

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

На правах рукопису

Фаст Денис Андрійович



УДК 625.42:624.011

**ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ДЕРЕВ'ЯНИХ ШПАЛ ПОЛІМЕРНИМИ МАТЕРІАЛАМИ
НА ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛЯХ МЕТРОПОЛІТЕНІВ**

Спеціальність 05.22.06 – Залізнична колія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Колія та колійне господарство» Української державної академії залізничного транспорту (м. Харків) Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Шраменко Володимир Павлович,
Українська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедри «Колія та колійне господарство», м. Харків

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Рибкін Віктор Васильович,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, завідувач кафедри «Колія та колійне господарство»;

кандидат технічних наук, доцент
Талавіра Генадій Миколайович,
Державний економіко-технологічний університет транспорту, завідувач кафедри «Будівельні конструкції і споруди», м. Київ

Захист дисертації відбудеться «27» вересня 2013 року об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.820.01 в Державному економіко-технологічному університеті транспорту за адресою: 03049, м. Київ, вул. М. Лукашевича, 19, ауд. 115.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного економіко-технологічного університету транспорту за адресою: 03049, м. Київ, вул. М. Лукашевича, 19.

Автореферат розісланий «22» серпня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 26.820.01,
к.т.н., доц.



М.І. Карпов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У великих містах найбільш зручним і економічним видом пасажирського транспорту є підземні залізниці, найважливішою перевагою яких є велика швидкість перевезення та здатність освоювати масові пасажиропотоки. Так, наприклад, три лінії Харківського метрополітену експлуатаційною довжиною 37,6 км із 29 станціями щодоби обслуговують понад 800 000 пасажирів, що становить більше 50 % від загального обсягу перевезень у м. Харкові. Очевидні переваги підземного громадського транспорту створюють передумови для його безперервного розвитку та удосконалення.

Враховуючи це, особливо важливим завданням є підвищення довговічності споруд і конструкцій метрополітену, забезпечення стійкої роботи колії та її елементів, відповідальних за безпеку та безперебійність руху поїздів, зниження витрат на поточне утримання та ремонт колії й тунельних споруд, що особливо актуально в умовах енерго- та ресурсозбереження в усіх галузях економіки держави. Розвиток і вдосконалення елементів верхньої будови колії пов'язані з появою нових матеріалів для їхнього виготовлення і спрямовані на забезпечення більш надійної конструкції колії, економію витрат на проміжні ремонти, зменшення енерго- та трудовитрат.

На магістральних ділянках залізниць основну частину дерев'яних шпал замінено залізобетонними. Вони мають більші терміни служби, забезпечують постійну ширину колії, менше піддаються атмосферним впливам і вимагають менших витрат на утримання. Але в умовах експлуатації в тунелях метрополітену, де баластом під рейко-шпальну решітку є монолітна бетонна основа, використання залізобетонних шпал ускладнюється збільшеною жорсткістю основи. Тому для метрополітену найбільш ефективною є конструкція колії на дерев'яних шпалах.

Основною відмінною рисою експлуатації дерев'яних шпал у метрополітені є те, що вони утоплені в колійний бетон і, у зв'язку із цим, заміна їх новими є досить складною й дорогою операцією, що вимагає значних витрат ручної праці й коштів. З огляду на це, а також провівши огляд існуючих способів ремонту старопридатних дерев'яних шпал і виконаних раніше в цій галузі дисертаційних робіт, можна зробити висновок, що дане питання не є достатньо дослідженим. Тому ремонт і відновлення експлуатаційних властивостей старопридатних шпал без вилучення їх з колії є актуальною проблемою. Це можливо здійснити шляхом заповнення тріщин та порожнеч, що утворилися у процесі експлуатації, полімерними розчинами. При використанні цих матеріалів забезпечується рівнопружність підрейкової основи, а також скорочується час та витрачені кошти на ремонт дерев'яної шпали, у порівнянні з її заміною на нову.

Таким чином, беручи до уваги практичну й економічну цінність розробки технології ремонту дерев'яних шпал, актуальність досліджень за

сформульованою у назві дисертації темою представляється цілком обґрунтованою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Тема дисертаційної роботи та її зміст пов'язані із виконанням науково-дослідних робіт кафедри «Колія та колійне господарство» Української державної академії залізничного транспорту, спрямованих на удосконалення конструкції та технології утримання і ремонтів залізничної колії метрополітену, ресурсозбереження відповідно до заходів, визначених Програмами розвитку Харківського метрополітену державного та регіонального рівнів, а саме: постановою Кабінету Міністрів України від 7 березня 2006 р. № 257 «Про затвердження Державної програми будівництва та розвитку мережі метрополітенів на 2006–2010 роки»; рішенням XXI сесії V скликання Харківської обласної ради № 480-V «Про затвердження обласної Програми будівництва та розвитку Харківського метрополітену на 2007–2012 роки»; Постановою Кабінету Міністрів України від 16 жовтня 2008 року № 927 «Про внесення змін до Державної цільової програми підготовки та проведення в Україні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу»; Програмою розвитку та модернізації залізничного транспорту України на 1998–2010 роки. Автор дисертаційної роботи взяв участь у науково - дослідних роботах, що виконувались на замовлення КП «Харківський метрополітен», за такими темами: "Відновлення шпального господарства із застосуванням сучасних полімерних матеріалів" ДД № 9/3-2005; 1287-06/ПТС (особистий внесок – проведення дослідів); "Експериментально-теоретичні дослідження несучої здатності та довговічності староприсадатних дерев'яних шпал, просочених полімерними розчинами в умовах експлуатації у тунелі та на поверхні" ДД № 9/2-2006; 2091-12/ПТС (особистий внесок – проведення дослідів); № 415-06/ПТС Харківського метрополітену (державний реєстраційний № 0112U002476) "Дослідження роботи рейок в умовах КП «Харківський метрополітен» для оцінки можливості підвищення їх експлуатаційного ресурсу" (виконання 09.06.2011 р. – 31.12.2011 р.).

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є пошук найбільш доцільного полімерного матеріалу шляхом експериментальних досліджень для відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал на залізничних коліях метрополітену та розроблення технології їх ремонту без вилучення з колійного бетону.

