1 433 456 бр/кол и натоварването за една година 11 467 648 тона/г.

Определено е товаронапрежението (преминали потоци) за периода 1998-2025 г.

В трета глава са разгледани външните признаци на умора и дефекти в релсите – пластична деформация Headcheck.

Основен фактор и предпоставка за проявата на умора и дефекти в релсите, е натрупването на умора, в следствие на общия обем на товаро-напрежението от преминал подвижен състав, за определен период. В условия на експлоатация и движение на влаковете в

трасетата, това се изразява в преминаване на еднотипни като композиция състави, с много близки или еднакви нива и степен на натоварване. Натоварването е функция на обема на пътникопотоците в различните часове и дни от периода в интервали до 3 минути. Друг характерен и специфичен особен белег на натоварването в трасетата е еднопосочното движение на влаковете в участъците.

Друг особен белег и специфичен момент в експлоатацията на релсовия път е че влаковете се движат само в едната посока по всеки един от участъците. Наличието на двупосочно движение по пътя е липсващ експлоатационен фактор, който би спомогнал и забавил натрупването и проява на умора и пластични деформации.

В железници, които използват и експлоатират трасетата си и в двете направления, фактора и обема на товаро-напрежението, работи с други характеристики и проявата на умора и деформации са в друг порядък, спрямо строго еднопосочно ориентираните трасета..

Като извод от глава 3. Обща дължина на релсовия път в участъка на първа и втора линия е 27400 м., от които съответно:

- с поява и развитие на дефект/пукнатини са 7239 м., или 26 %.
- разположение на засегнатите участъци и съответно на път 1 – 4061 м. или 56 % и на път 2 – 3178 м. – 44 %.
- с профил на пътя по отношение режими на движение/наклони, в изкачване - 3824 м или 52 %, в спускане - 3415 м. – 48 %.
- в план на трасето, в права -1865 м – 25 %, в криви - 5374 м. – 75 %.
- вид на горното строене, дървени траверси – с наклон на релсите към оста на железния път 1:20 - 3284 м. или 45 %, бетонови траверси – с наклон на релсите 1:40 – 3955 м. – 55 %.

**Глава четвърта е посветена на „Изследване на възможности за подобряване на горното строене и дълготрайността на релсовия път в Метрополитен – София“.** Проведените изследванията са в две основни направления, свързани с два от елементите на конструкцията на горното строене на релсовия път в Метрополитен.

Първият елемент, обект на изследване и проучване, е подложка, елемент от скреплението, формираща общата еластичност на конструкцията на горното строене, монтирана под петите на траверсите в гумения ботуш. Извършена е проверка на неговите действителни характеристики, при работа в трасето. Проучени са възможности за подобряване на поглъщането на шумовите и вибрационни емисии излъчвани в и от съоръженията по време на движение на влаковете, чрез замяната на проектно монтирани подложки с други видове.

Вторият елемент, от обекта на изследването, са релсите. Задълбочено са проучени, проследени и изследвани предпоставките и причините за появата на уморно-пластични деформации, в следствие на натоварване от различен обем преминал товар. Изследван е характера на появата и развитието на Headcheck дефект, в специфичните и характерни условия в трасетата на метрополитена на София. На база анализ на резултати от извършени измервания, са определени интервали и срокове, мерки и програми за превенция с цел контрол на състоянието и развитието на дефекти. Целта е, да се гарантира качество и сигурност на превоза, да се оптимизират разходите за поддръжка и състава на екипите за поддръжка, и да се постигне максимално удължаване на експлоатационния живот на положени в пътя релси.

Проведено е експериментално измерване на предаването на шумове и вибрации възбудени от преминали различни типове влакове в еднопътни тунели в участъка между МС „Софийски Университет” и МС „Стадион Васил Левски” в стандартно трасе. Измерването е изпълнено от екип и с техника на водещия експертен център в България в областта на шума и вибрациите - фирма Спектри. Измерва се със стандартни подложки и с нови с по-добри демпфериращи характеристики. Използва се сеизмограф InstanteL Minimate Plus 716A0403 и анализатор за човешки вибрации Briel & Kjaer Type 4. Честотата и PPV границите, за различните класове чувствителност на конструкциите трябва да бъдат спазени според немския стандарт DIN 4150.

Трите точки/позиции на измерване са разположени в участъка от трасето в тунели на път 1 и 2, в средата на зоните с различни модели гумени подложки:

- проектно вложените „Зебра“/„Каумет“
- монтирани за целите на проведеното измерване и изследване подложки „Sylodin NB“
- монтирани за целите на проведеното измерване и изследване подложки „Sylodin ND“

Целта на измерванията са да се провери и сравни на практика, как и колко по ефективно се представят специализираните подложки Sylodin, произведени от Getzner, Austria в сравнение със стандартно използваните на „Зебра“ / „Каумет“. Проверка и прецизно измерване в какъв порядък на практика ще се променят шумовите и вибрационни емисии, при прилагането на тези подложки в къс експериментален участък от трасето. Изследват се виброскорост, ускорение и изместване. Пресметната е пикова векторна сума на вибрациите в изследван и еталонен участък.

