

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ КОЛІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА
ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ТРАНСПОРТНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ



ПРАЦІ

Міжнародної науково-практичної конференції
«ПРОБЛЕМИ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІЇ ТА РУХОМОГО СКЛАДУ»,
яка присвячена 100-річчю професора
Мойсея Абрамовича ФРІШМАНА

ТРУДЫ

Международной научно-практической конференции
«ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУТИ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА»,
посвященной 100-летию профессора
Моисея Абрамовича ФРИШМАНА

Дніпропетровськ
2013

Проблеми взаємодії колії та рухомого складу: праці Міжнародної науково-практичної конференції, яка присвячена 100-річчю професора Мойсея Абрамовича Фрішмана; Дніпроп. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2013. – 108 с.

У збірнику представлені праці Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми взаємодії колії та рухомого складу», яка присвячена 100-річчю професора Мойсея Абрамовича Фрішмана. Конференція відбулась 18-20 вересня 2013 року у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Розглянуті питання, які присвячені вирішенню задач взаємодії колії та рухомого складу, які виникають на сучасному етапі розвитку залізничного транспорту.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

д.т.н., професор Рибкін В. В.

к.т.н., доцент Патласов О. М.

ЗМІСТ

1. Стан колійного господарства залізниць України та задачі наукових організацій щодо його розвитку Юрковський Є. Ю., Яковлев В. О., Бабенко А. І. (Укрзалізниця, <i>and_and72@mail.ru</i>)	8
2. Системы обеспечения работы стрелочных переводов в зимних условиях Глюзберг Б. Э., Королев В. В. (ОАО «ВНИИЖТ», <i>glusberg@mail.ru</i>)	9
3. Результаты исследований по проблеме взаимодействия в системе «колесо-рельс» Карпушенко Н. И. (СибГУПС, <i>kni@stu.ru</i>)	11
4. Вопросы гармонизации отечественных и зарубежных нормативов устройства и содержания рельсовой колеи при скоростном и высокоскоростном движении Певзнер В. О., Кочергин В. В., Белоцветова О. Ю., Максимов И.Н. (ОАО «ВНИИЖТ», <i>vpevzner@list.ru</i>).....	12
5. О разработке дополнений к нормативной документации по дифференциации скоростей движения пассажирских и грузовых поездов в местах действия предупреждений об ограничении скорости Певзнер В. О., Суслов О. А., Ромен Ю. С. (ОАО «ВНИИЖТ», <i>vpevzner@list.ru</i>)	14
6. Расчет бесстыкового пути на устойчивость энергетическим методом с учетом фактора времени и воздействия поездов Новакович М. В., Шубитидзе В. В., Карпачевский В. В., Корниенко Е. В. (РГУПС, <i>telecomtrans@rgups.ru</i>)	15
7. Повышение эффективности и надежности стрелочных переводов на Российских железных дорогах Никитина Н. Н. (ЗАО «Верхнее строение пути», <i>nnikitina@vspholding.ru</i>)	18
8. Проблемы и перспективы бесстыкового пути Новакович В. И. (РГУПС, <i>pph@kaf.rgups.ru</i>)	21
9. О применении и преимуществах бесполостного дренажа в конструкции железнодорожного пути Блажко Л. С., Штыков В. И., Черняев Е. В. (ПГУПС, <i>chevgen@list.ru</i>)	22
10. О разработке проектов ГОСТ элементов конструкций железнодорожного пути Блажко Л. С., Захаров В. Б., Черняев Е. В. (ПГУПС, <i>vlad_zaharov@mail.ru</i>).....	24
11. Промежуточное рельсовое скрепление для грузонапряженных участков железных дорог Исаенко Э. П. (БГТУ им. В. Шухова), Финк В. К. (ТОО «Магнетик»), Косенко С. А. (КазАТК, <i>kosenko.s.a@mail.ru</i>)	25
12. Методика прогнозирования роста затрат на текущее содержание пути при внедрении интенсивных технологий эксплуатации Бельтюков В. П. (ПГУПС, <i>bw@pochta.tvoe.tv</i>), Левинзон М. А., Харитонов Б. В. (ООО «ИЦ ВЭИП», <i>lma.veip@yandex.ru</i>)	26
13. Прогнозирование состояния пути при решении задач оптимизации его обслуживания Бельтюков В. П. (ПГУПС, <i>bw@pochta.tvoe.tv</i>).....	28
14. Предлагаемый метод расчета железнодорожного пути на прочность Карпачевский Г. В. (РГУПС, <i>telecomtrans@rgups.ru</i>)	29
15. Проблеми впровадження швидкісного руху поїздів в Україні Даніленко Е. І. (ДЕТУТ), Курган М. Б., Курган Д. М. (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>)	31
16. Комплексний підхід до впровадження швидкісного руху поїздів в Україні Курган М. Б. (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>), Торопов Б. І. (Київдіпротранс).....	32
17. Зменшення зносу рейок у кривих ділянках колії Курган М. Б., (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>), Бабенко А. І. (Укрзалізниця).....	34
18. Исследование влияния шахтных подработок на состояние железнодорожной инфраструктуры Ковтун П. В. , Осипова О. В., Баханек А. А., Капранов Д. О. (БелГУТ, <i>olga_osipova@tut.by</i>)	35
19. Возможности взаимозаменяемости железнодорожных стрелочных переводов на	

основе существующих методов расчета для дорог не общего пользования Басовский Д. А. (ПГУПС, <i>d1976bas@rambler.ru</i>)	37
20. Оцінка впливу величини бічної горизонтальної сили, що передається від дії рухомого складу на особливості роботи елементів вузла проміжного рейкового скріплення типу КБ та КПП-5 Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, <i>guaranga_mr@mail.ru</i>)	38
21. Оцінка втомлено-міцнісних характеристик елементів вузла проміжного рейкового скріплення типу КБ та КПП-5 при повторно-змінних циклах навантаження конструкції Рибкін В. В., Бондаренко І. О., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, <i>guaranga_mr@mail.ru</i>)	39
22. Сучасні підходи до вирішення проблеми проміжних скріплень для залізобетонних шпал Рибкін В. В., Настечик М. П., Губар О. В. (ДНУЗТ, <i>fpk@ipo.diit.edu.ua</i>)	40
23. До питання визначення характеристик пружності рейкової колії при горизонтальному згині та скручуванні Даніленко Е. І., Велінець В. П., Білюк І. Ю. ., (ДЕТУТ, <i>vitaluk2007@ukr.net</i>)	41
24. Влияние физической и геометрической нелинейности упругих характеристик на напряженно-деформированное состояние подрельсовых и наспальных прокладок промежуточного скрепления Говоруха В. В. (ИГТМ им. Н.С. Полякова, <i>igtm-rail- trans@yandex.ua</i>)	43
25. Динамические процессы взаимодействия большегрузных транспортеров крутонаклонного рельсового пути и смежных устройств глубоких карьеров Говоруха В. В. (ИГТМ им. Н.С. Полякова, <i>igtm-rail-trans@yandex.ua</i>)	44
26. Конструкція верхньої будови колії перемінної жорсткості на підходах до мостів Линник Г. О. (Укрзалізниця), Курган А. М. (НКТБ ЦП УЗ, <i>nktbcpuz@svitonline.com</i>)	45
27. Дослідження питань стійкості конструкції безстикової колії в кривих радіусом менше 300 м Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, <i>guaranga_mr@mail.ru</i>)	46
28. Розробка конструкції шурупо-дюбельного кріплення для скріплень типу КБ та СКД65-Б Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, <i>guaranga_mr@mail.ru</i>)	47
29. Пристрій для розрядки температурних напружень в плітях безстикової колії Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, <i>guaranga_mr@mail.ru</i>)	47
30. Оцінка впливу параметрів улаштування колії на інтенсивність бічного зношення головки рейки в кривих ділянках Рибкін В. В., Настечик М. П., Арбузов М. А., Маркуль Р. В., (ДНУЗТ, <i>guaranga_mr@mail.ru</i>), Каленик К. Л. (ДонІЗТ)	49
31. Моделі для розрахунку температурних полів та напружень балок прогонових будов залізничних мостів Лучко Й. Й., Ковальчук В. В. (ЛФ ДНУЗТ, <i>kovalchuk.diit@mail.ru</i>)	50
32. Моделювання взаємодії колії та рухомого складу в зоні рейкових стиків при дискретній підрейковій основі Даренський О. М., Клименко А. В. (УкрДАЗТ, <i>iandrew.ua@gmail.com</i>)	51
33. Становление и развитие конструкции бесстыкового пути Матвеев В. И., Мирошников Н. Е. (БелГУТ, <i>matvecov@rambler.ru</i>)	52
34. Об изготовлении железнодорожных рельсов из высокопрочного чугуна Сосновский Л. А., Матвеев В. И. (БелГУТ, <i>matvecov@rambler.ru</i>), Псырков Н. В. (ПО «Гомсельмаш»)	54
35. Рельсовое хозяйство Белорусской железной дороги Матвеев В. И., Мирошников Н. Е. (БелГУТ, <i>matvecov@rambler.ru</i>)	55
36. Экологические проблемы предприятий железнодорожного транспорта и пути их решения Мамчиц Л. П. (ГГМУ), Фещенко А. П. (БелГУТ, <i>luda-gomel77@list.ru</i> , <i>aleks011960@mail.ru</i>)	56

37. Інформація по будівництву Бескидського тунелю Харлан В. І. (ДП «Львівська залізниця»)	58
38. Оцінка комфортабельності їзди при реконструкції плану й профілю залізниці Харлан В. І., (ДП «Львівська залізниця»), Байдак С. Ю., Черняков М. М. (ДНУЗТ, <i>kolaykrm@ukr.net</i>)	59
39. Выбор оптимальной конструкции пути в зависимости от стоимости жизненного цикла Андреев А. В. (ПГУПС, <i>oddmam@bk.ru</i>)	60
40. Бесстыковой путь на безбалластном основании Савин А. В. (ОАО «ВНИИЖТ», <i>2604136@mail.ru</i>)	61
41. Контроль над обеспечением устойчивости бесстыкового пути Залавский Н. И. (РГУПС, <i>pph@kaf.rgups.ru</i>)	62
42. Розрахунок поперечних горизонтальних сил, діючих на колію в кривих від рухомого екіпажу Твердомед В. М. (ДЕТУТ, <i>tverdomed@ukr.net</i>)	65
43. Вплив поїздопотоку на залізничну колію при перерозподілі перевезень між паралельними ходами Курган М. Б., Гусак М. А. (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>)	66
44. Определение ударного воздействия колес на путь при высокоскоростном движении Тихов М. С. (ООО «ИЦ ВЭИП», <i>lma.veip@yandex.ru</i>)	67
45. Оценка эффективности смазочных материалов и модификаторов трения с помощью портативного трибометра Говорков О. А. (ООО «ИЦ ВЭИП», <i>lma.veip@yandex.ru</i>)	68
46. Аналіз положення стрілочних з'їздів на залізницях України Рибкін В. В., Панченко П. В., Токарев С. О., (ДНУЗТ, <i>TokarevSergeyAleks@yandex.ua</i>)	69
47. Особливості динамічної взаємодії вагону з рейковою колією в зоні стикової нерівності типу «ступінь вгору» Шпачук В. П., Рубаненко О. І., Супрун Т. О. (ХНАМГ, <i>ms.suprun1989@mail.ru</i>)	70
48. Особливості проходження стику другою колісною парою Шпачук В. П., Чупринін О. О., Супрун Т. О. (ХНАМГ, <i>ms.suprun1989@mail.ru</i>)	71
49. До вирішення задач моделювання напружено-деформованого стану залізничної колії з урахуванням часового параметру Курган Д. М., Бондаренко І. О. (ДНУЗТ, <i>kurgan@brailsys.com</i>)	73
50. До вирішення задач з прогнозування стану залізничної колії засобами теорії розповсюдження пружних хвиль Бондаренко І. О., Курган Д. М. (ДНУЗТ, <i>irina_bondarenko@ua.fm</i>)	74
51. Новый способ визначення положення колії в плані Арбузов М. А. (ДНУЗТ, <i>l0max@ukr.net</i>)	75
52. Исследование устойчивости бесстыкового совмещенного пути энергетическим методом Рыбкин В. В., Патласов А. М., Лысак В. А. (ДНУЖТ, <i>val_diit@mail.ru</i>)	76
53. Складові опору зміщення залізобетонної шпали в поперечному напрямку Рыбкин В. В., Патласов А. М., Лысак В. А. (ДНУЖТ, <i>val_diit@mail.ru</i>)	77
54. Вплив співвідношення швидкостей вантажних і пасажирських поїздів на визначення мінімального радіуса кривих Курган М. Б., Гусак М. А., Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>)	78
55. Передумови щодо доцільності перебудови кривих для реалізації максимальної швидкості руху поїздів Курган М. Б., Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>), Соколан О. М. (Транспроєкт, Київ)	79
56. Економічна оцінка сучасних машинних способів виправки кривих ділянок колії Чернишова О. С. (ДНУЗТ, <i>okschernysh@mail.ru</i>), Сизов В. С. (ДЦМКР, ДП «Придніпровська залізниця»)	80
57. Дослідження способів армування залізничного земляного полотна Ковальов В. В., Найдьонова В. О. (ДНУЗТ, <i>kov-vyach@yandex.ua</i>)	81
58. Зміна тягово-енергетичних показників руху поїзда в залежності від розташування переїздів Курган М. Б., Лужицький О. Ф. (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>)	82

59. Современная съёмка плана железнодорожного пути Гаврилов М. О. (ДНУЖТ, <i>maxgavrilla@gmail.com</i>)	83
60. Застосування нових конструкцій верхньої будови колії на напрямках швидкісного руху поїздів Клочко Б. Г. (ДНУЗТ), Макаров Ю. О. (ПС-1 ЦП УЗ, <i>Yu.Makarov@dp.uz.gov.ua</i>)	85
61. Аналіз конструкцій ділянок насипу перемінної жорсткості на підходах до мосту Курган А. М. (НКТБ ЦП УЗ, <i>nktbcpuz@svitonline.com</i>)	86
62. Визначення раціональних параметрів залізничних кривих для заданого рівня максимальної швидкості Курган М. Б., Хмелевська Н. П., Байдак С. Ю. (ДНУЗТ, <i>kunibor@mail.ru</i>)	87
63. Особливості роботи земляного полотна під поїзним навантаженням Андреев В. С., Губар О. В. (ДНУЗТ, <i>gubarav@mail.ru</i>), Губар І. О. (ТЕХНОТРАНСПРОЕКТ)	88
64. Удосконалення методики паспортизації та встановлення допустимих швидкостей руху в межах стрілочних переводів, вкладених в кривих ділянках колії Каленик К. Л., (ДонІЗТ, <i>kkonstlen@mail.ru</i>), Космік М. І. (ДП «Донецька залізниця»)	89
65. Забезпечення температурної роботи рейкових плітей безстикової колії Карпінський С. Л. (ДЕТУТ, <i>karpinskiy@mail.ua</i>)	90
66. Рациональная раскладка железобетонных шпал по допускам ширины колеи и подуклонки рельсов, с целью уменьшения ударного взаимодействия колеса и рельса Кремнев Е. А. (МГУПС, <i>rewyil207@yandex.ru</i>)	92
67. Приведение температуры восстановления длинных рельсовых плетей к температуре закрепления Патласов А. М. (ДНУЖТ, <i>fpk@ipo.diit.edu.ua</i>)	94
68. Оценка возможности использования статистических методов анализа состояния пути для планирования ремонтно-путевых работ и оценки качества их выполнения Патласов А. М., Хрустик Д. В., Патласов Е. А. (ДНУЖТ, <i>fpk@ipo.diit.edu.ua</i>), Бабенко А. И. (ЦП УЗ)	95
69. Моделювання взаємодії колії та рухомого складу Циганенко В. В. (ДНУЗТ), Халіпова Н. В. (АМСУ, <i>khalipov@rambler.ru</i>)	96
70. Дослідження дефектів металевих частин стрілочних переводів Баль О. М. (ЛФ ДНУЗТ, <i>olenabal@mail.ru</i>)	97
71. Дослідження роботи колії на дерев'яних шпалах при дії вертикальних та горизонтальних розкрантовуючих навантажень, що спричинені рухомим складом Сисин М. П., Набоченко О. С. (ЛФ ДНУЗТ, <i>olganabochenko@mail.ru</i>)	99
72. Виявлюючий рух екіпажів та його вплив на колію і рухомий склад Велінець О. П. (ДЕТУТ, <i>sashko2008@ukr.net</i>)	100
73. Ефективність використання наявних засобів дефектоскопії на українських залізницях Сорока О. О. (ДЕТУТ, <i>olga_s85@bk.ru</i>)	101
74. Особливості дії вибухів в штучних ґрунтах земляного полотна залізниць Бербушенко В. П. (КВПС Держспецтрансслужби ДНУЗТ, <i>berbushenko.vladimir@gmail.com</i>)	103
75. Результаты проведения испытаний рельсов из кислородно-конвертерной стали в кривых участках пути Рудюк А. С., Азаркевич А. А., Восковец Ю. А., Дурасов А. В. (ГП «УкрНППЦ «Энергосталь»)	104

АЛФАВИТНИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Азаркевич А. А., 104
Андреев А. В., 60
Андреев В. С., 88
Арбузов М. А., 49, 75
Бабенко А. И., 95
Бабенко А. І., 8, 34
Байдак С. Ю., 59, 87
Баль О. М., 97
Басовский Д. А., 37
Баханек А. А., 35
Белоцветова О. Ю., 12
Бельтюков В. П., 26, 28
Бербушенко В. П., 103
Білюк І. Ю., 41
Блажко Л. С., 22, 24
Бондаренко І. О., 39, 73, 74
Велінець В. П., 41
Велінець О. П., 100
Восковец Ю. А., 104
Гаврилов М. О., 83
Глюзберг Б. Э., 9
Говорков О. А., 68
Говоруха В. В., 43, 44
Губар І. О., 88
Губар О. В., 40, 88
Гусак М. А., 66, 78
Даніленко Е. І., 31, 41
Даренський О. М., 51
Дурасов А. В., 104
Залавский Н. И., 62
Захаров В. Б., 24
Исаенко Э. П., 25
Каленик К. Л., 49, 89
Капранов Д. О., 35
Карпачевский В. В., 15
Карпачевский Г. В., 29
Карпінський С. Л., 90
Карпущенко Н. И., 11
Клименко А. В., 51
Клочко Б. Г., 85
Ковальов В. В., 81
Ковальчук В. В., 50
Ковтун П. В., 35
Корниенко Е. В., 15
Королев В. В., 9
Косенко С. А., 25
Космік М. І., 89
Кочергин В. В., 12
Кремнев Е. А., 92
Курган А. М., 45, 86
Курган Д. М., 31, 73, 74
Курган М. Б., 31, 32, 34, 66, 78, 79, 82, 87
Левинзон М. А., 26
Линник Г. О., 45
Лужицкий О. Ф., 82
Лучко Й. Й., 50
Лысак В. А., 76, 77
Макаров Ю. О., 85
Максимов И. Н., 12
Мамчиц Л. П., 56
Маркуль Р. В., 38, 39, 46, 47, 49
Матвеев В. И., 52, 54, 55
Мирошников Н. Е., 52, 55
Набоченко О. С., 99
Найдьонова В. О., 81
Настечик М. П., 38, 40, 46, 47, 49
Никитина Н. Н., 18
Новакович В. И., 21
Новакович М. В., 15
Осипова О. В., 35
Панченко П. В., 69
Патласов А. М., 76, 77, 94, 95
Патласов Е. А., 95
Певзнер В. О., 12, 14
Псырков Н. В., 54
Рибкін В. В., 38, 39, 40, 46, 47, 49, 69
Ромен Ю. С., 14
Рубаненко О. І., 70
Рудюк А. С., 104
Рыбкин В. В., 76, 77
Савин А. В., 61
Сизов В. С., 80
Сисин М. П., 99
Соколан О. М., 79
Сорока О. О., 101
Сосновский Л. А., 54
Супрун Т. О., 70, 71
Суслов О. А., 14
Твердомед В. М., 65
Тихов М. С., 67
Токарев С. О., 69
Торопов Б. І., 32
Фещенко А. П., 56
Финк В. К., 25
Халіпова Н. В., 96
Харитонов Б. В., 26
Харлан В. І., 58, 59
Хмелевська Н. П., 78, 79, 87
Хрустик Д. В., 95
Циганенко В. В., 96
Чернишова О. С., 80
Черняев Е. В., 22, 24
Черняков М. М., 59
Чупринін О. О., 71
Шпачук В. П., 70, 71
Штыков В. И., 22
Шубитидзе В. В., 15
Юрковський Є. Ю., 8
Яковлев В. О., 8

Стан колійного господарства залізниць України та задачі наукових організації щодо його розвитку

Юрковський Є. Ю., Яковлев В. О., Бабенко А. І. (Укрзалізниця, and_and72@mail.ru)

Приведены основные показатели железных дорог Украины, предложены перспективные направления для дальнейшего усовершенствования путевого хозяйства

The main parameters of the Ukrainian railways are shown. The main areas for further improvement of railway equipment are offered

Експлуатаційна довжина магістральних колій Українських залізниць на 01.01.2013 року складає 21659,5 км, а розгорнута довжина – 29686,6 км, з них протяжність безстикової колії – 22065,0 км. При цьому з року в рік протяжність безстикової колії зростає, а також середня довжина рейкових плітей.

Загальна кількість стрілочних переводів на Українських залізницях становить 52826 шт. з них на залізобетонних брусах – 26894 шт.

Працівниками колійного господарства в 2012 році виконаний значний обсяг ремонтних робіт (модернізовано, капітально відремонтовано за всіма видами ремонтів та оздоровлено 2919,8 км колії при річному плані 2712,2 км), а також збудовано 23,7 км колії, що дозволило забезпечити безпеку руху поїздів та подальший стабільний розвиток господарства, а саме: продовження робіт з розмежування пасажирського та вантажного руху, впровадження прискореного руху поїздів. Разом із тим збільшується кількість кілометрів, що потребують модернізації та капітального ремонту.

Успішно виконуються плани ремонту інженерних споруд та земляного полотна, що дозволило досягти стабільного зменшення кількості дефектних інженерних споруд та протяжності ділянок «хворого» земляного полотна.

Стан колії на залізницях України в грудні 2012 року оцінений у середньому в 57 балів (при плані 64 бали). Слід відмітити, що цей показник щорічно зменшується. Зменшується й кількість незадовільних кілометрів, і на 01.01.2013 року вона складала 304 км.

Працівниками колійного господарства українських залізниць до проведення Євро-2012 забезпечено підготовку колії до руху прискорених поїздів зі швидкістю до 160 км/год на напрямках Київ–Львів, Київ–Полтава–Лозова–Донецьк. Оновлена вся необхідна для цього нормативна документація.

Для подальшого покращення стану колійного господарства та його розвитку перед промисловістю та науковцями, що співпрацюють з Головним управлінням колійного господарства на нашу думку необхідно поставити наступні задачі:

1. Продовжити роботу з реформування колійного господарства в межах створення АТ «Укрзалізниця».

2. Розробити типові конструкції колії для швидкісного руху пасажирських поїздів, а також для інтенсивного вантажного руху.

3. Підвищити якість рейок із загартуванням поверхні кочення та бічної грані з метою продовження їх строків служби до 1,1 млрд. тонн бруто, а в перспективі й 1,5 млрд. тонн бруто.

4. Освоїти випуск рейок «вищої» категорії якості для укладання їх на ділянках з реалізацією швидкостей руху поїздів понад 140 км/год, довжиною 50 м.

5. Здійснювати поступовий перехід на рейки типу UIC60.

6. Розробити та впровадити систему ведення рейкового господарства, яка б забезпечувала подовження строку експлуатації рейок. Створити систему шліфування та лубрикації рейок.

7. Розробити та ввести в практику облік рейок за рахунок електронного паспорта на кожному рейку.

8. Визначити економічну доцільність та технологію ремонту рейок у стаціонарних умовах з прогнозуванням ресурсу відремонтованих рейок.
9. Провести ревізію норм устрою й утримання безстикової колії в кривих ділянках з урахуванням нових конструкцій скріплень та залізобетонних шпал для кривих.
10. Розробити та впровадити систему контролю температурно-напруженого стану плітей безстикової колії довжиною у перегін.
11. Розробити та випробувати нові удосконалені елементи та вузли скріплень для залізобетонних шпал, що забезпечують підвищення міжремонтного періоду до 1,5...2,5 млрд. тонн бруто.
12. Довести якість й надійність елементів скріплення до показників, при яких би виключалася повністю або в кілька разів скорочувалася заміна елементів, що відмовили, при поточному утриманні та при проведенні проміжних ремонтів.
13. Забезпечити якість полімеркомпозитних накладок зі строком експлуатації на весь міжремонтний період колії.
14. Розробити технологію виготовлення накладок для виробництва високоміцних ізолюючих стиків без додаткової механічної обробки.
15. Перейти на випуск підкладок КБ-65 з підвищеним ступенем точності та для можливості застосування пружних рейкових скріплень.
16. Впровадити у виробництво пружну клею замість жорсткої клеми ПК для зменшення експлуатаційних витрат і стабілізації безстикової колії.
17. Удосконалити систему контролю за технічним станом колії за рахунок комплексної оцінки, для чого забезпечити роботу та функціонування Центру діагностики та дорожніх лабораторій діагностики залізничної колії з впровадженням автоматизованих програм.
18. Розробити технічні параметри, конструкції та освоїти випуск стрілочних переводів марок 1/6, 1/9 та 1/11 з криволінійними хрестовинами з метою збільшення строку служби основних елементів, що зношуються.
19. Розробити конструкцію пружних рейкових скріплень для стрілочних переводів з метою стабілізації ширини колії.
20. Розробити та освоїти випуск стрілочних переводів пологих марок для забезпечення швидкості руху поїздів по прямому напрямку до 300 км/год й по боковому напрямку до 160 км/год.
21. Розробити систему контролю стану з'їздів та нормативи їх утримання для забезпечення безпеки руху поїздів.

Системы обеспечения работы стрелочных переводов в зимних условиях

Глюзберг Б. Э., Королев В. В. (ОАО «ВНИИЖТ», glusberg@mail.ru)

Material is devoted to systems that keep the switches in winter conditions

Для обеспечения надёжной работы стрелочных переводов в зимнее время от негативных воздействий снега и льда используются различные способы и системы. К таким системам и способам относятся: тепловой обогрев – электрический, газовый, геотермальный, индукционный; пневмоочистка – удаление снега за счёт использования пневмоочистительных снегоуборочных машин, пневмообдувкаавтоматическая и шланговая обдувка, а также уборка снега ручными средствами.

Лабораторией «Стрелочное хозяйство» ОАО «ВНИИЖТ» была проведена работа по оценке эффективности работы различных систем по удалению снега на стрелочных переводах. Проведена оценка стоимости жизненного цикла каждой из систем.

Информация о работе систем собиралась на стрелочных переводах, оборудованных соответствующими системами очистки от снега в период 2011-2013 гг.

Для оценки эффективности работы каждой из систем учитывались: затраты на их приобретение, монтаж, энергозатраты, топливо; затраты на ремонты, замены элементов систем, текущее содержание и обслуживание.

Кроме этого учитывались отказы, как в работе систем, так и в работе стрелочных переводов по причине отказов элементов систем снегоочистки.

Учёт показателей по каждой из систем позволил дать оценку эффективности их работы и собрать необходимый материал для определения стоимости их жизненного цикла, отнесенной к одному стрелочному переводу.

Наиболее экономичной системой является система геотермического обогрева. Недостатками этой системы являются высокая первоначальная стоимость системы, сложность монтажа и установки, а также необходимость высококвалифицированного персонала для обслуживания и ремонта. Поэтому целесообразно использовать такие системы группами на крупных станциях.

Второй по эффективности является система газообогрева. Систему газообогрева стрелочных переводов рекомендуется использовать на путях, где не хватает электрических мощностей для обогрева стрелочных переводов. Недостатками газообогрева являются: трудности эксплуатации при сильных заносах, когда газовые горелки могут не зажечься; необходимость решения вопросов пожарной безопасности; достоинства - устройства газообогрева не мешают работе снегоочистительным машинам. При применении солнечной батареи для поджига газа система может применяться в автономном режиме, что важно для небольших станций.

Систему электрообогрева стрелочных переводов рекомендуется использовать на путях всех категорий, где имеются достаточные электрические мощности для ее установки. Основным недостатком системы является недостаточная надежность нагревательных элементов.

Систему автоматической пневмообдувки стрелочных переводов рекомендуется применять на путях станций, где нет достаточной электрической мощности для использования систем электрообогрева стрелочных переводов или на путях, где затруднено обслуживание электрообогрева стрелочных переводов. Пневматические устройства обеспечивают надежную работу при сухом снеге. Наиболее эффективно их использование в северных районах.

Систему шланговой пневмообдувки стрелочных переводов рекомендуется использовать в качестве дополнительной системы к системе автоматической пневмообдувки стрелочных переводов, для очистки зоны крестовин и соединительной части стрелочных переводов. Недостатком является необходимость применения ручного труда, что небезопасно в условиях интенсивного, а так же скоростного и высокоскоростного движения.

Пневмоочистительные машины ПОМ эффективно применять в условиях обильных снегопадов на сети дорог для очистки горловин станций и станционных путей. Для стрелочных переводов ее целесообразно использовать, как дополнительную на период обильных снегопадов. Недостатком системы является необходимость регулярных проходов машины по стрелочному переводу.

Работа по исследованию систем удаления снега на стрелочных переводах в зимний период планируется продолжить.

Результаты исследований по проблеме взаимодействия в системе «колесо-рельс»

Карпущенко Н. И. (СибГУПС, kni@stu.ru)

Different factors are considered concerning tear and wear in the “wheel-rail” system. Also the influence of gauge and undercarriage condition on the intensity of rail wear is analyzed. The further decrease of rail wear intensity is determined.

Одной из наиболее актуальных задач компании ОАО «РЖД» является снижение эксплуатационных расходов железных дорог, связанных с износами и расстройками пути и ходовых частей подвижного состава. Эта задача в частности решается за счет оптимизации процессов взаимодействия в системе «колесо-рельс».

Рост бокового износа рельсов (гребней колес) начался с 1986 г., т.е. через 30 лет после унификации колеи в кривых 350-650 м до величины 1524 мм и через 15 лет после решения уменьшить здесь колею еще на 4 мм.

По нашему убеждению в значительно большей, чем ширина колеи, степени на интенсивность износов влияет положение рельсовых нитей в плане. И здесь ситуация действительно требует вмешательства. На многих кривых имеются несоответствия отводов кривизны и возвышения, многорадиусность кривых и др. Это не угрожает безопасности движения, однако оказывает влияние на условия взаимодействия. Такая ситуация складывалась не одно десятилетие. Целевая работа по паспортизации кривых начата в 2009 г.

В результате выполненных нами экспериментальных исследований на опытных участках с использованием видеокамер, установлено, что при движении вагонных тележек по кривым радиусом менее 650 м реализуется свободное вписывание с обязательным контактом между гребнем первого по ходу колеса и наружным рельсом. В кривых радиусом 650 м и более отмечено влияние тележки с отрывом гребня колеса, набегающей на наружный рельс колесной пары от боковой грани наружного рельса. Между гребнями колес и внутренним рельсом при ширине колеи в пределах 1518-1540 мм всегда фиксируются зазоры, величина которых зависит от ширины колеи и ширины колесной пары (колесной колеи). Следов касания гребнями внутренних нитей не отмечено.

Боковой износ наружного рельса сопровождается образованием полки с углом наклона 30-32°, по которой начинают катиться локомотивные и вагонные колеса с отрывом поверхности катания колес от рельса, при наличии поперечных ускорений, превышающих 0,3 м/с².

Интенсивность бокового износа рельсов, как и уширения колеи определяются, прежде всего, радиусом кривых. Так в кривых радиусом 300 м, интенсивность бокового износа в целом в 1,5 раза выше, чем в кривых радиусом 400 м. На участке с высокой осевой нагрузкой боковой износ рельсов и уширение колеи происходят более интенсивно. Увеличение возвышения наружного рельса при одинаковых радиусах кривых дает положительный эффект при условии, что величина непогашенного ускорения не достигает в среднем минус 0,3 м/с².

Влияния ширины колеи на интенсивность бокового износа не усвоенно. Износ боковых граней внутренних рельсов на всех семи кривых при зафиксированной ширине колеи в пределах 1522-1546 мм отсутствовал.

Рассматривая влияние параметров рельсовой колеи на боковой износ рельсов и подрез гребней колес, анализировали изменение технических показателей работы Западно-Сибирской дистанции дороги, оказывающих влияние на износ пути и установили, что за 7 лет грузонапряженность возросла на 60 %, техническая скорость на 9 %, осевые нагрузки подвижного состава на 3 %. В то же время выход рельсов по боковому износу снизился в среднем в 2,5 раза, а количество обточек колес грузовых электровозов по причине предельного износа гребня и остроконечного наката для ВЛ-10 снизилось на 28 %, а ВЛ-80

на 94 %. Достигнуто это благодаря модернизации всего путевого комплекса дороги. К началу 2013 г. на всем протяжении Транссибирского и 86 % Средне-Сибирского хода проведен усиленный капитальный ремонт с укладкой бесстыкового пути и постановкой кривых в проектное положение.

Проводимые меры по снижению износов гребней колес подвижного состава и боковых поверхностей головки рельсов позволили стабилизировать ситуацию в условиях интенсификации работы железных дорог, повышения веса и длины грузовых поездов, осевых нагрузок подвижного состава, грузоподъемности и статической нагрузки грузовых вагонов, скоростей движения поездов.

Однако, и сегодня расходы материальных ресурсов в локомотивном, вагонном и путевом хозяйствах, связанные со сверхнормативным износом в системе «колесо-рельс», в первую очередь, в кривых участках пути, находятся на достаточно высоком уровне и требуют продолжения работ по их снижению.

Вопросы гармонизации отечественных и зарубежных нормативов устройства и содержания рельсовой колеи при скоростном и высокоскоростном движении

Певзнер В. О., Кочергин В. В., Белоцветова О. Ю., Максимов И.Н.
(ОАО «ВНИИЖТ», vpevzner@list.ru)

The experts of VNIIZhT developed a harmonized normatives devices and content railway track by providing safety of specialize rolling stock for high-speed motion, on the basis of evaluation of «natural roughness» estimation "natural roughness" The results obtained in the testing of new standards for the October and Moscow railway showed that the harmonized normatives are well corresponded with European.

Появление на сети железных дорог РФ участков со скоростями движения до 200 км/ч и выше, а также подвижного состава с принципиально новой конструкцией ходовых частей – сначала ЭР200, потом «Сапсан» и другие скоростные поезда со всей остротой поставило вопрос о том, какими должны быть нормативы содержания рельсовой колеи на данных участках.

Разработка нормативов устройства и содержания пути для участков скоростного и высокоскоростного движения требует не столько количественных, сколько качественных изменений в подходах, что требует также использование зарубежного опыта.

Нормативы для скоростных участков должны назначаться из условия обеспечения безопасности движения не массового, а специализированного подвижного состава, предназначенного для скоростного движения. Это исключает необходимость этапного ужесточения нормативов для каждой градации повышения скоростей движения.

Учитывая европейский опыт, ужесточение нормативов содержания пути может происходить только одновременно с совершенствованием конструкции верхнего строения, обеспечивающим соблюдение этих нормативов. Так ужесточение нормативов ширины колеи требует применения креплений типа W30 или W300 для безбалластных конструкций. Ужесточение нормативов неровностей в продольном профиле, плане и поперечном уровне требует оздоровления основной площадки земляного полотна со срезкой на глубину 0,8 – 1,0 м с послойной укладкой защитных слоев и т.д.

В 2011-2012 гг. ОАО «ВНИИЖТ» совместно с фирмой Siemens разработал дополнительные нормативы «натурных» неровностей в плане и профиле, гармонизированные с аналогичными европейскими нормами.

Для апробации новых нормативов на Октябрьской железной дороге на линии Санкт-Петербург - Москва были выбраны участки с установленными скоростями 250, 230 и 200 км/ч. На линии Москва – Нижний Новгород были выбраны участки с установленными скоростями 120, 140 и 160 км/ч. Совместно с НПЦ ИНФОТРАНС проведена последовательная обработка данных вагона-путеизмерителя по ЦП-515, а также натуральных неровностей плана и профиля по европейским нормативам (EN) и предложенными гармонизированными нормативами.

В результате сопоставления результатов последовательной обработки установлено, что различия в СКО, полученных по спектрам неровностей в диапазоне длин волн неровностей 5-35 м не превышают 5,5 %, а различия в СКО при сравнении с результатами, полученными на электропоезде «Сапсан» двойным интегрированием ускорений на буксе – 4 %. Полученные спектры неровностей хорошо коррелируются с типовым европейским спектром ORE Low. При сравнении реализации вертикальных натуральных неровностей, полученных специалистами НПЦ «Инфотранс» и Siemens установлены их высокая сходимость.

В таблице 1 приведены разработанные дополнительные нормативы для натуральных неровностей.