Для цього необхідно вирішити ряд науково-технічних завдань, основними з яких є наступні:

- виконати аналіз причин руйнування та існуючих способів ремонту дерев'яних шпал у тунелі метрополітену та на магістральних залізничних коліях;
- провести експериментальні дослідження для вивчення характеру деформування й несучої здатності дерев'яних шпал, заповнених полімерними матеріалами, а також виконати випробування костилів і шурупів на висмикування з тіла шпали, що відновлені полімерними композиціями. Зіставити отримані в роботі експериментальні результати з теоретичними даними;

– розробити методику та виконати розрахунок дерев'яної шпали у тунелі метрополітену як балки, що частково лежить на бетонній основі;

– створити модель та виконати розрахунок дерев'яної шпали на залізничній колії у тунелі метрополітену, що частково лежить на бетонній основі, без та з урахуванням заповнення порожнеч і тріщин полімерним матеріалом за допомогою програмного комплексу Ліра;

– розробити технологію відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал, які перебувають у процесі експлуатації в метрополітені, за допомогою застосування полімерного композиційного матеріалу без порушення цілісності колійного бетону;

– впровадити результати досліджень у тунелі метрополітену, при дипломному проектуванні й у навчальному процесі.

Об'єкт дослідження – процес руйнування дерев'яних шпал у підрейковій зоні.

Предмет дослідження – староприсадатні дерев'яні шпали метрополітенів.

Методи дослідження. Дослідження впливу наповнення порожнеч у дерев'яних шпалах метрополітену на несучу здатність та забезпечення рівнопружності підрейкової основи проводилися із застосуванням теорії міцності та надійності, методу системного аналізу, основних положень фізики та механіки.

При проведенні експериментальних досліджень використовувалися методи математичної статистики та елементи теорії планування експериментальних досліджень, методи та засоби технічних вимірювань.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Експериментальним шляхом вперше отримано дані щодо несучої здатності дослідних зразків й дерев'яних шпал, заповнених пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т, які показали незначне її зменшення (на 11,9 %) відносно нової суцільної деревини.

2. Вперше проведені випробування шурупів на висмикування з тіла шпали, яку відновлено акриловим полімером. Опір висмикуванню збільшився на 20 % порівняно із новою сосною шпалою. Згідно з отриманими експериментальними даними, експериментально доведено можливість використання пластмаси акрилової самотвердної АСТ-Т для відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал.

3. Дістали подальшого розвитку теоретичні основи розрахунку колії на міцність для умов експлуатації залізничної колії у тунелі метрополітену.

4. Розроблено нову технологію відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал, які перебувають у процесі експлуатації в тунелі метрополітену, за допомогою застосування акрилового полімеру. Це дозволяє виконувати колійні роботи без порушення цілісності бетонної основи.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Експериментальним шляхом знайдено найбільш доцільний полімерний матеріал та розроблено технологію відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал, які перебувають у процесі експлуатації у тунелі метрополітену,

шляхом заповнення ним порожнеч та тріщин. Це дозволить заощадити кошти та зменшити витрати праці й часу на виконання колійних робіт.

2. Результати досліджень використано при виконанні науково-дослідницької роботи по ремонту дерев'яних шпал Харківського метрополітену «Експериментально-теоретичні дослідження несучої здатності та довговічності старопритатних дерев'яних шпал, заповнених полімерними розчинами в умовах експлуатації у тунелі та на поверхні» (наказ про затвердження 30.03.2007 р. ДД № 9/2-2006; 2091-12/ПТС, щодо використання полімерних матеріалів при відновленні експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал).

3. Наукові результати використовуються в навчальному процесі Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації при УкрДАЗТ для фахівців залізниць та метрополітенів, а також у дипломному проектуванні за спеціальністю «Залізничні споруди та колійне господарство».

Результати роботи підтверджуються відповідними документами та матеріалами впровадження.

Особистий внесок здобувача. Постановку теми і завдань досліджень виконано спільно з науковим керівником. Результати випробувань дерев'яних шпал до втрати несучої здатності, заповнених полімерними розчинами, та кистилів і шурупів на висмикування з них, а також визначення можливості відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал за допомогою заповнення порожнеч полімерним розчином виконано особисто автором [1, 2, 3, 7]. Методику розрахунку балки, що частково лежить на бетонній основі, виконано спільно з науковим керівником [4, 5]. Створення просторової моделі та розрахунок дерев'яної шпали, що частково лежить на бетонній основі, з урахуванням наповнення порожнеч полімерним розчином за допомогою програмного комплексу Ліра виконано особисто автором [6]. Нову технологію відновлення експлуатаційних властивостей старопритатних дерев'яних шпал у тунелі метрополітену без вилучення їх із колії за допомогою застосування полімерного композиційного матеріалу розроблено спільно з науковим керівником [8].

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на: міжнародній науково-практичній конференції "Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии" (м. Белгород, Росія, 2007 р.), VIII міжнародній науково-технічній інтернет-конференції "Застосування пластмас у будівництві та міському господарстві" (м. Харків, 2007 р.), 70-й, 72–74-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту й фахівців залізничного транспорту й підприємств (м. Харків, 2008, 2010–2012 рр.), LXX міжнародній науково-технічній конференції "Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта" (м. Дніпропетровськ, 2010 р.), III міжнародній науково-технічній інтернет-конференції "Будівництво, реконструкція і відновлення будівель міського господарства" (м. Харків, 2012 р.).

У повному обсязі результати дисертаційної роботи доповідались на засіданні кафедри «Колія та колійне господарство» за участю фахівців кафедр «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» та «Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини» Української державної академії залізничного транспорту 25 лютого 2013 р. (м. Харків) та на міжкафедральному семінарі кафедр «Залізнична колія та колійне господарство», «Будівельні конструкції та споруди» і «Теоретична та прикладна механіка» Державного економіко-технологічного університету транспорту 12 квітня 2013 р. (м. Київ).

Публікації. Основний зміст дисертації опублікований в 6 наукових працях і 2 тезах доповідей. З них 5 статей – у виданнях, рекомендованих для публікації результатів дисертаційних робіт, 1 стаття – у Росії.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел й 6 додатків. Робота викладена на 186 сторінках і містить 102 сторінки основного тексту, 25 таблиць, 44 рисунки, 6 додатків на 47 сторінках, 134 найменувань літератури.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал у тунелі метрополітену, показано зв'язок роботи з державними науковими програмами, сформульовано мету й завдання досліджень, визначено об'єкт і предмет досліджень, описано методи вирішення й наукову новизну, подано практичне значення результатів, впровадження, особистий внесок, представлено інформацію про апробацію роботи та її загальний обсяг.

У **першому розділі** розглянуто фактори, що впливають на міцність та несучу здатність дерев'яних шпал; наведено особливості роботи дерев'яних шпал у тунелі метрополітену та вимоги для нормальної їх експлуатації; приведено опис дефектів дерев'яних шпал, що з'явилися у процесі експлуатації, а також існуючих способів відновлення їх експлуатаційних властивостей та продовження строків служби.

