

УДК 625.42:624.011

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.142.2013.84618>

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕРЕВ'ЯНОЇ ШПАЛИ
МЕТРОПОЛІТЕНУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ "ЛИРА"**

Канд. техн. наук В.П. Шраменко, асист. Д.А. Фаст, студ. О.В. Богданова

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ДЕРЕВЯННОЙ ШПАЛЫ МЕТРОПОЛИТЕНА ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА "ЛИРА"**

Канд. техн. наук В.П. Шраменко, ассист. Д. А. Фаст, студ. О. В. Богданова

**RESEARCH OF THE TENSE-DEFORMED STATE OF WOODEN RAILROAD TIE OF
UNDERGROUND PASSAGE THROUGH PROGRAMMATIC COMPLEX "LIRA"**

Cand. of techn. sciences V.P. Shramenko, assist. D.A. Fast, stud. E.V. Bogdanova

Досліджено напружено-деформований стан дерев'яної шпали у тунелі метрополітену, яка омонолічена у колійному бетоні, за допомогою програмного комплексу "Лира 9.6". Для побудови просторової моделі було змодельовано ділянку рейко-шпальної решітки, що складається із семи шпал та завантажена однією віссю вагона, з використанням скінченних елементів різних типів.

Ключові слова: *дерев'яна шпала метрополітену, пластмаса акрилова, скінченні елементи, напруження.*

Исследовано напряженно-деформированное состояние деревянной шпалы в тоннеле метрополитена, омоноличенной в путевом бетоне, с помощью программного комплекса "Лира 9.6". Для построения пространственной модели был смоделирован участок рельсо-шпальной решетки, который состоит из семи шпал и загружен одной осью вагона, с использованием конечных элементов разных типов.

Ключевые слова: *деревянная шпала метрополитена, пластмасса акриловая, конечные элементы, напряжения.*

In this work investigational tensely deformed consisting of wooden railroad tie of tunnel of underground passage, what lies in a travel concrete, by a programmatic complex "Lira 9.6". For the design of overhead structure of track of underground passage the eventual elements of different types were used. For the construction of spatial model an area was modelled rail-sleeper grates in the tunnel of underground passage which consists of seven railroad ties and high-usage one axis of carriage.

Keywords: *wooden railroad tie of underground passage, a plastic is acrylic, eventual elements, tensions.*

Вступ. У великих містах найбільш зручним і економічно вигідним пасажирським транспортом є метрополітени, перевагою яких є більша швидкість перевезення і здатність освоювати масові пасажиропотоки. У містах, де є метрополітени, гостро стоїть проблема захисту споруджень від шуму і вібрацій. Основна відмінна риса верхньої будови колії у метрополітенах в тому, що рейко-шпальна решітка лежить на бетонній основі. Тому найбільш ефективною є конструкція залізничної колії на дерев'яних шпалах. Конструкція колії на бетонній основі з дерев'яними шпалами забезпечує необхідну їй пружність і має високий електричний опір, що має велике значення за наявності контактної рейки, яка перебуває під високою напругою у вологому середовищі [1, 2].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Основна відмінна риса верхньої будови колії у метрополітенах в тому, що рейко-шпальна решітка лежить на бетонній основі. Однією з принципових відмінностей роботи шпал у тунелях метрополітену є те, що вони утоплені в бетон. Така конструкція колії призводить до того, що змінюється характер роботи

шпал та їх заміна є складною й дорогою операцією, що вимагає значних витрат ручної праці та коштів. Заміна однієї шпали в тунелі в десять разів дорожче, ніж на наземних залізницях. Тому дослідження можливості відновлення їх за допомогою наповнення порожнеч і тріщин, що утворилися, полімерним матеріалом є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом дослідження у тунелі метрополітену, в основному, направлені на удосконалення зони проміжного скріплення, а також на пошук нових конструкцій підрейкової основи [3-6]. Проблемам відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал приділяється недостатньо уваги.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою даних досліджень є розрахунок суцільної дерев'яної шпали метрополітену з урахуванням наповнення полімерним матеріалом. Задачами досліджень є визначення напружено-деформованого стану дерев'яної шпали, що частково лежить на колійному бетоні, і можливості її зміцнення шляхом наповнення порожнеч і тріщин, що утворилися, полімерним матеріалом.