Таблица 1

Дополнительные нормативы для натуральных неровностей

Скорость, км/ч	Неровности в плане, амплитуда, мм, требующие			Неровности в профиле, амплитуда, мм, требующие		
	Планового устранения	Немедленного реагирования	Предельно допустимые	Планового устранения	Немедленного реагирования	Предельно допустимые
231-250	>7/>13	>8/>14	>10/>20	>10/>18	>12/>20	>16/>30
201-230	>8/>15	>9/>17	>12/>25	>12/>20	>14/>25	>20/>35
161-200	>8/>15	>9/>17	>12/>25	>12/>20	>14/>25	>20/>35
141-160	>9/-	>10/-	>15/-	>14/-	>16/-	>25/-

Знаменатель – для неровностей длиной 3-25 м

Числитель - для неровностей длиной 25-70 м

Оценка «натурных» неровностей позволяет выявить ранее не учитываемые неровности продольного профиля, плана и по уровню, которые неблагоприятно влияют на динамику подвижного состава и могут быть устранены при механизированной выправке.

Переход к европейским нормативам оценки «натурных» неровностей может осуществляться только этапным путем. Ужесточение нормативов оценки геометрии рельсовой колеи при существующих конструкциях промежуточных рельсовых скреплений и балластной призмы может привести к неоправданному увеличению объемов малопродуктивных ручных работ по выправке пути.

О разработке дополнений к нормативной документации по дифференциации скоростей движения пассажирских и грузовых поездов в местах действия предупреждений об ограничении скорости

Певзнер В. О., Суслов О. А., Ромен Ю. С. (ОАО «ВНИИЖТ», vpevzner@list.ru)

Developed proposals for the differentiation of speeds of trains crossing the places of the limitation on the speed by the superstructure of rail way.

Предупреждения об ограничении скорости являются неотъемлемым элементом перевозочного процесса, обеспечивающим безопасность движения и рациональный уровень интенсивности накопления деформаций.

Количество ограничений скорости достаточно велико и в сумме составляет до 20 % длины по сети, поэтому задача снижения их отрицательного влияния на перевозочный процесс является весьма актуальной.

Одним из способов решений этой проблемы является дифференциация скоростей пропуска грузовых и пассажирских поездов по местам действия ограничений. Такая дифференциация может быть основана на разности показателей динамики и воздействия на путь этих поездов кроме параллельного графика.

Однако Инструкций по текущему содержанию пути дифференциация скоростей в зависимости от состояния верхнего строения пути не предусматривалась. Поэтому в докладываемой работе была исследована возможность дифференциации скоростей грузовых и пассажирских поездов в следующих случаях:

- при наличии в пути полностью или частично негодных креплений различных типов;
- при наличии дефектных и негодных деревянных шпал;
- при наличии разжижения (выплесков) балластного слоя.

Поэтому при разработке нормативов дифференциации было предусмотрено использование экспериментально-теоретического метода, включающие следующие основные этапы исследований:

- теоретические расчеты показателей взаимодействия на основании имеющихся данных;
- экспериментальные исследования для определения параметров взаимодействия пути и подвижного состава при рассмотренных видах расстройств пути.

В теоретической части исследования были определены показатели взаимодействия пути и подвижного состава при движении грузового локомотива, груженого полувагона, пассажирского локомотива и вагона по пути с деревянными и железобетонными шпалами при наличии неровностей II и III степени в сочетаниями с ослаблениями конструкции верхнего строения в прямых и кривых R 350 и 650 м.

Экспериментальные исследования проводились на ЭК ст. Щербинка. Для их проведения был сформирован опытный поезд в составе локомотивов ЧС4 и ВЛ80^т, пассажирского вагона-лаборатории, двух груженных полувагонов с осевой нагрузкой 15,5 т/ось и 25,5 т/ось и порожнего с нагрузкой 5,5 т/ось.

Возможная разница скоростей движения в сторону увеличения для пассажирских поездов, при условии обеспечения равенства силового воздействия на путь, составляет: при ослаблении несущей способности пути в вертикальном направлении (наличие выплесков) – 10-20 км/ч; при ослаблении несущей способности пути в поперечном направлении (неисправные крепления и шпалы, кустовая гнилость) – также 10-20 км/ч.

В результате проведенных исследования сформулированы следующие предложения по дифференциации скоростей движения грузовых и пассажирских поездов для внесения в Инструкцию по текущему содержанию пути. Пример показан в таблице 1.

Таблица 1

**Допускаемые скорости движения в зависимости
от доли протяженности пути с выплеском на километре**

Доля протяженности пути с выплесками на километре, %, для путей классов		Допускаемая скорость движения (пассажирские /грузовые), км/ч, на участках с рельсами	
1-3	4-5	P65 и тяжелее	P50 и легче
до 5	-	140/90	-
5-10	-	120/80	80/70
10-15	10-15	100/80	70/60
15-20	15-25	80/60	70/50
20-25	25-30	70/60	60/50
25-30	30-35	60/50	50/40
30-35	35-40	50/40	40/25
более 35	более 40	В зависимости от общего состояния пути, но не более 40/25	

**Расчет бесстыкового пути на устойчивость энергетическим методом
с учетом фактора времени и воздействия поездов**

Новакович М. В., Шубитидзе В. В., Карпачевский В. В., Корниенко Е. В.
(РГУПС, telecomtrans@rgups.ru)

*Material is devoted to calculation of continuous welded rail on the stability of the energy
method, taking into account the time factor and the impact of trains*

Энергетический метод основан на принципе Лагранжа: «Сумма работ внешних и внутренних сил для системы, находящейся в равновесии, на бесконечно малых возможных перемещениях равна нулю».

$$\sum dA_i = 0 . \quad (1)$$

В известных статических методах работа внешней активной силы определяется на перемещении в результате продольного сжатия. Однако у Эйлера при изгибе стержней продольное сжатие не учитывается. Стержни считаются несжимаемыми. Поэтому реактивные силы сжатия в расчет не берутся. В расчете учитываются только продольные перемещения в результате изгиба стержня и реактивные силы сопротивления изгибу. При малых стрелах изгиба, характерных для бесстыкового пути, это допущение достаточно близко к реальности.

Активная продольная сжимающая сила - F на бесконечно малом продольном перемещении $d\lambda$ в результате изгиба производит работу:

$$dA_1 = -F d\lambda . \quad (2)$$

Реактивные силы сопротивления изгибу на бесконечно малом поперечном перемещении df производят работу:

$$dA_2 = \frac{2\pi^4 E I f}{\ell^3} df . \quad (3)$$

Реактивные силы сопротивления q (погонные сопротивления поперечному сдвигу рельсошпальной решетки) на бесконечно малых перемещениях производят работу:

$$dA_3 = \frac{q\ell}{2} df. \quad (4)$$

Между f и ℓ в зависимости от конфигурации изогнутой оси рельсов существует известная связь:

$$\lambda = \mu \frac{f^2}{\ell}, \quad (5)$$

где μ – коэффициент, например, при S - образном изгибе, характерном для потери устойчивости в горизонтальной плоскости, $\mu=11,06$.

Практически, в решаемой задаче не имеет принципиального значения - какой будет фактическая конфигурация изгиба.

Чтобы связать между собой (2), (3) и (4), необходимо в (1) их подставить с учетом, что:

$$d\lambda = \frac{2\mu f}{\ell} df. \quad (6)$$

Если (по Эйлеру) для S - образного изгиба $\ell^2 = \frac{8\pi^2 EI}{F}$, то получим:

$$-\frac{\pi^2 F f}{2\ell} df + \frac{2\pi^4 E I f}{\ell^3} df + \frac{q\ell}{2} df = 0. \quad (7)$$

Из (7) получим, что

$$q = \frac{\pi^2 f}{\ell^2} \left(F - \frac{4\pi^2 EI}{\ell^2} \right) = \frac{F^2 f}{16 EI}. \quad (8)$$

Поскольку из экспериментов следует, что

$$q = \xi \frac{df}{d\tau}, \quad (9)$$

то интегрируя (9) в известных пределах – стрелы от f_0 до f и время – от 0 до τ :

$$\int_{f_0}^f \frac{df}{f} = \int_0^\tau \frac{F^2 d\tau}{16 EI \xi}, \quad (10)$$

получим зависимость:

$$f = f_0 \exp \frac{F^2 \tau}{16 EI \xi}. \quad (11)$$

График зависимости (11) показан на рис. 1.

Имеет практический интерес исследовать процесс выпрямления изогнутой оси рельсов в горизонтальной плоскости для случая перемены знака продольной силы с сжимающей на растягивающую. В этом случае можно по результату решения сделать вывод о том - будет ли возникать и накапливаться остаточная стрела изгиба рельсов при ряде суточных колебаний температуры.

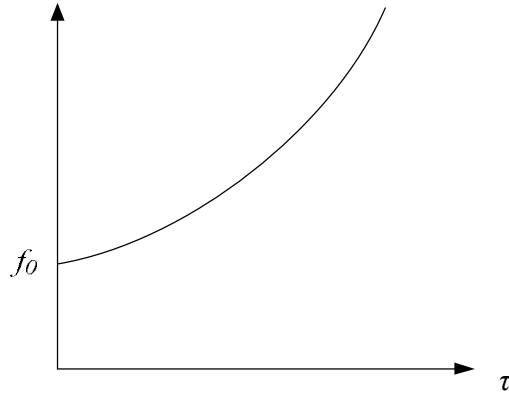


Рис. 1. График зависимости $f(\tau)$ при сжимающей силе F

Тогда в место (7) нужно записать сумму работ с другими знаками:

$$\frac{\pi^2 F f}{2 \ell} df + \frac{2 \pi^4 E I f}{\ell^3} df - \frac{q \ell}{2} df = 0. \quad (12)$$

В (12) учтено, что упругие внутренние силы сопротивления изгибу рельсов способствуют выпрямлению, а диссипативные силы погонного сопротивления сдвигу рельсошпальной решетки в балласте сопротивляются выпрямлению. В этом случае вместо (8) имеем:

$$q = \frac{F^2 f}{5,3 E I}. \quad (13)$$

Тогда из (9), аналогично (10) будет иметь:

$$\int_f^{f_0} \frac{df}{f} = \int_0^\tau \frac{F^2 d\tau}{16 E I \xi}. \quad (14)$$

Из (10) получим:

$$f = f_0 \exp\left(-\frac{F^2 \tau}{5,3 E I \xi}\right). \quad (15)$$

График зависимости (15) показан на рис. 2.

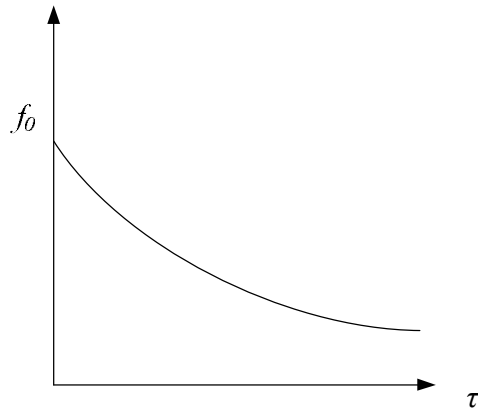


Рис. 2. График зависимости $f(\tau)$ при растягивающей силе F .

Полученные решения свидетельствуют о том, что в процессе эксплуатации при длительном действии в рельсах продольной сжимающей силы стрела изгиба рельсошпальной решетки в плане растет по экспоненциальной кривой. При этом скорость роста стрелы в начальный период относительно мала, но затем быстро возрастает.

Это решение следует считать справедливым для стрел изгиба рельсов в плане не более 100 мм. Практически, в действующем пути при стрелах до 50 мм уже следуют ограничения скорости движения, а при больших стрелах путь закрывается для движения.

При действии в рельсах продольной растягивающей силы, приходящей на смену сжимающей, стрела уменьшается. Скорость ее уменьшения вначале выше, чем скорость ее увеличения под действием продольной сжимающей силы, но затем она быстро падает, поскольку кривая $f(\tau)$ (см. рис. 2) стремиться к асимптоте $f = 0$. В результате этого при знакопеременном суточном изменении температуры рельсов, остаточная стрела изгиба рельсов имеет тенденцию накапливаться, что и наблюдалось в экспериментах.

С помощью статических методов расчета конструкций объяснить описанное явление невозможно, поскольку фактор времени в них не учитывается.

На знании приведенных зависимостей, полученных ранее другим методом, основана методика обнаружения опасных мест по устойчивости бесстыкового пути, введенная в действие Распоряжением ОАО «РЖД» № 1063 от 18.05.2010.

Повышение эффективности и надежности стрелочных переводов на Российских железных дорогах

Никитина Н. Н.

(ЗАО «Верхнее строение пути», nnikitina@vspholding.ru)

Material is devoted to improving the efficiency and reliability of the switches on the Russian railways

В принятой в России «Комплексной программе повышения эффективности эксплуатации железнодорожного пути и о необходимости внедрения инновационных технологий при его обслуживании» повышенное внимание уделено необходимости решения вопросов по повышению эффективности и надежности стрелочных переводов

В настоящее время уже на 700 м развернутой длины железных дорог приходится в среднем один стрелочный перевод и ежегодные затраты ОАО «РЖД» на закупку и содержание стрелочного хозяйства составляют более 10 млрд. руб. В настоящее время на многих важных линиях стрелочное хозяйство не отвечает требованиям стратегических задач освоения перевозок на ОАО «РЖД» (нет переводов, обеспечивающих высокие скорости на боковой путь, нет перевода для тяжеловесного движения, нет эффективных методов регулировки колеи, низкое качество жбб брусьев и др. Стратегией развития ж/д транспорта России предусмотрено поэтапное повышение срока службы стрелочных переводов от существующего в настоящее время 350 млн. т. брутто до 1000 млн. т. брутто к 2030 г., а так как срок службы переводов напрямую зависит от применяемых в них материалов верхнего строения пути, разработана программа совершенствования рельсов, креплений, резиновых прокладок и т. д.: в настоящее время срок службы рельсов типа Р65 - 750 млн. т. брутто – планируется увеличить срок службы **рельсов:**

- до 1500 млн.т. брутто – к 2015 г.;
- до 2500 млн.т. брутто – к 2030 г.

Планируется более широкое, чем в настоящее время, применение рельсов зарубежных производителей (сейчас на магистрали Москва – С-Петербург и уложено 120 компл. высокоскоростных переводов пр. 2956 и планируется в дальнейшем по 40-50 компл.

ежегодно, По отзывам коллег с НСЗ – отзывы о прямолинейности и стабильности размеров Японских рельсов самые положительные)

Для обеспечения нормативного срока службы рельсов 1500 и в перспективе 2500 млн. т. брутто уже сейчас на Евразе приступили к разработкам и планируется начать производство рельсов нового поколения:

- рельсов категории В;

- рельсов улучшенного профиля Р65Ш (включая увеличение высоты головки рельса и дифференцированную прочность – за счет термообработки по сечению рельса – а именно создание в головке рельса сжимающих напряжений, а не растягивающих как в настоящее время, что должно существенно замедлить развитие трещин. При этом высота головки увеличена на 4 мм. - для создание запаса металла на износ и шлифование (по опыту США – к сожалению не учтены наши пожелания об изменении конструкции подошвы по типу UIC – не создана прямая площадка для установки пружинных клемм типа Skl 12-32) ТУ на выпуск опытной партии рельсов Р65Ш, в 2014 г. планируется выпуск опытной партии (будут определенные сложности по применению таких рельсов в составе стрелочных переводов - но мы уже сейчас совместно с ВНИИЖТом готовим предложения по их применению)

- бейнитных рельсов (перлитная структура рельсов меняется на бейнитную, получаемую за счет внедрения специальной технологии охлаждения, в которых замедляется процесс образования контактно-усталостных дефектов, наиболее распространенных на Российских железных дорогах.

В 2013 г. – бейнитные рельсы производства Австрии (Фест-Альпине) испытываются на ЭК в Щербинке.

По **скреплениям** (основное направление - не обслуживаемые скрепления) – на основных путях зарекомендовали себя неплохо скрепления АРС и ЖБР-65, ведется укладка скреплений Фоссло-W300 и Пандрол. В стрелочных переводах - клемма Skl12-32. Требования, предъявляемые к пружинным клеммам - срок их службы должен быть не менее 1500 млн. т брутто.

Требования, предъявляемые к **прокладкам – амортизаторам** и др. полимерным материалам – это и изолирующие втулки, шайбы и т.д. – к 2015 г. – срок их службы должен быть не менее 1500 млн. т. брутто.

Требования, предъявляемые к **железобетонным брускам** для стрелочных переводов - срок их службы должен быть не менее 1500 млн. т. брутто. Российская компания БЭТ, с которой ЗАО «ВСП» по ряду вопросов тесно сотрудничает в плане разработки новой стрелочной продукции, и ТОО «ПМК» (Казахстан) планируют в 2014 г. запустить новое производство по изготовлению железобетонных брусков по новой технологии, которая позволит значительно улучшить их качество и уменьшить затраты на изготовление форм, и время на подготовку производства.

Это материалы верхнего строения пути, применяемые и непосредственно влияющие на срок службы стрелочных переводов.

Что касается непосредственно стрелочных переводов - предусмотрено поэтапное повышение срока службы стрелочных переводов от существующего в настоящее время 350 млн. т. брутто

- до 750 млн. т. брутто – к 2020 г.;

- до 1000 млн.т. брутто – к 2030 г.

Комплексной программой предусмотрено выполнение ряда мероприятий, направленных на повышение эффективности эксплуатации железнодорожного пути в соответствии с методикой УРРАН, которая должна быть внедрена в путевом хозяйстве в 2013 г., в основе ее лежит международная система стандартов RAMS где определяются показатели *безотказности, ремонтпригодности, готовности и безопасности*, эта система RAMS развита в методике УРРАН именно для условий ж.д. транспорта России и дополнена показателями *долговечности и экономики* на основе оптимизации стоимости жизненного

цикла объекта. Основная цель УРРАН - управление инвестициями и эксплуатационными расходами на основе оценки рисков и стоимости жизненного цикла объекта по состоянию. Базой является автоматизированная система учета отказов и контроля устранения отказов и анализа надежности технических средств.

Показатели (11 показателей) УРРАН для стрелочных переводов должны позволить:

- выявить наиболее часто отказывающие элементы стрелочного перевода;
- выявить накопление дефектов на стрелочном переводе за определенный период (наработку);
- выявить элементы стрелочного перевода с наименьшей наработкой между отказами;
- оценить правильность выбора на этапе проектирования;
- оценить влияние отказов и оперативность их устранения

Стрелочной лабораторией ВНИИЖТа ранее проводились такие работы и определены наиболее часто отказывающие элементы стрелочного перевода - крестовины (жесткие) и острия с основным дефектом выкрашивание. Эти факты взяты за основу при разработке мероприятий направленных на повышение эффективности стрелочных переводов и обеспечивающих выход на установленные показатели по срокам службы стрелочных переводов, которые предусматривают:

- расширение укладки стрелочных переводов с гибкими остриями и крестовинами с приварными рельсовыми окончаниями, конструкции которых позволяют производить сварку всех стыков для обеспечения непрерывной поверхности катания;

- **применения износостойких остриев** – в 2013 г. Это не снимает проблем связанных с необходимостью совершенствования технологии закалки, применяемой на стрелочных заводах, в т. ч. и внедрение 2-х сторонней закалки;

- **повышение износостойкости крестовин** за счет совершенствования конструкций отливок (применение моноблочных крестовин) и упрочнения зоны перекатывания – для чего в настоящее время специалистами нашего предприятия исследуется возможность применения принципиально новых технологий:

1. С объединяющим названием **СВС – самораспространяющийся высокотемпературный синтез**. Особенный интерес представляет способ получения при помощи СВС многослойных изделий. При проведении реакции СВС на металлической подложке (в нашем случае это высокомарганцовистая сталь) с температурой плавления подложки ниже температуры твердофазного горения) конечный продукт может к ней припекаться, если по окончании горения некоторое время остается в жидком состоянии, в этом состоянии он успевает растечься по подложке, подплавить ее поверхность и в результате получается многослойное изделие. Именно этот способ в настоящее время исследуется для упрочнения и повышения износостойкости поверхности высокомарганцовистых крестовин совместно с учеными научного центра СВС Московского института стали и сплавов и института структурной макрокинетики.

2. Технология изотермической закалки и адиабатного изменения структуры. Рассматривается целесообразность проведения НИОКР в области термодинамических процессов закалки и стабилизации при адиабатных процессах обработки изделий. Создание технологии получения закалочных сред способных быстро создавать термодинамическую защитную оболочку (покрытие) под воздействием термически разогретой заготовки с последующим обеспечением протекания адиабатного процесса.

- **применения роликовых опор** – рассматривается применение конструкций разработки МСЗ и зарубежных производителей;

- обновление основной номенклатуры стрелочных переводов с использованием комплектующих нового поколения (2013-2020 гг.)

- в области совершенствования типовых конструкций - серийно выпускаемых стрелочными заводами планируется (совместно с ВНИИЖТом) выполнение работ по совершенствованию *геометрии рабочих поверхностей стрелок и крестовин*;

- разработать и внедрить конструкции, позволяющие в переводах на жбб регулировать ширину колеи, есть несколько конструктивных предложений, в настоящее время изготавливаются опытные образцы;
- разработать мероприятия и конструкции, позволяющие уменьшить боковой износ рельсов бокового пути;
- оснастить стрелочный перевод элементами обеспечивающими безопасность движения (датчики положения остряка, доводчика, гарнитуры с внешним замыкателем и др.);
- разработать модернизацию стрелочного перевода пр. 2726 с целью повышения скоростей с 200 до 250 км/час (мы сделали первые шаги – изготовили и испытали новые гарнитуры -17801-серт. и 17853);
- при проектировании новых конструкций за основной принцип принимается – конструкция должна наилучшим образом соответствовать конкретным условиям эксплуатации и в ближайшие годы необходимо будет разработать:
 - ст. перевод для высоких скоростей по основному и боковому пути
 - ст. перевод для преимущественного движения на боковой путь (станок НС-611 – правые левые крестовины с обработкой рабочего канта по радиусу)
 - горочный ст. перевод на современной элементной базе (пр. 2946 – формы исправлены)
 - ст. перевод для крупных станций и узлов
 - ст. перевод для пути с межремонтным ресурсом до 5 млн. т. брутто (это уже заоблачные мечты - но мечтать не вредно).

Проблемы и перспективы бесстыкового пути

Новакович В. И. (РГУПС, pph@kaf.rgups.ru)

Theses uncovered problems and prospects of continuous welded rail

За прошедшие годы конструкция, способы укладки, содержания и ремонта бесстыкового пути претерпели существенные изменения.

Сегодня процесс совершенствования бесстыкового пути продолжается. Исследуются вопросы минимально и максимально возможной длины рельсовых плетей, методов расчета конструкции на прочность и устойчивость, вопросы максимально допустимых деформаций на концах рельсовых плетей и при изломе рельсов. Остаются нерешенными проблемы восстановления рельсовых плетей сваркой, а также ввода их в оптимальный температурный режим работы. Существует необходимость переобучения персонала, занятого содержанием и ремонтом бесстыкового пути.

В 1991 г. в расчетах на прочность допускаемые растягивающие напряжения были увеличены на 50 МПа. Таким образом, верхняя граница расчетного температурного и интервала была отодвинута на 20 °С. В результате в подавляющем большинстве случаев и формальная необходимость в сезонных перезакреплениях рельсовых плетей отпала. Однако в экстремальных случаях (при малых радиусах кривых и в суровых климатических условиях) по существующей методике расчета такая необходимость остается.

На порядок, если не на два порядка, более опасным для железнодорожного пути является превышение не предела прочности, а предела устойчивости рельсовой колеи. Дело в том, что методика расчета бесстыкового пути на устойчивость до сих пор основывается на материалах статических стендовых опытов, проведенных в самом начале внедрения бесстыкового пути. Эти эксперименты на 100-метровом стенде не могли учитывать динамики воздействия поездов, а потому не столько воспроизводили процесс потери устойчивости, сколько его искажали.

До распространения бесстыкового пути на восточных железных дорогах существовало ошибочное мнение о том, что при суровом климате увеличится вероятность изломов рельсов. Статистические данные показывают, что при общем увеличении протяженности

бесстыкового пути за последние 10 лет на 35 тыс. км более трети прироста достигнуто за счет железных дорог Сибири и Дальнего Востока и при этом число изломов рельсовых плетей в пересчете на единицу длины бесстыкового пути сократилось почти в 9 раз!

Необходимо ликвидировать уравнильные пролеты не только при капитальном ремонте, но и при средних ремонтах. Еще более необходима ликвидация сваркой с вводом в оптимальный температурный режим работы мест, где оставлены на неопределенное время временные рельсовые вставки.

Анализируя закон изменения стрел изгиба в плане, определили, что по влиянию на устойчивость среди всех известных факторов доминирует продольная сжимающая сила. Сопротивления изгибу рельсошпальной решетки, погонные сопротивления сдвигу шпал в балласте хотя и влияют на скорость роста стрел во времени, но это не идет ни в какое сравнение с действием величины продольной сжимающей силы в рельсах. Поскольку все равно необходимо закреплять рельсовые плети при высокой температуре, то и в нормах необходимо все внимание при контроле состояния бесстыкового пути сосредоточить на обеспечении оптимальной температуры закрепления рельсовых плетей. Исследования показали, что при малых стрелах изгиба, которые возможны при движении поездов даже с ограниченной скоростью, в процессе эксплуатации степень прижатия рельсов к шпалам на изгибную в плане жесткость рельсошпальной решетки не влияет. Для более надежного обеспечения устойчивости бесстыкового пути погонные сопротивления сдвигу шпал в балласте в расчетах должны приниматься по вероятности минимальными.

В перспективе требуется решить вопрос сварки рельсовых плетей со стрелочными переводами.

Основной современной задачей повышения эффективности бесстыкового пути является ускоренное и повсеместное увеличение длины рельсовых плетей до протяженности перегонов. При разработке нормативных документов по бесстыковому пути следует отказаться от использования устаревшей статической теории его расчета на прочность, устойчивость и деформативность и перейти на применение апробированной теории, учитывающей факторы времени и воздействие поездов. Необходимо как можно скорее увеличить оснащенность путейских подразделений техникой, позволяющей сваривать рельсовые плети на перегоне и при этом закреплять их в оптимальном температурном режиме эксплуатации. Требуется также более углубленное переобучение персонала, занятого содержанием и ремонтом бесстыкового пути, а также преподавательского состава высших и средних учебных заведений.

О применении и преимуществах бесполостного дренажа в конструкции железнодорожного пути

Блажко Л. С., Штыков В. И., Черняев Е. В. (ПГУПС, chevgen@list.ru)

A solid elevation drainage increasingly part of the practice of construction in different branches of industry and agriculture. Especially effectively its use in clay soils, as a rule, soil heaving, and whenever a combination of business functions, such as effective drainage of water and increasing the bearing capacity of the base.

Бесполостным называется дренаж, водоотводящая полость в котором заполнена крупнозернистым, хорошо фильтрующим материалом.

Термин бесполостной подчеркивает конструктивное отличие рассматриваемого типа дренажа от традиционного, обязательным элементом которого является крупная водоотводящая полость с незакрепленными (кротовые дрены) или закрепленными (трубчатые дрены) стенками. Кроме того, термин «бесполостной дренаж» является обобщающим, что позволяет отвлечься от конкретного материала заполнителя и выделить

тип дренажа, движение воды в котором независимо от материала заполнителя, подчиняется одним и тем же гидравлическим закономерностям. Термин «бесполостные осушители» впервые предложен Н. И. Ершовым в 1947 году.

Бесполостной дренаж ввиду развитого поперечного сечения обладает более высокой водозахватной способностью по сравнению с трубчатым и сохраняет работоспособность при пучении. Сами по себе бесполостные дрены являются противопучинным мероприятием и расположение на них лотков уменьшает расходы на их эксплуатацию, так как меньше подвержены смещениям вследствие воздействия различных факторов.

В период начала оттаивания грунтов земляного полотна наряду с отведением поверхностного стока очень важно своевременно отвести избыточную влагу и из земляного полотна. В этот период засыпка подкуветных дренажей находится в мерзлом состоянии и её водопроницаемость зависит от её льдистости (содержание льда внутри пор засыпки). Льдистость засыпки определяется главным образом её коэффициентом водоотдачи (водоотдача – способность засыпки, насыщенной до полной влагоёмкости отдавать часть воды (свободным её стеканием) под действием силы тяжести). Коэффициент водоотдачи зависит в основном от крупнозернистости, пористости и смачиваемости материала. Чем более мелкозернистый материал засыпки тем меньше его коэффициент водоотдачи. При известной величине коэффициента водоотдачи исходная льдистость засыпки может быть определена по зависимости (1)

$$i_0 = \frac{n - \mu}{0,917} \quad (1)$$

где i_0 – исходная льдистость засыпки в долях от единицы;

μ – коэффициент водоотдачи;

n – пористость засыпки в долях.

Так как инфильтрация в мерзлую засыпку происходит, когда она имеет хоть и небольшую по величине, но отрицательную температуру, то внутренняя льдистость её увеличивается за счет частичного замерзания фильтрующейся воды.

Приращение льдистости Δi рекомендуется определять по формуле:

$$\Delta i = \frac{(0,458 \cdot i_0 + 0,175 \cdot \gamma_0 + 1,013 \cdot \gamma_0 \cdot W_n) t}{73,2} \quad (2)$$

где i_0 – льдистость засыпки до инфильтрации в неё воды в долях;

γ_0 – объемная масса засыпки в сухом состоянии, г/см³;

W_n – содержание по массе в мерзлой засыпке незамерзшей воды, в долях;

t – абсолютная величина средней отрицательной температуры мерзлого слоя засыпки.

Если известен коэффициент фильтрации засыпки в талом состоянии K_0 , то её коэффициент фильтрации в мерзлом состоянии K_m можно определить по формуле:

$$K_m = K_0 \cdot \frac{\left(1 - \frac{i + 0,04}{n - \gamma_0 \cdot W_c}\right)^3}{1 + \frac{2,8(i + 0,04)}{(1 - n + \gamma_0 \cdot W_c) \cdot (1 - 0,6\sqrt{i + 0,04})}} \quad (3)$$

где $i = i_0 + \Delta i$; – суммарная льдистость засыпки с учетом приращения льдистости в процессе инфильтрации;

W_c – содержание в засыпке прочносвязанной влаги по массе, за которое принимается влажность, соответствующая количеству незамерзшей воды при температуре -8°C .

Подкюветный дренаж в виде бесполостной дрены на всю высоту заполнен крупнозернистым материалом, у которого средняя величина коэффициента водоотдачи для фракции щебня 10-20 мм при средней пористости $n = 0,46$, составляет 0,437, а коэффициент фильтрации в талом состоянии 6 см/с. При использовании в качестве засыпки щебня величинами W_n и W_c можно пренебречь. В этом случае коэффициент фильтрации заполнителя (щебня) бесполостной дрены в мерзлом состоянии будет в среднем равен 4,7 см/с. Если в подкюветном дренаже использовать трубчатую дрену, то расчетный коэффициент фильтрации засыпки из песка в мерзлом состоянии составит около $1 \cdot 10^{-4}$ см/с или 0,1 м/сут., при величине приращении льдистости за счет замерзания инфильтрующейся воды Δi в обоих случаях принятой равным 0,03. В расчете приняты следующие характеристики засыпки из песка: $d_{10} = 0,02$ см; $d_{17} = 0,05$ см; $d_{60} = 0,07$ см; $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 3,5$;

$n = 0,37$; $\mu = 0,21$. Из сопоставления полученных результатов следует, что применение бесполостного дренажа лишь несущественно снизит свою фильтрационную способность, но будет активно действовать в течение всего весеннего периода до полного оттаивания земляного полотна при уменьшении расходов на его содержание.

О разработке проектов ГОСТ элементов конструкций железнодорожного пути

Блажко Л. С., Захаров В. Б., Черняев Е. В. (ПГУПС, vlad_zaharov@mail.ru)

In the development of standards in the field of railway Transport brings together leading research, design and engineering technology organizations train Transportation and Industry (VNIIZhT, VNIKTI, VNIIZHG, VNIUP, VELNII, Research Institute, etc.). Since 2010, the department of «railway track» and laboratory «Turnout economy» take an active part in the development of standards, regulatory requirements for elements of the intermediate rail joints and butt. The department developing 16 projects from 29 interstate standards relating to the permanent way. The work is carried in full compliance with GOST R 50.1.035-2001 Recommendations for standardization. The order of application of international and regional standards in the Russian Federation, GOST 1.0-2004, 1.2-2004 GOST, GOST R 1.5-2004, GOST 1.13-2004, GOST 1.5-2001, regulatory, technical and technological documentation relating to the production, operation, inspection and testing elements of intermediate and butt rail fasteners, reports on the results of research carried PGUPS.

В разработке стандартов в области ж.д. транспорта принимают участие ведущие научно-исследовательские, проектно-конструкторские и проектно-технологические организации ж.д. транспорта и промышленности (ВНИИЖТ, ВНИКТИ, ВНИИЖГ, ВНИИУП, ВЭлНИИ, ГосНИИВ и др).

С 2010 года кафедра «Железнодорожный путь» и НИЛ «Стрелочного хозяйства» принимают активное участие в разработке группы Стандартов, регламентирующих требования к элементам промежуточных и стыковых рельсовых скреплений.

Кафедра разрабатывает 16 проектов межгосударственных стандартов из 29, относящихся к верхнему строению пути.

Работа выполняется в полном соответствии с ГОСТ Р 50.1.035-2001 Рекомендации по стандартизации. Порядок применения международных и региональных стандартов в Российской Федерации, ГОСТ Р 1.0-2004, ГОСТ Р 1.2-2004, ГОСТ Р 1.5-2004, ГОСТ Р 1.13-2004, ГОСТ 1.5-2001, нормативной, технической и технологической документацией, касающаяся производства, эксплуатации, контроля и испытаний элементов промежуточных и стыковых рельсовых скреплений, отчетами по результатам НИР, выполненных ПГУПС.

Промежуточное рельсовое скрепление для грузонапряженных участков железных дорог

Исаенко Э. П. (БГТУ им. В. Шухова), Финк В. К. (ТОО «Магнетик»), Косенко С. А.
(КазАТК, kosenko.s.a@mail.ru)

This article is devoted into the analysis of the main rails clips.

Анализ технического состояния элементов верхнего строения пути магистральных железных дорог Казахстана убеждает, что параметры промежуточных рельсовых скреплений далеки от совершенства.

Из-за этого сокращается срок службы рельсов и отдельных элементов скреплений, не реализуется, например, на скреплении КБ-65 достаточное прижатие рельса к шпале, на скреплении ЖБР-65 с прокладками ЦП 204 слишком велика раскантировка рельса в кривых, скрепления Vossloh не обеспечивают регулировку положения рельса по высоте и достаточно дорогие.

Скрепления КБ-65 и ЖБР-65 не обеспечивают стабильной ширины рельсовой колеи. По этим причинам не достигнута солидарная работа элементов верхнего строения пути под поездами и сокращается срок службы самого главного элемента пути – рельса.

Сегодня нет вопроса о выборе типа рельса для главных путей магистральных железных дорог, так как 99 % всех главных путей уложены рельсами Р65 и в ближайшем будущем из-за продолжающегося роста вагонных осевых нагрузок и скоростей движения поездов такой вопрос не возникнет.

Разработка конструкции стабильного промежуточного рельсового скрепления для прямых и кривых участков пути актуально, так как примерно 30 % пути расположено в кривых. В первую очередь необходимо обеспечить стабильность ширины рельсовой колеи.

Для этого, авторами изобретения промежуточного рельсового скрепления KZF-07 (Финк В.К., Исаенко Э.П., Гречаниченко Д.Ю. Косенко С.А.) были использованы апробированные элементы лучших промежуточных рельсовых скреплений (шуруп и дюбель Vossloh, клемма ОП-105, модернизированная подкладка КБ-65).

Анализ размерных цепей этого скрепления позволяет получить в пути отступления в ширине рельсовой колеи не более ± 2 мм. Этот результат достигнут за счет правильной компоновки элементов скрепления.

Высокое качество материала нащпальной и подрельсовой прокладок и, как показали расчеты, сравнительно невысокие напряжения в них при пропуске поездов, позволяют обеспечить их устойчивую работу в конструкции пути. В итоге скрепление KZF-07 (рисунок 1) является равнопрочным с рельсом по наработке тоннажа, а значит – по сроку службы.

Прокладка (1) под подкладку (2) изготавливается из современных полимерных материалов, с коэффициентом трения 0,5-0,6, твердостью по Шору 65-70 единиц, устойчивой к осевым маслам и к минусовым температурам до -50°C .

В тело железобетонной шпалы замоноличивается пластмассовый дюбель «Vossloh», изготавливаемый из полиэтилена низкого давления. Пластмассовый дюбель имеет внутреннюю и наружную резьбы. Использование в конструкции дюбеля наружной резьбы создает возможность его замены с помощью специального приспособления для выкручивания. Усилие выкручивания пластмассового дюбеля нормируется и составляет около 150 Н/м.

Результаты испытаний железобетонных шпал показывают, что они по своим техническим параметрам удовлетворяют требованиям нормативных документов.