Експериментальним і теоретичним дослідженням дерев'яних шпал магістральної залізничної колії та у тунелях метрополітенів, які лежать на бетонній основі, присвячені роботи О.О. Матвієнка, М.Д. Троїцького, В.В. Попова, В.М. Жільцова, Е.І. Даніленка, М.І. Уманова, В.В. Циганенка, О.М. Патласова, М.Д. Кравченка, М.П. Бассарського, В.М. Круглова, А.В. Замуховського, Б.В. Наумова, Б.Л. Шварьова, А.Л. Бондарєва, Д.Л. Журавського-Скалова, В.С. Лисюка, С.І. Клінова, М.В. Гордієнка, Л.В. Бортовика, З.А. Рижової, П.С. Гайдамаки, І.П. Сітковського, С.М. Генкіна, В.Ф. Колодного, О.П. Вєсьолової, В.А. Шамаєва та ін.

Поданий огляд показує, що існуючі способи з відновлення експлуатаційних властивостей і продовження термінів служби дерев'яних шпал у тунелі метрополітену мають потребу в удосконаленні й урахуванні додаткових факторів, що справляють істотний вплив на їхній напружено-

деформований стан (НДС), зокрема: розробка технології продовження строку служби дерев'яних шпал у тунелі метрополітену без порушення цілості колійного бетону; застосування нових полімерних матеріалів для ремонту шпал; використання полімерів, що не мають усадки; вибір матеріалів без токсичного впливу на організм людини; підбір полімерних композицій, що забезпечують рівнопружність підрейкової основи та ін.

Другий розділ присвячений експериментальним дослідженням зразків деревини, деревини з полімером і дерев'яних шпал, відновлених за допомогою полімерних композитів. Завданням експериментальних досліджень є не тільки дослідження поведінки зразків і шпал, із заповненням порожнеч і тріщин різними полімерними розчинами, але й вибір найбільш доцільного матеріалу для відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал у тунелі метрополітену без вилучення їх з колії.

Для експериментальних досліджень використовувалися наступні полімерні композиції: композиція полімерна “Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01” на основі уретанового олігомеру; однокомпонентний клей Titenbond II Premium Wood Glue; трикомпонентна сполука клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС (інден-кумаронова смола) + розчинник № 647; пластмаса акрилова самотвердна АСТ-Т.

Для дослідження зразків із застосуванням полімерної композиції “Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01” у тілі шпали було просвердлено отвори \varnothing 20 мм, глибиною 50 мм. В отвори заливалися композиції з різною рецептурою для вибору оптимального співвідношення компонентів (МА – 3 : МБ – 3, МА – 3 : МБ – 3 : вода й МА – 3 : МБ – 3 : СПП (система прискорення полімеризації)). Після полімеризації були виготовлені кубики розмірами 50×50×50 мм, шляхом випилювання з тіла шпали так, щоб залитий отвір знаходився посередині зразка. Зразки із суцільної деревини виготовлялися аналогічно. Співвідношення компонентів отриманих зразків та результати розрахунків наведено відповідно у табл. 1 та 2.

Також було виготовлено зразки із суцільної деревини №№ 10–13.

Проведені дослідження з вибору складу полімерної композиції “Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01” показують, що найбільш доцільним є розчин за співвідношення компонентів “МА – 3” : “МБ – 3” = 1 : 3 без додавання СПП і води.

Для визначення можливості використання однокомпонентного клею Titenbond II Premium Wood Glue та трикомпонентної сполуки клею (епоксидна смола ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА – 55 %, ІКС – 30 %, розчинник № 647 – 15 %) було проведено випробування зразків на згинання. Серія складалася із трьох зразків, які мали форму бруска перерізом 20×20 мм і довжиною вздовж волокон 300 мм із просвердленими отворами в різних частинах поперечного перерізу. Зразок укладався на дві нерухомі опори із прогоном 240 мм. Навантаження передавалося в точці посередині прогону та фіксувалися прогини зразків. Результати випробувань приведено в табл. 3.

Таблиця 1

**Співвідношення складових компонентів композиції полімерної
“Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01” у дослідних зразках**

Номери зразків	Співвідношення компонентів МА – 3 : МБ – 3	Додавання води або СПП	Примітка
1	1 : 4	0,2 води	–
2	1 : 4	0,1 води	–
3	1 : 4	0,2 СПП	–
4	1 : 4	вода зверху	Після заливання полімеру
5	1 : 3	–	–
6	1 : 2	–	–
7	1 : 4	0,2 води	Зверху отвір забивався пробкою
8	1 : 4	0,1 води	
9	1 : 4	0,2 СПП	




Таблиця 2

**Результати випробувань дослідних кубиків
з наповнювачем та із суцільної деревини на стискання**

Номер зразка	Значення максимального навантаження, кН		Прикладення навантаження відносно річних шарів
	Дослідні	Теоретичні (для суцільної деревини)	
1-3	17	12,75	поперек волокон
4-6	23,5		поперек волокон
7-9	21		поперек волокон
10	147,5	100	вздовж волокон
11	90		вздовж волокон
12	20	12,75	поперек волокон
13	18		поперек волокон

Таблиця 3

**Результати експериментальних і теоретичних досліджень
дослідних зразків при згинанні до втрати несучої здатності**

Поперечний переріз зразка	Вид заповнювача	Максимальне дослідне навантаження, кН	Теоретичне значення для суцільної деревини, кН	Різниця між значеннями, %
	Немає	1,8	1,667	+8
	Клей Titenbond Premium Wood Glue II	1,48		-11,2
	Трикомпонентна сполука клею	2,19		+31,4

Однокомпонентний клей Titenbond II Premium Wood Glue не придатний для відновлення шпал через недостатню полімеризацію в товстих шарах без доступу повітря. Такий саме недолік мають і інші клеї однокомпонентного складу.



Трикомпонентна сполука клею являє собою малов'язку, рухому масу, здатну проникати у дрібні тріщини й досить швидко полімеризуватися. Після затвердіння полімеру зразок має не менші, ніж суцільна деревина, жорсткісні й міцнісні механічні характеристики.

Для дослідження трикомпонентної сполуки клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС + розчинник № 647 та пластмаси акрилової самотвердної АСТ-Т було виготовлено другу серію із шести зразків, які мали форму бруска перерізом 20x20 мм і довжиною вздовж волокон 300 мм із прорізаними на верхній та нижній поверхнях канавками глибиною і шириною 6 мм й заповненими полімерними сполуками. Випробування виконувалися аналогічно попередній серії. Заповнення зразків полімером у стиснутій й розтягнутій зонах було проведено з метою дослідження роботи полімерних матеріалів у деревині на відповідні види опору.