Основна частина дослідження. Для моделювання верхньої будови колії у

тунелі метрополітену було використано програмний комплекс "Лира 9.6" та обрано наступні типи скінченних елементів:

1. Універсальний просторовий стрижневий скінченний елемент (СЕ 10), який має місцеву систему координат $X1, Y1, Z1$, відносно якої задається місцеве навантаження й визначаються зусилля. Даний елемент сприймає такі види зусиль: осьове, крутний момент, згинальні моменти й поперечні сили у вертикальній та горизонтальній площинах.

2. Універсальні скінченні елементи просторового завдання теорії пружності (СЕ 31 – паралелепіпед), призначені для визначення напружено-деформованого стану континуальних об'єктів і масивних просторових конструкцій з однорідного ізотропного лінійно-пружного матеріалу в постановці тривимірного завдання теорії пружності. Даний елемент сприймає нормальні та дотичні напруження по всіх площинах.

Шпала у тунелі метрополітену являє собою дерев'яну балку у формі паралелепіпеда зі сторонами поперечного перерізу 160×250 мм і довжиною 2650 мм, яка на $2/3$ своєї довжини є омоноличеною у колійний бетон.

Для моделювання верхньої будови колії метрополітену було використано скінченні елементи різних типів: для рейки – тип 10 із заданим перерізом, що відповідає поперечному перерізу рейки типу Р50, а для підкладки та дерев'яної шпали – тип 31. Для рейки та підкладки фізичні й жорсткісні характеристики задаються відповідно до матеріалу сталі, для дерев'яної шпали – відповідно до деревини сосни. Для врахування заповнення порожнеч і тріщин пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т було використано характеристики, що відповідають даному полімерному матеріалу.

Для побудови просторової моделі було змодельовано ділянку рейко-шпальної решітки у тунелі метрополітену, що складається із семи шпал і завантажена

однією віссю вагона, оскільки вплив сусідніх шпал на розрахункову є незначним. Їх було розбито на восьмивузлові чотирикутні скінченні елементи, які мають форму паралелепіпеда. Для того щоб змодельовати шпалу, омоноличену в колійному бетоні, у місцях її контакту з колійним бетоном було введено обмеження переміщень. Вони спрямовані по осях, перпендикулярних до площин бетонної основи, а також уздовж них у вертикальному напрямку. Навантаження прикладено на рейку над середньою шпалою симетрично відносно її середини і приймаються як зосереджені сили на кожній нитці колії. Частина шпали, що знаходиться над лотком, не обпирається на колійний бетон і має вільне переміщення в усіх напрямках. Після складання елементів верхньої будови колії було отримано кінцево-елементну модель для розрахунку дерев'яної шпали у тунелі метрополітену. Загальний вигляд моделі верхньої будови колії у тунелі метрополітену для визначення напружень у розрахунковій дерев'яній шпалі наведено на рис. 1.

Поздовжній переріз для розрахункової шпали зображено на рис. 2. За розрахункову прийнято шпалу, що знаходиться посередині.

Розрахунок виконувався під дією зосередженої сили на розрахункову шпалу. Враховуючи, що навантаження прикладалися симетрично відносно поздовжньої осі колії, результати розрахунку будемо наводити лише по одній нитці залізничної колії метрополітену.