Укороченная подкладка КБ-65 (см. рис. 1, поз. 2) с увеличенной вверх на 15 мм ребордой, в виде ложементов для фиксации ветвей пружинной клеммы. Подкладка прикручивается к поверхности железобетонной шпалы при помощи универсального болта-шурупа (поз. 4) с моментом закручивания около 250 Н/м.

Комплекция всех деталей производится на заводе изготовителе железобетонных шпал где и производится установка прокладки (поз. 3), упругой клеммы (поз. 5), стальной шайбы (поз. 6) и гайки М22 (поз. 7).

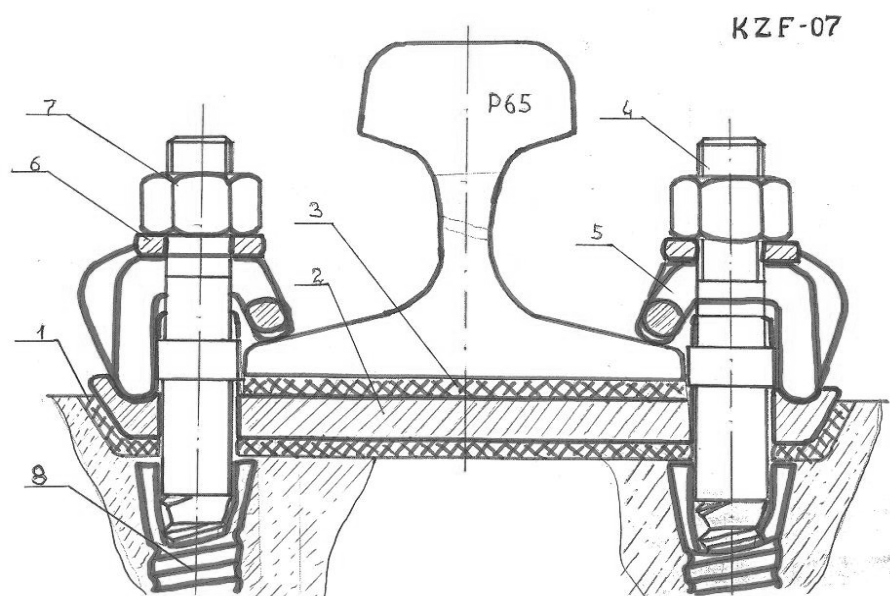


Рис. 1. Общий вид скрепления KZF-07:

1 – прокладка под подкладку; 2 – укороченная подкладка КБ 65; 3 – прокладка под подошву рельса; 4 – универсальный болт-шуруп; 5 – упругая клемма Skl-12, ОП-105; 6 – шайба стальная диаметром 22 мм; 7 – гайка М22; 8 – пластмассовый дюбель

Методика прогнозирования роста затрат на текущее содержание пути при внедрении интенсивных технологий эксплуатации

Бельтюков В. П. (ПГУПС, bw@pochta.tvoe.tv), Левинзон М. А., Харитонов Б. В. (ООО «ИЦ ВЭИП», lma.veip@yandex.ru)

Modern intensive technologies of railway operation (increase of operational speeds, axial loads, weight and length of trains) introduction with new track structures & rolling stock results in force interaction variation on railroad track, therefore, on track maintenance costs..

Внедрение современных интенсивных технологий эксплуатации железных дорог (повышение скоростей движения, осевых и погонных нагрузок, веса и длины поездов ит.д.), а так же новых конструкций пути и подвижного состава сопровождается изменением уровня силового воздействия подвижного состава на путь, а, следовательно, и трудозатрат на текущее содержание пути. Для оценки технико-экономической эффективности подобных мероприятий необходимо использовать методику прогнозирования трудозатрат на текущее содержание в зависимости от силового воздействия на путь.

Существующие гипотезы, применяемые для решения поставленных задач основаны на результатах стендовых испытаний. Существует проблема привязки этих гипотез к конкретным эксплуатационным условиям для уточнения методов оценки показателей

воздействия на путь при неоднородном поездопотоке и определения характера зависимостей трудозатрат от этих показателей.

Были предложены решения для обеих сформулированных задач. На основании математического моделирования процессов взаимодействия разработаны комплексные показатели напряженно-деформированного состояния пути. Корреляционные методы исследования позволили определить характер зависимостей трудозатрат от полученных комплексных показателей.

Методика апробировалась на базе участков Октябрьской ж.д. с различными конструкциями пути, в том числе и на линии Санкт-Петербург – Москва.

В качестве исходных данных использовалась информация о структуре реального поездопотока на участке, реализуемых скоростях движения, неровностях пути, результаты прохода нагрузочного диагностического комплекса СМ-460 НПФ «Спецмаш» (жесткость пути и жесткость креплений, позволяющие определить модуль упругости подрельсового основания).

С использованием программного комплекса «Взаимодействие экипажа и пути» было проведено математическое моделирование всех вариантов воздействия подвижного состава на путь на выбранном участке. В результате расчетов для каждого километра были получены оценки силового воздействия на путь и напряженно-деформированного состояния его элементов. Проведенные расчеты позволили построить функции распределения напряжений в балласте и вертикальных сил и определить максимально вероятные значения показателей на участках.

Полученные результаты были сопоставлены с величинами трудозатрат на текущее содержание пути на выбранных участках.

Построены корреляционные зависимости модуля упругости пути от жесткости пути и жесткости узла крепления, а также зависимости трудозатрат от вертикальной силы на рельс и от напряжений в балласте под шпалой.

Полученные результаты позволяют сделать для проанализированных участков следующие выводы:

1. Наиболее эффективным методом управления величиной модуля упругости пути является изменение жесткости узла крепления (за счет изменения либо конструкции крепления, либо жесткости используемых прокладок)
2. Разработаны комплексные показатели оценки силового воздействия подвижного состава на путь для конкретных условий эксплуатации
3. Установлены зависимости трудозатрат на текущее содержание пути от комплексных показателей напряженно-деформированного его состояния.

Прогнозирование состояния пути при решении задач оптимизации его обслуживания

Бельтюков В. П. (ПГУПС, bw@pochta.tvoe.tv)

The special track behavior model is created for forecasting of changes intrack condition within 2 – 3 years. Model is based on the probability and reliability theories. Optimization technology for maintenance of way system is based on life cycle cost analysis.

В соответствии с действующей в ОАО «РЖД» нормативной документацией система обслуживания верхнего строения железнодорожного пути предусматривает три вида планирования ремонтов: перспективное, текущее и трехлетнее. Перспективное планирование позволяет определить на перспективу среднегодовые объемы ремонтов. Текущее планирование представляет собой планирование ремонтов на предстоящий год по критериям, учитывающим фактическое состояние пути.

Недостаток этих видов планирования в том, что не учитываются особенности участка пути и история изменения его состояния. Для преодоления этого недостатка введено среднесрочное перспективное планирование, основанное не прогнозировании изменения состояния пути и технико-экономических расчетах, при котором определяется для участка схема выполнения ремонтов и текущего содержания, при которой обеспечится минимальная стоимость жизненного цикла верхнего строения пути на перспективу.

Для прогнозирования изменения состояния пути разработана специальная модель работы пути, основанная на теории вероятности и надежности. Для большинства типовых конструкций пути и условий эксплуатации в ходе разработки модели определены параметры интенсивности нарастания отклонений в состоянии пути и дефектности его элементов в зависимости от наработанного тоннажа.

Алгоритм решения задачи состоит из трех этапов.

Первый этап – прогнозирование изменения состояния пути.

При этом производится сбор исходных данных: о конструкции пути и условиях эксплуатации, дефектности элементов пути, накоплении неисправностей геометрии пути; проведенных работах; расходах путевого комплекса и других хозяйств, связанных с состоянием пути.

Прогнозирование расходов на содержание пути базируется на анализе изменения объемов работ текущего содержания, прогноза накопления дефектности элементов и отступлений геометрии пути, или на среднесетевых зависимостях накопления отказов и отступлений.

Второй этап – экономическая оценка.

На этом этапе производится определение затрат на текущее содержание пути, которые включают в себя расходы на замену дефектных элементов, на приведение геометрического положения пути к норме, суммарные расходы на текущее содержание пути. Также производится определение затрат на ремонты пути и сопутствующих затрат других хозяйств. Прогнозируются затраты на предстоящие периоды в случаях выполнения или невыполнения ремонтов.

Третий этап – оптимизация.

Этот этап представляет собой выбор наиболее приемлемой среднесрочной стратегии содержания пути. На этом этапе определяется несколько вариантов содержания пути: на каждый год по вариантам можно назначать текущее содержание, промежуточные или капитальные ремонты. Варианты сравниваются, и выбирается наилучший вариант по минимуму затрат в течение оставшейся части жизненного цикла, выполняются конкретные расчеты по нахождению оптимальных стратегий содержания пути и распределению объемов ремонтов пути по участкам и годам.

Предлагаемый метод расчета железнодорожного пути на прочность

Карпачевский Г. В. (РГУПС, telecomtrans@rgups.ru)

This paper is presented a new method for calculating the estimated railway track on the strength

В существующей методике расчетов, вертикальные силы определялись с допущением, что подрельсовое основание абсолютно ровное. В расчете неровности рельсов, влияющие на величину динамических сил принимались как длинные, возникающие из-за неравномерного износа рельсов, микронеровности, образовавшиеся вследствие остаточных деформаций изгиба рельсов, получившихся при прокатке или от чрезмерных усилий, воспринимаемых рельсом от подвижного состава и упругих неровностей, образующихся при движении колес вследствие неравноупругости рельсового основания.

Принятая методика расчета рельса на прочность не учитывает фактора неровностей подрельсового основания. Требовать в нормативах можно и нужно, чтобы подрельсовое основание было достаточно ровным, но в методике расчета следует учитывать реальные факты. А реально - подрельсовое основание, особенно на отечественных железных дорогах, никогда и нигде не бывает ровным. Причинами этого могут быть: пучины, просадки, огрехи при выправке пути машинами или вручную и т.п.

Статический расчет рельса, как балки бесконечной длины на упругом основании в методике дополняется увеличением вертикальной силы от колес подвижного состава, влияющим на дополнительные инерционные силы от колебаний рессор, а так же неровностей на пути и на колесе. При этом оказалось, что по данной методике доминирует влияние неровности на пути. На влияние неровностей на путь приходится 96% динамических добавок. В таком случае влиянием остальных факторов можно пренебречь.

Увеличение вертикальной статической нагрузки от колеса на рельс учетом инерционных сил, возникающих при проходе колеса по неровности на пути, принимается в зависимости от коэффициента, который входит в формулу, как множитель. При этом считается, что:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{I_{P50}}{I_x}}, \quad (1)$$

где I_{P50} – момент инерции сечения рельса относительно горизонтальной оси типа Р50;

I_x – момент инерции сечения другого, более тяжелого или легкого рельса.

В результате получается, что чем тяжелее рельс, тем меньшие вертикальные динамические силы действуют на него от колес подвижного состава. Для рельсов Р50 $\beta = 1,0$, для Р65 $\beta = 0,87$, для Р75 $\beta = 0,82$. Соображения, по которым принята для β формула (1) основываются на том, что плавная изолированная неровность на пути зависит от неравноупругости пути, т.е. от изменения плотности подбивки балластом под отдельными шпалами.

Фактически выход рельсов происходит по усталостной прочности. Для реального применения этой методики должен быть собран статистический материал, характеризующий совокупность случайных величин неровностей, возникающих под реальной осевой нагрузкой. Для расчета рельса на прочность с учетом вероятности максимального воздействия необходимо знать диапазон напряжений от максимума до минимума и среднюю величину упругих деформаций, вызывающих кромочные напряжения. Усталостная прочность зависит, прежде всего, от частоты силового воздействия и величины средних кромочных напряжений. Статистика и расчеты покажут, какая есть реальная возможность увеличения скоростей и осевых нагрузок от подвижного состава.

В частности, вытекает важный вывод о том, что рельсы не должны быть слишком тяжелыми и, особенно, высокими. Чем меньше z , тем меньше будут кромочные напряжения. То есть, чем меньше погонная масса рельса, тем он прочнее и устойчивость пути под действием сжимающих продольных сил при более легких рельсах существенно выше.

В результате рельс, какой бы массы он в реальных пределах не был, под поездной нагрузкой прогибается, описывая конфигурацию неровности подрельсового основания.

Эта неровность с достаточной точностью может быть описана синусоидой (рис.1)

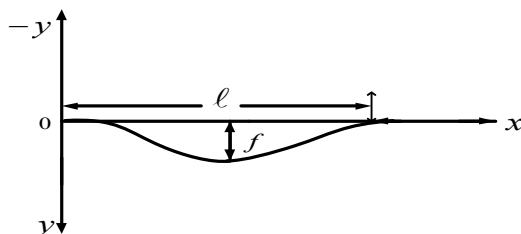


Рис. 1. Конфигурация оси рельса при вертикальной просадке пути

$$y = \frac{f}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{\ell} \right) \approx f \sin^2 \frac{\pi x}{\ell} \quad (2)$$

Из механики знаем, что максимальная кривизна неровности равна:

$$\frac{1}{\rho} = y'' = \frac{M}{EI}, \quad (3)$$

где ρ – радиус кривизны;

y'' – вторая производная от (2);

M – изгибающий момент;

EI – изгибная жесткость рельса (E – модуль упругости рельсовой стали; I – момент инерции рельса относительно горизонтальной нейтральной оси).

Поскольку кромочные напряжения

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{Mz}{I} \quad (4)$$

где z – расстояние от нейтральной оси до кромки рельса, то дифференцируя дважды (3) для точки с максимальной кривизной, где $x = \ell / 2$ получим, что

$$\sigma = \frac{Ez}{\rho} = \frac{2\pi^2 f E z}{\ell^2} \quad (5)$$

Поскольку при большей жесткости рельсов на относительно ровных участках железнодорожного пути, где площадь контакта зависит от величины прогиба, контактные напряжения тем меньше, чем меньше масса рельсов. В частности, приведены такие цифры: выход по контактноусталостным признакам для рельсов типа Р50 составляет 75 %, для Р65-85 %, для Р75-94 %. Уменьшение погонной массы рельсов на сети отечественных железных дорог даст громадную экономию энергетических, материальных и трудовых расходов при одновременном повышении надежности работы железнодорожного пути и безопасности движения поездов.

Проблеми впровадження швидкісного руху поїздів в Україні

Даніленко Е. І. (ДЕТУТ), Курган М. Б., Курган Д. М. (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru)

В работе представлены проблемы, связанные с внедрением скоростных поездов на железных дорогах Украины

The ways of problem solving tasks with the introduction of speed trains in Ukraine are presented

На європейських залізницях впроваджено високошвидкісний рух пасажирських поїздів зі швидкістю 200-250 км/год і більше. На залізничному транспорті України впроваджується рух пасажирських поїздів зі швидкістю до 160 км/год, однак при цьому необхідно вирішити достатньо складну проблему розподілу мережі на напрямки з переважно вантажним та переважно пасажирським рухом, підвищити частоту руху пасажирських поїздів.

Незважаючи на наявний досвід упровадження швидкісного руху у світовій практиці, в умовах України, як і в інших взаємодіючих з нею країнах СНД, робота ускладнюється рядом специфічних факторів, що вимагають особливого підходу. Проблема не була такою гострою, поки не з'явилася необхідність впровадження швидкісного руху та моніторингу технічного стану плану колії. Згідно до Європейських та міжнародних стандартів, швидкісним вважаються залізниці, на яких здійснюється рух поїздів зі швидкостями 160-200 км/год.

У 80-х роках минулого століття, проблема підвищення швидкостей руху поїздів знайшла відображення в цільових комплексних програмах союзного значення: «Швидкість», «Прогрес», «Прискорення», які, однак, не були реалізовані. Одна з причин нездійснення цих програм є те, що до рівня максимальної швидкості 160 км/год намагалися привести всю інфраструктуру залізниці навіть на тих ділянках, де встановлена максимальна швидкість не реалізовувалась.

На основі закордонного і вітчизняного досвіду вчені і фахівці залізничного транспорту України визначили концепцію організації швидкісного і високошвидкісного руху пасажирських поїздів, що передбачає поетапне підвищення швидкостей руху.

Реалізацію першого етапу, тобто впровадження швидкості руху пасажирських поїздів до 160 км/год пропонується здійснити на існуючих залізничних лініях з відповідною реконструкцією плану, профілю та інфраструктури - напрямки переважно пасажирського руху.

Впровадження швидкості пасажирських поїздів до 200 км/год, також може бути виконана на існуючих залізничних лініях – напрямки суто пасажирського руху, однак потребує більш істотної реконструкції траси і всього комплексу споруд та пристроїв. Експлуатація таких залізниць вимагає розмежування вантажного й пасажирського руху з переключенням частини вантажопотоку на паралельні напрямки.

В той же час більшість нормативних документів, спираючись на діючі Правила технічної експлуатації і Державні будівельні норми (ДБН В.2.3-19-2008), не враховують особливості й специфіку, що має місце при розмежуванні вантажних і пасажирських перевезень.

Дійсно, визначальним параметром при впровадженні прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів є максимальна швидкість. Якраз за цим параметром встановлюється категорія залізниці, що підлягає реконструкції. Такі показники як вантажонапруженість, кількість поїздів здавалося б можна не приймати до уваги, тому що категорія залізниці встановлена по максимальній швидкості, отже визначені й відповідні їй норми до реконструкції профілю плану й інфраструктури. Але при реконструкції існуючих залізниць, які знаходяться в різних експлуатаційних умовах і відрізняються параметрами плану й профілю, такий підхід був би невірним. Тому в Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269) наведено норми і вимоги, які враховують як категорію залізниці за класифікацією ДБН В.2.3-19-2009, п. 4.2, так і характеристику напрямків: І-П -

прискорений пасажирський рух суміщений з прискореним рухом приміських поїздів; І-ПС - суміщений рух прискорених пасажирських з вантажними збірними і приміськими поїздами. Напрямки суто пасажирського швидкісного руху і суто вантажного руху не розглядаються.

На ділянках прискореного руху поїздів, при суміщеному русі пасажирських і вантажних поїздів, для запобігання проблем експлуатаційного й технічного характеру, пов'язаних перш за все з розладами верхньої будови колії, порушенням плавності й комфортабельності їзди, *необхідно передбачати максимально-можливе розділення пасажирських і вантажних перевезень.*

Так, за рахунок переключення вантажних поїздів на паралельні ходи створено пасажирський хід Львів-Здолбунів-Коростень-Київ-Полтава-Лозова-Донецьк. На напрямку Київ-Полтава-Лозова-Донецьк у розкладі руху на 2012 рік передбачалось 16 прискорених пасажирських поїздів, 4-5 приміських і 1-3 збірний поїзд. А на ділянці, наприклад, Київ-Коростень відповідно 20 прискорених (з урахуванням 6-ти літніх), 31 приміський і 2 збірних поїзда.

На інших напрямках, де впроваджено прискорений рух поїздів, картина ще більш виразніша. Так, на напрямку Лозова-Сімферополь в літній період кількість поїздів становить від 90 до 110 в кожному напрямку, в тому числі пасажирських від 55 до 80 %. На напрямку Київ-Зернове співвідношення поїздів таке: вантажних 20-30 %, пасажирських 70-80 %, на напрямку Київ-Жмеринка-Одеса: вантажних 25-30 %, пасажирських 70-75 %.

Наведені дані підтверджують необхідність при розробці нормативних документів враховувати той факт, що залізниці на зазначених напрямках працюють в різних експлуатаційних умовах., відрізняються параметрами поздовжнього профілю й плану, мають різні можливості щодо реалізації максимальної швидкості руху. Природно виникає питання щодо обґрунтування конструкції верхньої будови колії. На швидкісних напрямках доцільно впроваджувати безпідкладкові пружні скріплення на залізобетонних шпалах, можлива менш щільна епюра шпал 1680 шт/км тощо.

З наведених аргументів випливає, що при реконструкції ділянок для впровадження прискореного й швидкісного руху поїздів необхідно за наявності відповідного техніко-економічного обґрунтування збільшити радіуси окремих кривих, привести підвищення зовнішньої рейки у відповідність до швидкості руху, довжину перехідних кривих – у відповідність до величини підвищення й крутизни його відводу. Прийняти такі параметри утримання кривих, які б відповідали швидкісному чи прискореному руху, тобто забезпечили безпеку, плавність і комфортабельність їзди. Якраз на вибір вище названих параметрів кривих впливають і обсяги перевезень, і структура поїздопотoku, і складність плану існуючої лінії, й експлуатаційні умови. Тобто проблема розмежування вантажного й пасажирського руху давно назріла і її необхідно негайно вирішувати.

Комплексний підхід до впровадження швидкісного руху поїздів в Україні

Курган М. Б. (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru), Торопов Б. І. (Київдіпротранс)

Предлагается системный подход к введению скоростного движения на железных дорогах Украины, который предусматривает требования, как для инфраструктуры, так и для подвижного состава

The system approach to introduction of high-speed movement on the railways of Ukraine which considers the balanced requirements, both to an infrastructure and to a rolling stock is offered.

Незважаючи на наявний досвід упровадження швидкісного руху у світовій практиці, в Україні, як і в інших країнах СНД, умови роботи залізниць залишаються більш важкими, ніж

на закордонних дорогах навіть при зниженні обсягів перевезень за останні роки. Це характеризується, насамперед, величиною статичного навантаження на вісь, середньою масою вантажних поїздів, що обертаються, інтенсивністю перевезень вантажів, яка в 3-4 рази перевищує середньоєвропейський рівень. Названі фактори приводять до підвищеного впливу вантажного рухомого складу на колію. Через збільшення інтенсивності розладів колії не можна суміщати вантажний рух з швидкісним рухом пасажирських поїздів. Для вирішення цього питання Укрзалізницею прийнята стратегія розмежування вантажних і пасажирських перевезень і відповідна класифікація інфраструктури: А – суто пасажирський рух, Б – переважно пасажирський і В – змішаний рух. Відповідно до класифікації повинні бути й різні нормативи до утримання інфраструктури і вимоги до перевезень.

Іншою проблемою є створення сучасного рухомого складу для швидкісного руху. Конструкційно нові вагони, наприклад, виробництва Крюківського вагонобудівного заводу, можуть рухатись зі швидкістю до 200 км/год, але немає локомотивів, які б розвивали таку швидкість.

На ДП «НВК «Електровозобудування» спільно з німецьким концерном «Сіменс АГ» виготовляються вантажно-пасажирські електровози змінного струму ДСЗ з конструкційною швидкістю 160 км/год. Відпрацьовані технічні вимоги на розробку і виготовлення магістральних пасажирських двосистемних електровозів з асинхронним приводом на конструкційну швидкість 200 км/год. Але це – перспектива. В протиположності традиційному підходу є інший – застосування моторвагонного рухомого складу, наприклад типу Hyundai, Scoda і КВБЗ (Крюківського вагонобудівного заводу), який 16 січня 2012 року пройшов перші випробування. Склад міжрегіонального поїзду КВБЗ - 9 вагонів, з них 2 моторних головних, 7 проміжних, причепних.

Виходячи з аналізу основних характеристик моторвагонного рухомого складу КВБЗ, можна зробити висновок, по-перше, вони дешевші, ніж у європейських (Alstom, Siemens, Bombardier) і корейських виробників. Якщо порівнювати з діючими в Україні денними експресами, то міжрегіональний поїзд КВБЗ потребує менших експлуатаційних витрат. По-друге, вони є двосистемними, працюють як від постійного, так і змінного електроструму. По-третє, поїзди з розподіленою тягою мають добрі характеристики за динамікою руху, досить швидко розганяються після зупинки. Максимальна експлуатаційна швидкість 160-200 км/год, максимальна конструкційна – 176-220 км/год. Так, наприклад, на поздовжньому профілю з нульовим ухилом довжина ділянки розгону від 0 до 160 км/год становить для поїзда з електровозом ДСЗ близько 6 км, для поїзда КВБЗ вдвічі коротша, а на підйомі 9 ‰ - втричі довша для ДСЗ. Витрати електроенергії при локомотивній тязі в 1,1-1,3 більші, тобто моторвагонна тяга – енергоефективніша.

Рівномірний розподіл потужності й сили тяги упродовж поїзда сприяє зменшенню навантаження від осі на рейку, а отже й зниженню сил, що діють на верхню будову колії. Моторвагонна тяга з більш низьким розташуванням центру тяжіння у порівнянні з електричною тягою має кращі умови вписування в криві.

Отже, комплексне вирішення проблеми впровадження швидкісного руху передбачає відокремлення вантажного руху від пасажирського, перебудову плану колії, оновлення рухомого складу та модернізацію існуючої інфраструктури.

Зменшення зносу рейок у кривих ділянках колії

Курган М. Б., (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru), Бабенко А. І. (Укрзалізниця)

Приведена методика первоначальной оценки износа рельсов в кривых

The technique of an initial assessment of wear of rails in curves is offered by authors.

Аналіз наукових результатів, опублікованих різними авторами, показав, що проблема зносу рейок до кінця не вирішена. Причин, що приводять до зносу, досить багато, але системного підходу і досить обґрунтованої кількісної оцінки впливу різних факторів на інтенсивність зносу дотепер немає.

Відмінною рисою роботи рейок у кривих є нерівномірність зносу рейок зовнішньої і внутрішньої рейкової ниток. Якщо фактичне підвищення зовнішньої рейки більше розрахункового, то неминуче поздовжнє ковзання, обумовлене жорсткою насадкою коліс на осі, відбувається по зовнішній рейці, якщо менше – по внутрішній. Для підтвердження викладеного, були використані результати вимірів, виконані на ділянках Львівської й Одеської залізниць. У всіх обстежених кривих спостерігався невеликий (до 2-3 мм) вертикальний знос обох рейок. Бічний знос внутрішньої рейки знаходився в діапазоні 2-3 мм (рідко до 5 мм). Бічний знос зовнішньої рейки в 3-4 рази перевищував знос по внутрішній рейці. Таке співвідношення спостерігалось в кривих різних радіусів при надлишковому підвищенні зовнішньої рейки, що приводив до негативних поперечних прискорень і викликав перевантаження внутрішньої рейки вертикальними силами.

Правильно встановлене підвищення зовнішньої рейки дозволяє знизити величину направляючих, бічних і рамних сил і тим самим підвищити міцність і стійкість колії й умови комфорту пасажирів. Таким чином, задача визначення оптимального підвищення зовнішньої рейки в кривих для поїздопотуку з реально реалізованими швидкостями є своєчасною й актуальною.

У дослідженнях питань зносу гребенів коліс і рейок використовується поняття рівноважної швидкості екіпажів при русі по кривій, коли непогашене прискорення $\alpha_{nn}=0$. Однак характер уписування екіпажа в криву такий, що через наявність ковзання коліс по рейках навіть при $\alpha_{nn}=0$ з'являються поперечні горизонтальні сили, що діють на зовнішню рейку і викликають знос рейок.

Для оцінки особливостей впливу рухомого складу на зовнішні і внутрішні рейкові нитки була реалізована наступна методика. З різних наукових досліджень були визначені показники зносу, що залежать від непогашених прискорень.

На основі тягових розрахунків визначалися швидкості руху поїздів різних категорій, що обертаються на ділянці. Для кожного відрізка шляху в кривій розраховувалися непогашені прискорення всіх категорій поїздів і відповідний знос лівої і правої рейок. У результаті розрахунків по приведеному алгоритму підвищення зовнішньої рейки приймалося таким, щоб поїздами всіх категорій реалізовували найменші значення поперечних непогашених прискорень α_{nn} . Змінюючи комбінацію підвищення зовнішньої рейки, визначали таке, при якому забезпечувався мінімальний знос обох рейок при виконанні всіх нормативних вимог.

На підставі виконаних розрахунків встановлено:

1) недоцільність використання середньозваженої швидкості для розрахунку підвищення зовнішньої рейки, тому що і непогашені прискорення, і знос у цьому випадку більші, ніж при підборі підвищення за умови мінімуму додаткового приведенного зносу;

2) змінюючи підвищення, можна значною мірою керувати надійністю колії, безпекою руху поїздів і, у певній мірі, витратами, зв'язаними зі зносом гребенів коліс і рейок;

3) домогтися істотного зниження бічного зносу за рахунок зменшення непогашеного прискорення неможливо. Так, наприклад, зменшуючи непогашене прискорення на 20-30 %, інтенсивність бічного зносу скорочується на 5-10 %.

Исследование влияния шахтных подработок на состояние железнодорожной инфраструктуры

Ковтун П. В. , Осипова О. В., Баханек А. А., Капранов Д. О. (БелГУТ, olga_osipova@tut.by)

Joint stock company "Belaruskaly" throughout a long time carries out mountain development of II and III-rd horizons of mine of potash fields. In this territory the site of a railway line Slutsk – Soligorsk picket 145 – picket 170 is arranged. Owing to mountain development high activity of processes of a movement and subsidence of a terrestrial surface of a railway way is observed that negatively affects safety of movement of trains.

Подземная разработка месторождений нарушает равновесие земляного массива, вследствие чего в нем возникают зоны повышенных (зоны опорного давления) и зоны пониженных (зоны разгрузки) напряжений, а также участки с интенсивными подвижками и деформациями горных пород (зоны сдвижения), изменяющиеся по размерам и по скорости деформаций и напряжений. Это приводит к возникновению сдвижек, вертикальных и горизонтальных деформаций земной поверхности, что оказывает влияние не только на стабильность железнодорожного пути, но и на состояние зданий и сооружений, расположенных на подрабатываемой территории. Оседания земной поверхности, горизонтальные сдвижения, наклоны земной поверхности, горизонтальные деформации растяжения-сжатия массива служат причиной различных неисправностей железнодорожного пути (изменение продольных уклонов, возникновение в продольном профиле дополнительных переломов, поперечные перемещения пути, искривления его в плане, создание напряжений в стыковых соединениях рельсов, вплоть до разрывов накладок и срезки стыковых болтов и др.)

В результате горных разработок на участках ПК 151+50, 153 железнодорожной линии Слуцк-Солигорск, соединяющей Солигорский промышленный район с общей сетью Белорусской железной дороги, происходит постоянное оседание земной поверхности со скоростью до 0,58 м в год. Данный участок подвергается негативному воздействию горных разработок уже довольно продолжительное время.

При анализе результатов осадок земной поверхности определено, что при отсутствии специальных мер по обеспечению стабильности железнодорожного пути по состоянию на январь 2025 года уклоны продольного профиля составят порядка 10 ‰. Осадки в районе железнодорожного моста через реку Сивельгу могут составить 0,72 м, что приведет к угрозе его безопасной эксплуатации. Бровка земляного полотна на подходах к водопропускным сооружениям должна возвышаться над расчетным уровнем воды на 0,5 м с учетом наката волны. Изысканиями было установлено, что расчетный уровень воды с вероятностью превышения 1 % составляет 149,52 м Балтийской системы высот. В настоящее время отметка бровки земляного полотна на подходах к мосту находится на уровне 149,38 – 149,50 м, что представляет угрозу полотну, особенно в период разливов. В ноябре 2010 года на данном участке были проведены топографо-геодезические изыскания в результате которых выявлены уклоны от 0,1 до 8,4 ‰ при установленном руководящем – 6 ‰. Суммарная протяженность участков с уклоном, превышающим руководящий, при общей протяженности участка 2,5 км, составляет 1 км (40 %). Возрастающие горизонтальные деформации приведут к увеличению стыковых зазоров сверх нормативных и смыканию до нулевых значений, существует также вероятность разрыва кабелей СЦБ и связи. Следует принять во внимание и то, что в соответствии с планом горных проходок третьего рудоуправления работы по добыче калийных солей в этом районе будут вестись как минимум до 2014 года. По

данным, рассчитанным горным отделом ОАО «Белгорхимпром», активные оседания и деформации земной поверхности будут происходить на данной территории вплоть до 2025 года. Также по предварительному расчету можно сказать, что в целом за рассматриваемый период (11.2012 – 01.2025 года) участок подвергнется осадкам от 3 до 94 мм.

В связи с ожидаемыми вредными воздействиями, которые окажет дальнейшее производство горных работ, для обеспечения безопасности и бесперебойности движения поездов необходимо проведение дополнительных мер по восстановлению и сохранению стабильности железнодорожного пути. В настоящее время на некоторых километрах лежит щебеночного балласта в 3-4 раза больше, чем по проекту. Добавка щебня за счет своего собственного веса еще в большей степени ухудшит состояние рельсовой колеи и повысит интенсивность роста просадок по сравнению с существующим. Кроме того, досыпка щебня вызовет трудности в обеспечении содержания проектного плеча балластной призмы и ухудшит условия техники безопасности и охраны труда в случае нахождения путейцев на обочине при пропуске проходящих поездов. При любой конструкции балластной призмы (независимо от числа слоев) суммарная толщина балласта под шпалой должна быть такой, чтобы напряжения, возникающие в земляном полотне, во избежание пластических деформаций грунта основной площадки земляного полотна не превышали допустимых значений.

При разработке мер повышения стабильности железнодорожного пути на данном участке в первую очередь нужно учесть его текущее состояние и необходимость производства работ по поднятию моста через реку Сивельгу. Необходимо рассмотреть возможность проведения капитального ремонта пути, поскольку дальнейшее исправление отступлений пути от норм за счет поднятия на балласт затруднительно и может привести к разрушению земляного полотна. В данной ситуации необходимо произвести капитальный ремонт пути, при котором будет снят существующий слой балласта и восстановлено земляное полотно в необходимом объеме. Так как выполнить такой ремонт в данных условиях без остановки движения не представляется возможным, необходимо рассмотреть варианты строительства второго пути с организацией временного движения. При производстве капитального ремонта существующего пути и строительстве второго пути необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

1. При проектировании земляного полотна необходимо учитывать влияние сдвижек и деформаций земной поверхности в результате производства горных работ. На данном участке деформации земной поверхности при текущем плане горных разработок будут находиться в активной стадии до 2025 г., что должно быть учтено при проектировании продольного профиля.

2. Проектировать земляное полотно необходимо с уширенной основной площадкой. Величина уширения определяется из условия, что при последующих проектных подъемах пути в рамках производства работ по мерам охраны железнодорожных путей не будут нарушены минимальные ширины обочин земляного полотна.

3. Основную площадку земляного полотна необходимо усилить применением геотекстиля плотностью не менее 250 г/м^2 . Данная мера позволит снизить вредные последствия увеличения толщины балластного слоя в результате производства работ по текущему содержанию пути (устранения последствий осадок).

4. Откосы насыпей должны быть укреплены. В качестве укрепления можно рассмотреть георешетку, наброску из камня.

Для разработки окончательных решений необходимо проводить неоднократные эксплуатационные наблюдения и детальное обследование состояния земляного полотна с шурфованием, проводить анализ результатов замеров просадок пути, оценивать особенности мест наиболее интенсивных просадок земляного полотна и зависимость их на подходах и в пределах искусственных сооружений и других обустройств железнодорожного пути.

Возможности взаимозаменяемости железнодорожных стрелочных переводов на основе существующих методов расчета для дорог не общего пользования

Басовский Д. А. (ПГУПС, d1976bas@rambler.ru)

Opportunities of interchangeability of new points with existing railway schemes should be provided at the expense of respective alterations parameters of diagrams exact stacked points, but not parameters of developing railways. The basis for formation of methodical base of a new principle of interchangeability of railway designs can serve the theory of calculation points with increase and decrease of their practical lengths.

В нашей стране на промышленных путях до сих пор эксплуатируются стрелочные переводы, которые в пределах одних и тех же типов и марок различаются эпюрными и конструктивными размерами. Общепринятый на сегодня принцип взаимозаменяемости таких разномерных стрелочных переводов в пути приводит к неоправданным затратам на реконструкцию путевых схем с переносом путей и целых стрелочных улиц, что в стесненных условиях генеральных планов заводов приводит к нарушению габаритов приближения строений и ставит производителей перед необходимостью существенных затрат на снос или изменение положения в плане опор надземных коммуникаций, отдельных участков наземных транспортных и инженерных сетей и даже частей зданий.

Чтобы избежать этих затрат, ставится вопрос о переходе на новый принцип взаимозаменяемости путевых конструкций, приспособлявая не схемы генпланов к новым переводам, а эпюры самих переводов к существующим схемам генеральных планов.

Основа для формирования методической базы нового принципа взаимозаменяемости путевых конструкций может служить теория расчета стрелочных переводов с увеличением и уменьшением их практических длин.

На сегодня эта теория располагает двумя принципиально различающимися схемами укладки стрелочных переводов.

В одной из них изменение практической длины перевода обеспечивается за счет различной длины прямых вставок, которые специально для этих целей включаются в переводные кривые. С другой – тот же эффект достигается посредством устройства углов перегиба рабочих кантов в пределах ответвлений стрелочных переводов.

Расчет стрелочных переводов с прямыми вставками переводных кривых ведется с середины 90-х годов прошлого века.

Включение прямых вставок в переводные кривые стрелочных переводов является способом изменения их практических длин в большую или меньшую стороны.

Схема укладки удлиненных и укороченных переводов с прямыми вставками в ответвлениях позволяет реализовать предлагаемый принцип взаимозаменяемости, но обладает одним недостатком: в нем изменение длин стрелочных переводов, как в меньшую, так и в большую сторону, обеспечивается за счет уменьшения радиусов переводных кривых, что ухудшает условия плавности прохода подвижного состава по ответвлениям переводов.