Результати випробувань зразків другої серії наведено в табл. 4.

Таблиця 4

**Результати експериментальних і теоретичних досліджень
дослідних зразків при згинанні до втрати несучої здатності**

№ ба-лок	Попе-речний переріз	Вид заповнювача	Максимальне дослідне навантаження, кН	Теоретичне значення для суцільної деревини, кН
1		Немає	1,5	1,667
2		Немає	0,94	1,516
3		Трикомпонентна сполука клею	1,27	1,667
4		Трикомпонентна сполука клею	0,96	
5		Акриловий порошок – 50 %, рідкий затверджувач – 50 %	1,3	
6		Акриловий порошок – 50 %, рідкий затверджувач – 50 %	0,98	

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що полімерна композиція “Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01”, трикомпонентна сполука клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС + розчинник № 647 та пластмаса акрилова самотвердна АСТ-Т можуть застосовуватися для відновлення шпал, тому що після отвердіння полімери мають близькі до деревини жорсткісні й міцнісні механічні характеристики.

Відновлення старопридатних шпал пропонується виконувати шляхом ліквідації дефектів і наслідків механічного зносу деревини й заповненням різного роду порожнеч клейовими полімерними розчинами. При їх полімеризації виникає адгезія з деревиною, у результаті чого утворюється суцільна комбінована конструкція, здатна чинити опір механічним й атмосферним впливам.

За зразки прийняті півшпали, одержані поперечним розпилюванням цілих шпал на дві рівні частини. Для експериментальних досліджень використовувалися наступні полімери: композиція полімерна “Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01”; трикомпонентна сполука клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС + розчинник № 647; пластмаса акрилова самотвердна АСТ-Т.

Розрахункову схему для випробування півшпал показано на рис. 1.

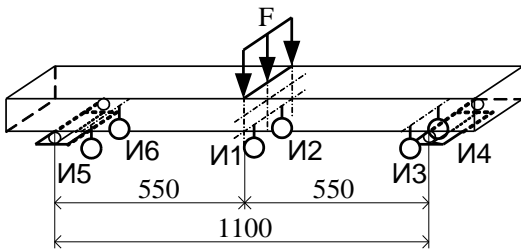


Рис. 1. Схема випробування дерев'яних шпал й розміщення вимірювальних приладів

у тілі шпали було підготовлено першу серію зразків, що складається з трьох шпал – № 1, № 2, № 3.

Випробування першої серії шпал на згинання під дією навантаження виконувалися у трьох її станах: суцільної; ослабленої просвердленими отворами; просоченої композицією полімерною. Шпалу № 1 було заповнено композицією у співвідношенні “МА – 3” : “МБ – 3” = 1 : 3 з додаванням 0,1 об'єму СПП; шпалу № 2 залито цією ж сумішшю у співвідношенні 1 : 3 без будь-яких додавань; отвори шпали № 3 було залито композицією у співвідношенні 1 : 4 із додаванням води.

Отримані експериментальні дані випробувань шпал першої серії при згинанні до втрати несучої здатності й теоретичні результати для суцільної дерев'яної шпали зводимо в табл. 5.

Для дослідження роботи трикомпонентної сполуки клею у тілі шпали було підготовлено другу серію зразків, що складається із трьох шпал – № 4, № 5, № 6.

Відновлення непридатних до експлуатації шпал виконувалося шляхом очищення їх від гнилизни й заповненням полімерним розчином: ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА – 55 %, ІКС – 30 %, розчинник № 647 – 15 %. Середня витрата матеріалу для заповнення порожнеч і тріщин у шпалах другої серії склала 22 %.

Для зменшення деформації зминання на величину переміщення навантаження кожної півшпали виконувалися тричі; останні результати приймалися за розрахункові. Півшпали спочатку завантажувалися до 30 кН етапами через 2 кН із наступним зняттям навантаження, після чого визначалося максимальне навантаження.

Надалі, з метою спрощення, півшпали будемо називати просто шпалами.

Для дослідження роботи композиції полімерної “Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01”

Отримані експериментальні дані випробувань шпал другої серії при згинанні до втрати несучої здатності й теоретичні результати для суцільної дерев'яної шпали зводимо в табл. 6.

Таблиця 5

**Результати експериментальних і теоретичних досліджень
шпал першої серії**

Номер шпали	Максимальне дослідне навантаження, кН	Теоретичне значення для суцільної дерев'яної шпали, кН	Похибка, %
1	85	194	27
2	126		16
3	147		14

Таблиця 6

**Результати експериментальних і теоретичних досліджень
шпал другої серії**

Номер шпали	Максимальне дослідне навантаження, кН	Теоретичне значення для суцільної дерев'яної шпали, кН	Похибка, %
4	162.5	194	16,2
5	166		14,4
6	157		19,1

Для дослідження роботи пластмаси акрилової самотвердної АСТ-Т в тілі шпали було підготовлено третю серію зразків, що складається із трьох шпал – № 7, № 8, № 9.

Відновлення пошкоджених шпал виконувалося в наступній послідовності: очищення їх від пилу зовні й від гнилизни усередині; обмазування підшви й частково бічних сторін полімерним розчином (акриловий порошок : рідкий затверджувач = 2 : 1) і заповнення полімерним розчином порожнеч і тріщин шпали у наступному співвідношенні: акриловий порошок : рідкий затвердувач = 1 : 1. Середня витрата матеріалу для заповнення порожнеч і тріщин у шпалах третьої серії склала 17 %.

Отримані експериментальні дані випробувань шпал третьої серії при згинанні до втрати несучої здатності й теоретичні результати для суцільної дерев'яної шпали зводимо в табл. 7.

Таблиця 7

**Результати експериментальних і теоретичних досліджень
шпал третьої серії**

Номер шпали	Максимальне дослідне навантаження, кН	Теоретичне значення для суцільної дерев'яної шпали, кН	Похибка, %
7	177	194	8,8
8	161		17
9	175		9,8

Після випробувань дерев'яні шпали розпилюються на кілька частин по довільно обраних перерізах для вивчення причини руйнування, структури полімерного матеріалу, ступеня полімеризації та ступеня зчеплення полімеру з деревиною.

Для дослідження роботи проміжних скріплень (костилів і шурупів) у дослідних дерев'яних шпалах, заповнених полімерними матеріалами, було проведено випробування їх на висмикування.

У шпалах, заповнених трикомпонентною сполукою клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС + розчинник № 647, проводились дослідження роботи костилів і шурупів на висмикування, а у шпалах, заповнених пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т, тільки шурупи. Результати випробувань наведено у табл. 8.