За допомогою програмного комплексу "Лира 9.6" також було розраховано шпалу з урахуванням заповнення порожнеч і тріщин пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т в різних місцях її поперечного перерізу:

– суцільна дерев'яна шпала без наповнення;

– дерев'яна шпала, заповнена пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т у верхній половині поперечного перерізу;

– дерев'яна шпала, заповнена пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т у нижній половині поперечного перерізу;

– дерев'яна шпала, заповнена пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т у центрі поперечного перерізу.

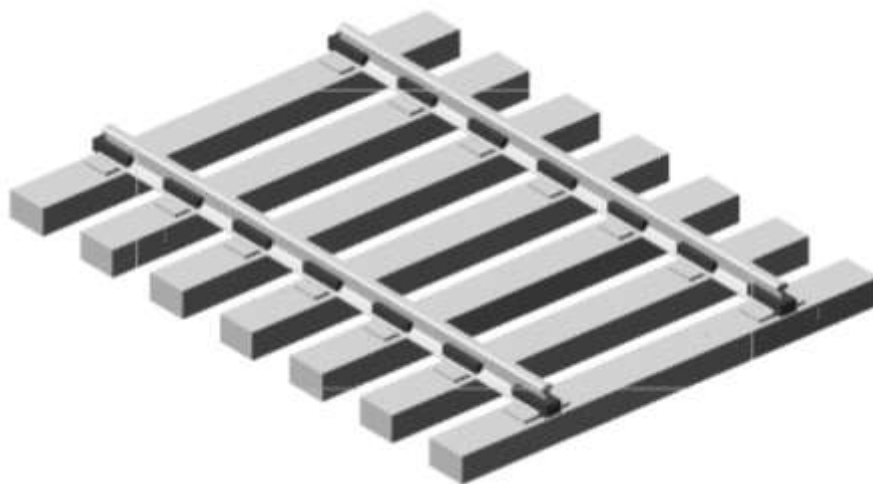


Рис. 1. Модель верхньої будови колії у тунелі метрополітену



Рис. 2. Поздовжній переріз розрахункової дерев'яної шпали

Для отримання значень напружень використовується теорія міцності найбільших нормальних напружень. У результаті отримаємо величини найменших, середніх і найбільших головних напружень у вигляді ізополів, які показано відповідно на рис. 3–5. Для оцінки міцності та порівняння з результатами ручного розрахунку обираємо найбільші значення, що відповідають ізополям найбільших головних напружень. Отримані

результати розрахунку зводяться в таблицю.

Висновки з дослідження. Аналізуючи отримані результати за допомогою програмного комплексу "Лира 9.6", можна зробити висновок, що використання пластмаси акрилової самотвердної АСТ-Т призводить до зміцнення дерев'яних шпал і доводить можливість використання даного матеріалу для відновлення їх експлуатаційних властивостей.