Не обладает вышеуказанным недостатком расчет стрелочных переводов с углами перегиба рабочих кантов в ответвлениях методом хорд, который был разработан в 60-х годах и получил свое развитие в 90-х годах прошлого века.

Поэтому методу вычисляются параметры стрелочных переводов по заданной практической длине. Фактически, мы можем расположить узлы стрелки и крестовины в прямом участке пути на любом расстоянии друг от друга и, вычислив параметры хорды переводной кривой определить, можно ли при заданном взаимном расположении стрелки и крестовины скомпоновать стрелочный перевод и, если можно, определить радиус его переводной кривой, а также место и величину угла перегиба рабочего канта в его

ответвлении. Если вычисленный угол не превышает величины допустимого угла набегания на остриек перевода расчетной марки, значит, полученный перевод пригоден для укладки на место заменяемого, так как обеспечивает эквивалентные условия прохода подвижного состава.

Недостатком данной схемы укладки переводов является наличие в их ответвлениях углов перегиба рабочих кантов, которые создают горизонтальные неровности при проходе по переводу подвижного состава.

По данным методикам на основании исходных данных был проведен расчет параметров стрелочных переводов марок 1/9, 1/7 и 1/5. По результатам расчета построены графики зависимостей этих параметров.

В целом, недостатки, присущие обоим рассмотренным схемам укладки переводов, касаются условий движения по ним экипажей, но не исключают возможностей укладки самих стрелочных переводов с увеличением и уменьшением их практических длин в пределах, обеспечивающих возможность их взаимозаменяемости.

Оцінка впливу величини бічної горизонтальної сили, що передається від дії рухомого складу на особливості роботи елементів вузла проміжного рейкового скріплення типу КБ та КПП-5

Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, guaranga_mr@mail.ru)

Материал посвящен исследованию напряженно-деформированного состояния элементов промежуточного рельсового скрепления типа КБ и КПП-5 под влиянием боковой горизонтальной загрузки от колеса.

Material is devoted on the study of the stress-strained state of the intermediate rail fastening type КБ and КПП-5 under the influence of the lateral-horizontal wheel load.

Підвищення швидкостей руху поїздів, осьових навантажень та збільшення вантажонапруженості на залізницях потребує підвищення міцності та стійкості залізничної колії. У зв'язку з цим відбувається масова заміна дерев'яних шпал та використання залізобетонних і в кривих малого радіуса.

Із використанням залізобетонних шпал, одночасно підвищилась і жорсткість залізничної колії, тим самим збільшуючи імовірність появи різних дефектів та пошкоджень в рейках, а також і вібраційної взаємодії між елементами верхньої будови колії. Незадовільний вплив вище зазначених факторів в певній мірі проявляється опором конструкції колії збільшеному поїзному навантаженню в поперечно-горизонтальній площині. Це в основному спостерігається особливо в кривих малого радіуса та в стрілочних переводах, особливо в передньому вильоті рамної рейки та в перевідній кривій, де величина дії бічних сил згідно з статистичним аналізом звітів експериментальних досліджень КГНДЛ ДНУЗТу коливається від 75 до 130 кН.

Результатом дії таких сил є поява у певних місцях елементів скріплення значного напружено-деформованого стану, що впливає на стабільність роботи елементів вузла проміжного рейкового скріплення типу КБ та КПП-5, які на даний час є основними по всій мережі Укрзалізниці.

Найбільш-достовірні місця напружено-деформованого стану в елементах вузла проміжного рейкового скріплення, в яких в подальшому під час тривалої експлуатації можуть виникнути пошкодження переважно від дії бічних сил, визначались в основному експериментальними методами, що проводились у 60-70-х роках минулого століття, або в окремих випадках теоретичними розрахунками.

Дані досліджень та розрахунки достовірно не давали науково обґрунтованих відповідей та чітких результатів роботи всього вузла проміжного рейкового скріплення під дією сили, що передавалась окремо на елементи проміжного рейкового скріплення в поперечній-горизонтальній площині до осі колії.

З метою отримання достовірних результатів та детальної оцінки напружено-деформованого стану елементів вузла скріплення типу КБ та КПП-5, в даній роботі використовується метод кінцевих елементів (МКЕ). З допомогою математичного моделювання цим методом в повній мірі можна врахувати геометричні форми та реальні умови роботи конструкції, а саме розподілення зовнішнього навантаження, умови закріплення, а також механічні властивості використаних матеріалів, що в загальному представляють собою експлуатаційні та конструктивні характеристики роботи вузла проміжного рейкового скріплення в цілому.

Оцінка втомлено-міцнісних характеристик елементів вузла проміжного рейкового скріплення типу КБ та КПП-5 при повторно-змінних циклах навантаження конструкції

Рибкін В. В., Бондаренко І. О., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, guaranga_mr@mail.ru)

Материал посвящен исследованию элементов промежуточного рельсового скрепления типа КБ и КПП-5 с точки зрения обеспечения надежности и стабильности работы железнодорожного пути.

Material is devoted research of elements of the intermediate claootype fastening as КБ and КПП-5 from point of providing of reliability and stability of work of railway way.

Підвищення вантажонапруженості на території Укрзалізниці, збільшення швидкості руху до 160 км/год та осьового навантаження, суттєво вплинуло на забезпечення стабільності роботи залізничної колії в цілому.

Одним із факторів по забезпеченню стабільності роботи залізничної колії, являється надійність зв'язків рейок з підрейковою основою, що забезпечується проміжними рейковими скріпленнями. За останні роки запропоновано та розроблено десятки видів конструкцій проміжних рейкових скріплень, але тільки деякі з них прийняті для широкої експлуатації. Однак підчас тривалої експлуатації на ділянках з великою вантажонапруженістю, особливо в кривих малого радіуса, та в стрілочних переводах (в передньому вильоті рамної рейки та в перевідній кривій), де відбувається збільшення поїзного навантаження в поперечно-горизонтальній площині – інтенсивно порушується надійність роботи елементів окремих видів проміжного рейкового скріплення, із-за частоти відмов його елементів. Це призводить до незабезпечення стабільності характеристик конструкції верхньої будови колії між плановими ремонтами, що нерідко супроводжується додатковими затратами на певних стадіях експлуатації проміжних рейкових скріплень.

Причиною цього є недостатність науково-обґрунтованих вимог, по забезпеченню надійності роботи елементів вузла проміжних рейкових скріплень на протязі всього міжремонтного періоду.

Роботи та дослідження, що стосуються надійності роботи елементів проміжних рейкових скріплень, визначались в основному експериментальними методами, а точніше збором статистичних даних по відмовах елементів вузла скріплення підчас експлуатації, починаючи з 80-х років минулого століття, або в окремих випадках теоретичними розрахунками. Попередні дослідження та розрахунки не давали достовірних результатів по оцінці

надійності вузла проміжного рейкового скріплення по даних про відмови елементів в процесі експлуатації з точки зору їхніх втомлено-міцнісних характеристик.

На сьогоднішній день у зв'язку з використанням конструкцій скріплень типу КБ та КПП-5, які на даний час прийняті для широкої експлуатації по всій території Укрзалізниці, в дані роботі, під час математичного моделювання життєвого циклу роботи вузла цих видів рейкових скріплень, необхідно-достовірною умовою є використання фізичних закономірностей, що описують процес старіння конструкції вузла проміжного рейкового скріплення. Це дозволить в подальшому отримати якісну модель оцінки зміни роботи зв'язків рейок з підрейковою основою та більш доцільно розглянути та обґрунтувати вплив основних факторів, що визначають рівень надійної роботи вузла проміжного рейкового скріплення в процесі експлуатації.

Сучасні підходи до вирішення проблеми проміжних скріплень для залізобетонних шпал

Рибкін В. В., Настечик М. П., Губар О. В. (ДНУЗТ, fpk@ipo.diit.edu.ua)

Материал посвящен новой конструкции промежуточного рельсового скрепления типа СКД65 для кривых участков пути радиусом 450 м и меньше на железобетонных и деревянных шпалах

Material is devoted to a new design of the intermediate rail fastening of type curves for SKD65 sections of track radius of 450 meters and less then on the concrete and of wooden sleepers

Останнім часом масово впроваджується конструкція колії із залізобетонними шпалами. Практика експлуатації такої колії свідчить про необхідність її удосконалення. Особливо гостро стоїть проблема проміжних рейкових скріплень.

Зараз на мережі залізниць України для колії із залізобетонними шпалами найбільше поширення має підкладкове клемно-болтове скріплення типу КБ. Клемно-болтове скріплення типу КБ було ретельно перевірене в експлуатаційних умовах, у результаті чого виявилось, що воно надійно прикріплює рейку до шпали, але має ряд недоліків. Головними з яких є те, що скріплення КБ не дозволяє розширювати ширину колії в кривих ділянках колії і регулювати ширину колії при експлуатації. Через що в кривих з радіусами менше 350 м вимушені й досі використовувати дерев'яні шпали.

Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна разом з Головнім управлінням колійного господарства Укрзалізниці розроблена, запатентована й впроваджена конструкція проміжного рейкового скріплення для рейок типу Р65 для кривих ділянок колії з радіусами 450 м і менше, що одержала назву «тип СКД65» (скріплення для кривих ділянок): для залізобетонних шпал – СКД65-Б, а для дерев'яних шпал – СКД65-Д.

Від скріплення КБ65 відрізняється конструкцією підкладки та наявністю регулювальних карток, які вкладаються вертикально між бічними гранями підшви рейки і ребрами підкладки. У кожне проміжне скріплення одночасно вкладається набір із трьох карток товщиною 2 мм та 3 мм. Сумарна товщина трьох карток складає 7 мм.

Від руху вздовж рейки картки фіксуються конструктивно клемою. Для цього використовують пази верхньої частини картки.

За допомогою скріплення СКД65-Б можна вирішити такі задачі:

1) створити колію із залізобетонними шпалами Ш-1-1 на кривих ділянках радіусом від 450 до 200 м, із шириною колії від 1520 до 1534 мм, у тому числі змінної ширини в зоні перехідної кривої з кроком змінності ширини 1 мм;

- 2) при поточному утриманні за допомогою карток скріплення СКД65-Б можна регулювати ширину колії в кривих ділянках на звуження
- від 1 до 28 мм – при застосуванні шпал Ш-1-1;
 - від 1 до 14 мм – при застосуванні шпал Ш-6;
- 3) на ділянках колії, де існує звуження колії (наприклад, при застосуванні староприсадибних рейок), скріплення СКД65-Б дозволяє регулювати ширину колії на розширення від 1 до 14 мм із кроком розширення 1 мм;
- 4) на металевих мостах із плитами БМП існує можливість регулювання колії у плані шляхом поперечного переміщення рейок у межах від 1 до 7 мм із кроком регулювання 1 мм;
- 5) для розрядки кущової гнилої колії з дерев'яними шпалами в зоні кривих ділянок із застосуванням шпал Ш-1-1 і Ш-6.

Крім конструкції розроблені методики суцільного та локального регулювання ширини колії використані при розробці нормативно-технічного документа Укрзалізниці «Інструкція зі складання та поточного утримання колії зі скріпленнями типу СКД65» ЦП-0199.

До питання визначення характеристик пружності рейкової колії при горизонтальному згині та скручуванні

Даніленко Е. І., Велінець В. П., Білюк І. Ю. ., (ДЕТУТ, vitaluk2007@ukr.net)

Тезиси посвященны методу расчета рельсов при горизонтальном изгибе и скручивании

This article reveals the methods of calculating the rails to horizontal bending and twisting. Attention is drawn to the need to calculate the parameters of the rails to ensure safety. Briefly describes the current methods of calculation. As conclusions – recommendations for input on the Ukrainian railways more accurate methods for calculating the rails to horizontal bending and twisting.

Як відомо, в практичних розрахунках залізничної колії на міцність врахування дії горизонтальних поперечних сил і позацентрового прикладення вертикальних сил здійснюється не безпосередньо, а опосередковано за допомогою введення спеціальних коефіцієнтів (у відповідності із передумовами до правил виконання практичних розрахунків колії на міцність). Тобто напруження в кромках підшви і головки рейок визначаються за формулами:

$$\sigma_{п-к} = f \cdot \sigma_{г-к}; \sigma_{г-к} = m_{г-к} \cdot \sigma_{п-о} \quad (1)$$

де коефіцієнти f розраховані експериментально і знаходяться з довідкових таблиць в залежності від типу рухомого складу і плану лінії; коефіцієнт $m_{г-к}$ розраховується як функція коефіцієнта f геометричних параметрів рейки.

Однак в деяких випадках, наприклад для виконання більш точних розрахунків із безпосереднім урахуванням дії горизонтальних бокових сил від рухомого складу, або для визначення горизонтальних поперечних сил, що передаються на скріплення і підрейкові опори, або ін. – необхідно знати характеристики горизонтальної поперечної жорсткості і пружності колії, до яких відносяться: бокова поперечна жорсткість рейкових ниток (β_y) і горизонтальний модуль пружності колії в поперечному напрямку (U_y).

Бокову поперечну жорсткість рейкових ниток визначають експериментально окремо по головці рейки і підшви, і знаходять (при відсутності вертикальної сили P), як відношення прикладеної до рейки сили $H_{бок}$ поперечному зміщенню:

$$\beta_{y-гол} = \frac{H}{y_{гол}}; \beta_{y-під} = \frac{H}{y_{під}} \quad (2)$$

Модуль пружності підрейкової основи в поперечній горизонтальній площині визначається з виразу:

$$U_y = \frac{1}{\sqrt[3]{64EI_z}} \cdot (\beta_{y-\text{під}})^{4/3} \quad (3)$$

де I_z – момент інерції рейки відносно вертикальної осі (при горизонтальному вигині)

E – модуль пружності рейкової сталі.

Суттєво ускладнюється визначення поперечного модуля пружності підрейкової основи у випадку спільної дії сил горизонтальної H і вертикальної P . А саме такі випадки і мають місце в дійсності при експлуатації колії під дією рухомого складу. В цьому випадку прийнято цей модуль позначати U_y^T , тобто як такий що враховує сили тертя по підозві рейки при дії вертикальної сили P .

В дослідженнях проф. О.П. Єршкова у ВНІЗТ (Росія) отримана формула, що встановлює зв'язок між модулями поперечної пружності U_y при дії тільки горизонтальної сили ($H \neq 0$) і відсутності вертикальної сили ($P=0$) і поперечної пружності U_y^T при наявності спільної дії горизонтальної і вертикальної сил ($H \neq 0, P \neq 0$).

$$U_y^T = U_y \frac{\frac{H}{P}}{\frac{H}{P} - f_1 \cdot a} \quad (4)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя по підозві рейки при горизонтальному згині;

a – коефіцієнт, середнє значення якого рекомендовано О. П. Єршковим приймати рівним $a=0,9$.

У випадку дії динамічної сили, формулу (4) рекомендовано, відповідно до довідкової технічної літератури, застосовувати у наступному вигляді:

$$U_y^T = U_y \frac{\frac{H_{\text{дин}}}{P_{\text{дин}}}}{\frac{H_{\text{дин}}}{P_{\text{дин}}} - 0,9 f_1} \quad (5)$$

де f_1 – рекомендовано для підрейкової основи на дерев'яних шпалах приймати $f_1=0,15$.

Коефіцієнт « a » прийнято рівним $a=\text{const}=0,9$.

Дана формула отримала достатню відомість і стала широко використовуватись при розрахунках, особливо у випадку відсутності експериментальних даних по жорсткості рейкових ниток.

Однак, як показали дослідження дана формула (5) не є абсолютно коректною і потребує коригування в частині коефіцієнтів « a » і « f_1 ».

Наші дослідження в ДЕГУТ показали, що величина коефіцієнта a залежить від типу рейки, типу підрейкових опор, конструкції скріплень і змінюється для кожної конструкції в залежності від відношення діючих на рейку $a = f\left(\frac{P}{H}\right)$.

Для сучасних конструкції верхньої будови колії коефіцієнт « a » може змінюватись у межах від $a_{\min} = 0$ до $a_{\max} = 0,85$. При чому при $a_{\min} = 0$, що відповідає $P=0$ буде мати місце рівність: $U_y^T = U_y$. Це повністю відповідає математичній логіці. Тоді як в існуючому трактуванні при $P=0$ і $a \neq 0$ формули (4) і (5) не відповідають математичній логіці.

Саме тому дослідження з визначення характеристик пружності рейкової колії на горизонтальний згин і скручування є необхідними і актуальними.

Влияние физической и геометрической нелинейности упругих характеристик на напряженно-деформированное состояние подрельсовых и напальных прокладок промежуточного скрепления

Говоруха В. В. (ИГТМ им. Н.С. Полякова, igtm-rail-trans@yandex.ua)

Рассмотрено влияние нелинейности упругих характеристик на напряженно-деформированное состояние подрельсовых и напальных прокладок промежуточного скрепления

The effect of the nonlinearity of the elastic characteristics on the stress-strain state of the under-rail and sleeper padding intermediate fastening pads is considered

Конструкция и используемые материалы промежуточных рельсовых креплений существенно влияют на надежность и безопасность работы рельсового транспорта, его текущее содержание, эксплуатационные расходы и обеспечение высоких скоростей движения поездов. Одним из наиболее напряженных элементов конструкции путевой структуры являются эластомерные подрельсовые и напальные прокладки, обеспечивающие формирование условий упругости скрепления и улучшение показателей динамичности взаимодействия подвижного состава и рельсового пути. Поэтому созданию новых конструкций подрельсовых и напальных прокладок и применению новых материалов уделяется существенное внимание в отечественной и мировой практике рельсового транспорта.

Для установления основных показателей упругости и прочности проведены исследования напряженно-деформированного состояния эластомерных прокладок с учетом нелинейности упругих характеристик и особенностей их работы в узле промежуточного рельсового скрепления.

В рассмотренной постановке задачи учитывались физическая и геометрическая нелинейности, вызванные свойствами упругости эластомерных материалов, переменным профилем рифлей прокладок, а также нелинейностью, сформированной в результате изменения площади переменной формы поверхности контакта прокладки на смежных плоскостях между подошвой рельса и подкладки (для подрельсовой прокладки) или поверхностью подкладки и шпалы (для напальной прокладки).

Предложен метод определения напряженно-деформированного состояния эластомерных подрельсовых и напальных прокладок с нелинейностью применяемых эластомерных материалов переменными геометрическими параметрами рифлей, а также нелинейной зависимостью деформируемости прокладок от нагрузки при постепенном изменении площади поверхностей контактирующих тел и объемной формы рифлей.

Проведен анализ напряженно-деформированного состояния упругих эластомерных прокладок промежуточного рельсового скрепления с использованием метода последовательных приближений, который учитывает постепенные изменения нагрузки и объемной деформации прокладок.

Практическое использование этих исследований нашло применение при определении параметров формы рифлей и свойств упругости для различных типов подрельсовых и напальных прокладок по критериям деформируемости и прочности, а также проведен их сравнительный анализ.

Динамические процессы взаимодействия большегрузных транспортеров крутонаклонного рельсового пути и смежных устройств глубоких карьеров

Говоруха В. В. (ИГТМ им. Н.С. Полякова, igtm-rail-trans@yandex.ua)

Определены основные параметры рельсовой транспортной системы и смежных устройств глубоких карьеров, а также выполнена оценка динамической нагруженности, колебаний и устойчивости движения транспортера с большегрузным автосамосвалом по наклонному участку рельсового пути

The main parameters of the rail transport system and related devices of deep pits, as well as the estimate dynamic loads, vibrations and stability of the conveyor with dump trucks for heavy-sloping section of track are determined

Развитие горнодобывающих и перерабатывающих предприятий неразрывно связано с необходимостью решения ряда задач, в частности охраны окружающей среды, обеспечения безопасности работ, достижения экономичности и производственной мощности глубоких карьеров Криворожского и других бассейнов. При этом создание новых транспортных систем, средств и технологий оказывает существенное влияние на решение этих проблем.

Институтом геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН Украины создана новая комбинированная транспортная система и технология для развития глубоких карьеров глубиной 200–1200 м. В состав комбинированной рельсовой транспортной системы входят транспортный сосуд, состоящий из грузонесущей конструкции шестнадцатиосного транспортера с четырехосными ходовыми тележками, двухпутевая структура, тяговые канаты, подъемная машина и большегрузные автосамосвалы. Такая транспортная система предназначена для перемещения крупногабаритных большегрузных автосамосвалов типа БелАЗ, Komatsu, Katersillar и др. грузоподъемностью до 200 т с учетом подъема по борту карьера под углом 35–70° к горизонту.

Для исследования динамических процессов взаимодействия транспортной системы разработана математическая модель движения транспортера по наклонным рельсовым направляющим под действием тяговых канатов и подъемной машины. Проведен целенаправленный поиск рациональных параметров транспортеров, путевой структуры и смежных устройств на базе исследования нагруженности, колебаний и устойчивости движения транспортной системы. В исследованиях учитывались наиболее важные конструктивные особенности, характеристики и свойства всех звеньев системы. К ним относятся: значительный наклон трассы движения к горизонту; многоосная конструкция ходовых частей транспортера; двухпутевая система рельсовых направляющих; геометрические неровности рельсовых нитей в плане и профиле; инерционные, жесткостные и диссипативные свойства составных частей транспортной системы; особенность размещения большегрузного крупногабаритного автосамосвала на площадке транспортера относительно уровня двухпутевых направляющих; относительный уровень зоны крепления системы тяговых канатов, а также различные эксплуатационные режимы движения при скоростях до 20 м/с.

На базе теоретических исследований определены основные параметры рельсовой транспортной системы и смежных устройств. Выполнена оценка динамической нагруженности, колебаний и устойчивости движения транспортера с большегрузным автосамосвалом по наклонному участку рельсового пути. Определены показатели устойчивости движения системы против схода колес с рельсов и смещения рельсового пути. Полученные результаты исследований предназначены для создания новой транспортной системы глубоких карьеров.

Конструкція верхньої будови колії перемінної жорсткості на підходах до мостів

Линник Г. О. (Укрзалізниця), Курган А. М. (НКТБ ЦП УЗ, nktbcpuz@svitonline.com)

*Проведен анализ конструкций верхнего строения пути переменной жесткости на
подходах к мостам*

*Analysis of the structures of the permanent way of variable stiffness on the approaches to the
bridges*

При впровадженні на мостах більш стабільних, надійних і економічних конструкцій верхньої будови колії безбаластового типу необхідно враховувати специфічні умови роботи ділянок стикування із звичайною рейко-шпальною решіткою.

Безбаластове мостове полотно (БМП) на залізобетонних плитах має високу стабільність положення елементів верхньої будови колії і тривалий термін експлуатації. Саме цим можна пояснити зростаючу динаміку укладання плит БМП з темпом близько 2 тис. пог. м на рік.

Досвід експлуатації подібних ділянок на залізницях України і результати спостережень показали, що при русі поїздів виникають підвищені динамічна і вібраційна дія на колію. Верхня будова колії, земляне полотно на підходах до штучних споруд працюють в складних умовах, що може бути причиною зниження надійності роботи залізничної колії та зменшення швидкості руху поїздів на цих ділянках.

Динамічні процеси, що супроводжують рух поїзда на підходах до мосту, у місцях переходу конструкції земляного полотна та верхньої будови звичайної колії, що має одну жорсткість, до іншої – на мосту, висувають ряд специфічних вимог до залізничної колії на таких ділянках.

Одним з перших вчених, хто проводив дослідження роботи колії на ділянках «передмостових ям», був д.т.н. Ю. Г. Козьмін. Продовжили вивчення цієї проблеми його учні - д.т.н. С. І. Клінов та к.т.н. В. Ю. Поляков. У наукових працях вчені більш широко розглянули негативну дію «передмостових ям» на елементи непідресорених частин рухомого складу та елементи верхньої будови колії, визначили причини появи передмостових нерівностей на підходах до мостів, їх характер та властивості, визначили сили, що діють на елементи верхньої будови колії в вищезгаданих зонах.

Проблема переходу рухомого складу від звичайної конструкції верхньої будови колії на земляному полотні й баласті до залізничних мостів виявилась настільки складною, що й зараз в багатьох країнах світу досліджуються різні способи її вирішення. У зв'язку з впровадженням прискореного й швидкісного руху на залізницях України, проблема «передмостових ям» стала досить актуальною. З підвищенням швидкості поїздів деформативність колії також зростає. Тому, виникає необхідність зниження додаткової вібродинамічної дії на ділянках сполучення за рахунок плавної зміни модуля пружності підрейкової основи.

За даними к.т.н. В. П. Новикова встановлено «вклад» основних елементів конструкцій в формування модуля пружності U в системі «підрейкові опори-баласт-земляне полотно». Так, при $U = 47$ МПа «вклад» основних елементів колії складає: шпали – 23 %, баласт – 25 %, земляне полотно – 52 %. Отже суттєвий вплив на жорсткість має земляне полотно.

Необхідність вирішення такої задачі спричинило проведення експерименту на підходах до мосту через р. Десенка (км 1068, пк 5-6), який знаходиться на перегоні Вінниця-Сосонка Південно-Західної залізниці.

Від задніх стінок устоїв до відмітки-1,5 м було вибрано ґрунт з ухилом 30 % в обидві сторони моста довжиною 30 м. Основу сплановано з ухилом 5 % в сторону від осі насипу, поверхню ущільнено віброкатками на пневматичному ході до досягнення коефіцієнту

ущільнення 1,03 при загальному модулі деформації не менше 50 МПа. На підготовлену поверхню покладено шар нетканого термоскріпленого геосинтетичного матеріалу Турар SF77 шириною 4,5 м. Далі вклали шар щебеню 0,20 м, ущільнили катками. Потім поклали 5 шарів армування з тканих геограток з полієфіру із PVC-покриттям типу Armatex G55/55 через 0,20 м, засипали щебенем товщиною 20 см, ущільнили катками (загальний модуль деформації 54-58 МПа).

За результатом експерименту встановлено наступне:

а) до застосування нової конструкції на ділянках «передмостових ям» довжиною до 30 м через зміну модуля пружності доводилось виправляти і піднімати колію мало не щомісяця;

б) застосування нової конструкції дозволило згладити поступово збільшувати модуль пружності на підходах до мосту, що суттєво зменшило обсяги виправочних робіт і за два роки експлуатації (2010-2012) не зафіксовано порушень плавності руху поїздів.

Дослідження питань стійкості конструкції безстикової колії в кривих радіусом менше 300 м

Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, guaranga_mr@mail.ru)

*Материал посвящен исследованию вопросов внедрения бесстыкового пути на
железобетонных шпалах в кривые радиусом $R = 200 \div 300$ м*

*The material is devoted research of questions the point of introduction long-welded rails on
concrete sleepers in curve with the radius $R=200 \div 300$ m*

В Україні 1,5 роки назад було прийнято та офіційно затверджено наказ Укрзалізниці про повний перехід головних колій на залізобетонні шпали. Однією із причин такого рішення є дефіцит дерев'яних шпал, їх висока ціна та низький строк служби, що в цілому суттєво знижує економічність експлуатації колії. Крім того, появилась модифікація скріплення типу КБ у вигляді скріплення типу СКД65-Б, яка дозволяє утримувати потрібну геометрію колії в кривих ділянках, радіусом 200 м і виконувати існуючі нормативи ширини колії.

Також була вирішена задача стійкості колії в кривих, радіусом менше 300 м. Розрахунки показали, що при радіусі менше 300 м використання конструкції безстикової колії температурно-напруженого типу необхідно збільшити сили опору переміщенню колії із шпалами типу Ш1-1 в поперечному до осі напрямку в 1,8 рази. Тоді стійкість колії проти викиду в кривих $R=200$ м рівна стійкості існуючої конструкції колії, що вкладає в кривих $R=400$ м. Тобто, якщо існуюча типова шпала Ш1-1 має величину опору її переміщенню 4,5 кН, то для кривих $R=200$ м, необхідно створити конструкцію шпали із опором зміщенню її в поперечно-горизонтальній площині колії, рівним 8 кН. Для цього ДНУЗТ пропонує вдосконалити конструкцію типової шпали Ш1-1, поставивши в нижню частину шпали стержні (анкери), які виступають із шпали в низ на величину 80 мм. Лабораторні дослідження показали, що постановка металевих стержнів, діаметром 18 мм в чотирьох перерізах шпали, збільшує силу опору її переміщенню більше ніж в 2 рази.

Розрахунки ДНУЗТу показали, що в кривих, радіусом від 200 м до 300 м конструкція безстикової колії з такими шпалами економічно-доцільна. Якщо такі шпали вкладає в масовому порядку у колію, то є надія, що стійкість колії в цілому зросте так, що можна буде понизити температуру закріплення плітей безстикової колії на 10°C. А це в свою чергу збільшить термін служби рейок і економічність колії в цілому.

Розробка конструкції шурупо-дюбельного кріплення для скріплень типу КБ та СКД65-Б

Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, guaranga_mr@mail.ru)

*Материал посвящен разработке конструкции шурупо-дюбельного крепления для
промежуточных скреплений типа КБ и СКД65-Б*

The material is devoted improvement of a design fastenings of type КБ and СКД65-Б

Практика експлуатації скріплень типу КБ в колії із залізобетонними шпалами виявила ряд їх недоліків. Один з них це недосконала конструкція вузла закладного болта. По перше при експлуатації колії спостерігається злам закладних болтів в тілі шпали. Це призводить до передчасного виходу шпали з ладу. Щоб замінити зламаний болт на новий, необхідно вилучити із тіла шпали Т-подібний залишок болта, що майже завжди виконати не можливо.

Також трапляються випадки, коли закладний болт не вступає в конструктивний зацеп із закладними деталями шпали, підчас його встановлення, або після тривалої експлуатації болт при монтажі прокручується, не утримуючи монтажного зачепу. Це приводить до передчасного вилучення шпали із експлуатації і унеможливорює її використання за призначенням.

З метою продовження терміну служби таких шпал, пропонується вмонтувати в тіло шпали ремонтний дюбель. Для цього були виконані масові обстеження та необхідні виміри вхідного отвору для закладного болта шпал різних заводів виробників. Виміри показали, що розміри прямокутного вхідного отвору шпали не є однаковими та різко відрізняються від номінальних розмірів. Наприклад ширина отвору змінюється на: Гніванський завод – 4 мм, Кременчугський завод – 4 мм, Коростенський завод – 5 мм, Запоріжський завод – 4 мм. Номінальні розміри вхідного шпального отвору шпали різних заводів-виробників також суттєво відрізняються аж на 14 мм. Обсадка отворів, яка необхідна для виготовлення шпали має різну конструкцію і матеріал. Дуже часто спостерігаються бетонні напливи, які спотворюють прямокутну форму вхідного шпального отвору під закладний болт.

Таким чином створення універсальної конструкції ремонтного дюбеля для шпал в такому стані просто не можливе, якщо використовувати механічне тобто за рахунок сил тертя його закріплення.

Авторами пропонується конструкція ремонтного дюбеля з регульовальним пристроєм, для механічного закріплення його в тілі шпали.

Пристрій для розрядки температурних напружень в плітях безстыкової колії

Рибкін В. В., Настечик М. П., Маркуль Р. В. (ДНУЗТ, guaranga_mr@mail.ru)

*Материал посвящен прибору, который дает возможность решить проблему разрядки
температурных напряжений в плетях бесстыкового пути*

*The materials devoted the decision of a problem of a discharge of temperature pressure long-
welded rails*

На сьогоднішній день майже на 82 % головних колій залізниць України укладена безстыкова колія. Пояснюється це тим, що вона значно ефективніша в експлуатації ніж ланкова конструкція колії.

Експлуатація безстикової колії температурно-напруженого типу показала не тільки переваги, але і недоліки цієї конструкції. Безстикова колія вимагає правильного закріплення її в температурних інтервалах, щоб уникнути появи великих значень температурних сил в плітях безстикової колії. Крім цих недоліків існує ще і загроза уgonу колії, що може значно збільшити величину поздовжніх сил в плітях, що в подальшому може призвести до викиду колії. А тому виникають роботи по введенню пліті в оптимальний режим експлуатації, а точніше виконання розрядки температурних напружень. Для розрядки цих сил пропонується роликовий пристрій, який розроблений кафедрою «Колія та колійне господарство». Конструкція даного пристрою зображена на рисунку 1.

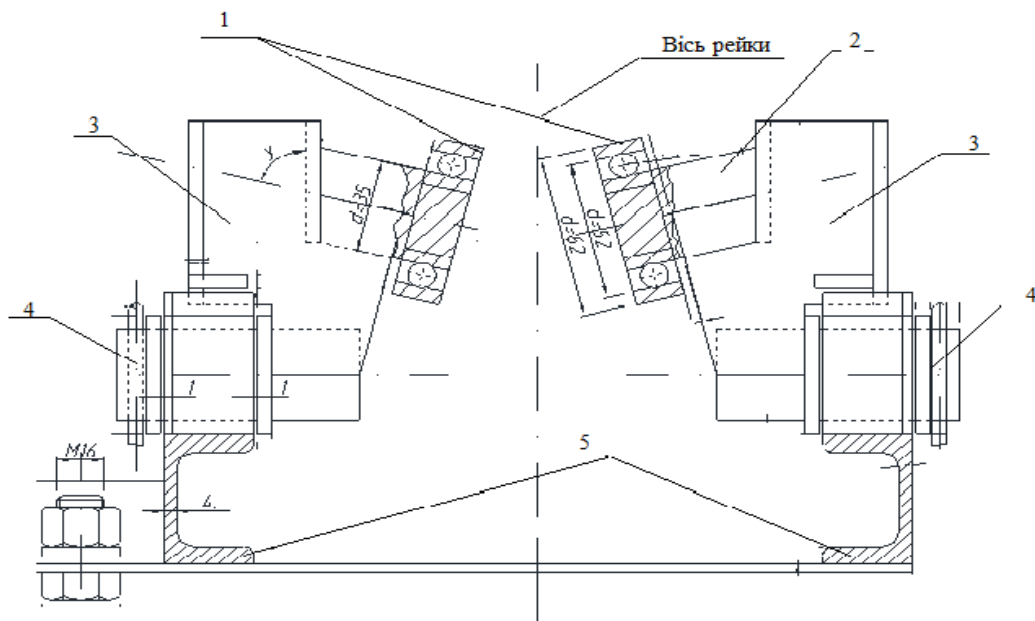


Рис. 1. Конструкція пристрою для розрядки температурних напружень (вид збоку):

1 – ролик; 2 – палець; 3 – пластини; 4 – вал; 5 – стояк

Перевага його в тому, що він конструктивно простий, придатний для використання при скріпленнях типу КБ, СКД, КПП та ЖБР. Пристрій встановлюється в трьох місцях на довжині 25 м, має масу 13 кг, обслуговується одним чоловіком, ремонтно-придатний для різних умов експлуатації колії.

Оцінка впливу параметрів улаштування колії на інтенсивність бічного зношення головки рейки в кривих ділянках

Рибкін В. В., Настечик М. П., Арбузов М. А., Маркуль Р. В., (ДНУЗТ, guaranga_mr@mail.ru),
Каленик К. Л. (ДонІЗТ)

Материал посвящен оценке влияния параметров устройства пути на интенсивность бокового износа головки рельса в кривых участках

On the territory of Ukrainian railways there are many curves plots track, including short range with steep rises and descents of the longitudinal profile of track, where the regenerative braking. This leads to intense wear of rails and wheels rolling. The intensity of wear of rails and wheels and therefore depends on the correct setting standards superelevation in the curve. In turn, raise standards depend on the velocity, radius curve and other operational factors. Therefore, to further establish the correct rules superelevation present material effect on increasing wear on the rails in curved sections track.

На мережі залізниць України існує велика кількість кривих ділянок колії, в тому числі малого радіусу із крутими підйомами та спусками поздовжнього профілю колії, де застосовується рекуперативне гальмування. Це призводить до інтенсивного зношення рейок та коліс рухомого складу. Інтенсивність зношення рейок а відповідно і коліс прямо залежить від правильності встановлення норм підвищення зовнішньої рейки в кривій. В свою чергу норми підвищення залежать від швидкості руху, радіусу кривої та інших експлуатаційних факторів. Тому для подальшого встановлення правильності норм підвищення зовнішньої рейки даний матеріал присвячений впливу підвищення на зношення рейок в кривих ділянках колії.

З метою встановлення впливу величини підвищення зовнішньої рейкової нитки на величину її зношення в кривих ділянках, були проведені дослідження які базувались на підставі трьох джерел, що містять в собі:

- дані з раніше проведених експериментальних дослідів, які наведені у науковому журналі «Путь и путевое хозяйство»;
- паспортні дані кривих на одній із залізниць України, станом на 2010 рік;
- дані результатів натурних спостережень Колієобстежувальної станції №1 (ПС1) Укрзалізниці.

Аналіз результатів цих даних показав, що величина підвищення зовнішньої рейкової нитки впливає на інтенсивність бічного зношення рейки в кривих ділянках. Спостерігається також вплив різного діапазону радіусів кривих на процес зношення рейок, що підтверджує нечіткість отриманих даних. Тому для уточнення отриманих результатів, необхідно продовжити натурні дослідження зношення рейок в колії. Це в свою чергу може вплинути на достовірність та раціональність норм підвищення зовнішньої рейки в кривих.