Таблиця 8

Результати випробувань костилів і шурупів на висмикування

№ з/п	Вид полімерного матеріалу заповнювача шпали	Максимальне зусилля на висмикування, кН
1	Випробування костилів на висмикування із трикомпонентною сполукою клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС + розчинник № 647	14
2		13,5
3		12,6
4		8
5		10,6
6		7,5
7		11,1
1	Випробування шурупів на висмикування із трикомпонентною сполукою клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС + розчинник № 647	44
2		22
3		17,5
1	Випробування шурупів на висмикування із пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т	більше 50
2		більше 50

Порівнюючи отримані результати з нормативними, можна зробити висновок, що підвищення ступеня трухлявості знижує опір висмикуванню, а наявність шарів полімеру, через які проходять костилі й шурупи, збільшує їхнє зчеплення, внаслідок чого збільшується зусилля на висмикування.

Аналізуючи вищенаведені дані, а також екологічність даного матеріалу, можна зробити висновок, що застосування композиції полімерної “Монолит – 3. ПУ. ИНЪЕКТ – 01” не підходить для відновлення старопридатних дерев'яних шпал. При заповненні порожнеч матеріал збільшується в об'ємі, створюючи додаткові внутрішні зусилля; у затверділому стані має пористу структуру; має низьку несучу здатність; справляє токсичний вплив на людину.

При використанні трикомпонентної сполуки клею ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА + ІКС + розчинник № 647 забезпечується часткове просочення деревини й руйнування відновлених шпал відбувається при зусві

шарів деревини відносно один одного та по контакту деревина-полімер. Відновлена шпала має відносно задовільну несучу здатність. Але даний матеріал має токсичний вплив на організм людини. Виходячи з цього, його використання можливе тільки на відкритих ділянках та тих, що добре провітрюються, але не в тунелі метрополітену.

Пластмаса акрилова самотвердна АСТ-Т є найбільш доцільним полімерним матеріалом для відновлення експлуатаційних властивостей і ремонту дерев'яних шпал, що перебувають у процесі експлуатації у тунелі метрополітену. При її використанні забезпечується часткове просочення деревини, руйнування відновлених шпал відбувається при зсуві шарів деревини відносно один одного. Даний полімерний матеріал має високі фізико-механічні властивості, задовільну несучу здатність та порівняно малу вартість, а також відрізняється малокомпонентністю і простотою приготування. При його використанні не відбувається шкідливого впливу на організм людини, що дуже важливо в умовах роботи у тунелі метрополітену.

У третьому розділі

наведено теоретичні рішення для розрахунку дерев'яної шпали, що перебуває у тунелі метрополітену, як балки, яка частково лежить на бетонній основі. Вона має вигляд балки, що опирається на бетонну основу на відрізку $2/3$ довжини шпали (рис. 2).

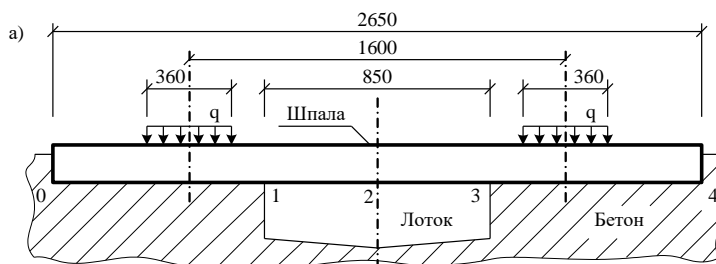


Рис. 2. Поздовжній розріз дерев'яної шпали у тунелі метрополітену

Дерев'яні шпали у тунелі метрополітену омоноличені у колійний бетон. Тому розрахунок даної конструкції необхідно виконувати на міцність при роботі шпали на стиск. Розрахунок будемо виконувати згідно "Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість".

Теоретичними дослідженнями в цій галузі займалися багато вчених, серед яких професори В.І. Ангелейко, Н.М. Біляєв, М.Ф. Веріго, В.Н. Данілов, Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін, О.П. Єршков, А.Я. Коган, М.А. Фрішман, Г.М. Шахунянц, В.Ф. Яковлев, М.А. Чернишов, Л.В. Клименко, О.І. Белорусов, В.П. Шраменко, М.П. Сісін.

Під дією рухомого складу в елементах верхньої будови колії виникають напруження та деформації. Залежність їх від сил, що впливають на колію складна та не піддається точному визначенню.

Для рішення завдання з її розрахунку необхідно створити розрахункову схему та модель колії метрополітену, які показано на рис. 3.

Рейко-шпальна решітка у тунелі метрополітену лежить на колійному бетоні. Для того щоб скористатися методикою розрахунку згідно "Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість", необхідно спочатку

визначити величину вертикального модуля пружності підрейкової основи безбаластної залізничної колії на дерев'яних шпалах.

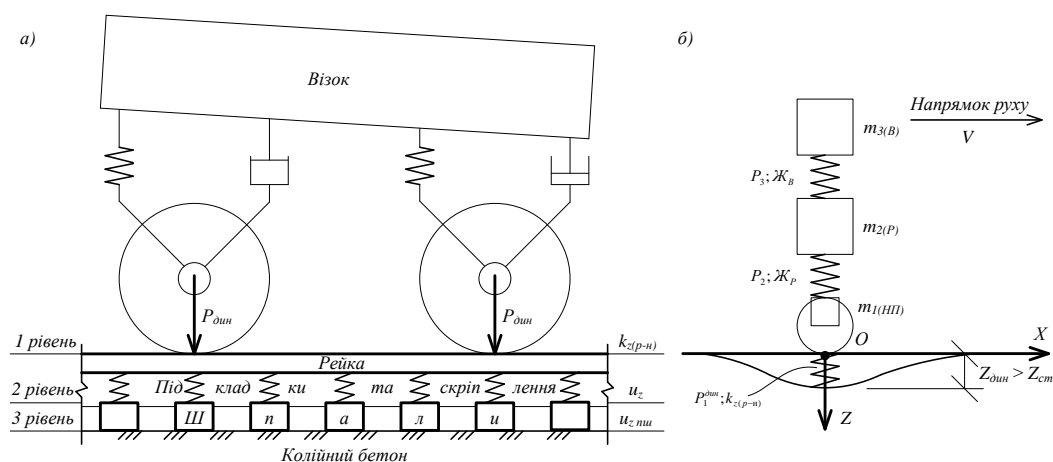


Рис. 3. Модель колії метрополітену для розрахунків на міцність (а) та розрахункова схема (б)

На підставі закону Гука, враховуючи перетворення й відношення $E_i / h_i = C_i$ – коефіцієнт постелі матеріалу та умову, що матеріал або конструкція розглянутого матеріалу не мав певних пружних характеристик (E_i), знаходимо під дією сили D , що створює його деформацію $y = 1$ см, і можемо записати

$$D_i = C_i \cdot \omega_i, \quad (1)$$

де ω_i – площа обпирання конструкції.