Обработените резултати показват, че:

- Резултатите от точките за измерване, в участъците с подложки „ Sylodin NB “ и „ Sylodin ND “ показват, редукиции във виброскоростта, ускорението и изместването в сравнение с участъците с подложки „ Зебра / Каумет “.
- Резултатите от точките за измерване, в участъците с подложки „ Sylodin NB “ и „ Sylodin ND “ показват, по-ниски нива на виброскоростта, ускорението и изместването за „ Sylodin ND “.
- Резултатите показват по-ниски стойности на възбудени вибрации, при преминаването на стар модел мотриса, спрямо резултатите при нов модел влак.
- Въпреки избраните пикови часове на движение за извършване на измерване, трябва да се вземе предвид неопределеност, дължаща се на различното натоварване на влаковете.
- Използването на специалните демпфериращи подложки Sylodin в конструкцията на горното строене, вместо стандартните Зебра, води до значително погасяване и намаляване на предаваните на вибрации от преминаващи влакове към конструкцията.

Второто експериментално измерване е цели мерките за контрол и превенцията на появата, и развитието на дефекти, вследствие от якост на умора. Те дават възможност за значително удължаване на експлоатационния живот на релсите в пътя, преди те да се достигне до изчерпване на техния геометричен или механичен ресурс и да се наложи подмяната им с нови. Измерваните дефекти по метода на вихровия ток са в участъците:

- МС „ Сливница “ – МС „ Люлин “ – дървени траверси, дълги и сложни криви с малки радиуси км 2+ 200 до 2+ 300 = 100 м.
- МС „Западен Парк– МС“ Вардар“ км 4+ 800 до 4+ 900 = 100 м.
- МС „ Вардар “ – МС „ Константин Величков “ – стоманобетонени траверси, екстремно извън норми надвишение в кривите Н=150 мм км 5+ 900 до 6+ 000 = 100 м.
- МС „ Сердика “ – МС „ Софийски университет “ км 8+ 200 до 8+ 300 = 100 м.
- МС „ Софийски университет “ – МС „ Стадион Васил Левски “ - криви с малки радиуси с минимално разширение и къси преходни криви км 9+500 до 9+600 = 100 м и км 9+800 до 9+900 = 100 м.
- МС „ Стадион Васил Левски “ - МС „ Жолио Кюри “ – права и крива с малък радиус и комбинация на нормални и закалени релси при голям наклон, тягов и спирачен режим на движение на съставите преди метростанция км 10+100 до 10+300 = 200 м.
- МС „ Ломско шосе “ – МС „ Бели Дунав “ – релси с обемно закалени глави в криви с малки радиуси, надземен участък разположен върху естакада км 0+900 до 1+100 = 200 м.
- МС „Хан Кубрат“ – МС „ Княгиня Мария Луиза“ нормални релси, права и крива с малък радиус км 4+300 до 4+400 = 100 м.

Анализът и оценката на резултатите от втория експеримент, води до следните изводи:

- В условията на непрекъснато високо интензивно движение и голямо ежедневно натоварване, релсите в трасето на натоварения централен участък от първи диаметър,

разположено от МС “Сливница“ до МС „Младост 1“ се натрупва гранична умора и се проявяват видими външни деформации – повърхностни уморно-пластични деформации, след втората година след пускане в експлоатация или след извършен ремонт за поправка на натрупани деформации.

- Релсите в трасето на останалите участъци натрупват умора и проявяват видими външни деформации под формата на повърхностни уморно-пластични деформации след третата година след извършен ремонт за поправката им.
- Първите външни слабо видими признаци, за натрупана умора и поява на пукнатини, за силно натоварените участъци от трасето, се проявяват след втората година от въвеждане в експлоатация, или извършване на механизирано шлайфане/фрезование за пълно отстраняване на дефекти.
- Първите видими признаци, за натрупана умора с поява на пукнатини, за слабо натоварените участъци от трасето, със съответно по-ниско товаро-напрежение, се появяват след третата година от въвеждане им в експлоатация, или извършване на механизирано шлайфане с пълно отстраняване на дефекти.
- Развитието на дефектите след първоначалната им поява, до стойности в дълбочина до 0.4 мм е в резултат и функция на преминал товар от около 5 млн. тона, и обхваща период от 8-12 месеца за натоварените трасета, и съответно 20-24 месеца за по-слабо натоварените.
- Развитието на дефекти/пукнатини след първоначалната им поява, до дълбочина 0.9 мм обхваща период от 12 – 14 месеца за натоварените трасета, и съответно 18-22 месеца за по-слабо натоварените, в следствие на преминал товар 8.5 - 9 млн. тона.