Моделі для розрахунку температурних полів та напружень балок прогонових будов залізничних мостів

Лучко Й. Й., Ковальчук В. В. (ЛФ ДНУЗТ, kovalchuk.diit@mail.ru)

В данной работе предлагаются математические модели теплопроводности и теории термоупругости при различных режимах работы пролетов железнодорожных мостов, которые находятся под влиянием переменных климатических воздействий

In this paper the mathematical models of heat conductivity and deflected mode beams of railway bridges spans which are under the influence of variable climatic temperature effects are offered. These investigations, along with studying the effects of constant and variable loads, are the basis for assessing the strength and reliability of beam spans of bridges. For the study of the deflected mode the equations of the theory of thermo elasticity are used.

Враховуючи, що строк надійності експлуатації встановлений для мостових конструкцій вичерпується, виникає необхідність у встановленні залишкового ресурсу надійної експлуатації прогонових будов мостів, постійного контролю змін фізико-механічних характеристик матеріалу споруди під час довготривалої експлуатації при змінних температурах і впливах. Одним із найбільш ефективних способів оцінювання технічного стану конструкцій та споруд, що працюють при зовнішніх силових навантаженнях та змінних сезонних, добових та річних температурах, є моніторинг їхнього напружено-деформованого стану, який дає можливість отримати об'єктивну інформацію щодо історії навантаження елемента конструкції впродовж циклу його життя та визначити термін його експлуатаційної придатності. Для здійснення такого моніторингу необхідно розробити математичні моделі теплопровідності та напружено-деформованого стану.

Розрахунок напружено-деформованого стану, викликаний температурними полями, менш розповсюджений та вивчений. Зокрема, необхідно відзначити питання створення математичної моделі реальної конструкції. З одного боку, модель повинна найбільш повно відтворювати роботу реальної конструкції. А з іншого, модель не повинна бути дуже складною. Відхилення при конструюванні моделі в той чи інший бік може призвести до невідповідності моделі реальній конструкції або до ускладнення моделі до такого ступеня, що це не дозволить виконати розрахунки навіть на найпотужніших обчислювальних машинах.

Першим та дуже важливим етапом підготовки моделі до розрахунку є призначення її розмірності. В даній роботі використовуються тривимірні (3D) моделі.

Для розв'язання крайової задачі теплопровідності бажано задати значення початкової температури в усіх вузлах скінченноелементної сітки. Значення початкової температури задавати не обов'язково, воно повинно бути таким, при якому вважається, що температурна деформація відсутня. Далі необхідно задати крайові умови, у цьому разі – значення теплових потоків на поверхні прогонової будови моста.

При визначенні напружено-деформованого стану балок прогонових будов моста необхідно прийняти один із отриманих векторів значень температури у вузлах як крайову умову задачі. Також необхідно задати граничні умови першого роду (закріплення у просторі та зв'язки), які виключають можливості руху балки, як жорсткого цілого: як у поступальний, так і в обертальний спосіб. Але ці закріплення та в'язі не повинні суперечити розрахунковій схемі крайової задачі, створювати не тотожні напруження та деформації.

Вихідними даними при розв'язанні задачі теплопровідності та теорії термопружності, був розподіл температури виміряний 19 липня 2012 р. о 15 год 40 хв. для залізничного моста, розташованого на перегоні Підзамче-Львів, 1476 км пк1 Львівської залізниці.

У результаті скінченноелементного моделювання встановлено, що максимальні напруження виникають на кінцях балки, яка обмежена у переміщеннях. Величина напружень становить 54,813 МПа, а деформацій 0,0583 мм.

Моделювання взаємодії колії та рухомого складу в зоні рейкових стиків при дискретній підрейковій основі

Даренський О. М., Клименко А. В. (УкрДАЗТ, iandrew.ua@gmail.com)

Представлен метод расчета вертикальных сил взаимодействия пути и подвижного состава в зоне рельсовых стыков с использованием общей расчетной схемы пути как балки на многих упруго - диссипативных опорах с нелинейными характеристиками

We proposed a method for determining the interaction forces between the rolling stock and rails in the area of rail joints. Using numerical method we defined the level of impact forces that are arise during the movement of specialized wagons of industrial transport on the defective joints as well as on the joints that have defects in the form of "steps".

Розроблен метод розрахунку вертикальних сил взаємодії колії та рухомого складу в зоні рейкових стиків з використанням загальної розрахункової схеми колії як балки на багатьох пружно - дисипативних опорах з нелінійними характеристиками. Метод дозволяє встановлювати вплив на динамічні сили зміни жорсткості рейкової нитки в зоні стику, величину стикового зазору, можливо наявності «сходинки» у стику, нерівнопружності підрейкової основи, термінів служби колії, геометричних нерівностей рейкової колії.

Метод розрахунку цих динамічних сил, був реалізований в програмній системі Mathcad.

Розрахунками, які виконані для 12 типів спеціальних і спеціалізованих вагонів, встановлен вплив на величини вертикальних ударних сил, які виникають під час руху рухомого складу по рейковим стикам, перелічених чинників. На підставі чисельних досліджень були зроблені наступні висновки:

1. При русі спеціалізованих і спеціальних вагонів металургійних і гірничодобувних підприємств, зі швидкостями які реалізуються на коліях промислового транспорту, вертикальні ударні сили можуть досягати рівня 27 – 28 кН при справних рейкових стиках.

2. При наявності несправностей в стиках («сходинки») ударні навантаження зростають в 1,7 – 3,2 рази, досягаючи рівня 65 – 70 кН.

3. На колії з залізобетонними шпалами значення ударних навантажень в стиках підвищується на 25-45 % порівняно з дерев'яними шпалами.

4. Дані, які одержані розрахунками, підтверджені результатами експериментальних робіт.

Становление и развитие конструкции бесстыкового пути

Матвецов В. И., Мирошников Н. Е. (БелГУТ, matvecov@rambler.ru)

The formation and development history of a continuous welded rail on roads of the former Union is considered.

Широкое внедрение и совершенствование термитной и электроконтактной сварки создало условия для укладки в путь сварных рельсов. Наряду с этим в 30-х годах прошлого столетия на ряде станций Московской и Южной дорог укладывались плети длиной от 300 до 800 м.

Началом опытной укладки бесстыкового пути в условиях нормальной его эксплуатации в бывшем Союзе следует считать 1949 г., когда в начале на Томской дороге на станции Инская, а затем на перегоне Инская–Издrevая по предложению инженера М. С. Бочёноква (впоследствии доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники СССР) был уложен бесстыковой путь с рельсами Р43 особой конструкции, названный впоследствии плетевым путем с саморазрядкой температурных напряжений. Такая свобода перемещений обеспечивалась специальными промежуточными костыльными скреплениями и уравнительными приборами на концах плетей. Для возвращения переместившейся плети на место в средней ее части сооружалось пружинное возвращающее устройство. После переезда Бочёноква М. С. в Москву бесстыковой путь его конструкции с 1954 г. укладывался на Московско-Курско-Донбасской дороге, где он эксплуатировался до 1961 г.

Температурно-напряженный бесстыковой путь с сезонными разрядками температурных напряжений был впервые в опытном порядке уложен на IV главном пути бывшей Московско-Курско-Донбасской дороги в 1956 г. По предложению ЦНИИ МПС для укладки применили рельсы типа Р50. Плетей соединялись уравнительными приборами.

Опыт первого же года эксплуатации бесстыкового пути оказался успешным. Отпали опасения в нарушении устойчивости пути и значительных перемещениях концов плетей. Осложнений в текущем содержании не возникло. Оказалось возможным несколько упростить конструкцию пути – применить стандартную эпюру шпал, не делая валики щебня.

В 1957 г. началась укладка бесстыкового пути на Белорусской железной дороге. Для укладки бесстыкового пути на дороге к этому времени создались благоприятные условия в связи с внедрением в 1956 г. железобетонных шпал. На перегоне Молодечно-Сморгонь Молодеченской дистанции пути были уложены первые 19 км бесстыкового температурно-напряженного пути с периодической разрядкой напряжений. Некоторые плети в опытном порядке укладывали не с уравнительными приборами, а в комплекте из трех уравнительных рельсов.

Дальнейшее развитие бесстыкового пути шло более быстрыми темпами. В 1958 г. появились длинные плети на Юго-Западной, в 1959–1960 гг. – на Октябрьской, Львовской и других дорогах. Укладывались рельсы типа Р50 на железобетонных шпалах с раздельным скреплением. Первый участок бесстыкового пути без разрядки напряжений был уложен в 1959 г. на Донецкой дороге. К этому времени уже были выпущены скрепления для рельсов типа Р65 и машины, пригодные для сварки этих рельсов. Участок на Донецкой дороге характеризовался большой грузонапряженностью, скоростями, осевыми нагрузками и находился в районе зарождения угольных маршрутов. Было выяснено, что применять бесстыковой путь в таких тяжелых условиях эксплуатации особенно целесообразно.

Опыт эксплуатации бесстыкового пути, накопленный на Белорусской, Октябрьской, Юго-Западной, Донецкой дорогах, а также результаты многочисленных исследований в бывшем СССР и за рубежом позволили ЦНИИ МПС дать в 1960 г. рекомендации о широком внедрении бесстыкового пути на части дорог бывшего СССР.

Однако до 1963 года бесстыковой путь укладывался, в основном, в районах с годовыми температурными амплитудами до 90–95°C. Препятствием для расширения зон укладки рельсовых плетей являлись большие амплитуды температур и утверждение многих специалистов о появлении впереди тормозящего поезда значительных дополнительных продольных сил.

По инициативе НИИЖТА с разрешения ЦП МПС на перегоне Чик-Коченево Западно-Сибирской железной дороги 23 октября 1963 г. По оригинальной технологии был уложен бесстыковой путь с рельсами Р65 на щебеночном балласте с деревянными шпалами на раздельном скреплении. В результате проведенного специалистами НИИЖТа уникального эксперимента установлено, что дополнительных продольных сил впереди тормозящего поезда даже при экстренном торможении не возникает. Так была доказана возможность укладки и нормальной эксплуатации бесстыкового пути на всей территории бывшего Союза.

Наряду с широкими теоретическими исследованиями ученых транспортных ВУЗов, ВНИИЖТом на специальном стенде экспериментально были определены допустимые сжимающие перепады температур по устойчивости для бесстыкового и звеньевоего пути. Была одобрена перспективная технология для сварки плетей и восстановления их целостности способом предварительного изгиба, долгое время находившаяся под запретом ЦП МПС.

В середине 70-х годов бесстыковой путь укладывался на всех железных дорогах МПС, за исключением Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока. На многих дорогах укладывали рельсовые плети длиной до 600 м. Состояние бесстыкового пути постоянно ухудшалось. Этому способствовали изломы рельсовых плетей и постоянный рост протяженности пути со сверхнормативным тоннажем. В это время возникла острая проблема уравнительного пролета на железобетонных шпалах, выход рельсов и других элементов пути на которых в десятки раз превышал выход их на всей длине плети. Применение прокладок повышенной упругости не дало никаких результатов. Необходимо было принимать срочные меры по сокращению числа уравнительных пролетов, в результате чего возрастала средняя длина лежащих в пути плетей. При этом сокращались трудозатраты на ремонт и текущее содержание бесстыкового пути. Необходимо было радикальное решение по увеличению длины укладываемых плетей до длины блок-участка.

В 1975 г. НИИЖТ, КИИТ, МИИТ, ХИИТ и БелНИИЖТ обратились к заместителю Министра путей сообщения А. Ф. Подпалому с просьбой разрешить укладку плетей на длину блок-участка. Следует отметить, что все основные предложения по применению бесстыкового пути со сверхдлинными рельсовыми плетями были разработаны транспортными ВУЗами, ВНИИЖТ занимал противоположную позицию и долгое время сопротивлялся внедрению на сети железных дорог рельсовых плетей сверхнормативной длины.

Несмотря на это, разрешение на укладку рельсовых плетей в пределах блок-участка было получено и на ряде дорог началась укладка плетей длиной до 2500 м. Наибольших успехов в укладке плетей такой длины достигли путейцы Львовской железной дороги.

Увидев преимущества укладки и эксплуатации длинных рельсовых плетей, путейцы стали повсеместно увеличивать их длину. Длина рельсовых плетей стала резко возрастать, достигая 5, 8, 10, 13 км и более. Поэтому еще до развала Союза наибольшая длина рельсовых плетей, постоянно увеличиваясь, достигла на Донецкой дороге 17,5 км. В настоящее время длина рельсовых плетей не ограничена и укладывается на несколько перегонов.

В докладе в хронологической последовательности раскрываются процесс развития конструкции бесстыкового пути, технологии его укладки и ремонтов, контроля за перемещениями рельсовых плетей, определения температурных сил и прогнозирования надежности бесстыкового пути в момент наступления экстремальных температур.

Об изготовлении железнодорожных рельсов из высокопрочного чугуна

Сосновский Л. А., Матвеев В. И. (БелГУТ, matvecov@rambler.ru),
Псырков Н. В. (ПО «Гомсельмаш»)

In the report are considered features of manufacture of rails from high-strength pig-iron with special characteristics, are presented characteristics of its service properties.

Первые железнодорожные рельсы изготавливались из чугуна, которые заменили железными, а впоследствии стальными, обеспечившими благодаря своей высокой прочности надежность работы пути с постоянно растущими осевыми нагрузками и скоростями движения поездов. Совершенствование качества стальных рельсов приводит к повышению их стоимости, при этом наблюдается постоянный дефицит новых рельсов для ремонта и текущего содержания железнодорожного пути во всех странах мира.

В последнее время сделано предложение о перспективности изготовления рельсов из специального высокопрочного чугуна марки ВЧТГ, созданного в Гомеле специалистами ООО «НПО ТРИБОФАТИКА» и ПО «ГОМСЕЛЬМАШ». Результаты испытаний образцов такого чугуна показали, что основные его служебные свойства (по сопротивлению контактной и изгибной усталости) практически близки к аналогичным свойствам высокопрочных сталей (таблицы 1 и 2). Сравнение свойств чугуна ADI-1050 и стали 42 CrMo4 приведено в таблице 3.

Таблица 1

Основные свойства высокопрочных марок чугуна и стали

Материал	HB _{min}	HB _{max}	Предел контактной усталости, МПа		Предел выносливости при изгибе, МПа	
			$p_{f\ min}$	$p_{f\ max}$	$\sigma_{-1\ min}$	$\sigma_{-1\ max}$
ЧУГУН с шаровидным графитом (ISO 6336-5:2003(E))	200	300	550,0	700,0	210,0	248,0
Легированная термоупрочненная СТАЛЬ (ISO 6336-5:2003(E))	200	390	706,6	1123,1	302,6	370,6
ВЧТГ (плавка №25)	320	360	900	1050	270	310

Таблица 2

Свойства высокопрочных марок чугуна

Марка чугуна	Временное сопротивление, $\sigma_{\delta\ min}$, МПа	Относительное удлинение, δ , %	Твердость, HRC ± 5
ВЧТГ- 900	900	1,0	50
ВЧТГ- 1000	1000	3,0	48
ВЧТГ- 1100	1100	1,8	46
ВЧТГ- 1200	1200	2,5	45
ВЧТГ- 1400	1400	3,0	44

Но чугун имеет и ряд других важных достоинств. Затраты электроэнергии на производство чугунного изделия, по оценке американских специалистов, в два раза меньше, чем аналогичного по весу стального. Тем самым высокопрочный чугун дает весьма существенную экономию ресурсов. Рельсы из чугуна ВЧТГ практически не требуют смазки в процессе эксплуатации ввиду наличия в них шаровидного графита. Система колесо/рельс становится самосмазывающейся вследствие переноса графита на контактную поверхность

колеса. Ожидается снижение загрязненности поверхностей катания, примерно двукратное уменьшение интенсивности их изнашивания, существенное повышение коэффициента сцепления. Кроме того высокая демпфирующая способность чугуна ВЧТГ позволяет значительно снизить требования к его свойствам пластичности (без потери эксплуатационной стойкости рельсов).

Таблица 3

Сравнение свойств особых марок чугуна и стали

Параметры		42CrMo4	ADI-1050
Прочность на растяжение	Н/мм ²	1000	1050
Граница пластичности	Н/мм ²	750	700
Удлинение	%	11	7
Модуль Е	кН/мм ²	210	170
Твердость	НВ	300	302–363
Ударная вязкость	(DVM) (J)	40	10
Предел усталости	Н/мм ²	500	400
Стойкость на износ		низкая	высокая
Способность к демпфированию		низкая	высокая
Жидкотекучесть		низкая	высокая
Плотность	г/см ³	7,9	7,2
Способность к самосмазыванию		низкая	высокая
Влияние толщины стенки		высокая	низкая
Стоимость	%	100	40–80

К настоящему времени изготовлены рельсы из чугуна марки ВЧТГ длиной 6,5 м, которые были уложены в путь и проходят испытания в эксплуатационных условиях.

Рельсовое хозяйство Белорусской железной дороги

Матвецов В. И., Мирошников Н. Е. (БелГУТ, matvecov@rambler.ru)

In the report is considered the condition of a rail economy of the Belarus railway, is resulted the analysis of an exit defective rails during the last years.

Рельсовое хозяйство Белорусской железной дороги это – 11766 км железнодорожных путей, из которых 7204 км главных путей, 3505 км станционных и 1059 км подъездных путей, а также 12500 стрелочных переводов.

На главных и приемо-отправочных путях лежат преимущественно и эксплуатируются рельсы типа Р65, производства ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (НТМК), ОАО «Металлургический комбинат «Азовсталь» и ОАО «Кузнецкий металлургический комбинат» (КМК), протяженность которых составляет соответственно 2818, 2877 и 336 км.

В 2010 г. на дороге в опытном порядке были уложены рельсы типа 60Е1 австрийского производства, а в 2011 г. – рельсы типа Р65 польского производства. В 2012 г. закуплено 223,8 км новых рельсов. Основным поставщиком была австрийская компания, у которой закуплено более 140 км рельсов высшей категории. Общая протяженность лежащих в пути рельсов других заводов-производителей достигла 610 км.

На дороге за последние 10 лет произошел 41 случай излома рельсов, в том числе 25 случаев (61 %) произошло с рельсами производства НТМК; 13 случаев (32 %) произошло с рельсами производства Азовсталь; 3 случая (7 %) произошло с рельсами производства КМК. Из допущенных случаев 31 излом рельсов (75,6 %) произошел в период действия отрицательных температур и 10 изломов рельсов (24,4 %) – в период положительных температур.

В докладе приводится распределение изломов рельсов по кодам дефектов. Наибольшее число изломов произошло по коду 21.2 и по кодам 26.3, 56.3 и 66.3 соответственно 12 и 9 случаев. Из всех допущенных изломов рельсов 15 случаев (37 %) произошли по кодам дефектов, которые невозможно было выявить существующими дефектоскопными средствами.

В 2012 г. средствами дефектоскопии выявлено 3824 остродефектных рельсов и 6982 дефектных рельса. По состоянию на начало 2013 г. количество дефектных рельсов эксплуатируемых на главных и приемо-отправочных путях составляет 18455 шт. За последние 5 лет отмечается постоянный рост числа дефектных рельсов (с 15473 шт. в 2008 г. до 18455 шт. в 2013 г., т.е. на 3000 шт. или почти на 20 %).

Наибольшее количество остродефектных рельсов на дороге за прошлый год внесли дефекты кодов 21 и 30Г, доля которых превысила 80 % общего количества. Выход дефектных рельсов за прошлый год по кодам 10, 11 и 17 составил около 60%.

Выход остродефектных рельсов во многом зависит от года их проката. Анализом установлено, что наибольший выход до 60% от общего количества имеют рельсы, изготовленные в 1981–1990 гг. и до 25 % рельсы, изготовленные в 1991–2000 гг.

Анализ выхода остродефектных рельсов в зависимости от пропущенного тоннажа показал, что рельсы с наработкой пропущенного тоннажа 300 млн т брутто и более представляют наибольшую угрозу безопасности движения поездов. При этом выход рельсов произойдет в указанном диапазоне.

Из анализа выхода рельсов на главных путях по заводам изготовителям видно, что по качеству изготовления рельсы КМК и НТМК имеют большую склонность к образованию поверхностных и внутренних дефектов.

Экологические проблемы предприятий железнодорожного транспорта и пути их решения

Мамчиц Л. П. (ГГМУ), Фещенко А. П.
(БелГУТ, luda-gomel77@list.ru, aleks011960@mail.ru)

This article describes the environmental problems on the railways and identifies solutions in the light of international requirements.

Экологическое состояние окружающей среды все в большей мере становится одним из факторов, от которых напрямую зависит качество жизни людей в XXI веке, само будущее человечества. Это требует от государственной власти, ученых, специалистов, промышленников и предпринимателей самого тщательного учета экологических последствий применяемых технологий и осуществляемых производственных проектов, предельно бережного отношения к природной среде, минеральным и биологическим ресурсам Земли.

В то время как увеличивается роль и удельный вес железнодорожных перевозок, растет спрос на них, железнодорожный транспорт занимает одно из лидирующих положений по масштабам загрязнения атмосферного воздуха. На его долю приходится около половины суммарных техногенных эмиссий. При этом значительная часть железнодорожного парка в

республике не соответствует последним международным экологическим стандартам. Да, повышение экологичности железнодорожных перевозок – один из путей решения проблемы. Однако при резко увеличивающемся парке локомотивов и вагонов возникает проблема защиты окружающей среды от загрязнения. Использование экологически безопасных материалов, перспективных технологий при перевозках, строительстве, ремонте и содержании железных дорог позволит значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду, создать более благоприятные условия для проживания населения вблизи железных дорог и предприятий железнодорожного транспорта.

Следует подчеркнуть важность проведения единой транспортной политики и в области экологических вопросов. В настоящее время необходим экосистемный подход к проблеме роста локомотивно-вагонного парка, строительства и ремонта железных дорог, направленного на минимизацию негативного влияния на окружающую среду.

Различают два основных вида воздействия железнодорожного комплекса на окружающую среду (все эти факторы требуют тщательного анализа и принятия конкретных инженерных решений по их минимизации): экологическая безопасность и технологическое загрязнение.

Первый фактор. Статистика показывает, что в Беларуси более 50 % загрязняющих выбросов приходится на долю железнодорожного транспорта. При этом общая площадь полосы отвода дорог занимает около 0,1 % территории республики. А учитывая тот факт, что средняя ширина зоны влияния дороги составляет 500 м (по 250 м в обе стороны), загрязнение распространяется почти на 1,0 % территории страны!

Это приводит к истощению природных ресурсов за счет использования земель, строительных материалов, воды, углеводородного топлива и т.д.

Второй фактор учитывает оценку загрязнения окружающей среды технологическими выбросами (выбросы вредных веществ техникой, заводами и базами железнодорожных предприятий) и транспортными (выбросами от локомотивов и предприятий). Технологические выбросы представлены в основном сажей, CO, NO и CH. Они зависят от локомотивного парка, спецтехники и т.д. Надо сказать, что для снижения этих выбросов проводится целенаправленная работа по оснащению предприятий и производственных баз пылеуловителями различных конструкций. В целом же к числу первоочередных мер по снижению воздействия технологических выбросов на окружающую среду относят соблюдение технологий и регламентов использования оборудования, машин и материалов на предприятиях железнодорожного хозяйства; применение современных, экологически безопасных конструкций технологического оборудования; использование эффективных средств защиты окружающей среды (очистка сточных вод и газовых выбросов, утилизация отходов), а также повышение уровня экологической подготовки кадров железнодорожного хозяйства.

Объемы выбросов вредных веществ в атмосферу составляют более 10 тыс. тонн. При этом в составе выбросов имеются токсичные вещества, а также оседающие на покрытия и в придорожной полосе пыль, топливно-смазочные и другие материалы. Это приводит к чрезмерному загрязнению атмосферы и насыщению вод поверхностного стока и почвы взвесями, нефтепродуктами, в том числе тяжелых металлов, химическими реагентами и т.д.

Если сравнить загрязнение водостоков поверхностными сточными водами с железных дорог и загрязнение водной среды отходами химических и промышленных производств, то объемы первых окажутся незначительными. Однако бороться с ними намного труднее ввиду большей протяженности источника загрязнения по длине и распространению по территории.

Пути решения проблемы

Анализ работы современных транспортных средств показывает, что в них не в полную меру использованы возможности снижения выбросов сажи, свинца и т. д. При этом наиболее эффективное средство по снижению эмиссии CO, CH и NO в атмосферу – это внедрение на комплекса антитоксичных мероприятий, в числе которых можно назвать системы нейтрализации и фильтрации отработанных газов, использование альтернативных

источников энергии. Кроме того, ужесточение экологических требований к топливам, смазочным материалам, охлаждающим жидкостям, пластмассам, используемым на железнодорожном транспорте, также дает значимый положительный эффект.

Для решения вышеперечисленных проблем необходимо:

- разработать комплексную программу развития железнодорожного комплекса с учетом стратегических целей устойчивого развития и проблем охраны окружающей среды;

- обеспечить железнодорожные проектные организации методикой проведения оценки воздействия на окружающую среду при проектировании строительства и ремонта железных дорог с учетом последних требований природоохранного законодательства, осуществлять в процессе строительства дорог совместный с авторским проектным надзором экологический надзор;

- разработать систему эффективного стимулирования производства и использования локомотивов улучшенных экологических характеристик, наладить постепенный вывод из эксплуатации машин и механизмов, не удовлетворяющих международным экологическим требованиям;

- отраслевым учебным центрам и профильным научно-исследовательским институтам обеспечить подготовку кадров в области железнодорожной экологии, повышать уровень экологических знаний специалистов железнодорожного хозяйства и т.д.

Інформація по будівництву Бескидського тунелю

Харлан В. І. (ДП «Львівська залізниця»)

Материал посвящен информации о строительстве Бескидского туннеля

The material are devoted to the information on building of the Beskidsky tunnel

Бескидський тунель побудований у 1886 році з каменю під габарит рухомого складу тих часів і має довжину 1746 м.

Тунель розташований на ділянці Львів – Стрий – Чоп, яка знаходиться на п'ятому пан-європейському коридорі: Трієст – Любляна – Будапешт – Братислава – Ужгород – Львів) і поєднає такі країни, як Італія, Словенія, Угорщина, Словаччина і Україна. Даний тунель є єдиною одноколіною вставкою на всьому двоколінному напрямку.

Під час Вітчизняної війни у 1944 році тунель був підірваний (вхідний і вихідний портали, склепіння загальною довжиною 600 м). У 1945 році виконані роботи з відновлення обробки тунелю.

З 1954 по 1956 роки при електрифікації ділянки в тунелі виконане пониження колії в профілі на 45-50 см з розбиранням зворотного склепіння та влаштуванням бетонної стяжки товщиною 8-10 см. У зв'язку з великою кількістю ґрунтових вод тунель сильно обводнений. З 1977 року стали спостерігатись випадки випадання каменю оправи тунелю. Центральний водовідвідний лоток постійно замулюється з виходом води на колію.

Враховуючи тривалий термін експлуатації, внесені конструктивні зміни при електрифікації ділянки в 1956 році, значну обводненість, невідповідність сучасним габаритам рухомого складу та наявність однієї колії, відповідно до висновку комісії за участю експертів ЄБРР та Укрзалізниці, в 2002 році даний тунель визнаний таким, що має припинити своє існування.

Для ліквідації даного слабкого місця на транспортному коридорі, ЄБРР в 2004 році виділені кошти на проектування та будівництва нового двоколірного Бескидського тунелю.

В період з 2008 по 2011 рік Укрзалізницею проведений міжнародний тендер для виконання завдання «Проектування та будівництво Бескидського тунелю». Переможцем визнано ПрАТ «Інтербудмонтаж» (Україна), з яким 15.07.2011 підписаний Договір Підряду.

Від ДП «Укрдержбудекспертиза» 03.01.2013 отриманий позитивний експертний звіт щодо розробленої проектної документації (вартість будівництва складає 2,2 млрд. грн.). На даний час проект проходить погодження відповідними Міністерствами.

Згідно з проектною документацією будівництво тунелю має бути закінчено в середині 2016 року. Довжина запроєктованого тунелю складає 1822 м, шар породи над склепінням тунелю на перевальній ділянці досягає 182 м, площа вибірки породи складає 120 м^2 , об'єм вибірки породи становить понад 270 тис. м^3 . Для проходки тунелю вибраний новоавстрійський метод (будівництво передбачено як вибуховим, так і прохідницьким методами з використанням випереджуючого екрану). У зв'язку зі слабкими ґрунтами проектом передбачено посилене армування обробки тунелю (4 типи армування). Для можливості евакуації пасажирів під час виникнення аварійної ситуації, передбачено влаштування 3-х з'єднувальних евакуаційних збіжок між старим і новим тунелями.

На даний час на об'єкті будівництва виконані підготовчі роботи.

Оцінка комфортабельності їзди при реконструкції плану й профілю залізниці

Харлан В. І., (ДП «Львівська залізниця»), Байдак С. Ю., Черняков М. М.
(ДНУЗТ, kolaykrm@ukr.net)

*Матеріал посвящен оценок комфортабельности езды и плавности хода поездов при
различной степени сложности профиля железнодорожного пути*

*The assessment of comfortableness of a driving of passengers on various on complexity of a
profile and the plan railroad sites is carried out.*

В зв'язку з впровадженням на залізницях України швидкісного руху поїздів особливої актуальності набуває питання забезпечення плавності руху та комфортабельності їзди.

Ще в 40-х роках минулого століття було запропоновано для оцінки комфортабельності їзди використовувати коефіцієнт плавності ходу W . Але даний показник не дає повної оцінки руху по тій чи іншій кривій. В 1994 р. на засіданні комітету рухомого складу ОСЗ у Парижі був прийнятий коефіцієнт комфорту пасажирів N , що є інтерпретацією повних прискорень - враховує поперечні, вертикальні і поздовжні прискорення у пропорціях, відповідно до їх впливу на пасажирів.

Поставлене завдання зводиться до комплексної оцінки перебудови кривих на ділянках швидкісного руху з урахуванням таких показників, як повні прискорення $\alpha_{нов}$ і коефіцієнту комфорту пасажирів N на різних за складністю профілю та плану ділянках залізниці.

З метою класифікації профілю колії ВНИИЖТ у 1964 році було запропоновано використовувати величину середнього підйому, що є геометричною характеристикою робочої частини профілю ділянки і залежить від кількості і величини підйомів, нешкідливих і шкідливих спусків і їхніх часток на профілі. Крім цього було зазначено, що кожній групі середнього підйому відповідає визначена питома частка легких елементів профілю з ухилами від -3 до +3 ‰. За величиною середнього підйому і протяжністю у відсотках ухилів від -3 до +3‰ поздовжні профілі були розділені на 4 типи, але не враховувалась складність плану лінії. Тому авторами запропонована інша класифікація, що враховує як складність профілю, так і плану траси.

У роботі розглядається три еталонних ділянки траси різного ступеня складності: складний, середній і легкий, котрі близькі за своїми параметрами до існуючих напрямків Львів-Чоп, Фастів-Дніпропетровськ та Київ-Зернове відповідно. Максимальний ухил варіювався від 8 до 16 %, радіуси кривих – від 300 до 3000 м. Передбачалося, що поїзд різної норми маси проходить станції зі швидкістю близько 80 км/год, а перегони з максимальними швидкостями від 80 до 160 км/год, що відповідає прискореному й швидкісному руху. Розрахунки виконувалися з використанням програми MoveRW.

Отримані результати показали, що значення повних прискорень на ділянці середнього ступеня складності при максимальній швидкості руху на перегоні до 120 км/год виявляються меншими аналогічних значень на легкій ділянці. Але при збільшенні швидкості до 140-160 км/год спостерігається більш інтенсивне зростання повних прискорень, які або наближаються до значень на легкій ділянці або перевищують їх.

Як прискорення, так і відхилення прискорень і швидкості на складних ділянках змінюються за законом полінома 2-го ступеня. Розподіл значень повних прискорень та відхилень швидкості і прискорень для обох ділянок відповідають експоненціальному закону, за параметрами якого й можна надавати попередню оцінку комфортабельності їзди на різних за складністю профілю та плану ділянках залізниці.

Выбор оптимальной конструкции пути в зависимости от стоимости жизненного цикла

Андреев А. В. (ПГУПС, oddman@bk.ru)

In article the technique of a choice of designs of the permanent way at the life cycle cost is stated. Feature of this technique is consideration of life cycle cost in a context of the analysis of change of amounts of works according to the current maintenance of a track.

На сети железных дорог Мира существует огромное количество видов конструкций верхнего строения железнодорожного пути. Они различаются по параметрам надежности, прочности, долговечности и другим параметрам. Конструкция верхнего строения пути включает в себя большое число элементов (рельсы, шпалы, крепления и т. д.). При таком многообразии конструкций пути и их параметров встает вопрос оптимального выбора элементов верхнего строения пути. Сочетания элементов в конструкции должны отвечать требованиям, которые позволят продлить период жизненного цикла до максимально возможного значения.

Вопрос оптимального выбора конструкций пути затрагивает все этапы жизненного цикла, но самое большое влияние он оказывает на этап владения объектом (его технического содержания). Чем чаще производятся ремонтные работы и работы текущего содержания пути, тем дороже стоит весь цикл. Также факт частого производства работ означает, что те элементы конструкции, которые были уложены на этапе укладки, обладали недостаточной надежностью. При этом каждый из элементов мог работать сам по себе долговечнее, но существование их в единой конструкции «укорачивает» собственный жизненный цикл. Это означает, что рассматривать конструкцию пути нужно в целом, учитывая специфику параметров отдельных частей.

Важным параметром при анализе жизненного цикла является его стоимость. Стоимость жизненного цикла пути - совокупность взаимосвязанных, последовательно осуществляемых процессов установления требований, создания, применения и утилизации объекта, происходящих в течение периода времени, который начинается с этапа создания концепции объекта и заканчивается после этапа утилизации объекта. Исходными данными для нахождения стоимости жизненного цикла являются затраты на этапах цикла. Затраты берут

из финансовых документов. Их анализируют и включают в расчет стоимости жизненного цикла.

Стоимостью жизненного цикла будет являться сумма затрат на его пяти этапах: этап разработки, этап приобретения, этап установки, этап владения и этап утилизации. Если вести речь о путевом хозяйстве и выборе конструкции пути в нем, следует преобразовать эти этапы. Этапы жизненного цикла железнодорожного пути будут выглядеть так: этап разработки проектной документации, этап приобретения, этап укладки элементов верхнего строения пути, этап технического содержания пути, этап замены элементов верхнего строения пути.

Для определения выбора оптимальной конструкции пути следует найти минимально возможную стоимость жизненного цикла при условии надежной эксплуатации верхнего строения пути.

Бесстыковой путь на безбалластном основании

Савин А. В. (ОАО «ВНИИЖТ», 2604136@mail.ru)

At the Experimental ring of "VNIIZhT" Art. Scherbinka stacked two experimental designs ballastless ways: LVT (Low vibration track) and RHEDA 2000 ® LVT path consists of the following: rails, rail fasteners type W 30 "Fosslo» (Vossloh), reinforced polushpaly not tense with rubber grips and shock-absorbing pads, the base path of the supporting structure of reinforced concrete. Polushpaly dressed in cases with shock-absorbing pads, poured concrete roadway.

RHEDA 2000 ® - design consisting of a modified bi-block sleepers that are embedded in a monolithic reinforced concrete supporting layer. Precast concrete railroad tracks, consisting of two layers that need to engage in a systematic clutch. Adhesion is achieved through a rough surface hydraulically bound base layer and freshly laid concrete mix concrete base layer.

На Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ» ст. Щербинка уложены две опытные конструкции безбалластного пути: LVT (Low vibration track) и RHEDA 2000®.

Конструкция LVT состоит из бетонных блоков (полушпал), уложенных на эластичные прокладки, помещенные в резиновые чехлы, которые замоноличиваются в бетонное основание пути. Конструкция пути проектироваться с учетом минимизации шумовых воздействий в соответствии с требованиями СНиП 23-03-2003.

LVT путь состоит из следующих элементов: рельсы, рельсовые скрепления типа W 30 «Фоссло» (Vossloh), полушпалы железобетонные не напряженные с резиновыми чехлами и амортизирующими прокладками; несущая конструкция основания пути из неармированного бетона. Полушпалы, одетые в чехлы с амортизирующими прокладками, заливаются путевым бетоном, толщина которого под подошвой полушпалы составляет не менее 20 см. Подрельсовая площадка выполнена без подуклонки для унификации конструкции для всех участков. Подуклонка обеспечивается позиционированием полушпалы в путевом бетоне перед заливкой.

RHEDA 2000® – конструкция состоящая из модифицированных двухблочных шпал, которые залиты в монолитный армированный бетонный несущий слой. Монолитное железнодорожное полотно, состоящее из двух слоев, которые должны вступать в планомерное сцепление. Сцепление достигается через шероховатую поверхность гидравлически связанного несущего слоя и свежеложенную бетонную смесь бетонного несущего слоя.