За наявності декількох шарів у конструкції рейкового скріплення – дерев'яної прокладки, гумової прокладки й самої дерев'яної шпали, можна записати, що справедливо буде визначити загальну величину сили D

$$D = \frac{1}{\sum \frac{1}{D_i}} = \frac{1}{\left(\frac{h_{pn}}{\omega_{pn} \cdot E_{pn}} + \frac{h_{dn}}{\omega_{dn} \cdot E_{dn}} \right) + \frac{h_{ш}}{\omega_{ш} \cdot E_{ш}}}, \quad (2)$$

де ω_{dn} – площа дерев'яної прокладки;

ω_{pn} – площа підрейкової прокладки;

$\omega_{ш}$ – площа опорної поверхні частини шпали, на яку поширюється навантаження;

E_{pn} – модуль пружності гуми при стиску;

E_{dn} – модуль пружності дерев'яної фанерної прокладки;

$E_{ш}$ – модуль пружності деревини при стиску поперек волокон;

h_{pn} – товщина гумової прокладки;

h_{dn} – товщина дерев'яної прокладки;

$h_{ш}$ – товщина дерев'яної шпали.

Величина вертикального модуля пружності підрейкової основи безбаластної залізничної колії на дерев'яних шпалах у тунелі метрополітену без урахування пружних характеристик колійного бетону марки 150 і тунельного оброблення становить наступну величину

$$U = \frac{D}{L}, \quad (3)$$

де L – відстань між осями сусідніх шпал у кривих ділянках колії при ешюрі 1840 шт./км.

Для визначення розрахункового навантаження на півшпалу використовуємо загальноприйнятну методику розрахунку колії на міцність від дії рухомого складу метрополітену. За відомих характеристик верхньої будови колії та параметрів рухомого складу метрополітену було виконано необхідні розрахунки для визначення максимально-ймовірного динамічного тиску колеса на головку рейки та нормальних напружень, що виникають на шпалі під підкладкою.

Для підтвердження результатів, отриманих при розрахунку дерев'яної шпали метрополітену за "Правилами розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість", виконаємо моделювання верхньої будови колії у тунелі на колійному бетоні та її розрахунок за допомогою методу скінченних елементів у програмному комплексі "Лири 9.6".

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-

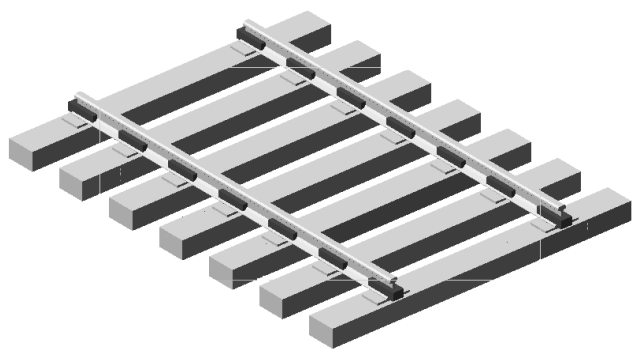


Рис. 4. Модель верхньої будови колії у тунелі метрополітену

шпальної решітки у тунелі метрополітену, що складається із семи шпал та завантажена однією віссю вагона оскільки вплив сусідніх на розрахункову шпалу є незначним.

Для того щоб змодельовати шпалу, омонолічену у колійному бетоні, у місцях її контакту з колійним бетоном введено обмеження переміщень. Частина шпали, що знаходиться над лотком, не обпирається на колійний бетон та має вільне переміщення в усіх напрямках.

Загальний вигляд моделі верхньої будови колії у тунелі метрополітену для визначення напружень у розрахунковій дерев'яній шпалі приведено на рис. 4. Після складання елементів верхньої будови колії було отримано кінцево-елементну модель для розрахунку дерев'яної шпалі у тунелі метрополітену. Поперечний та повздовжній розрізи розрахункової шпалі зображено на рис. 5 та 6.

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

Для отримання значень напружень використовується теорія міцності найбільших нормальних напружень. В результаті отримаємо величини найменших, середніх та найбільших головних напружень у вигляді ізополів. Для оцінки міцності та порівняння з результатами ручного розрахунку вибираємо найбільші значення, що відповідають ізополям найбільших головних напружень. Результати розрахунків зводимо у табл. 9.

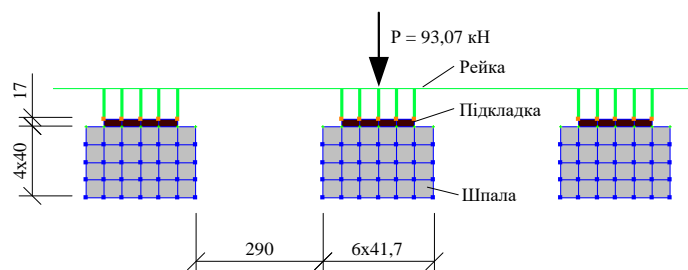


Рис. 5. Поперечний переріз розрахункової дерев'яної шпалі та двох сусідніх



Рис. 6. Повздовжній переріз розрахункової дерев'яної шпалі

Порівнюючи отримані результати за допомогою програмного комплексу "Лира 9.6" з результатами розрахунку колії метрополітену на міцність згідно "Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість", можна зробити висновок, що похибка становить не більше 2 %. Виходячи з цього, використання методики розрахунку залізничної колії, відповідно до даних правил, правомірним для верхньої будови колії у тунелі метрополітену на дерев'яних шпалах. Порівняння результатів, отриманих для дерев'яних шпал із суцільної деревини та із заповненням порожнеч і тріщин пластмасою

акриловою самотвердною АСТ-Т, показує можливість її використання для відновлення їх експлуатаційних властивостей.

Таблиця 9

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

Вид поперечного перерізу	Максимальне напруження, кН/м ²	Місце концентрації максимальних напружень у шпалі
Шпала, розрахована вручну	867	Під підкладкою
Шпала із суцільної деревини	884	По всій площі підкладки на половину товщини шпали
Шпала з полімером у верхній частині	881	
Шпала з полімером у нижній частині	879	
Шпала з полімером у центрі перерізу	879	

У четвертому розділі розроблено технологію відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал полімерним матеріалом – пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т, у тунелі метрополітену без вилучення їх з колії та без порушення цілісності колійного бетону. Відновлення п'яти шпал виконувалося протягом чотирьох "вікон".