Рецензентът споделя претенциите за научни принципи, така както са подредени 7 броя.

1. За първи път у нас е формулирано понятието *Headcheck*, изследвани са факторите и причините за появата му, и начините за намаляване на ефекта от поява и развитието на уморни пукнатини в главите на релсите.
2. Проведени са натурни измервания на шумови и вибрационни емисии, излъчвани в реални експлоатационни условия на експериментален участък в еднопътен тунел, и е извършен обстоен анализ на стойностите на емисиите, чрез съпоставка и сравнение, при два модела метро влакове и три типа конструкция на горното строене.
3. Стойностите на трептения в експерименталния участък, където на две различни нива се пресичат трасетата на Първи и Трети метро диаметри, са значително намалени благодарение на оптимизираните, чрез изследване на елементи от конструкцията на горното строене.
4. Доказа се, че най-ефективната мярка за максимална дълготрайност и живот на релсите се постига, когато мярката за превенция на дефекти - шлайфане на главите на релсите, се извършва през период от 2,5 до 3 години, за най-натоварената част от трасето.
5. Количествено са установени и формулирани, зависимости в по-ранната проява на признаци на натрупана умора – пластично уморен дефект в главите на релсите, на участъци с екстремни геометрични параметри на плана и профилите на пътя.
6. Доказано е чрез систематични измервания по участъци, че закалените релси са по дълготрайни, но от икономическа гледна точка, строителството с тях е икономически неизгодно.
7. Доказаните нови познания за поява, проява и развитието на уморно пластични деформации в главите на релсите в Метрополитен - *Headcheck*, са подходящи за обогатяване на съдържанието на учебните програми в университета.

Общото впечатление, е че дисертацията следва класически модел. Проучване на натрупания опит. Изработване на работна хипотеза. Изследване на хипотезата, чрез теоретичен и експериментален модел. Съпоставка на двата и формулиране на научно-приложни приноси.

#### **5. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

По темата на дисертационния труд инж. Тодоров има 6 публикации. Пет от публикациите са в електронно списание. Един доклад е изнесен на научна конференция.

В публикациите са отразени основни части от дисертационния труд, включително съществени резултати и изводи.

Считам, че публикациите са повече от достатъчни за целта – успешна защита и получаване на ОНС „доктор“.

#### **6. Оценка на автореферата**

Авторефератът е в обем от 45 страници, включително публикации свързани с темата на дисертационния труд. Той следва общата структура и хронология на дисертацията и отразява в съкратен вид основните моменти и научни приноси. Оформлението е на много добро ниво и свидетелства за уменията на инж. Тодоров да представя сложната научно-приложна информация, състояща се от експериментални резултати, графики, снимки, таблици, схеми и анализи към тях, в сбит вид.

#### **7. Мнения, препоръки и критични бележки**

В процеса на запознаването с дисертацията се появиха редица въпроси, които бяха уточнени в срещи с дисертанта, но въпреки всичко могат да се посочат редица уточнения, които могат да се вземат предвид при следващи публикации и изследвания.

Цитиранията в текста трябва да отговарят на българският стандарт за библиографско цитиране БДС 17377:1996 и заменилият го БДС ISO 690:2011.

Техническите забележки бяха своевременно отстранени от дисертанта.

Обща препоръка към публикациите е да бъдат в реферирани издания, съгласно указанията от МОН.

#### **8. Лични впечатления**

Познавам лично инж. Тодоров. Преподавал съм му като студент. Запознат съм с дейността му като инженер по поддръжката на метрополитена. Той се ползва с добро име сред колегите си. Получил е уважението им с почтеност, знания и авторитет. Резултатите от дисертацията, техният анализ и изводи са негов собствен принос.

#### **9. Заключение**

Кандидатът за званието „доктор“ инж. Юри Тодоров е постигнал поставената в дисертацията цел и се е справил успешно със задачите на дисертацията. Инж. Тодоров отговаря на условията за получаване на образователното и научно звание „доктор“. Той е изграден специалист със собствен стил на работа, които би могъл успешно да се справя с поставените му задачи.

Получените резултати са логични, те са продукт на използваните съвременни изследователски методи и апаратура, и не подлежат на съмнение. Направените по-горе бележки и препоръки имат основно редакционен характер и не намаляват стойността на работата.

Имайки предвид гореизложеното, **предлагам на инж. Юри Тодоров да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор“** по научно направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия, научна специалност „Проектиране, строителство и поддържане на железни пътища и съоръжения“.

март 2025 г.

Рецензент: .....  
(проф. д-р инж. Ст. Тодоров)