Бетонный несущий слой шириной 3,0 м и толщиной 240 мм опирается на гидравлически связанный несущий слой 3,6 м на 300 мм. Бетонная несущая плита запроектирована со

стальными продольными армирующими стержнями $\varnothing 20$ мм общим количеством 21 штука и одним поперечным армирующим стержнем $\varnothing 20$ мм в каждом шпальном ящике.

Результаты испытаний дают основание считать, что данные конструкции займут достойное место на самых ответственных участках сети дорог.

С точки зрения возможности температурного выброса бесстыкового пути такая конструкция представляется совершенно устойчивой. В ней нет рельсошпальной решетки в привычном понимании. Рельсы крепятся к монолитному подрельсовому основанию, которое не имеет возможности смещаться в поперечном или продольном направлении. Однако участок подхода обычного пути на балласте к безбалластной конструкции представляет потенциальную опасность.

Это требует новых подходов к определению устойчивости бесстыкового пути на переходных участках между балластной и безбалластной конструкцией.

Контроль над обеспечением устойчивости бесстыкового пути

Залавский Н. И. (РГУПС, pph@kaf.rgups.ru)

A new method of monitoring to ensure the stability of continuous welded rail was offered

Итальянский ученый Ф. Корини в свое время (первая половина XX века) указывал «на крайнюю неустойчивость бесстыкового пути». Он предлагал для обеспечения устойчивости бесстыкового пути создавать как можно большую жесткость рельсошпальной решетки для сопротивления ее изгибу в горизонтальной плоскости. На первый взгляд действительно кажется, что, чем большей будет жесткость рельсошпальной решетки, тем большую по условию устойчивости можно будет допустить продольную сжимающую силу. Однако жесткость рельсошпальной решетки при изгибе в горизонтальной плоскости не может в расчет приниматься более, чем жесткость двух рельсов. Попытки увеличить жесткость за счет повышения сопротивления промежуточных креплений повороту рельсов относительно шпал совершенно бесполезны. При сборке рельсошпальной решетки и ее укладке в кривых необходимо иметь достаточный диапазон люфтов в узлах промежуточных креплений, иначе ее невозможно будет согнуть в плане. Кроме того всякий малый изгиб рельсов в плане во время эксплуатации сопровождается неоднократным проходом подвижного состава. Во время движения поездов, ранее возникающие даже весьма малые сопротивления повороту рельсов относительно шпал в плане, исчезают в результате их релаксации. Таким образом, предложенная предпосылка – в расчетах бесстыкового пути на устойчивость – считать главным условием повышения устойчивости – увеличение жесткости рельсошпальной решетки, не учитывает реальных возможностей совершенствования конструкции верхнего строения пути.

Бытовавшее предположений, что жесткость рельсошпальной решетки для обеспечения устойчивости бесстыкового пути можно увеличить за счет повышения погонной массы рельсов – была грубой инженерной ошибкой. По любой теории расчета (статической или учитывающей воздействие поездов) следует, что величина продольной температурной сжимающей силы, которая в более тяжелых рельсах больше, будет на много больше отрицательно влиять на устойчивость, чем положительное влияние высокой жесткости рельсов.

Критикуя предложение Ф. Корини по повышению устойчивости бесстыкового пути за счет увеличения жесткости рельсошпальной решетки, К. Н. Мищенко указывал на то, что обеспечить при необходимости большую устойчивость бесстыкового пути можно за счет уплотнения щебня или присыпкой им концов шпал. На первый взгляд действительно

кажется, что, чем больше погонное сопротивление сдвигу рельсошпальной решетки поперек оси пути, тем большую можно допустить продольную сжимающую силу по условию устойчивости бесстыкового пути. Однако, если задаться вопросом – какие реальные условия существуют, чтобы достаточно надежно, повсеместно, равномерно и постоянно конструктивными или организационными решениями обеспечивать большие погонные сопротивления для высокой устойчивости бесстыкового пути, то придем к однозначному ответу – нет и не может быть даже в обозримой перспективе таких условий. Да они и не нужны. Тот уровень обычных погонных сопротивлений щебеночного балласта, при котором сейчас обеспечивается безопасность движения поездов с установленными скоростями, уже вполне достаточен, чтобы надежно и длительно сохранялась устойчивость бесстыкового пути, но при условии ограниченного уровня сжимающих продольных температурных сил. Если уровень сжимающих продольных температурных сил не будет ограничен, контролируем и при необходимости восстанавливаем, то весьма слабая эффективность любых известных остальных мер будет в лучшем случае временной, локальной, с большим трудом организуемой и контролируемой.

Эксперименты, проведенные в действующем пути показали, что продольные и поперечные перемещения рельсошпальной решетки бесстыкового пути под действием продольных сил происходят только во время движения поезда. Эти перемещения начинаются при входе на путь головы поезда, монотонно увеличиваются, пока движется поезд, и их рост прекращается, как только удаляется хвост поезда. При этом за время движения поезда при реальных силах в рельсах величина перемещений обычно составляет 0,2-1,2 мм вдоль или поперек оси пути. Эксперименты в действующем пути проводились и с одиночными шпалами, и с целыми участками пути на концах рельсовых плетей и в их середине. В проводимых опытах перемещения одиночных шпал в балласте происходили под действием сил, создаваемых с помощью пружинно-винтовых устройств. Величина силового воздействия была при этом не выше значений, определенных ранее статическими расчетами. Например, в результате статического расчета считалось, что погонное сопротивление q для обеспечения устойчивости бесстыкового пути должно быть не менее 8 кН/м. В. В. Ершов проводил опыты на действующих участках пути при $q = 8; 6; 4$ и 2 кН/м. Оказалось, что скорость роста деформаций (\dot{Y}) под действием постоянных сил («эксперимент на ползучесть») весьма точно соответствует закону Ньютона, по которому

$$q = \xi \dot{Y}, \quad (1)$$

где ξ – коэффициент вязкости балласта, сдвигаемого шпалами поперек оси пути, кН/м.

В своих опытах В. В. Ершов фиксировал зависимости вида:

$$q = q_0 + \xi \dot{Y}, \quad (2)$$

но q_0 (начальное сопротивление) имело весьма большой разброс экспериментальных значений – от 0,1 до 1,0 кН/м. В расчет бесстыкового пути на устойчивость нужно брать худшую, то есть минимальную величину q_0 . Величина $q_0 = 0,1$ кН/м не превышает точности измерений, в связи с этим следует принять $q_0 = 0$.

Чтобы произвести расчет бесстыкового пути на устойчивость с учетом фактора времени и воздействия поездов, необходимо обратиться к еще более общей теории расчета сооружений – к теории ползучести. Теория ползучести относительно молодая наука (ей от роду чуть более полустолетия). Она в отличие от теории упругости и теории пластичности отвечает на вопросы, когда и в каком месте возникнут и как изменятся силы и деформации в рассматриваемых сооружениях. Теория ползучести в применении к бесстыковому пути изложена в учебном пособии проф. В. И. Новаковича.

Решение задачи обеспечения устойчивости бесстыкового пути под действием продольных сжимающих сил показало, что стрела изогнутой оси рельсов в напряженных неровностях растет по следующему закону:

$$f = f_o \exp\left(\frac{AF2\tau}{EJ\xi}\right), \quad (3)$$

где A – коэффициент, зависящий от конфигурации изогнутой оси рельсов;

F – продольная сила в рельсах;

f_o – начальная стрела неровности рельсов;

τ – время действия продольной силы;

EJ – жесткость рельсошпальной решетки.

Чем большая разница температуры закрепления рельсов и средней высокой температуры рельсов в самые жаркие недели лета, тем вероятнее образование напряженных неровностей в железнодорожном пути, на которых будет происходить интенсивный рост стрел. Для того, чтобы скорость роста стрелы в опасном по условию устойчивости месте не превысила возможности путейцев своевременно ее заметить и успеть принять меры для предотвращения негативных последствий, температура закрепления рельсовых плетей должна быть достаточно высокой. В связи с этим по нашему предложению была нормативами установлена дифференцированная по климатическим зонам высокая температура закрепления, названная «оптимальной». Из (3) можно определить скорость роста неровности по следующей зависимости:

$$\frac{\left[\ln\left(\frac{f}{f_o}\right)\right]}{\tau} = \frac{2AF}{EJ\xi}, \quad (4)$$

Из зависимости (4) видно, что возможности путейцев повлиять на ограничение скорости роста логарифма отношения текущей стрелы неровности в плане к начальной имеются, практически, только через ограничение величины продольной сжимающей силы F . Возможности повлиять на повышение величины $EJ\xi$, у персонала обслуживающего путь весьма ограничены и ненадежны.

Если скорость роста стрелы в силу теперь известных причин оказалась большой настолько, что путейцы не успели ее заметить и ликвидировать, то может произойти сход подвижного состава. Этот сход произойдет вероятнее всего в середине поезда из-за роста стрелы под ним, где через головку рельса перекатится гребень колеса. Тогда в результате схода колесной пары или тележки под действием сошедшего вагона может произойти еще и боковой сдвиг рельсошпальной решетки. Этот сдвиг является следствием схода, но вполне может быть ошибочно принят за причину аварии.

Механизм потери устойчивости бесстыкового пути (и звеньевое тоже) найденный методом, учитывающим фактор времени и воздействие поездов, в корне отличается от того, который наблюдался на стенде или описывается на основании статического расчета.

Розрахунок поперечних горизонтальних сил, діючих на колію в кривих від рухомого екіпажу

Твердомед В. М. (ДЕТУТ, tverdomed@ukr.net)

Предложена новая методика расчета поперечных горизонтальных сил, действующих в кривых от подвижного состава

A new method of calculating the lateral horizontal forces acting in the curves from the rolling stock are offered

Дослідження руху залізничного екіпажу в кривих ділянках колії являється однією із складних проблем взаємодії колії та рухомого складу. Ці складнощі пов'язані з великою кількістю факторів, які впливають на характер руху екіпажу по кривій, що приводить до необхідності рішення системи рівнянь з великою кількістю невідомих. Складною задачею є визначення реальної схеми вписування екіпажу в криву і в залежності від цього положення усіх коліс в кривій при різних режимах руху; складною є необхідність розгляду різних конструкцій екіпажної частини рухомого складу, в тому числі зчленованими і незчленованими візками; залежність сил та моментів тертя від положення центру повороту візка; зміна коефіцієнтів тертя ковзання в контакті колеса і рейки при різних схемах уписування та інш.

Перші теоретичні дослідження по вписуванню екіпажів рухомого складу в криві були проведені російськими вченими під час підготовки і виконання першої редакції розрахунків колії на міцність. Професори А. А. Холодецький та К. Ю. Цеглинський сформулювали основні положення теорії вписування екіпажів в криві, яка дозволила знаходити сили поперечного тиску коліс на рейки.

Подальший розвиток теорії вписування рухомого складу в криві отримано в роботах професорів К. П. Королева, А. А. Соломянського, В. В. Медея, О. П. Єршкова та інших в середині 20-го століття.

Найбільш повну та точну оцінку горизонтальних поперечних сил в кривих ділянках колії розроблено в методиці д.т.н., проф. О. П. Єршкова в фундаментальних дослідженнях. Цей метод розроблений на основі аналізу результатів теоретичних та експериментальних досліджень взаємодії на колію різних типів рухомого екіпажу. Метод дозволяє проводити оцінку величини та характеру зміни горизонтальних поперечних сил в кривих ділянках колії при русі різноманітних та складних в конструктивному відношенні типів рухомого екіпажу.

Заключні результати теоретичних досліджень О. П. Єршкова представлені у вигляді побудови графіків-паспортів для різних типів рухомого складу, по яким виражають залежність горизонтальних поперечних сил, що діють на колію (направляючих, рамних і бокових) від непогашеного відцентрового прискорення a_{nn} , величина якого, в свою чергу, залежить від трьох найважливіших характеристик: радіуса кривої R , підвищення зовнішньої рейки h і швидкості руху екіпажу V .

В запропонованій методиці при розрахунках поперечних горизонтальних сил за основу був прийнятий аналітичний метод О. П. Єршкова. Розроблена методика відрізняється від означеного метода проф. О. П. Єршкова в тому, що при розрахунках поперечних горизонтальних сил для нових та старих екіпажів, значення коефіцієнта тертя приймалось не рівне постійної величини $\mu \neq \text{const}$, а визначалось залежно від відносного проковзування коліс по рейці u/v . При цьому відносне проковзування розрізняється при різних умовах вписування і залежить від радіусу кривої і кута набігання коліс на рейку ($R \neq \text{const}, \alpha \neq \text{const}$). Де R – радіус кривої; α – кут набігання колеса на рейку, який

визначається відношенням x/R ; x – відстань від направляючої першої осі до центра повороту візка.

Розроблений метод вписування дозволяє в широкому діапазоні швидкостей, радіусів кривих і підвищення зовнішньої рейки визначати вплив на рівень поперечних сил: змінної величини коефіцієнта тертя колеса по рейці при різних схемах вписування, демпфіруючого моменту, зчленування візків (вплив попереднього натискання та жорсткості пружин в зчленуванні), повертаючих пристроїв в опорах кузова з різними характеристиками жорсткості, розбігів в осях.

Виконані розрахунки підтвердили в цілому запропоновану О. П. Єршковим методику розрахунків вписування екіпажів в криві ділянки колії для екіпажів із складною системою зв'язку кузова та візків.

На основі розробленої методики проведені розрахунки з визначення горизонтальних поперечних сил при вписуванні екіпажу у криві ділянки колії радіусів 300 м, 600 м, 1000 м та побудовані графік-паспорти для екіпажів, які є типовими для вітчизняних залізниць і вже тривалий час експлуатуються та для нових екіпажів.

Вплив поїздопотоків на залізничну колію при перерозподілі перевезень між паралельними ходами

Курган М. Б., Гусак М. А. (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru)

Представлен новый метод, позволяющий учитывать влияние подвижного состава на путь при распределении грузовых и пассажирских поездопотоков

New method to distribution of cargo and passenger traffic between parallel lines which considers influence of a rolling stock on a track.

Одним з основних проблемних завдань, викладених у Транспортній стратегії України на період до 2020 року, є розподіл мережі залізниць на лінії з переважно вантажним та переважно пасажирським рухом та підвищити пропускну спроможність перевезень. Першим кроком до її вирішення була розроблена Укрзалізницею схема розмежування вантажного та пасажирського руху для підвищення швидкості пасажирських поїздів на окремих ділянках після їх реконструкції. Ідея такого розмежування базується на тому, що на мережі залізниць можна виділити станції, між якими існує декілька паралельних маршрутів курсування поїздів. Наприклад, є напрямки Дніпропетровськ – Донецьк – через Павлоград, або Синельникове, або Запоріжжя. У першому варіанті довжина лінії 254 км, у другому – 268 км, у третьому – 420 км. Ділянки залізниць відрізняються не тільки технічним оснащенням, але й умовами роботи. Так до першого варіанту входить одноколійна ділянка Новомосковськ – Павлоград – Червоноград, у третьому варіанті ділянка Камиш-Зоря – Волноваха на тепловозній тязі. Для вирішення поставленого в роботі завдання був застосований диференційований підхід, який враховував як структуру поїздопотоків, так і технічне оснащення залізниць, параметри плану й поздовжнього профілю.

Пропозиція авторів щодо розділення вантажного й пасажирського руху базується на необхідності розвантаження головного ходу Донбас – Кривбас, по якому курсує більше 50 пар поїздів на добу, у той час як по ділянці Дніпропетровськ – Павлоград – Червоноармійськ – утрое, а по ділянці Запоріжжя – Камиш-Зоря – Волноваха в 10 разів менше. Особливо ці проблеми загострюються в літній період, тому що головний вантажний хід на ділянці Дніпропетровськ – Синельникове перетинається з головним пасажирським ходом на Крим.

Друга пропозиція впливає з того, що суміщений рух пасажирських і вантажних поїздів негативно впливає на умови експлуатації і комфортність їзди.

Об'єктивна оцінки витрат, пов'язаних з переключенням певної частки поїздопоток на паралельні ходи, може бути виконана за умови дослідження зміни енергоресурсів та витрат на знос колійної інфраструктури. За результатами розрахунків отримані кореляційні зв'язки між характеристиками ділянок та тягово-енергетичними факторами. Встановлено, що найбільш тісні зв'язки існують між роботою сил опору і гальмівних сил, роботою бокових і вертикальних сил – факторами, що призводять до зносу залізничної колії.

Запропонований новий підхід дає можливість давати попередню оцінку впливу різних факторів на знос інфраструктури, не виконуючи багатоваріантні тягові розрахунки та тривалі статистичні спостереження. Виконуючи переключення поїздів на ті чи інші ділянки, змінюється інтенсивність руху вантажних і пасажирських поїздів та інші експлуатаційні параметри, що впливають на знос колійної інфраструктури. Мінімізуючи витрати, пов'язані із зносом інфраструктури, вирішується задача щодо визначення оптимальної частки поїздів, що раціонально передавати на паралельні ходи за умови їх достатньої пропускної спроможності.

Определение ударного воздействия колес на путь при высокоскоростном движении

Тихов М. С. (ООО «ИЦ ВЭИП», lma.veip@yandex.ru)

Impact rail/wheel interaction is very important for high-speed railroads, especially in case of mixed with freight traffic operation. Additional impact calculation must be hold in high-frequency range. Such work was done for St.-Petersburg – Moscow line. Rail steps and wheel flats were considered. Results were compared with field measurement accelerations and were used in high-speed track maintenance standards.

Ударное взаимодействие в контакте колесо-рельс может приводить как к дополнительному воздействию на элементы верхнего строения железнодорожного пути, увеличивая интенсивность расстройств пути, так и к разрушающему воздействию. Подобное взаимодействие определяет необходимость нормирования ползунов на колесах подвижного состава, стыковых зазоров и вертикальных ступенек, которые на бесстыковом пути могут возникать, как в зонах сварных стыков, так и уравнильных пролетов.

В отечественной науке теоретические подходы исследований ударного взаимодействия колеса и рельса в разное время разрабатывались такими учеными, как В. Н. Данилов, Г. Е. Андреев, А. Я. Коган, Ю. Л. Пейч.

Особое значение исследование ударного взаимодействия приобретает для высокоскоростного и скоростного движения, особенно при его организации на линиях со смешанным движением. В данном случае воздействие грузового подвижного состава отличается силовым фактором, а скоростного – частотным.

Основная сложность, связанная с проведением исследований, заключается в том, что процессы взаимодействие колеса и рельса необходимо рассматривать в совершенно ином частотном диапазоне по сравнению с классической задачей определения воздействия подвижного состава на путь. Также весьма затруднительно проведение натурных экспериментальных исследований.

Для решения подобной задачи при определении нормативов содержания пути линии Санкт-Петербург – Москва использовался математический аппарат, разработанный А. Я. Коганом и М. А. Левинзоном. Данная модель взаимодействия экипажа и пути позволяет исследовать процессы в частотной области, что является наиболее точным методом решения для поставленной задачи. Было построены импульсные переходные

функции системы для одиночных неровностей на поверхностях катания колеса и рельса, вызывающие ударное взаимодействие, и определено решение во временной области.

В качестве входных данных для расчета использовались характеристики конструкции пути Р65-ЖБ-1840 и параметры следующих экипажей: электровоза ЧС-200 и электропоезда Velaro Rus. Расчеты были выполнены в скоростном диапазоне от 80 до 250 км/ч для ползунов глубиной до 1 мм и вертикальной ступеньки величиной до 1 мм. Оценка воздействия на путь определялась величиной дополнительной вертикальной силы и ускорения рельсов в зоне удара.

Так как измерение вертикальных нагрузок на рельсы методом тензометрирования при высоких частотах не является достаточно точным, было проведено сопоставление результатов расчета с экспериментально измеренными ускорениями рельсов при прохождении скоростным подвижным составом ступеньки в сварном стыке. Результаты расчета показали хорошую сходимость с результатами натурных измерений.

Полученные результаты были использованы при определении нормативов по диагностике и содержанию пути при скоростях 141-250 км/час.

Оценка эффективности смазочных материалов и модификаторов трения с помощью портативного трибометра

Говорков О. А. (ООО «ИЦ ВЭИП», lma.veip@yandex.ru)

Friction condition is one of most important features defining rail/wheel interaction. Friction characteristics estimation using rail lubrication & friction modifies may be carried out with portable roller tribometer. Such tribometer can estimate friction coefficient both on top of the railhead & lateral side of the rail with GPS-positioning. Medium enforcement at measuring roller friction zone corresponds medium enforcement at rail/wheel interaction.

Одной из комплексных характеристик, определяющей работу колес подвижного состава с рельсами является их фрикционное состояние. В настоящее время на железных дорогах всего мира предпринимается много попыток активно воздействовать на стабилизацию фрикционных характеристик подвижного состава и пути. Для оценки фрикционных свойств головок рельсового пути в эксплуатационных условиях (в том числе при использовании рельсосмазывания и модификаторов трения), возможно использование портативного роликового трибометра.

Портативный трибометр предназначен для оперативного контроля (измерения) коэффициентов трения на поверхности катания и боковой грани головки рельса. Принцип действия заключается в определении силы трения между измерительным роликом трибометра, движущегося по рельсу и поверхностью трения рельса. Трибометр позволяет фиксировать высокочастотные составляющие импульсов трения, что даёт возможность выделить коэффициенты трения, связанные с износом поверхности измерительного ролика и вызывающие погрешности в измерении фрикционных свойств рельсов. Данный трибометр также позволяет определять коэффициенты трения в условиях, когда между измерительным роликом и рельсом возникает режим квазигидродинамического трения, характерный для увлажнённых, замасленных и покрытых льдом рельсов. В конструкцию переносного роликового трибометра заложены следующие принципы:

1. Возможность оценивать уровень трения как на поверхности катания так и на боковой грани головки рельса.
2. Среднее давление в зоне трения измерительного ролика и рельсом должно соответствовать среднему давлению между реальным колесом и рельсом (проведение физического моделирования).

3. Скорость скольжения измерительного ролика относительно рельса в момент срыва сцепления не должна вызывать нагрев, способный изменить механические свойства смазочных материалов и модификаторов трения.

4. Измерительная система портативного трибометра должна быть автономной, с регистрацией параметров внешних погодных условий (температуры и относительной влажности воздуха) и GPS-координат. Все первичные данные сохраняются во flash-накопителе для последующего анализа результатов измерений.

Портативный роликовый трибометр позволяет производить замеры и первичную обработку величин коэффициентов трения непосредственно в полевых условиях. При этом можно перемещаться вдоль железнодорожного пути и проводить измерения на разных участках рельсов с привязкой мест измерения коэффициентов трения по GPS-координатам.

Аналіз положення стрілочних з'їздів на залізницях України

Рибкін В. В., Панченко П. В, Токарев С. О., (ДНУЗТ, TokarevSergeyAleks@yandex.ua)

Проведен анализ фактического положения стрелочных съездов на железных дорогах Украины. Установлено, что существующие нормативы по укладке стрелочных переводов не дают полную оценку для их дальнейшего содержания съездов

An operational research and full-scale measurements of the actual position turnout crossovers on Ukrainian railways are carried out

Пріоритетним напрямком розвитку колійного господарства є зменшення витрат матеріальних ресурсів та робочої сили на утримання колійної інфраструктури. У зв'язку з цим завданням необхідно суттєво підвищити надійність роботи основних елементів верхньої будови колії, стрілочних переводів шляхом удосконалення укладання та утримання. В останній час все більшу увагу приділяють питанню стосовно геометричних особливостей стрілочних з'їздів.

При укладанні стрілочних переводів в наслідок похибок і неточностей вимірювань, а інколи, і при стиснених умовах, існують випадки зміщення положення центрів стрілочних переводів. Це можуть бути як поздовжні і поперечні, так і кутові переміщення.

Згідно з діючими нормативними документами при укладанні стрілочних переводів у з'їзд різниці відстані від проектного положення між їх центрами не повинні перевищувати ± 150 мм для стрілочних переводів марки 1/9 і ± 100 мм для стрілочних переводів марки 1/11 та 1/6.

Виходячи з цього основним напрямком роботи є проведення експлуатаційних досліджень та аналіз фактичного положення стрілочних з'їздів на залізницях України, а також розробка методики визначення величин і характеру відступів.

Вирішення поставленої задачі пропонується за рахунок натурних вимірювань геометричних характеристик з'їздів та розробкою математичної моделі взаємодії рухомого складу і колії в межах стрілочних з'їздів з урахуванням існуючих відступів.

Виконані натурні виміри і теоретичні розрахунки показали, що більшість з'їздів укладено поза меж існуючих норм і допусків. Проаналізовано похибку вимірювань при використанні високоточних приладів та технічних засобів. На базі отриманих результатів запропоновано методику вимірювань величин і характер відступів стрілочних з'їздів.

В подальшому на основі отриманих даних пропонується розробити нормативи щодо оцінки існуючого положення стрілочних з'їздів на залізницях України.

Особливості динамічної взаємодії вагону з рейковою колією в зоні стикової нерівності типу «ступінь вгору»

Шпачук В. П., Рубаненко О. І., Супрун Т. О. (ХНАМГ, ms.suprun1989@mail.ru)

Работа посвящена исследованию фазы динамического взаимодействия первого колеса полувагона с приемным рельсом в зоне стыковой неровности типа «ступень вверх»

The interaction of the rolling stock on a rail track in the area of butt-type inequalities "degree upward" with the vertical displacement connection giving and receiving rails. The dependence of the dynamic reaction of the host track for the first wheel on the design and operating parameters of the vehicle and track. The parameters under which the separation takes place wheels on rail tracks.

Дана робота присвячена дослідженню фази динамічної взаємодії першого колеса напіввагону з приймальною рейкою в зоні стикової нерівності типу «ступінь вгору». Розрахункова схема напіввагону вибрана у вигляді чотирьох тіл: візка, до якого шарнірно прикріплені дві колісних пари, а також вагона, що з'єднаний з візком пружно-в'язкою підвіскою. При проходженні стику враховується прогин віддаючої і приймальної рейок, що пов'язані накладкою. Обчислення прогинів кінців рейок у різні моменти часу, як багатопрольотних балок на пружних опорах, дозволяє шляхом чисельного диференціювання визначити інші параметри руху – швидкість і прискорення стикового вузла. У такій постановці істотний вплив на точність обчислень робить вибір кроку за часом, з яким визначаються прогини. Чисельні дослідження показали, що достатньою і найбільш зручною для аналізу величиною кроку за часом є час проходження колесом зазору між рейками. При дослідженні фази підйому колеса з віддаючої на головку приймаючої рейки прискорення від руху стикового вузла вважається сталим.

Основним параметром, що характеризує динамічну взаємодію колеса з приймаючою рейкою, є реакція головки приймаючої рейки. Для її визначення складені диференціальні рівняння руху окремих складових, що моделюють напіввагон. При цьому рух візка і колісних пар розглядається як плоскопаралельний, а вагону – поступальний у вертикальному напрямку. Із складеної системи десяти диференціальних рівнянь отримано вираз для реакції головки приймаючої рейки. При складанні геометричних співвідношень зроблене припущення, що центр колеса першої колісної пари рухається по дузі, що є чвертю хвилі синусоїди з періодом, який визначається горизонтальною швидкістю вагону, радіусом колеса і висотою ступіні. Горизонтальна швидкість вагону приймається сталою.

Чисельні результати отримані при параметрах механічної системи, що відповідають вагону трамвая Т-3. З аналізу результатів витікає, що значення реакції головки приймаючої рейки, яка змінюється за часом протягом фази підйому колеса на ступінь, визначається конструктивними параметрами транспортного засобу і залежить від горизонтальної швидкості вагону, його завантаження і висоти ступіні стику. Отримано, що при діапазоні швидкостей від 5 м/с до 15 м/с, маси завантаження вагону від 17000 кг (порожній вагон) до 30510 кг (максимальне завантаження пасажирями) і висоти ступіні від 1 мм до 10 мм максимальне значення реакції найбільш суттєво залежить від швидкості вагону і може досягати величин порядку 500 Кн.

Отримані значення реакції головки приймаючої рейки є базовими для дослідження наступної фази динамічної взаємодії - коливального руху системи вагон-рейкова колія поза стиком.

Особливості проходження стику другою колісною парою

Шпачук В. П., Чупринін О. О., Супрун Т. О. (ХНАМГ, ms.suprun1989@mail.ru)

В статье исследуется взаимодействие подвижного состава и железнодорожного пути при прохождении стыковой неровности второй колесной парой тележки вагона

The article investigates the interaction of the tram to the rail in the area of isolated irregularities butt. Considered the transport of the complex mechanical «train track at the site of butt irregularities». The dependences of the deflections of the receiving rail track sleepers under the first phase of their growth from the operating and structural parameters of the vehicle and the track structure.

Практика та дослідження показують, що найбільш слабкою ланкою механічної системи «вагон – рейкова колія» є ізольовані стикові нерівності колії, що відносяться до рейкових стиків. При цьому є декілька фаз руху вагона через рейкові стики, які обумовлені послідовним проходженням стику відповідними колісними парами транспортного засобу. Більшість досліджень присвячено першій фазі - проходження стику першою колісною парою, що може позначитися на достовірності отриманих результатів розрахунків.

При проходженні стику другою колісною парою на приймаючій рейці вже знаходиться перша, що не може не відбитися на прогині під шпалами. Розглянемо другу фазу руху вагона. При статичному розрахунку прогинів рейки використовується модель багатопрогонової балки на 22 пружних опорах. Для визначення жорсткості рейки на кінці визначається прогин рейки на кінці від одиничної сили. Враховуючи особливості з'єднання віддаючої і приймаючої рейок (пов'язані працюючою накладкою) визначається жорсткість рейки на кінці. Це дозволяє визначити параметри спирання рейки з урахуванням жорсткості з'єднання. Далі розглядається прогини рейки на 23-х пружних опорах (22 шпали і спирання на сусідню рейку через працюючу накладку).

У розрахунках паралельно аналізуються прогини віддаючої і приймаючої рейок. На віддаючій рейці задаються зосереджені навантаження, число яких відповідає кількості коліс на ній, і визначаються фазою руху (при проходженні стику другим колесом - 3). Розраховується прогин віддаючої рейки на кінці від діючого на неї навантаження. З урахуванням співвідношення жорсткості рейки на кінці і жорсткості накладки визначається прогин приймаючої рейки і висота ступеня від навантажень, що діють на віддаючу рейку.

На другій фазі руху на приймаючій рейці задаються зосереджені навантаження, число яких відповідає кількості коліс на ній (1 колесо). Розраховується прогин віддаючої рейки на кінці від діючого на неї навантаження. З урахуванням співвідношення жорсткості рейки на кінці і жорсткості накладки визначається прогин віддаючої рейки і висота ступеня від навантажень, що діють на приймаючу рейку.

Це дозволяє визначити величину ступені від всіх навантажень (як на віддаючій, так і на приймаючій рейках). Отримані значення ступені вгору дозволяють, з урахуванням швидкості руху та приведеної маси колеса, визначити величину ударного імпульсу і післяударної швидкості приймаючої рейки при переході колеса на неї. Отримане значення післяударної швидкості є базовою характеристикою при дослідженні процесів динамічної взаємодії. Прийняті наступні припущення: коливання колісної пари і головки рейки відбуваються в безвідривному режимі; прогини рейки реалізуються без порушення суцільності баластового шару; демпфуючі властивості баластового шару не враховуються. Розв'язання знайдено з застосуванням методу Фур'є поділу перемінних. Для розв'язання системи диференціальних рівнянь застосуємо методи теорії операційного числення Лапласа-Карсона. Розв'язання задачі про вільні коливання (без змушуючої сили) зводиться до суперпозиції власних форм.

Дослідження виконано при параметрах механічної дискретно-континуальної системи, які відповідають вагону Т-3 (вага якого змінюється від порожнього до вагону с максимальним

завантаження вагона, при 193 пасажирів) і рейки типу Р65 с двохголовими накладками. В табл. 1. наведені величини ступені на другій та першій фазі руху. Аналіз таблиці дозволяє зробити висновок, що на другій фазі руху, внаслідок, того, що на приймаючій рейки важ розташовано колесо, ступень значно менше ніж на першій.

Таблиця 1

Величини ступені на другій та першій фазі руху

$\begin{matrix} m, \text{ кг} \\ V, \text{ м/с} \end{matrix}$	4250	4588	4926	5263	5601	5939	6277	6614	6952	7290	7628
1-я ф.	0.693	0.710	0.728	0.749	0.771	0.796	0.823	0.851	0.882	0.915	0.949
2-я ф.	0.317	0.324	0.333	0.342	0.352	0.364	0.376	0.389	0.403	0.418	0.434

В табл. 2 приведені залежності прогинів приймаючої рейки під першою шпалою при проходженні стикової нерівності другою колісною парою в залежності від різних експлуатаційних факторів (завантаження вагона, швидкість руху вагона). В таблиці сірим фоном виділено область параметрів при яких прогин на другій фазі більше ніж на першій.

Таблиця 2

Прогини рейки під першою шпалою при проходженні стикової нерівності другою колісною парою

$\begin{matrix} m, \text{ кг} \\ V, \text{ м/с} \end{matrix}$	4250	4588	4926	5263	5601	5939	6277	6614	6952	7290	7628
5	1,227	1,287	1,358	1,439	1,531	1,632	1,752	1,883	2,025	2,192	2,365
6	1,133	1,178	1,254	1,329	1,414	1,508	1,619	1,74	1,87	2,024	2,184
7	1,048	1,081	1,16	1,23	1,309	1,395	1,498	1,61	1,731	1,874	2,022
8	0,973	0,995	1,076	1,141	1,214	1,294	1,39	1,493	1,606	1,738	1,876
9	0,905	0,92	1,002	1,062	1,13	1,204	1,293	1,39	1,494	1,618	1,746
10	0,846	0,856	0,936	0,992	1,056	1,125	1,209	1,299	1,397	1,512	1,631
11	0,794	0,802	0,879	0,932	0,992	1,057	1,135	1,22	1,312	1,42	1,532
12	0,751	0,757	0,831	0,88	0,937	0,999	1,073	1,153	1,24	1,342	1,448
13	0,714	0,722	0,791	0,838	0,892	0,951	1,021	1,098	1,18	1,278	1,379
14	0,686	0,665	0,759	0,804	0,856	0,913	0,98	1,054	1,133	1,226	1,323
15	0,634	1,287	0,702	0,744	0,792	0,844	0,906	0,974	1,048	1,134	1,224

Аналіз наведених результатів показує наступне:

1. Зміна завантаження вагону в діапазоні $m_2=[4250\div 7627,5]$ кг, наприклад, при швидкості руху $V_x=15$ м/с=const призводить до зміни прогину приймаючої рейки під першою шпалою в діапазоні $y_1=[1,11\div 2,082]$ мм (перша фаза взаємодії), в діапазоні $y_1=[1,207\div 2,327]$ мм (друга фаза взаємодії), тобто до його зростання в 1,88 рази (на першій фазі взаємодії); в 1,928 рази (на другій фазі взаємодії);

2. Збільшення швидкості руху вагону в діапазоні $V_x=[1\div 15]$ м/с і завантаження вагону в діапазоні $m_2=[4250\div 7627,5]$ кг приводить до зміни величини прогину в діапазоні $y_1=[0,634\div 2,082]$ мм (перша фаза взаємодії), в діапазоні $y_1=[0,624\div 2,327]$ мм (друга фаза взаємодії), тобто до його зростання в 3,283 рази (на першій фазі взаємодії); в 3,729 рази (на другій фазі взаємодії).

До вирішення задач моделювання напружено-деформованого стану залізничної колії з урахуванням часового параметру

Курган Д. М., Бондаренко І. О. (ДНУЗТ, kurgan@brailsys.com)

Разработанная модель железнодорожного пути посредством теории распространения упругих волн, получены результаты напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути с учетом временного параметра.

The accounting parameter of time is the actual direction of development of models of a railway. Development four-dimensional model a railway faces basic features of use of the physical and mathematical device, connected with the description of collaboration of objects with different characteristics.

Круг задач, вирішення яких передбачає моделювання напружено-деформованого стану залізничної колії, вже давно виходить за межі інженерних розрахунків колії на міцність і не обмежується визначенням максимально вірогідних напружень в розрахункових точках елементів будови колії. Окрім загальної оцінки міцності конструкції потребують вирішення ціла низька різноманітних питань в більш ширшій постановці: визначення деформацій, прогнозування їх накопичення, оцінка впливу тих чи інших відступів в утриманні та швидкості їх розвитку, аналіз використання нових елементів конструкції та нових матеріалів, задачі надійності роботи як окремих елементів колії та і їх поєднання у цільну систему, прогнозування ремонтів тощо. Додаткове ускладнення розрахункам у таких напрямках додає зростання швидкості руху пасажирських (а в перспективі і вантажних) поїздів та збільшення осьового навантаження при вантажних перевезеннях. Зазначені зміни потребують перегляду низькі припущень і спрощень, що закладалися в наявні моделі, а в деяких випадках навіть принципової зміни засобів опису фізичних процесів або їх математичного розв'язання.