У перше "вікно" виконуються підготовчі роботи: розшивка однієї нитки колії на пошкоджених шпалах; зачищення поверхні шпал від бруду за допомогою металевих щіток і шкребків на відрізок 800 мм від торця (бруд необхідно видаляти до здорового дерева, приблизно на 1–2 мм); вирізання на кінці шпали віконця розмірами 140×140 мм; вибирання з тіла шпали гнилої деревини; свердлення чотирьох вертикальних отворів \varnothing 20 мм глибиною 100 мм.

У друге і третє "вікна" виконуються основні роботи: замішування розчину; заливання його в шурупні отвори й віконце кожної шпали; дозаливання порожнеч полімерним матеріалом; покриття розчином її поверхні.

У четверте "вікно" виконуються заключні роботи: у місцях постановки шурупів у полімері свердляться отвори \varnothing 17 мм на глибину 125 мм і зверху \varnothing 20 мм на глибину 20 мм. Після чого виконується закріплення нитки колії шурупами.

Виконано розрахунок техніко-економічної ефективності відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал у тунелі метрополітену шляхом використання пластмаси акрилової самотвердної АСТ-Т. Рациональний об'єм витраченого матеріалу без урахування наповнювача становить 0,008 м³.

Техніко-економічний і соціальний ефекти від запропонованих у дисертації заходів досягаються за рахунок: 1) підвищення безпеки руху пасажирських поїздів завдяки зменшенню ймовірності раптового наднормативного уширення колії у кривих; 2) відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал у тунелі метрополітену без вилучення їх з

колісного бетону шляхом заповнення порожнеч і тріщин полімерним матеріалом; 3) економії матеріалів та трудових ресурсів при поточному утриманні колії.

ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Сукупність узагальнених у дисертації результатів дослідження являє собою вирішення актуальної наукової проблеми, що полягає у відновленні експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал на залізничних коліях метрополітенів.

Основні результати проведеного наукового дослідження формулюються наступним чином:

1. Виконано огляд існуючих способів відновлення дерев'яних шпал, що дозволив сформулювати завдання даної роботи, а також пошук можливих полімерних матеріалів, що підходять для використання при відновленні експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал на залізничних коліях метрополітенів.

2. Зроблено вибір оптимальних матеріалів для відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал шляхом випробування зразків деревини й деревини з полімером, а також випробування костилів та шурупів на висмикування зі шпал, заповнених полімерними матеріалами.

3. Дослідним шляхом встановлено, що пластмаса акрилова самотвердна АСТ-Т є найбільш доцільним полімерним матеріалом для відновлення дерев'яних шпал. Її використання відновлює несучу здатність, знижує деформативність, запобігає гниттю й пошкодженню деревини шпал. Акриловий полімер працює разом з деревиною шпал до їхнього руйнування, що відбувається внаслідок зсуву шарів деревини відносно один одного. Для підвищення міцності матеріалу та зменшення його витрат рекомендовано використовувати різні наповнювачі (природний кварцовий пісок різних фракцій, деревна стружка, мелена слюда, окис цинку, метакрилова кислота).

4. Виконано розрахунок дерев'яної шпали на міцність, що перебуває у процесі експлуатації у тунелі метрополітену, як балки, що частково лежить на суцільній бетонній основі, згідно "Правил розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість".

5. Створено просторову модель й розрахункову схему для розрахунку дерев'яної шпали, що лежить на бетонній основі, за допомогою програмного комплексу "Лира 9.6". Розрахунок виконувався з використанням методу скінченних елементів. За навантаження було взято середнє значення від вагона метрополітену модифікації Еж (модель 81-707) з урахуванням коливань ресор. Шпала розглядалася як об'ємний елемент, що частково обпирається на бетонну основу. Розрахунок виконувався для суцільної деревини та з урахуванням заповнення порожнеч і тріщин пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т.

6. Розроблено технологію відновлення і продовження строку служби дерев'яних шпал, що експлуатуються у колії Харківського метрополітену, за допомогою використання пластмаси акрилової самотвердної АСТ-Т.

Продовження строку служби шпал необхідно проводити вже під час першого середнього ремонту колії. Це полягає в тому, що в шурупні отвори заливається полімерний розчин у співвідношенні 1 : 1 : 4 (1 кг акрилового порошку + 1 л затверджувача + 4 кг піску) і поверхня шпали від торця до лотка покривається цим же розчином, із заповненням всіх порожнин і тріщин. Додавання, в якості наповнювача, піску підвищує міцність полімерного матеріалу та відновленої дерев'яної шпали, а також зменшує його витрати.

7. Аналіз результатів розрахунку техніко-економічної ефективності показав, що ремонт однієї шпали та продовження її строків служби доцільно виконувати при загальному обсязі витраченого полімерного розчину на відновлення не більше 0,008 м³ (за об'єму шпали, рівного 0,106 м³).

8. Спостереження за експериментальними п'ятьма дерев'яними шпалами, які були відновлені за даною технологією, показали, що витрати на їх утримання мінімальні. Протягом п'яти років не було необхідності у проведенні робіт з перешивки колії та ремонту шурупних отворів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Фаст Д. А. Несущая способность деревянных брусьев, пропитанных полимерным раствором / Д. А. Фаст // Ресурсосберегающие технологии строительных и композиционных материалов : сб. докладов. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2007. – С. 287-290.

2. Фаст Д. А. Продление срока службы деревянных шпал пропитыванием полимерным раствором / Д. А. Фаст // Використання пластмас і полімерних матеріалів у міському будівництві та господарстві : зб. наук. праць ХДАМГ. – Харків: ХДАМГ, 2007. – Вып. 79. – С. 92-96.

3. Фаст Д. А. Продление срока службы деревянных шпал путем пропитки их полимерным составом АСТ-Т / Д. А. Фаст, С. А. Почепецкий // Удосконалення конструкції залізничної колії та системи ведення колійного господарства // Сб. науч. трудов УкрГАЗТ. – Харьков: УкрГАЗТ, 2008. – Вып. 91. – С. 43-48.

4. Фаст Д. А. Прочность и деформативность деревянных шпал в тоннеле метрополитена с учетом наполнения полимером АСТ-Т / Д. А. Фаст // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : сб. тезисов. – ДНУЖТ им. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2010. – С. 174.

5. Фаст Д. А. Расчет деревянных шпал метрополитена с учетом наполнения полимерным составом АСТ-Т / Д. А. Фаст // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті : зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вып. 115. – С. 177-184.