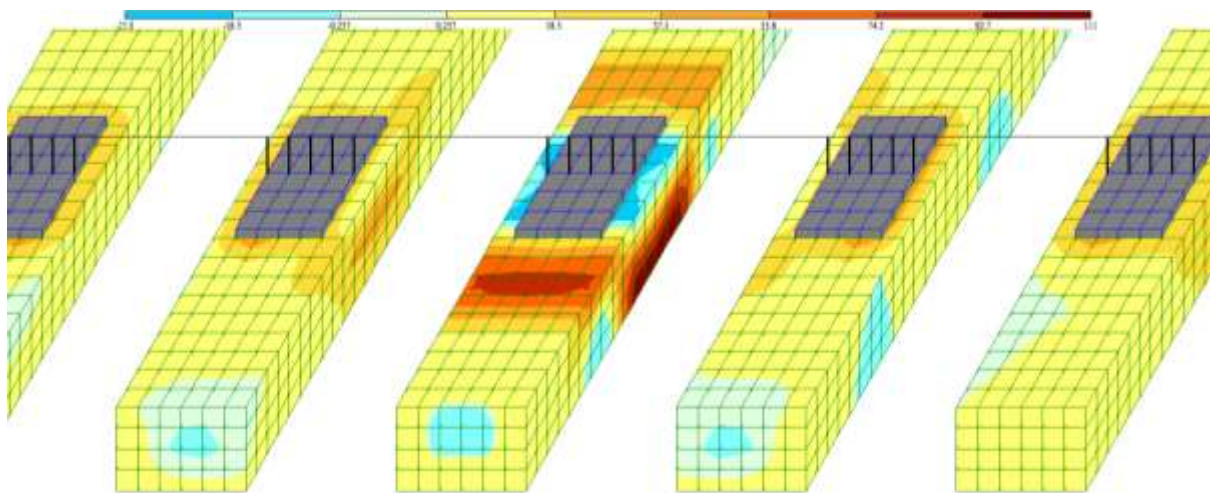


Рис. 3. Ізополя найменших головних напружень

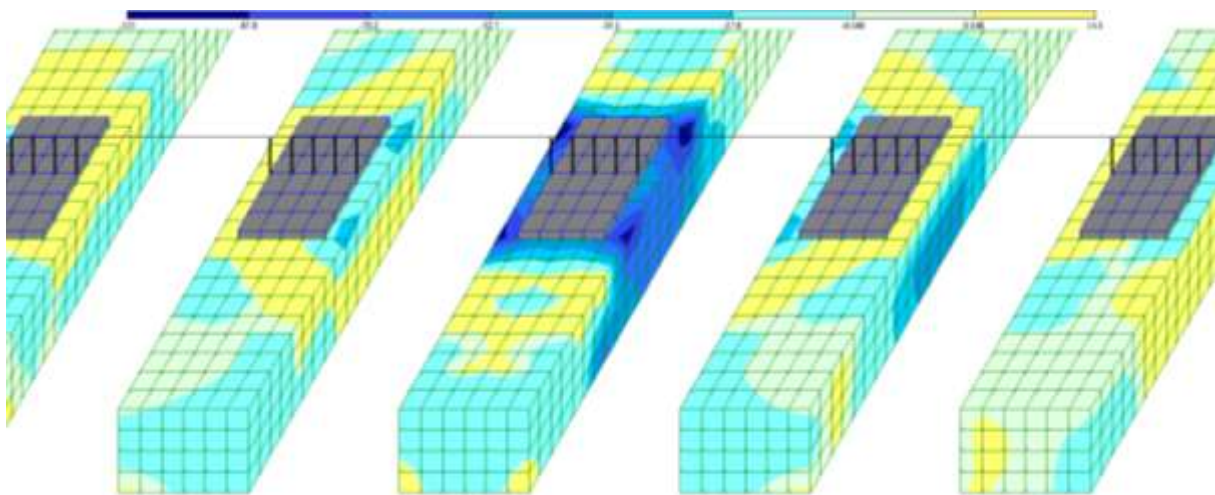


Рис. 4. Ізополя середніх головних напружень

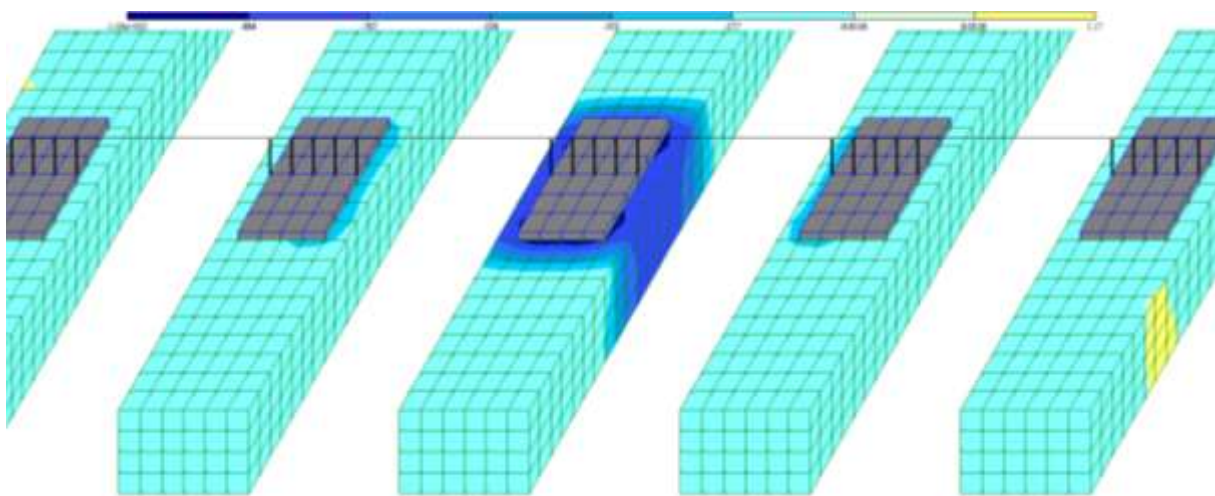


Рис. 5. Ізополя найбільших головних напружень

Напруження у розрахунковій шпалі за результатами розрахунку
у програмному комплексі "Лири 9.6"

Вид поперечного перерізу	Максимальне напруження, МПа	Місце концентрації напружень у шпалі
Шпала із суцільної деревини	0,884	По всій площі підкладки на половину товщини шпали
Шпала, заповнена полімером у верхній частині	0,881	По всій площі підкладки на половину товщини шпали
Шпала, заповнена полімером у нижній частині	0,879	По всій площі підкладки з розривами під її центром на половину товщини шпали
Шпала, заповнена полімером у центрі перерізу	0,879	По всій площі підкладки з розривами під її центром на половину товщини шпали

Список використаних джерел

1. Клинов, С.И. Железнодорожный путь на искусственных сооружениях [Текст] / С.И. Клинов. – М.: Транспорт, 1990. – 144 с.
2. Фролов, Ю.С. Метрополитены. [Текст] / Ю.С. Фролов, Д.М. Голицынский, А.П. Ледяев. – М.: Желдориздат, 2001. – 528 с.
3. Кравченко, Н.Д. Новые конструкции железнодорожного пути для метрополитенов [Текст] / Н.Д. Кравченко. – М.: Транспорт, 1994. – 143 с.
4. Выбор типа верхнего строения пути для метрополитенов [Текст] / В.М. Круглов, Н.Д. Кравченко и др. // Путь и путевое хозяйство. – 2010. – №4. – С. 26–29.