Одним з актуальних напрямків розвитку сучасних моделей залізничної колії є врахування часового параметру. Прийняття припущення о миттєвості деформації будови колії під дією колісного навантаження давало змогу суттєво спростити математичний апарат, але позбавило можливості оцінювати динамічні процеси в повній мірі. Отримання результатів у вигляді зміни напружень і деформацій у часі може досягатися різними засобами і мати різну ступень відповідності до сучасних уявлень щодо фізичної природи процесу.

Спроби створення чотирьохвимірних моделей залізничної колії стикаються з певними принциповими особливостями щодо застосування відповідного фізико-математичного апарату, що перш за все пов'язано з необхідністю сумісного опису роботи об'єктів з різними характеристиками та властивостями. Так, для земляного полотна будуть характерні стискаючи напруження, але якщо не обмежуватись станом, коли деформації набули статичних значень (а для високих швидкостей руху таке положення може й не досягатися), обов'язковим є врахування їх хвильового розповсюдження, причому у відповідності до неізотропності ґрунтового середовища. А для деяких задач, крім цього, необхідним буде врахування динамічної зміни щільності та виникнення явищ тиксотропії. Щебеневий баласт також працює на стискання, але деформація цього об'єкту досягається зміною положення окремих каменів, які мають певні розміри, і цим не для всіх задач можна нехтувати, крім того баласт може мати забруднювачі, зони з різним ущільненням тощо. Таким чином з точки зору теорії пружності маємо складне тіло з вираженою неоднорідністю. Залізобетонна шпала, враховуючи значну жорсткість у порівнянні з підшпальною основою, передає навантаження майже без зміни інтенсивності, але з перерозподілом по зоні контакту шпали і баласту. В процесі переходу фронту напружень від шпали до баласту площа їх взаємодії буде змінюватись у часі і визначатися швидкостями розповсюдження пружних хвиль в баласті і

шпали. Для повноцінного опису такого процесу робота шпали повинна визначатися одночасно як на згин так і на стиснення. Рейка працює на згин, для опису згину у часі не для окремого незалежного об'єкту, а для складового елементу системи, згин повинен виступати не самостійним процесом, а випадком загальної деформації, який має місце при обпиранні жорсткого тіла на більш м'яку основу. При цьому згин буде виникати як наслідок неможливості спільної деформації тіл різною жорсткості з урахуванням відбиття хвилі деформацій від межі їх контакту.

Зазначені фактори були враховані при розробці моделі залізничної колії засобами теорії розповсюдження пружних хвиль, за якими отримані результати напружено-деформованого стану залізничної колії з урахуванням часового параметру.

До вирішення задач з прогнозування стану залізничної колії засобами теорії розповсюдження пружних хвиль

Бондаренко І. О., Курган Д. М. (ДНУЗТ, irina_bondarenko@ua.fm)

Разработан метод решения задачи прогнозирования состояния железнодорожного пути средствами теории распространения упругих волн

Gaining more actual number of issues that can not be solved within the existing calculation methods. That in turn makes it possible to predict the change energy behavior of railway and its objects with specified probability, taking into account the impact of each design object railway and influence of each parameter object under certain influences rolling stock.

Відомо, що важливіші елементи конструкції колії, що визначають безпеку руху поїздів, такі як рейки та стикові накладки (при розгляданні меншого терміну служби колії), баластна призма та земляне полотно (при розгляданні більшого терміну служби колії), отримують пошкодження в більшості випадків не тому, що при якомусь збігу обставин (механічних, атмосферних, біологічних) відбувся динамічний силовий вплив рухомого складу, що перевищив межі міцності, а як наслідок багаторазового прикладення до них різноманітних по величині навантажень, що обумовили розвиток пошкоджень або дефектів, тобто внаслідок розвитку процесу втоми як самих матеріалів елементів конструкції колії, так і втоми конструкції загалом.

Так як задачі про інтенсивність накопичення залишкових деформацій в колії безпосередньо пов'язані із економікою її експлуатації, то розрахунки та дослідження залізничної колії разом з параметрами міцності і питаннями безпеки, повинні давати можливість визначати інтенсивність накопичення залишкових деформацій в залежності від конструкції колії, системи її утримання та впливу рухомого складу і його режиму обертання по колії.

Вважається, що проблема визначення різноманіття сил, які діють на залізничну колію, вирішена з достатньою для практичних потреб строгістю. І вся практика підтверджує правильність положення, що виникаючи в колії зусилля, напруження та деформації підкоряються імовірнісним та стохастичним закономірностям. Так як дослідження різноманітних механічних характеристик залізничної колії показують, що такі її характеристики як модуль пружності, пружні характеристики матеріалів, з яких виготовлено елементи конструкції колії, розміри колії та окремих її елементів, що виміряні в різних точках ділянки, можуть бути описані тільки імовірнісними закономірностями. Також варіації в конструктивному оформленні і технологічному виготовленні одного і того ж типу екіпажу примушують підходити до питання про з'ясування впливу будь-якого екіпажу на рейки, як до задачі теорії імовірності. Теорія взаємодії колії і рухомого складу є одною з гілок

загальної статистичної механіки і дає можливість розгляду і опису роботи колії у часі за всіма глобальними параметрами механічної системи.

Всі системи володіють енергією – одним з основних понять фізики, що використовується при розрахунках і пояснює механічні, теплові і інші процеси взаємодії. Однією з важливих проблем техніки є отримання, передача та використання енергії.

Якщо розглядати колію як модель, створену засобами теорії розповсюдження пружних хвиль, що уявляє собою систему об'єктів, яка володіє властивістю замкнутої системи, то цілком можливо використовувати всі закони збереження. Такий підхід дає можливість говорити про зміну енергії як системи в цілому, так і кожного елементу колії зокрема за будь-який час роботи, тобто протягом деякого періоду.

Величини зміни енергії, адаптовані до норм і допусків улаштування та утримання, дозволяють прогнозувати стан колії, тобто оцінювати та передбачати поведінку колії та її елементів з визначеною імовірністю, із врахуванням впливу кожного об'єкту конструкції колії та кожного параметру самого об'єкту при певних впливах рухомого складу.

Новий спосіб визначення положення колії в плані

Арбузов М. А. (ДНУЗТ, 10max@ukr.net)

Разработан новый способ определения положения пути в плане, который позволяет увеличить точность измерения и уменьшить количество задействованных в измерении людей.

A new method of determining the position of railway track in the plan is developed, which can increase the accuracy and reduce the number of people involved in the measurement.

Положення колії в плані на кривих та прямих ділянках колії можна визначити різними способами. Кожен відомий на сьогодні спосіб історично змінювався та вдосконалювався, робилися спроби їх комбінації.

Так положення колії в плані визначалось шляхом аерофотозйомки, що здійснюється з висот польоту гвинтокрила, або літака. Сьогодні, використовуючи соціальні мережі Internet, стало можливим розглядати план колії з висоти польоту штучного супутника планети. Але поки-що даний спосіб не дозволяє виявити нерівності колії, що впливають на динаміку та безпеку руху поїздів, так як використовується в основному в геоінформаційних системах.

Положення колії в плані визначають прокладенням теодолітного ходу, вимірюючи горизонтальні відстані стрічкою та горизонтальні кути теодолітом. Вимірювання та обробка інформації значно прискорюються при використанні електронного тахеометра, що вимірює горизонтальні, вертикальні кути та відстані, зберігає інформацію в цифровому вигляді та виконує її первинну обробку. Даний спосіб використовується при будівництві, реконструкції колії та складанні масштабного плану колійного розвитку. Важливе значення тут відіграє і улаштування реперної системи як носія незмінного просторового положення точок прив'язки.

Найбільш розповсюдженим способом є метод стріл. Положення колії в плані на прямих та кривих ділянках визначають вимірюванням стріл вигину упорної рейкової нитки від хорди довжиною 20 м, або іншої довжини. Вимірювання виконуються вручну, стрілографом, або колієвимірювальним вагоном. При ручному вимірюванні користуються капроною ниткою та металевою лінійкою. Попередньо на внутрішній поверхні шийки упорної рейки намічають точки на відстані, що дорівнює 10 м (5 м при радіусах кривих 400 м і менше). Щоб визначити положення колії на підходах до кривої, першу точку наносять на прямій на відстані 30-40 м від початку першої перехідної кривої, останню точку – також на прямій на такий же відстані

за початком другої перехідної кривої. При вимірюванні два чоловіки натягують та притискають капронову нитку в намічених точках до бічної поверхні голівки рейки упорної нитки, а третій міліметровою лінійкою вимірює стрілу вигину – відстань між бічною поверхнею голівки рейки та ниткою.

Стріла вигину кругової кривої f може бути визначена по формулі: $f = a^2 / (8R - 4f)$, де a – довжина хорди, R – радіус кривої. Так як $4f$ значно менше за $8R$, то для практичних розрахунків користуються формулою $f = a^2 / 8R$. З останнього видно, що при відомих значеннях довжини хорди a та стріли вигину f можна знайти радіус кривої R . При цьому точність визначення радіусу залежить від величини вимірюваної стріли. Так при хорді 20 м при виміряній стрілі 250 ± 1 мм радіус складає $200 \mp 0,8$ м, а при виміряній стрілі $12,5 \pm 1$ мм радіус складає 4000 ∓ 296 м. Тобто при зменшенні вимірюваної стріли від 250 до 12,5 мм похибка визначення радіусу збільшується від 0,4 % до 7,4 %.

На практиці зустрічаються випадки, коли контролювання положення колії у плані методом стріл не можливе. Так при визначенні положення у плані з'їздів та стрілочних вулиць криві часто мають довжину меншу за 20 м. Використання хорди 20 м не можливе, а використання хорди 10 м при радіусах 200...4000 м на 1 мм похибки стріли дає похибку визначення радіусу від 1,6 % до 24,2 %.

Для вирішення вказаних проблем пропонується принципово новий спосіб визначення положення колії у плані, який дозволяє зменшити кількість задіяних у вимірюванні людей до двох чоловік, та збільшити точність вимірювання у 4 рази.

Исследование устойчивости бесстыкового совмещенного пути энергетическим методом

Рыбкин В. В., Патласов А. М., Лысак В. А. (ДНУЖТ, val_diit@mail.ru)

*There are no technical guidance's to use continuous welded combined way in Ukraine today.
The results of stability calculation were showned in the thesis.*

Создание условий для комфортного перемещения по транспортным коридорам – одна из главных задач «Укрзалізниці». В европейских странах ширина пути отличается от отечественной. Поэтому на границе с Европой была уложена особая конструкция верхнего строения пути – совмещенный путь. Наиболее прогрессивной конструкцией верхнего строения пути в Украине является бесстыковой путь температурно-напряженного типа. Вместе с тем во всем множестве нормативных документов Украины нет технических данных по укладке и содержанию бесстыкового совмещенного пути.

Для укладки бесстыкового пути температурно-напряженного типа необходимо рассчитать интервал закрепления плети. При повышении температуры раньше наступает потеря устойчивости. Поэтому нижняя граница интервала закрепления рассчитывается для недопущения выброса.

Для исследования устойчивости совмещенного бесстыкового пути был использован энергетический метод. Сопротивление повороту рельса описывалось по зависимостям А. В. Лебедева. Особенностью расчета стал учет сопротивления сдвигу каждой шпалы отдельно. Раньше было принято заменять действие сопротивления всех шпал распределенной нагрузкой. При разреженных эпюрах такое допущение приносит большую ошибку. Сопротивление сдвигу шпалы описывалось степенной функцией.

Следующим отличием от традиционного расчета стал учет зависимости коэффициента температурного расширения и модуля упругости стали от температур рельса и плавления

стали. Отметим, что значение коэффициента температурного расширения увеличивается с увеличением температуры. Таким образом, при расчете пути на устойчивость следует принимать значения температурного коэффициента расширения и модуля упругости рельсовой стали, соответствующими максимально-возможной температуре рельса в регионе.

Расчет велся для следующих конструкций верхнего строения пути: рельсы типа Р65, шпалы Ш2, крепление КБ, эюра 1840 шт/км; рельсы типа Р65, крепление КПП-5.2, эюра 1840 шт/км; совмещенный путь, рельсы типа Р65, шпалы Ш2С, крепление КПП-5.2, эюра 1520 шт/км; совмещенный путь, рельсы типа Р65, шпалы по массе и размерам равные Ш2С, крепление КБ65, эюра 1520 шт/км. Результатом расчета стали максимально-допустимой повышение температуры для прямых и кривых с радиусами 1000, 800, 600, 400, 300 м. Кроме того сделаны выводы о возможности применения креплений типа КПП-5.2 в кривых малых радиусов.

Складові опору зміщення залізобетонної шпали в поперечному напрямку

Рыбкин В. В., Патласов А. М., Лысак В. А. (ДНУЖТ, val_diit@mail.ru)

*Определено процентную часть сил трения и сцепления в сопротивлении сдвигу шпал.
Получено качественную зависимость сопротивления сдвигу шпалы от величины
перемещения при разных значениях плеча балластной призмы.*

*There was defining influence of forces of friction and coupling as a part of shift resistance of
slippers in the thesis.*

Україна відіграє важливу роль в системі міжнародних транспортних коридорів. На залізницях України водиться швидкісний рух, збільшуються вантажопотоки та пасажиропотоки. Це вимагає модернізації колії і впровадження нових прогресивних технологій верхньої будови колії. Одним з кроків для покращення взаємодії рухомого складу з рейками при безумовному забезпеченню безпеки руху є впровадження нових типів залізобетонних шпал.

Слід зазначити, що одним із найважливіших показників, що характеризують стійкість колії в поперечному напрямку є опір зсуву шпал. Відповідно до вітчизняних та зарубіжних досліджень, його величина складається з сили тертя та сили зчеплення. Сила тертя безумовно залежить лише від ваги, що передається на під шпальну основу, та коефіцієнта тертя. Сила зчеплення залежить від ряду фізичних характеристик матеріалів таких як площа поверхонь, що дотикаються, пористість, міцність поверхневого шару. Зрозуміло, що складова опору зміщення шпал – сила тертя – для різних шпал буде пропорційна вазі, що передається на під шпальну основу, за винятком шпал із заміненним матеріалом підшви. Припустивши, що технологія виготовлення шпал залишиться незмінною, а зміняться лише геометричні параметри, сила зчеплення шпал з баластом буде безпосередньо залежати від площі підшви шпали. Такі твердження правомірні для типових конструкцій залізобетонних шпал.

Задачею даної роботи було виявлення відсоткової частки обох складових на опір зсуву шпал. Для досягнення поставленої задачі, було проведено ряд лабораторних дослідів. Досліди зупиняються при досягненні зміщення шпали 20 мм або зриву шпали. Зрив – це процес зміщення шпали поперек осі колії без збільшення збудовуючого горизонтального зусилля. Група безперервних дослідів від початкових зсувів шпали до граничного значення зміщення або до зриву шпали вважаються повним циклом випробувань.

Для досягнення заданої точності вимірювань необхідно знати мінімальну кількість дослідів. Цей параметр можна визначити лише при відомому законі розподілу випадкової

величини. В ході випробування була зроблена гіпотеза, що отримані результати можуть бути описані нормальним законом розподілу. Для підтвердження гіпотези був використаний метод Шапіро-Уїлка.

В результаті були отримані якісні залежності опору зміщення шпали від переміщення при різних конструкціях верхньої будови колії.

Експериментальні дані були апроксимовані трьохпараметричною функцією. Для порівняння були проведені також апроксимація прямою, експонентою та параболою.

Вплив співвідношення швидкостей вантажних і пасажирських поїздів на визначення мінімального радіуса кривих

Курган М. Б., Гусак М. А., Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru)

Предлагается способ, который позволит установить минимальный радиус кривых в конкретных условиях эксплуатации с учетом соотношения скоростей подвижного состава

The new method, allow to consider influence of a rolling stock on a path are present at distribution freight and passenger flow of trains are offered.

Вітчизняні й закордонні дослідження показують, що при суміщеному русі поїздів порівняно з напрямками, спеціалізованими для перевезень вантажів та пасажирів, різко знижується пропускна спроможність та в 1,5-2 рази збільшуються витрати на ремонт і утримання залізничної колії. Різниця між максимальною швидкістю вантажних і пасажирських поїздів за останніх десять років збільшилася в середньому в 1,5 рази. Суттєво відрізняються й маси поїздів, а тому загострилися проблеми експлуатаційного й технічного характеру, пов'язані з розладами верхньої будови колії.

Дослідженням цього питання займалися А. Д. Каретніков, О. П. Єршков та інші фахівці. Виходячи із сформованого парку вантажних і пасажирських локомотивів і перспектив його подальшого розвитку, А. Д. Каретніковим були рекомендовані найвигідніші співвідношення між середніми ходовими швидкостями вантажних і пасажирських поїздів.

Однак при реконструкції існуючих залізниць потрібно знати співвідношення між швидкостями руху вантажних і пасажирських поїздів не в середньому на ділянці, а на кожній кривій для забезпечення нормальних умов експлуатації залізничної колії.

Для вирішення цього питання авторами були проведені розрахунки для ділянок з суміщеним рухом поїздів. Результати представлені у вигляді суміщених графіків, що виражають залежність підвищення зовнішньої рейки від радіуса кривої для різних рівнів максимальної швидкості пасажирських і мінімальної швидкості вантажних поїздів.

Так, при великому розриві в швидкостях руху пасажирських (160 км/год) і вантажних (40 км/год) поїздів максимально допустима швидкість може бути реалізована тільки в кривих радіусом $R \geq 1800$ м при непогашеному прискоренні $\alpha_{\text{нп}}^{\text{пас}} = 0,7 \text{ м/с}^2$ за умови комфортабельної їзди і $\alpha_{\text{нп}}^{\text{ван}} = -0,3 \text{ м/с}^2$ за економічним критерієм.

Якщо прийняти $\alpha_{\text{нп}}^{\text{ван}} = -0,7 \text{ м/с}^2$, що допускається за умови безпеки руху, то максимальну допустиму швидкість можна реалізувати на всіх кривих з $R \geq 1300$ м. Недолік такого рішення в тому, що при збільшенні $\alpha_{\text{нп}}^{\text{ван}}$ на 20% зростають бокові сили, а отже і розлад колії, що приводить до необхідності більш частих ремонтів колії.

Виходом з такої ситуації, здавалося б, є скорочення розриву в швидкостях руху пасажирських і вантажних поїздів. Якщо збільшити швидкість вантажних $V_{\text{ван}}$ до 90 км/год, то максимальну швидкість пасажирські поїзди зможуть реалізувати в кривих близьких до $R \geq 1300$ м. Однак підвищення швидкості вантажних поїздів до 90 км/год, нехай і реальне

сьогодні завдання, але досить складне. До того ж підвищення швидкості приводить до збільшення впливу вантажних поїздів на колію і до її розладу.

Таким чином, тільки зміна спеціалізації напрямків створює реальні можливості підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень.

Авторами запропоновані графіки, що дозволяють в конкретних умовах експлуатації з урахуванням співвідношення швидкостей руху поїздів встановлювати мінімальні радіуси кривих, на яких може бути реалізована максимальна швидкість.

Передумови щодо доцільності перебудови кривих для реалізації максимальної швидкості руху поїздів

Курган М. Б., Хмелевська Н. П. (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru), Соколан О. М.
(Транспроєкт, Київ)

*Приведен анализ причин и рекомендации по целесообразности реорганизации кривых для
повышения скоростей движения пассажирских поездов*

*The recommendations and analysis of preconditions about expediency of a reorganization of
curves for increase of speed of passenger trains movement are made*

Одним з основних напрямів реалізації Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року є поетапне впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів. З травня 2012 р. Укрзалізниця відкрила швидкісний рух поїздів на напрямках Київ-Харків, Київ-Донецьк, Київ-Львів сучасного рухомого складу, які засвідчили, що реалізація максимальної швидкості 160 км/год на сприятливих ділянках можлива. Для забезпечення стабільного руху на кафедрі проектування і будівництва доріг ДНУЗТ досліджувались питання щодо можливості й доцільності перебудови кривих з метою збільшення швидкості.

Для прикладу, наведемо аналіз руху поїзда на перегоні Максимівна – Бірки Великі Львівської залізниці. З аналізу кривої швидкості руху $V = f(S)$ встановлено, що максимальна швидкість 160 км/год на перегоні не реалізується за двома причинами: по-перше, на 1320 кілометрі є крива радіусом $R_{\text{існ}} = 1100$ м з перехідними $L_1 = L_2 = 90$ м; по-друге, в парному напрямку на підході до кривої підйом близько 6 ‰. Безумовно, найбільш вагомим фактором є перший.

Для вибору раціональних параметрів кривої, що підлягає перебудові, розглянуто варіанти, які відрізняються радіусом і довжиною перехідної кривої, тобто з різними параметрами $C = R \cdot L$, м². Варіанти визначалися за умови мінімальних рихтувань при забезпеченні швидкості 160 км/год. В результаті розрахунків встановлено, що на вибір проектних параметрів кривої впливають не тільки максимальна швидкість пасажирських поїздів, але й мінімальна швидкість вантажних. Відповідно до правил тягових розрахунків вантажний поїзд з електровозом ВЛ80 може рухатись при повному (нормальному) збудженні тягових двигунів на 29-й і 25-й позиціях. У першому випадку швидкість в кінці підйому становить 60 км/год, у другому – 45 км/год. Таким чином, розрахунковий мінімальний радіус кривої може знаходитись в діапазоні 1700-1820 м при довжині перехідних кривих відповідно 100 і 80 метрів. При цьому зміщення осі існуючої колії S складе 6,4-7,6 метрів.

Для зменшення вартості реконструкції, можна запропонувати з дозволу Укрзалізниці збільшити норматив непогашеного прискорення для пасажирських поїздів до 1,0 м/с². В такому випадку мінімальний радіус кривої буде 1310-1400 м при довжині перехідних кривих відповідно 110 і 90 м.

Для різних варіантів перебудови кривої були побудовані й проаналізовані графіки залежності зміщення осі колії S від параметра C : при збільшенні C зменшується S , а отже і витрати на перебудову кривих. Для прийняття остаточного рішення необхідно встановити

характеристики руху поїздів на ділянці в залежності від прийнятої Укрзалізницею класифікації інфраструктури: А – суто пасажирський рух, Б – переважно пасажирський, В – змішаний рух. Якщо прийняти положення Б, то мінімальний радіус кривої становить 1300 м, довжина перехідної кривої – 120 м, підвищення зовнішньої рейки – 80 мм. Для забезпечення допустимих прискорень для вантажних поїздів $-0,3 \text{ м/с}^2$ мінімальна швидкість руху останніх повинна бути не менше 60 км/год. При таких параметрах кривої максимальне зміщення осі траси досягає 2,3 м. Остаточне рішення приймається на основі детальної зйомки всієї ділянки, визначення капітальних вкладень на перебудову кривої і економії експлуатаційних витрат від уположення радіуса.

Економічна оцінка сучасних машинних способів виправки кривих ділянок колії

Чернишова О. С. (ДНУЗТ, okschernysh@mail.ru), Сизов В. С.
(ДЦМКР, ДП «Придніпровська залізниця»)

*Работа посвящена экономической оценке современных машинных комплексов по
выправке кривых, а также их рациональное использование машин в зависимости от
различных условий эксплуатации пути*

*The necessity of works bearing on the curves in the plane. Considered machine systems in which
the works on bearing, and their comparison is given by the criterion of minimum cost.*

На залізницях України відповідно до ЦП-0113 «Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України» призначаються такі ремонти колії, як модернізація, капітальний, середній, комплексно-оздоровчий та інші планово-запобіжні роботи. Серед робіт, що виконуються під час проведення ремонтів колії, особливе місце займають роботи з суцільного виправлення і рихтування колії з використанням машинних комплексів. Виправлення колії виконується, як правило, за методом фіксованих точок або за спеціальними комп'ютерними програмами, що забезпечують постановку колії в проектне положення, при цьому забезпечується співпадіння початку перехідних та кругових кривих за підвищенням та положенням колії в плані, а також дотримання вимог щодо ухилів відводу підвищення зовнішньої рейки. Також роботи з виправлення кривих ділянок колії – основний вид робіт поточного утримання. Близько 40 % фінансових витрат дистанції колії припадають на зазначений вид робіт. В умовах обмеженого фінансування, що спостерігається в останні роки на залізничницях України, питання мінімізації цих витрат є актуальним. На Придніпровській залізниці роботи з виправлення виконуються виправочно-підбивочно-рихтувальною колійною машиною ВПР-09-32 CSM та виправочно-підбивочно-рихтувальною машиною неперервної дії підвищеної продуктивності Dynamic Stopfexpress 09-3X.

Дослідження проводилися за даними Придніпровської залізниці. Якість виправлення колії оцінювалася за балами з вагона колієвимірювача на ділянках з однаковими умовами експлуатації до та після виконання робіт зазначеними машинами. Аналіз стрічок колієвимірювача дозволив зробити висновок, що на дослідних ділянках менш інтенсивний розлад колії у плані спостерігається після проходження ВПР-09-32 CSM із додатковим застосуванням динамічного стабілізатора. Вартість машинозміни ВПР-09-32 CSM майже у 1,5 рази менша, ніж вартість машинозміни Dynamic Stopfexpress 09-3X, але при цьому виконання робіт першою машиною буде більш дорогим через необхідність застосування динамічного стабілізатору. Також було встановлено, що після проведення робіт машиною ВПР-09-32 CSM колія знаходиться в справному стані 8 місяців і саме після цього періоду потрібна наступна виправка. А після роботи виправочно-підбивочно-рихтувальної машини

неперервної дії, підвищеної продуктивності Dynamic Stopfexpress наступну виправку потрібно проводити через 11 місяців, що на 3 місяців довше у порівнянні з ВІР-09-32 СSM.

Проведені дослідження дозволили дійти висновку, що при виправці кривих ділянок колії колійною машиною Dynamic Stopfexpress 09-3X міжремонтні терміни збільшуються на 38 % та щомісячна економія коштів дистанції становить 20 % у порівнянні з колійною машиною ВІР-09-32 СSM.

Отримані авторами результати дозволяють приймати рішення щодо вибору тих чи інших машин для виправлення кривих на дослідних ділянках з різними умовами експлуатації, серед яких враховуються вантажонапруженість та встановлені швидкості руху поїздів. Запропоновані рекомендації будуть сприяти техніко-економічному обґрунтуванню способів виконання робіт з виправлення кривих відповідними машинними комплексами.

Дослідження способів армування залізничного земляного полотна

Ковальов В. В., Найдьонова В. О. (ДНУЗТ, kov-vyach@yandex.ua)

Матеріал посвящен анализу методов укрепления железнодорожного земляного полотна

In theses the methods of soil reinforcement are analyzed.

Найбільш відповідальною інженерною спорудою залізничного транспорту є земляне полотно, яке виконує роль фундаменту верхньої будови залізничної колії. Від надійної роботи земляного полотна залежить ряд показників: безпечний та безперебійний рух поїздів, допустимі навантаження на колію, швидкості руху і, як наслідок, провізна та пропускна спроможність залізниці.

Також при проектуванні та експлуатації до земляного полотна ставляться наступні вимоги: надійність, довговічність, міцність, стійкість укосів тощо. Питання стійкості укосів, їх довговічності та надійності ще більш актуальні при будівництві транспортних споруд в складних умовах: на косогорах, поруч з річками та водоймами.

Для покращення експлуатаційних характеристик земляного полотна в сучасному будівництві застосовується армування ґрунту різними геосинтетичними матеріалами.

З введенням геосинтетичного матеріалу в ґрунт насипу відбувається наступне: ґрунт працює на стиск і не працює на розтяг, геосинтетичний матеріал працює на розтяг і не працює на стиск. В цілому конструкція «ґрунт – геосинтетичний матеріал» здатна виконувати обидва види робіт.

При проектуванні армованого земляного полотна необхідно для даних конкретних умов експлуатації підібрати вид геосинтетичного матеріалу (геоматеріал з потрібними для заданих умов експлуатації характеристиками), його кількість, розташування в земляному полотні, відстань між прошарками геоматеріалу та потрібну ширину геоматеріалу. Для вирішення цих задач необхідно визначити напружено-деформований стан армованого земляного полотна.

Для отримання хоча б наближеної картини напружено-деформованого стану в товщі укосу земляного полотна можуть бути використані чисельні методи.

Сучасною програмою, що дозволяє з достатнім рівнем надійності вирішувати наведені вище задачі, є розроблений у Нідерландах програмний комплекс PLAXIS.

PLAXIS являє собою пакет скінченно-елементних програм для двовимірних і тривимірних розрахунків напружено-деформованого стану, стійкості складних геотехнічних систем, композитних ґрунтових систем з урахуванням динамічного впливу тощо. При моделюванні геотехнічних об'єктів PLAXIS враховує нелінійну і залежну від часу поведінку.

Програма дає можливість моделювати різні ґрунтові умови за допомогою моделей: Mohr-Coulomb model (пружно-пластична модель Кулона-Мора); Hardening Soil model – (пружно-пластична модель гіперболічного типу), застосовується для моделювання поведінки піску, гравію; Soft Soil model – модель слабого ґрунту (модель типу Cam-Clay); Soft Soil Creep model – модель слабого ґрунту з урахуванням ефекту повзучості, може використовуватися для моделювання залежної від часу поведінки слабких ґрунтів тощо.

Авторами із застосуванням методу скінченних елементів виконані дослідження з підвищення стійкості укосів земляного полотна шляхом армування геосинтетичними матеріалами.

Зміна тягово-енергетичних показників руху поїзда в залежності від розташування переїздів

Курган М. Б., Лужицький О. Ф. (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru)

Приведен анализ расположения железнодорожных и автомобильных поездов на Украине. Установлена экономия электроэнергии при замене пересечений путепроводами

The analysis of the arrangement of railroad and road crossings was made. Energy savings at replacement of crossings by overpasses were set.

Утворення єдиного європейського ринку, інтеграція України в європейське співтовариство створюють передумови до значного зростання обсягів пасажирських і вантажних перевезень. За цих умов до транспорту пред'являються принципово нові вимоги. Радикальним заходом, що забезпечує внутрішні і міжнародні пасажирські перевезення є створення швидкісної мережі залізничних магістралей з виходом на європейську мережу і країни СНД.

На теперішній час однією з умов розвитку економіки держави є підвищення ефективності функціонування транспортної системи. Першим кроком стала постанова нових завдань щодо підвищення якості транспортних послуг. Для цього в Україні введено швидкісний рух з 15 травня 2012 року на ділянках Київ – Львів, Київ – Харків, Київ – Донецьк; проводиться реконструкція та будівництво автомобільних доріг, поповнення автопарку сучасними машинами.

Звідси загострюється проблема обслуговування в місцях перетинання транспортних потоків, яка є складовою транспортного комплексу. Пересічення автомобільних доріг із залізницею в одному рівні є найбільш важкими та небезпечними елементами транспортного комплексу, що впливає на ефективність експлуатації автомобільного та залізничного транспорту. Залізничний переїзд, як частина залізничної інфраструктури, є як бар'єрним місцем для руху поїздів, так і зоною підвищеної небезпеки для залізничного та автомобільного транспорту. Проблемою також є той факт, що майже половина всіх переїздів розташовані на маршрутах основних пасажирських перевезень.

На перетинах залізниць з автомобільними дорогами функціонує 5457 залізничний переїзд, з яких 82 % - на головних і станційних коліях.

Незважаючи на розвиток техніки й технологій, вирішити проблему транспортного обслуговування на залізничних переїздах технічним шляхом не вдається, оскільки щорічно на пересіченнях в одному рівні відбувається близько сотні зіткнень автомобілів з поїздами. Зокрема, кількість дорожньо-транспортних пригод на переїздах така: у 2004 р. - 140, в 2007 р. - 189, у 2009 р. - 108, у 2010 р. - 101, за січень-серпень 2012 року 58.

У зв'язку з великою довжиною залізничних ліній та розгалуженою системою автомобільних доріг як місцевого, так і державного та міжнародного значень, перетини

в одному рівні транспортних шляхів досить поширені. При дослідженні ділянки Київ – Жмеринка – Львів, як перспективного для впровадження швидкісного руху, було встановлено, що таких перетинів в одному рівні – 95 з середньою відстанню один від одного – 6,4 км. Обмеження швидкості руху поїзда на звичайних переїздах становить 120 км/год, а на обладнаних додатковими пристроями безпеки, – 140 км/год.

Дослідження зміни тягово-енергетичних показників руху швидкісного поїзда при проходженні залізничних переїздів, виконано на ділянці залізниці довжиною 105 км з різною складністю профілю і розташуванням залізничних переїздів один від одного на відстані 6-7 км. При заміні пересічень залізниці з автодорогами розв'язками в різних рівнях, можлива економія електроенергії складає від 35% до 47 %, в залежності від складності профілю.

Аналіз кривих швидкості руху поїзда дозволив визначити вплив розміщення залізничних переїздів відносно один одного на різних ухилах профілю залізниці на довжину гальмування та розгону поїзда. Це дає змогу розробити методику доцільного капіталовкладення в улаштування додаткових пристроїв безпеки на переїзді чи будівництво розв'язок в різних рівнях.

Современная съемка плана железнодорожного пути

Гаврилов М. О. (ДНУЖТ, maxgavrilla@gmail.com)

A new way of shooting plan railway track is represented

План железнодорожной линии и его состояние во многом определяют экономические показатели, условия и скорости движения поездов, комфортность езды. Особенно актуальна эта проблема при повышении скоростей движения поездов. Однако железная дорога имеет ряд существенных особенностей: с одной стороны, это объект, имеющий многокилометровую протяженность, с другой – требуется миллиметровая точность определения координат точек пути для оценки допускаемых скоростей в кривых и оценки габаритов.

При съемке плана применяют два метода – координатную съемку и съемку стрел изгиба. В первом случае измеряется пространственное положение пути. Имеем относительно небольшую погрешность по длине пути, но в соседних точках точность определения координат часто оказывается на уровне тех рихтовок, которые получают в расчетах. При измерении стрел для перехода к пространственному положению пути необходимо выполнить двойное интегрирование кривизны (двойное суммирование стрел). В результате, даже при достаточно высокой точности измерения кривизны в соседних точках погрешность определения пространственного положения нарастает очень быстро.

Появление новых геодезических приборов позволяет использовать новые подходы к съемке плана линии, но использование того или иного способа измерений определяется прежде всего тем, с какой целью они выполняются. Например, если на основе измерений будет разрабатываться проект переустройства плана с заменой рельсошпальной решетки, то достаточно выполнить координатную съемку по оси пути или по одному из рельсов с точностью определения координат отдельных точек ± 30 мм. Такая точность может обеспечиваться полярной съемкой с использованием электронных тахеометров и трехштативной системы или дифференциальной GPS съемкой со стоянками на точках измерений не меньше 15..30 с.

Если на основе измерений будет выполняться рихтовка пути на участке небольшой протяженности (300..500 м), а величины рихтовок таковы, что не приводят к изменению габаритов отдельных точек пути, то в таких случаях могут применяться традиционные способы измерений методом стрел.

Для паспортизации плана наиболее эффективным следует признать использование электронных тахеометров. При этом наилучшие результаты можно получить при съемке каждой точки одновременно двумя тахеометрами.

Наряду с вышеперечисленными методами контроля состояния плана и оценки его параметров зачастую рекомендуют использовать разнообразную «чудо-технику», оснащенную гироскопами, спутниковыми приемниками, бесконтактными системами измерений, а для приведения плана пути в проектное положение очень часто используют путерихтовочные машины с измерением асимметричных стрел и мерным колесом. При съемке и рихтовке отдельных не очень длинных кривых их точность оказывается достаточной, но для построения плана и профиля участков результаты их измерений также имеют неопределенность. Поскольку измерения выполняются с точностью 0,1 мм на расстояниях меньше метра, неопределенность положения конца измеренного участка после двойного суммирования стрел оказывается в пределах 20 см на километр пути. Погрешность определения угла поворота на исследуемом участке составила до 2 минут, а параметров плана – 1-2 метра. Такую точность можно было бы считать вполне удовлетворительной при уравнивании съемки по координатам отдельных точек. Такие системы (даже при точности измерения стрелы 0,1 мм) не обеспечивают нахождения правильного пространственного положения пути из-за быстро накапливающейся ошибки, а так же абсолютно не позволяют выполнять проверку соблюдения габаритов.

Авторы предлагают рассмотреть новый способ измерений, базирующийся на размещении новейших GPS систем с заявленной точностью измерений $1,2 \text{ мм} + 2,5 \text{ мм/км}$ на путерихтовочные машины. Такая система даст возможность достаточно точно определить пространственное положение пути в плане и профиле для дальнейших расчётов сдвижек. Также предлагается увеличить точность данных мерного колеса, оборудовав его системами принудительного прижима к рельсу. Такая система требует подтверждения заявленной точности, что возможно после проведения испытаний.

Застосування нових конструкцій верхньої будови колії на напрямках швидкісного руху поїздів

Клочко Б. Г. (ДНУЗТ), Макаров Ю. О. (ПС-1 ЦП УЗ, Yu.Makarov@dp.uz.gov.ua)

В работе представлена эффективность от применения новых конструкций верхнего строения пути на участках скоростного движения поездов

An effective application of new constructions of track structure high-speed driving of trains is presented

Українські залізниці сьогодні працюють в нових умовах. Найближчим часом з використанням швидкісних денних поїздів столиця буде зв'язана з усіма основними регіонами України.