6. Фаст Д. А. Моделювання й розрахунок дерев'яних шпал метрополітену за допомогою програмного комплексу Ліра з урахуванням наповнення полімерним розчином АСТ-Т / В. П. Шраменко, Д. А. Фаст, О. М. Ремєга // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вып. 127. – С. 200-204.

7. Фаст Д. А. Восстановление эксплуатационных свойств деревянных шпал метрополитена, частично лежащих на бетонном основании, без изъятия их из пути / Д. А. Фаст, В. П. Шраменко // Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства : материалы III междунар. науч.-техн. интернет-конф., 15.04-15.05.2012 : сб. тезисов. – Харьков: ХГАГХ, 2012. – С. 70-71.

8. Фаст Д. А. Технологія ремонту дерев'яних шпал метрополітену, що знаходяться в процесі експлуатації / Д. А. Фаст, В. П. Шраменко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 257-260.

АНОТАЦІЯ

Фаст Денис Андрійович. Відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал полімерними матеріалами на залізничних коліях метрополітенів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – Залізнична колія. – Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, 2013.

Дисертація присвячена пошуку найбільш доцільного полімерного матеріалу, шляхом експериментальних досліджень, для відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал на залізничних коліях метрополітенів та розробленню технології їх ремонту без вилучення з колії.

У роботі виконано випробування експериментальних зразків із суцільної деревини, деревини, заповненої полімерними матеріалами, а також костилів і шурупів на висмикування з тіла дерев'яних шпал, заповнених полімерними розчинами. Досліджено спільну роботу полімеру з деревиною.

Теоретичними та експериментальними дослідженнями встановлено, що найбільш доцільним полімерним матеріалом для відновлення експлуатаційних властивостей дерев'яних шпал у тунелі метрополітену, без вилучення їх з колійного бетону, є пластмаса акрилова самотвердна АСТ-Т.

Розроблено нову технологію відновлення дерев'яних шпал шляхом заповнення порожнеч і тріщин, які в них утворилися у процесі експлуатації, пластмасою акриловою самотвердною АСТ-Т.

Ключові слова: дерев'яна шпала, полімерний матеріал, відновлення, експлуатаційні властивості, міцність, скінченні елементи.

АННОТАЦИЯ

Фаст Денис Андреевич. Восстановление эксплуатационных свойств деревянных шпал полимерными материалами на железнодорожных путях метрополитенов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 – Железнодорожный путь. – Государственный экономико-технологический университет транспорта, Киев, 2013.

Диссертация посвящена поиску наиболее целесообразного полимерного материала, путем экспериментальных исследований, для восстановления эксплуатационных свойств деревянных шпал на железнодорожных путях метрополитенов и разработке технологии их ремонта без изъятия из пути.

Проведенный анализ существующих способов восстановления деревянных шпал на магистральных железнодорожных путях и в тоннеле метрополитенов показал, что данный вопрос изучен недостаточно. Основной причиной повреждения шпал в тоннеле метрополитена является износ и разрушение древесины в зоне подкладки, а также разработка шурупных отверстий.

В работе выполнены испытания экспериментальных образцов из сплошной древесины, древесины, заполненной полимерными материалами, а также костылей и шурупов на выдергивание из деревянных шпал, заполненных полимерными растворами. Исследована совместная работа полимера с древесиной.

Выполнен расчет деревянной шпалы, находящейся в процессе эксплуатации в тоннеле метрополитена, по методике, изложенной в Правилах расчета железнодорожного пути на прочность и устойчивость. За нагрузку принималась одна ось вагона метрополитена модификации Еж (модель 81-707). Были определены следующие основные величины: модуль упругости подрельсового основания для пути на деревянных шпалах, частично омоноличенных в бетонном основании; коэффициент относительной жесткости подрельсового основания и рельса; величина максимально-вероятного динамического давления на головку рельса; величина наибольшей вертикальной поперечной силы, передающейся рельсом на подкладку; величина расчетных нормальных напряжений в шпале под подкладкой.

Для подтверждения результатов расчета, согласно Правилам расчета железнодорожного пути на прочность и устойчивость, был использован метод конечных элементов в программном комплексе "Лири 9.6". Был смоделирован участок железнодорожного пути в тоннеле метрополитена, состоящий из семи шпал и загруженный одной осью вагона метрополитена. С помощью программного комплекса "Лири 9.6" была также рассчитана шпала с учетом заполнения пустот и трещин пластмассой акриловой самотвердеющей АСТ-Т в разных местах ее поперечного сечения.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что наиболее целесообразным полимерным материалом для восстановления эксплуатационных свойств деревянных шпал в тоннеле метрополитена, без изъятия их из путевого бетона, является пластмасса акриловая самотвердеющая АСТ-Т.

Разработана новая технология восстановления деревянных шпал путем заполнения пустот и трещин, которые в них образовались в процессе эксплуатации, пластмассой акриловой самотвердеющей АСТ-Т.

Ключевые слова: деревянная шпала, полимерный материал, восстановление, эксплуатационные свойства, прочность, конечные элементы.

THE SUMMARY

Fast Denis Andreevich. Renewal of operating properties of wooden railroad ties by polymeric materials on the railway tracks of underground passages. – Manuscript.

The dissertation, for scientific degree of Candidate of technical sciences, in the specialty 05.22.06 – Railway track - State Economy and Technology University of Transport, Kiev, 2013.

The dissertation is devoted the search of the most expedient polymeric material, by experimental researches, for renewal of operating properties of wooden railroad ties on the railway tracks of underground passages and development of technology of their repair without a withdrawal from the track.

The tests of experimental standards are in-process executed from continuous wood, wood, filled polymeric materials, and also crutches and screws on pulling out from wooden railroad ties, filled polymeric solutions. Joint work of polymer is investigational with wood.

It is set theoretical and experimental researches, that by the most expedient polymeric material for renewal of operating properties of wooden railroad ties in the tunnel of underground passage, without a withdrawal them from the ground concrete, there is a plastic acrylic selfhardening AST-T.

New technology of renewal of wooden railroad ties is developed by filling of emptinesses and cracks which in them appeared in the process of exploitation, by the plastic of acrylic selfhardening AST-T.

Keywords: wooden railroad tie, polymeric material, renewal, operating properties, durability, eventual elements.

Фаст Денис Андрійович

**ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ДЕРЕВ'ЯНИХ ШПАЛ ПОЛІМЕРНИМИ МАТЕРІАЛАМИ
НА ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЯХ МЕТРОПОЛІТЕНІВ**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 15.07.13. Формат 60x84/16.
Папір 80 г/м². Друк ризограф. Ум.друк. арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Вид. № 126/13. Зам.№ 663/13.
Відділення редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