5. Замуховский, А.В. Шпалы-коротыши в путевом бетоне [Текст] / А.В. Замуховский // Путь и путевое хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 24–26.
6. Машкович, О.Н. Железнодорожные шпалы из альтернативных материалов [Текст] / О.Н. Машкович // Железнодорожный транспорт за рубежом. Путь и путевое хозяйство. Проектир. и стр-во ЭИ / ЦНИИТЭИ. – 2005. – С. 11–15.
7. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [Текст] / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
8. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций Лири версия 9.0. Руководство пользователя [Текст] / под ред. А.С. Городецкого, И.Д. Евзерова. – К.: НИИАСС, 2002. – 147 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Плугін

Шраменко Володимир Павлович, кандидат технічних наук, почесний залізничник, професор кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-58.

Фаст Денис Андрійович, асистент кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-58. E-mail: denia007@mail.ru.

Богданова Олена В'ячеславівна, студент будівельного факультету Української державної академії залізничного транспорту.

Shramenko Vladimir Pavlovich, cand. of techn. sciences, professor of railwayman road and track facilities Ukrainian State Academy of Railway transporta. Tel. : (057) 730-10-58.

Fast Denis A., assist. department of road and track facilities Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-58. E - mail: denia007@mail.py.

Bogdanov Helen V., stud. faculty of civil Ukrainian State Academy of Railway Transport.