Інтеграція українських залізниць в міжнародну мережу транспортних коридорів призводить до необхідності впровадження технічного прогресу в колійному господарстві: модернізації колії, застосування нових технологій, впровадження пружних скріплень замість жорстких та нових типів стрілочних переводів.

В цілому по залізницях України в 2012 році модернізовано 481 км, виконано 738 км капітального ремонту колії, укладено 816 км плітей безстикової колії.

Для дослідження ефективності застосування нових елементів конструкції верхньої будови колії при нових умовах експлуатації – впровадження денних експресів, було проведено аналіз сучасного технічного стану основних напрямків, де впроваджено швидкісний рух поїздів.

Для підготовки колійної інфраструктури до впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на напрямках Київ – Львів, Київ – Полтава – Лозова – Донецьк у 2012 році виконано такі ремонтно-колійні роботи: модернізація колії 84 км, посилений капітальний ремонт колії 15 км, заміна рейок новими 119 км, заміна нових стрілочних переводів 84 комплекти, реконструкція трьох горловин станцій, а також капітальний ремонт штучних споруд і земляного полотна на суму 43 тис. грн.

Проведені дослідження показали, що в зв'язку з впровадженням швидкісного руху поїздів з'явилась потреба в більш пружному скріпленні, яке б забезпечувало надійне утримання колії, при менших експлуатаційних та матеріальних витратах. В європейських країнах в сучасних умовах експлуатації для безстикової колії на залізобетонних шпалах використовують декілька типів конструкцій пружних рейкових скріплень типів: «Пендрол» (Великобританія), «Фоссло» (Німеччина), СБ-3 (Польща), ДЕ (Голландія), ЖБР-65 (Росія), в Україні - скріплення вітчизняного виробництва: КПП-5, КПП-7, СКД-65 та ін.

Дослідні безпідкладочні скріплення типу ІМЕТ-1, КППТ-7 та підкладочне скріплення КППТ-17 укладені по Фастівській дистанції колії Південно-Західної залізниці. Між скріпленнями ІМЕТ-1, КППТ-7 і КППТ-17 вкладені ділянки колії по 50 метрів на проміжному скріпленні типу КБ. Примикання колії до скріплень ІМЕТ-1 та КППТ-7 виконано ділянками колії на скріпленні КБ-65.

На момент обстеження (04.09.2012 р.) поздовжнього переміщення рейкових плітей безстикової колії на дослідних ділянках (скріплення ІМЕТ-1, КППТ-7, КППТ-17), а також на проміжних ділянках (скріплення КБ-65) немає, виходу елементів скріплення також не спостерігалось.

Економічний ефект від застосування пружних скріплень залежить від вартості збирання рейко-шпальної решітки, яка розраховувалась згідно Правил визначення вартості будівництва (ДБН Д.1.1-1-2000) та ресурсних елементних кошторисні норм на будівельні роботи (ДБН Д.2.2-28-99). При скріпленні КБ-65 вартість робіт по збиранню 1 км решітки

склала 1,9 млн. грн., а при заміні на КПП-5 – 1,4 млн. грн. при зменшенні витрат праці на 99 люд.-год. Скорочуються витрати й на поточне утримання колії.

Таким чином, застосування безстикової колії з рейками Р65 вищої категорії з проміжними скріпленнями і пружними клемами цілком себе виправдовує на ділянках швидкісного руху.

Аналіз конструкцій ділянок насипу перемінної жорсткості на підходах до мосту

Курган А. М. (НКТБ ЦП УЗ, nktbcpuz@svitonline.com)

Представлен анализ конструкций участков насыпи переменной жесткости на подходах к мосту

Analysis of construction sites mounds of variable stiffness on the approaches to the bridge is presented

Практика експлуатації земляного полотна на підходах до мостів показує, що деформації при наближенні до устоїв зростають, що пов'язано з різким збільшенням жорсткості колії при переході з насипу на безбаластовий залізничний міст. Різка зміна модулю пружності впливає на збільшення коливань у баластовому шарі й у ґрунтах земляного полотна. У результаті різкої зміни характеристик колії в зоні сполучення двох конструкцій виникає силова нерівність, що приводить до виникнення великих динамічних сил і, як наслідок, до перевантаження елементів колії.

Багаторічні теоретичні й експериментальні дослідження показали ефективність застосування конструкцій перемінної жорсткості в зоні сполучення земляного полотна зі штучними спорудами. Однак у попередніх дослідженнях не одержали широкого застосування розрахунки несучої здатності земляного полотна, посиленого конструкцією перемінної жорсткості у зоні сполучення з мостами, з урахуванням вібродинамічного впливу.

Проблема переходу рухомого складу від звичайної конструкції верхньої будови колії на земляному полотні й баласті до залізничних мостів виявилась настільки складною, що й зараз в багатьох країнах світу досліджуються різні способи її вирішення. У зв'язку з впровадженням прискореного й швидкісного руху на залізницях України, проблема «передмостових ям» стала досить актуальною. З підвищенням швидкості поїздів деформативність колії також зростає. Тому, виникає необхідність зниження додаткової вібродинамічної дії на ділянках сполучення за рахунок плавної зміни модуля пружності підрейкової основи.

За даними к.т.н. В.П. Новикова встановлено, що основний «вклад» в формування модуля пружності U в системі «підрейкові опори – баласт – земляне полотно» при $U=47$ МПа має земляне полотно – 52 %. Рішення даної проблеми складається в улаштування перехідних ділянок колії змінної жорсткості. Аналіз існуючих методів сполучення земляного полотна залізниць з мостами дозволив виділити наступні найбільш розповсюджені групи рішень: улаштування перехідних плит і інших конструктивних елементів; заміна матеріалу насипу на підходах до моста; посилення земляного полотна конструкцією перемінної жорсткості на основі закріпленого цементациєю підбаластового шару, улаштування ділянки перемінної жорсткості з шарів геосіток, заповнених щебенем тощо. Зазначені заходи можуть бути реалізовані тільки при модернізації колії, що пов'язано з припиненням руху поїздів і значними трудовитратами. Проведений аналіз базується на вивченні впроваджених конструктивних рішень.

Реконструкція мостового переходу через р. Амур біля Хабаровська. Конструкція перемінної жорсткості проектувалась від берегового устою до розрахункового перерізу насипу на довжині 21 м. Для підвищення жорсткості в тіло насипу укладались непридатні за дефектністю плити БМП. Товщина шару щебеню над плитами змінювалась від 0,4 до 1,2 м. Улаштувавши жорсткий

прошарок з залізобетонних плит на підходах до мосту, вдалося збільшити модуль пружності підрейкової основи, згладивши сходинок жорсткості.

У 2010 р. були розроблені проектні рішення з улаштування перехідної ділянки з насипу на міст на двоколіній ділянці Плотинна-Тараданове Західно-Сибірської залізниці. Улаштування ділянки перемінної жорсткості здійснено за рахунок ущільнення й армування основної площадки земляного полотна бетонними палями перемінної довжини.

Необхідність вирішення такої задачі спричинило проведення експерименту на підходах до мосту через р. Десенка, який знаходиться на перегоні Вінниця-Сосонка Південно-Західної залізниці. Замість слабкого ґрунту на підходах до мосту шарами 30 см покладено й ущільнено дренажний ґрунт. Кожний шар армувався геосинтетичними сітками з поліестеролу, довжина яких поступово збільшувалась до 30 м. У результаті влаштовано армований ґрунтовий масив клиноподібної форми. За період з 2010 по 2012 роки не зафіксовано порушень плавності руху поїздів.

Визначення раціональних параметрів залізничних кривих для заданого рівня максимальної швидкості

Курган М. Б., Хмелевська Н. П., Байдак С. Ю. (ДНУЗТ, kunibor@mail.ru)

Рассмотрены проблемы реконструкции плана железнодорожного пути. Найдены рациональные параметры кривых при подготовке инфраструктуры к введению ускоренного движения

The problems of restructuring plan of railway were considered. The rational parameters of the curves in the preparation of the infrastructure for the introduction of accelerated motion were found.

Велика кількість обмежень швидкості на залізницях України пов'язана з параметрами і станом плану залізничної колії. Щоб збільшити швидкість руху поїзда по кривій необхідно визначити раціональні параметри і поставити криву в правильне положення. Розрахунки показують, що при проектуванні ремонтів колії можна досягнути суттєвого виграшу в часі руху тільки за рахунок виконання вимог ЦП-0113 (п.2.3.2-2.3.4 ...виправлення кривих в плані з відновленням проектних радіусів), тобто вкладати колію при капітальному ремонті в проектне положення.

Питання виправки і перевлаштування плану залізничної колії давно хвилюють інженерів-колійників. Ще в 60-х роках на сторінках журналу «Путь и путевое хозяйство» широко обговорювалося питання про те, який спосіб зйомки кривих кращий. Висловлювалися різні думки, часом протилежні, про такі способи, як «спосіб стріл» і спосіб Гонікберга. Які дані повинні бути покладені в основу розрахунку кривих – кути повороту чи стріли вигину? На підставі проведеного аналізу І. Я. Туровським зроблено висновок, що заміри фактичного положення колії в плані за допомогою капронової нитки точніші, ніж теодолітом, тому що теодоліт є кутомірним інструментом, а в способі Гонікберга його застосовують для виміру лінійних величин.

Однак, зазначимо, що обидва названі способи використовують детерміновану інформацію про стан кривих і значення кривизни кривої беруться тільки в точках виміру стріл вигину.

Традиційні технології не дозволяють вирішувати задачу модернізації плану лінії на належному рівні. Якщо зйомка плану для проектування реконструкції може виконуватися координатними методами, то точності такої зйомки буде недостатньо в поточному утриманні й ремонті колії, оскільки похибка визначення координат окремих точок

складатиме 10-20 мм. Зйомка кривих симетричним або асиметричним методами стріл (колієрихтувальна машина, колієвимірювальний вагон) будуть давати зростаючу похибку по довжині кривої. При зйомці й рихтуванні поодиноких, не дуже довгих кривих колієрихтувальними машинами точність виявляється достатньою, щоб забезпечити нормативи з утримання, але для побудови плану і профілю ділянок результати вимірювань мають високу невизначеність.

Для детальних розрахунків плану лінії з метою підвищення швидкостей необхідні високоточна координатна зйомка існуючого плану, рихтування плану за наслідками цих розрахунків і перевірка виконаного рихтування.

Водночас необхідно давати техніко-економічну оцінку проектних рішень, ефективність яких визначає якість проекту в цілому і доцільність його реалізації зокрема. Для вибору найбільш якісного проектного рішення використовується система показників, що характеризують кількісні і якісні властивості об'єкта. Сукупність цих показників дає об'єктивну оцінку доцільності й економічну ефективність перебудови кривої.

Проведений аналіз плану лінії на складних ділянках транспортних коридорів і розрахунки підтвердили необхідність урахування обсягів робіт, витрат на перебудову кривих та економію тягово-енергетичних ресурсів для встановлення раціональних параметрів плану відповідно до заданого рівня максимальної швидкості.

Особливості роботи земляного полотна під поїзним навантаженням

Андрєєв В. С., Губар О. В. (ДНУЗТ, gubarav@mail.ru),
Губар І. О. (ТЕХНОТРАНСПРОЕКТ)

Проведено моделирование нагрузки на основную площадку земляного полотна с помощью метода конечных элементов

The simulation of the load on the main pad subgrade using the finite element method was conducted

У роботі було проведено моделювання навантаження на основну площадку земляного полотна за допомогою методу кінцевих елементів (МКЕ).

У ролі навантаження у моделі виступає поїзне навантаження від масової рухомої одиниці в якості якої прийнято вантажний напіввагон. Розглянуто п'ять схем навантаження КЕ-моделі:

- 1 схема – напіввагон знаходиться на одній колії;
- 2 схема – два напіввагони знаходяться на двох коліях;
- 3 схема – навантаження 1-ї схеми з додатком власної ваги земляного полотна;
- 4 схема – навантаження 2-ї схеми з додатком власної ваги земляного полотна;
- 5 схема – навантаження схеми лише власною вагою.

5-та схема навантаження обрана для контролю переміщень та напружень у моделі, які викликані власною вагою земляного полотна, і від поїзного навантаження.

Загальний аналіз отриманих результатів свідчить про те, що розрахунок за схемою навантаження, в яку входить власна вага, дозволяє отримати результати хоча і більш відповідні реальним параметрам напружено-деформованого стану (НДС) земляного полотна, проте дія власної ваги на загальну картину розподілу усіх факторів НДС дещо скриває вплив дії навантаження від ваги поїзда. Це дозволить відділити вплив двох частин навантаження і надати більш чіткі рекомендації щодо аналізу отриманих результатів.

Неоднорідність переміщення по осі Х у випадку 1-ї та 2-ї схем навантаження хоча проявляється досить явно, але не носить яскраво вираженого характеру, який міг би дати

можливість у подальшому прогнозувати негативні явища, але розподіл тих самих факторів у випадку 3-ї та 4-ї схем більш прийнятний для роботи земляного полотна, хоча кількісно їх значення змінюються у 2-2,2 рази. У випадку 3-ї схеми ці ж переміщення відносяться до переміщень 4-ї схеми у 1,02-1,1 рази, що пояснюється дією власної ваги земляного полотна.

Аналіз переміщень по осі Z також свідчить про деяку неоднорідність фактору у випадку несиметричного прикладення поїзного навантаження. Хоча у розрахунку не було враховано фактор динамічності, слід відмітити, що і статичний вплив навантаження досить вагомий, але шаруватість масиву незначно впливає на розподіл напружень і переміщень, що підтверджується достатньо плавним характером ізоліній всіх факторів НДС, відсутністю переламів ізополів на межах розділу шарів, тощо.

Аналіз напружень від власної ваги ґрунтів земляного полотна доводить, що розрахунок можливо вважати достатньо адекватним дійсності, так як їх розподіл відповідає класичному розподілу напружень від власної ваги ґрунту, з деякою поправкою на шаруватість масиву і невеликий перепад значень їх питомої ваги.

Слід звернути увагу на розподіл напружень по осі Z у випадку 1-ї та 2-ї схем навантаження, так як затухання цього фактору у 1-й схемі відмічається на глибині 4,5-5 м, а у 2-й схемі – на глибині 9,5-10 м. Це свідчить про те, що додаткове навантаження по другій колії підсумовується із навантаженням першої колії та його вплив стає значно більшим, і кількісно значення найменшої ізолінії залишається тим же (0,55 т/м² в обох випадках). Цей факт свідчить про те, що хоча якісно характер змінюється практично у 2 рази, розподіл напружень кількісно змінюється незначно.

Аналіз 3-ї та 4-ї схеми менш показовий, так як вплив власної ваги значно змінює картину напружень. По висоті перерізу вплив напружень, викликаних поїзним навантаженням, затухає таким чином, що на глибині 10-11 метрів ізолінії ідентичні ізолініям 5-ї схеми. Максимальні напруження у земляному полотні кількісно вкладаються в межі 0,18-0,21 МПа, що є недостатнім для того, щоб міцність масиву можливо було вважати вичерпаною.

Удосконалення методики паспортизації та встановлення допустимих швидкостей руху в межах стрілочних переводів, вкладених в кривих ділянках колії

Каленик К. Л., (ДонІЗТ, kkonstlen@mail.ru), Космік М. І. (ДП «Донецька залізниця»)

Приведены предложения по усовершенствованию методики паспортизации и установления допустимых скоростей движения в пределах стрелочных переводов в кривых участках пути

The suggestions to improve the methods of certification and the establishment of permissible speeds in the range of switches in the curved sections of road were presented

На сьогодні в межах Укрзалізниці експлуатується приблизно 600 стрілочних переводів вкладених в кривих ділянках колії.

Виправлення стрілочних переводів вкладених у кривих ділянках колії необхідно виконувати згідно чинного документу «Методика розрахунку укладання і виправлення односторонніх стрілочних переводів в кривих ділянках». Розрахунки виправлення за даним документом представляють великі обчислювальні складнощі для працівників дистанцій колії, тому фахівцями ДП «Донецька залізниця» та Донецького інституту залізничного транспорту спробували автоматизувати процес обчислення за допомогою розробки спеціального програмного забезпечення.

Але під час натурних обмірів по вище вказаній методиці, у багатьох випадках, виникло багато питань та протиріч. Представлені в доповіді протиріччя виникли через наступну обставину: натурний вимір за згаданою вище методикою, можливо виконувати лише для стрілочних переводів, які були вкладені за цією ж методикою. Але на сьогодні більшість стрілочних переводів призначених для прямих ділянок, експлуатуються в кривих ділянках вкладено на «око». Тому результати вимірювань стрілочних переводів, що експлуатуються, за «Методикою...», у багатьох випадках, були хибними та суперечними, з геометричної точки зору.

Для ліквідації зазначених протиріч діючу «Методику...» було удосконалено, шляхом врахуванням кривизни основного і бокового напрямку та експериментально апробовано під час вимірів у колії.

Слід зазначити, що крім удосконалення методики зйомки, було проаналізоване питання встановлення допустимих швидкостей руху. Було встановлено, що діюча на сьогодні вимога встановлювати швидкість для пасажирських поїздів за величиною лише непогашеного прискорення, не забезпечує рівень комфортабельності пасажирів по умовах плавності руху при сполученні кривих. Дана обставина підтверджується тим, що стрілочний перевід вкладений в кривій ділянці є фактично сполученням кривої – прямої вставки (рамна рейка) – кривої (з'єднувальні колії) – прямої (хрестовина) – кривої. Зазначена схема також встановлена і в «Методиці...». Крім того, зазначені вище обставини підтверджуються досвідом експлуатації стрілочних переводів у радянські часи – тоді допустима швидкість для пасажирських поїздів по стрілочним переводам вкладеним у криві ділянки колії визначалась з умов комфортабельності в межах сполучення кривих. Тому було запропоновано удосконалення діючого нормативного документу з питань визначення допустимих швидкостей руху в кривих ділянках колії, відповідними формулюваннями та уточненнями.

Зазначимо, що вперше було запропонована і практично реалізована методика, що дозволяє утримувати боковий напрямок стрілочних переводів марки 1/9 з радіусом не менше 200 м.

На даний час роботи з удосконалення методики паспортизації та встановлення допустимих швидкостей по стрілочним переводам в кривих ділянках колії продовжуються.

Забезпечення температурної роботи рейкових плітей безстикової колії

Карпінський С. Л. (ДЕТУТ, karpinskiy@mail.ua)

В работе рассматриваются основные положения по обеспечению температурной работы рельсовых плетей бесстыкового пути. Также приведена технология разрядки температурных напряжений в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Lengths continuous welded rail track sleepers are fixed at the design temperature range. In case of violation of the limits or changes in its design temperature range must perform internal discharge temperature stresses. For the work of discharging temperature tensions technologies are used depending on the specific operating conditions.

Розрядка (знямання) внутрішніх температурних напружень в рейкових плітях – робота, що виконується на безстиковій колії для закріплення рейкових плітей в розрахунковому температурному інтервалі на постійний режим експлуатації з мінімальним початковим напруженням для забезпечення стійкості колії проти її викиду при підвищених літніх температурах і цілісності рейкових плітей взимку. Згідно Технічних вказівок по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України. В процесі експлуатації безстикової колії необхідність в розрядці напружень виникає у таких випадках:

- при перезакріпленні плітей для введення їх у розрахунковий температурний інтервал на постійний режим експлуатації, в разі їх тимчасового закріплення при укладанні за межами розрахункового інтервалу, а також у необхідних випадках перед зварюванням у довгі пліті;
- при необхідності виконання ремонтних робіт на колії при температурі рейки, яка перевищує допустиму;
- при виникненні різкого викривлення в плані і його виправлення в період високих літніх температур.

Розрядка температурних напружень в рейкових плітях безстикової колії згідно Технічних вказівок ЦП-0266 і Правил і технологій ЦП-0084 може бути виконана одним із способів:

- з використанням пристрою з підвісними роликами;
- з використанням ковзких пар з малим коефіцієнтом тертя;
- з постановкою на ролики (між металевою підкладкою і підшвою рейки);
- з використанням гідравлічного натяжного приладу;
- за рахунок перерозподілу поздовжніх температурних напружень.

Також відомі способи розрядки температурних напружень вигином рейкової пліті в вертикальній площині з розрахунковою стрілою вигину (патент РФ № 2472894).

Пропонується технологія розрядки безстикової пліті її вилученням на кінці шпал із можливістю проведенням робіт із заміни непридатних елементів верхньої будови колії. Порядок виконання робіт наступний

В підготовчий період:

- розраховують величини подовжень пліті на очікувану температуру і підбирають відповідної довжини вкорочені рейки для їх укладання у зрівнювальні прольоти;
- для контролю за переміщеннями пліті улаштовують горизонтальні поперечні створи;
- у день розрядки на кінцях кожних двох шпалах пліті і зрівнювальних рейках, що примикають до неї з обох боків, знімають клєми, залишаючи закріпленим кожен третій кінець шпали та на кінці шпал установлюють та закріплюють коткові опори (рис. 1);

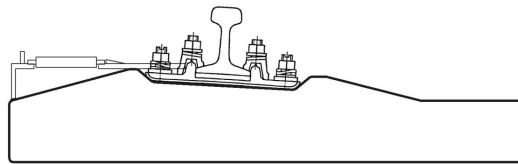


Рис. 1. Схема установки котковой опоры

- у примикаючих до пліті і зрівнювальних рейок стиках знімають на кожному кінці по одному стиковому болту, ті, що залишились, змащують і пробують на розкручування.

В основний період (рис. 2):

- на зрівнювальних рейках з обох боків пліті знімають клєми, що залишилися;
- у стиках знімають стикові болти, що залишилися, і накладки;
- з обох боків пліті вилучають по одній зрівнювальній рейці;
- рухаючись від кінців пліті до її середини знімають клєми на кожній третій шпалі;
- рухаючись від кінців пліті до її середини пліть укладають на коткові опори. Укладають протикантувальні пристрої;
- середину пліті суміщають з горизонтальним поперечним створом, а на інших створах контролюють величини переміщень пліті;
- рухаючись від середини пліті до її кінців пліть укладають на місце, паралельно установлюють і закріплюють клєми на кожній третій шпалі;
- укладають по кінцях пліті у зрівнювальні прольоти вкорочені рейки, у стиках встановлюють стикові накладки і на кожному кінці закріплюють двома стиковими болтами, паралельно установлюють і закріплюють клєми на кожній третій шпалі.

В заключний період:

- у стиках на кожному кінці установлюють треті стикові болти;
- на плітках і зрівнювальних рейках установлюють і закріплюють клеми на шпалах, що залишилися незакріпленими;
- коткові опори складують у контейнери.

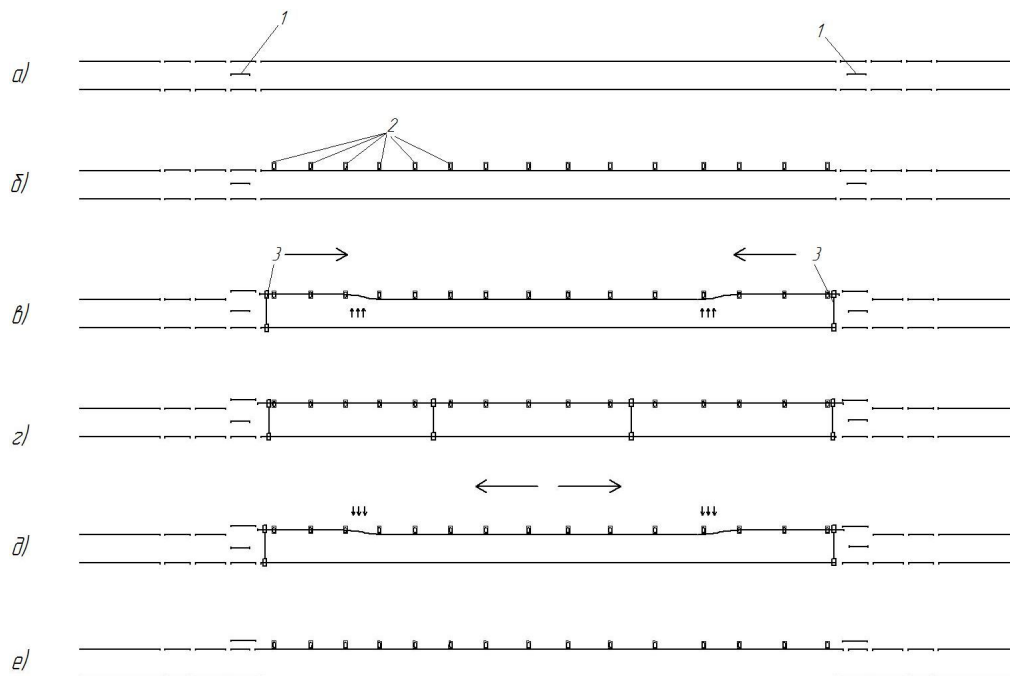


Рис. 2. Схема введення рейкових плітей в оптимальний температурний інтервал:
а-е – етапи виконання робіт, 1 – укороченні рейки, 2 – коткові опори, 3 – протикантувальний пристрій

Рациональная раскладка железобетонных шпал по допускам ширины колеи и подуклонки рельсов, с целью уменьшения ударного взаимодействия колеса и рельса

Кремнев Е. А. (МГУПС, rewyil207@yandex.ru)

The rational layout of concrete sleepers on the tolerances of gauge and rail inclination is offered

Для оценки влияния допусков по ширине рельсовой колеи и подуклонки рельсов на возникновение дополнительной ударной силы колеса о рельс используем расчетную схему, где показан один рельс (левый) рис. 1, предполагая, что правый рельс не отклоняется, а изменения ширины колеи происходят лишь по левому рельсу в плоскости ZOY одновременно. Колесная пара движется вдоль оси X .

Определим ударную силу колеса о рельс в поперечной плоскости ZOY . Для грузового вагона ЦНИИ-3Х с нагрузкой 22 т на ось. При существующих параметрах рельсовой колеи в прямом участке пути (1520+8-4 мм) и подуклонке рельса от 1/20-1/60 колесо может занимать положения на нерабочей и рабочей грани рельса с выкружкой r - 0,08 м, по $\varphi=0$, середине рельса радиус r - 0,50 м.

По рис. 1 а) центр поверхности катания рельса описывает в поперечном сечении движется по окружности 0,665 рад, радиуса R - 0,15 м

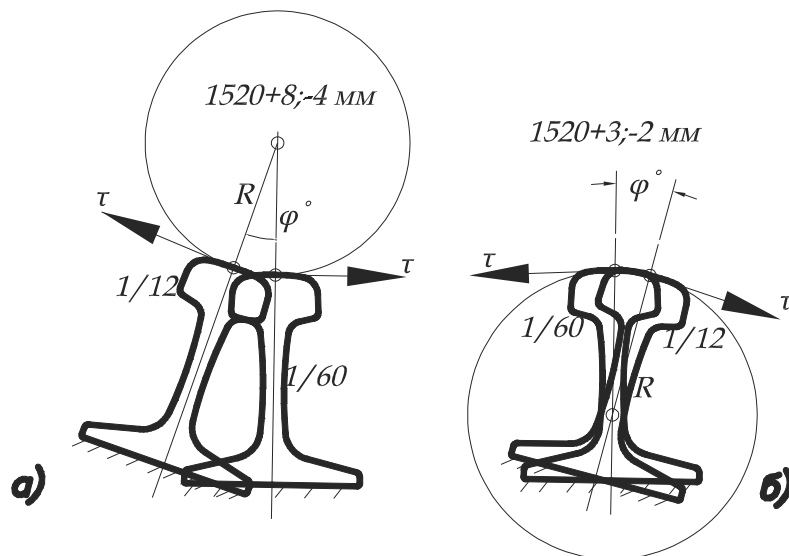


Рис. 1. Левый рельс:

а) центр вращения рельса вокруг пространственной оси выше головки рельсов $R - 0,15$ м; б) центр вращения рельса вокруг пространственной оси $R - 0,10$ м

Удар при поперечном смещении колесной пары массой $M=22$ т будет составлять

$$F = M \cdot a = \frac{M \cdot \varphi \cdot R \cdot V_{\kappa}^2}{2 \cdot a \cdot L} = 22000 \cdot 18,93 = 416874,14 \text{ Н} \quad (1)$$

$$F = E \frac{\varphi \cdot R}{a \cdot L} \quad (2)$$

где $E = \frac{M \cdot V^2}{2}$ – кинетическая энергия массы оси подвижного состава, Дж;

a – длина большой полуоси при взаимодействии колеса и рельса на площадке контакта, $\varphi \cdot R$ по рис. 1. Данная зависимость показывает, что с увеличением отклонения ширины рельсовой колеи и подуклонки рельсов увеличивается дополнительное боковое ударное воздействие, которое приводит к образованию дефектов головки рельсов. Данная зависимость (2) подтверждает статистические наблюдения, что усталостные к по кодам 10, 11, 17, 30 зависят от резких изменений параметров колеи, а не от пропущенного тоннажа.

По данной модели составлена таблица 1, где показано, что понижение дополнительной ударной силы возможно не только при уменьшении допусков по ширине колеи, но и при уменьшении отвода ширины колеи и подуклонки рельса на расстоянии L , м на котором происходит отклонение параметров рельсовой колеи 12, 5 м; 25 м; 50 м; 100 м.

Отводы ширины колеи и подуклонки рельса по графику

Подуклонка 1/12-1/60			
Ширина колеи 1520+8-4 мм		Ширина колеи 1520+3-2 мм	
1	1 мм на 1 м; 1/4,8 на 1 м 800 кН	2	1 мм на 2,5 м; 1/4,8 на 1 м 400 кН
3	1 мм на 2 м; 1/2,4 на 1 м 700 кН	4	1 мм на 5 м; 1/2,4 на 1 м 300 кН
5	1 мм на 4 м; 1/1,2 на 1 м 600 кН	6	1 мм на 10 м; 1/1,2 на 1 м 200 кН
7	1 мм на 8 м; 1/0,6 на 1 м 500 кН	8	1 мм на 20 м; 1/0,6 на 1 м- 100 кН

В каждой графе показана максимальная сила F , кН которая может возникнуть при данном отводе ширины колеи и подуклонки рельсов.

При рациональной раскладке железобетонных шпал по допускам ширины колеи и подуклонке, автоматизировано подбирается смежная шпала, с допуском с наименьшей разницей. В результате формируются плавные отводы по данным параметрам, что уменьшает дополнительные ударные воздействия на рельс.

Для уже уложенной в пути рельсошпальной решетки в местах резких отклонений допусков ширины колеи и подуклонки наиболее целесообразно формировать участки плавными с отводами при промежуточных ремонтах пути, а так же при сборки РШР из старогодных материалов для путей 3 класса скорость 120 км/ч.

Выводы:

Причинами дефектов по коду 11, 17, 30, 10 являются ударные воздействия колеса о рельс. Эти дефекты являются «звеньями одной цепи» - результат ударного воздействия, необходима переработка НТД-ЦП-93.

Выход рельсов по дефектам 10, 11, 17, 30 зависит, от резких отклонений допусков ширины колеи и подуклонки рельсов.

При сборке новой РШР так же и из старогодных материалов для путей 3 класса, и при других видах ремонтов пути-с целью уменьшения ударного воздействия колеса подвижного состава о рельс нужно производить рациональную автоматизированную раскладку железобетонных шпал по допускам ширины колеи и подуклонки с целью ликвидации ударных воздействий.

Приведение температуры восстановления длинных рельсовых плетей к температуре закрепления

Патласов А. М. (ДНУЖТ, fpk@ipo.diit.edu.ua)

A method is proposed of final recovery long rail.

Как известно бесстыковой путь является наиболее прогрессивной конструкцией пути.

Преимущества бесстыкового пути, а также широкое использование на железных дорогах Украины в качестве подрельсового основания железобетонных шпал, делают его основной конструкцией независимо от размеров грузонапряженности.

С внедрением длинных рельсовых плетей (более 800 м) актуальной стала проблема восстановления таких плетей. Окончательное восстановление целостности рельсовых плетей должно производиться при температуре, которая отличается от температуры закрепления не более чем на 5°C. В случае окончательного закрепления при температуре, отличающейся более чем на 5°C необходимо производить разрядку рельсовой плети, что практически невозможно для длинных рельсовых плетей. Для решения этой проблемы на первом этапе

Днепропетровским национальным университетом железнодорожного транспорта (ДНУЖТ) был предложена методика с использованием перераспределения внутренних температурных напряжений. Этой методикой в 2006 году были дополнены Технические указания по устройству, укладке, ремонту и содержания бесстыкового пути на железных дорогах Украины, утв. Укрзализныцей в 2002 году. Методика позволяет приводить температуру окончательного восстановления до величины, отличающуюся от температуры закрепления не более 5°C. Предложенную методику можно использовать при начальном периоде эксплуатации длинных рельсовых плетей. При появлении новых дефектов в непосредственной близости к ранее вырезанным возникают определенные трудности.

С широким внедрением натягивающих приборов кафедрой пути ДНУЖТ предложена методика выполнять окончательное восстановление с приведением температуры восстановления к температуре первоначального закрепления и ли к нейтральной температуре. Суть метода заключается в том, что в плети предварительно создаются дополнительные растягивающие напряжения, которые в последствии перераспределяются с температурными напряжениями участка окончательного восстановления.

Оценка возможности использования статистических методов анализа состояния пути для планирования ремонтно-путевых работ и оценки качества их выполнения

Патласов А. М., Хрустик Д. В., Патласов Е. А. (ДНУЖТ, fpk@ipo.diit.edu.ua),
Бабенко А. И. (ЦП УЗ)

Resulted estimation of possibility of the use of statistical methods of analysis of the state of railway way for planning repair-travel works and estimation of quality of their implementation.

На долю путевого хозяйства приходится более 50 % основных фондов железнодорожного транспорта. Поэтому от правильной стратегии планирования сроков проведения ремонтов железнодорожного пути и от качества их выполнения в существенной мере зависят суммарные затраты на содержание пути и соответственно на себестоимость железнодорожных перевозок.

В настоящее время планирование ремонтов железнодорожного пути в Украине осуществляется согласно Положения про проведение планово-предупредительных ремонтно-путевых работ на железных дорогах Украины. При этом модернизация, усиленный капитальный или капитальный ремонт с использованием старогодных материалов верхнего строения пути назначаются при условии пропуска нормативного тоннажа или достижения нормативного срока службы в годах с момента укладки рельсо-шпальной решетки. Средние и комплексно-оздоровительные ремонты назначаются с учетом загрязненности балласта, количества выплесков, негодных шпал и креплений, а также количества отступлений в геометрии содержания пути.

Такой подход к планированию ремонтов был достаточно оправдан при отсутствии статистических методов оценки состояния пути. Оценка состояния железнодорожного пути с использованием статистических методов показала, что их результаты позволяют более объективно оценивать общее расстройство железнодорожного пути и на его основе планировать проведение ремонтно-путевых работ. Во многих странах уже давно используется показатель среднеквадратического отклонения геометрических параметров состояния пути. Опыт его расчета для ряда километров Приднепровской железной дороги показал возможность его использования для планирования ремонтов и оценки качества их выполнения. При этом более перспективным является получение амплитудно-частотных характеристик геометрических неровностей для назначения определенных видов ремонтно-путевых работ.

Моделювання взаємодії колії та рухомого складу

Циганенко В. В. (ДНУЗТ), Халіпова Н. В. (АМСУ, khalipov@rambler.ru)

Тезисы посвящены построению модели векторной оптимизации задачи взаимодействия пути и подвижного состава

The report is focused on constructing a model of vector optimization in interaction of track and rolling stock.

Активне впровадження в Україні Загальної Транспортної Політики з метою інтеграції до мережі міжнародних транспортних коридорів визначило формування сучасних вимог до транспортних систем, які обумовлені необхідністю підвищення швидкостей руху із забезпеченням при цьому високих стандартів якості перевезень пасажирів та вантажів та безпеки руху.

Фахівці України, країн СНД та закордонні автори в своїх експериментальних та теоретичних дослідженнях велику увагу приділяють задачам моделювання роботи рейко-шпальної решітки, вивченню коливань вагонів, визначенню допустимих швидкостей руху поїздів. Сучасні погляди на проблеми взаємодії рухомого складу та колії з узагальненням наукових результатів викладені в працях М. Ф. Веріго та А. Я. Когана.

Теоретичні та експериментальні дослідження минулих років дозволили розробити ряд нормативів утримання колії та рухомого складу залізниць в процесі їх експлуатації та розробити серію критеріїв, що характеризують плавність руху, комфортабельність їзди, міцність колії та її елементів, умови можливого вкочування гребеня колеса на рейку та ін. Головні нормативи базуються на дослідженні взаємодії рухомого складу та залізничної колії як єдиної системи.

Необхідність врахування декількох різних за своїм змістом критеріїв, вплив багатьох чинників на основні показники, необхідність забезпечення оптимальних або ж раціональних параметрів шляхом визначення ефективної системи утримання інфраструктури, вплив фактору невизначеності та випадковості на досліджувані процеси взаємодії вимагають нових теоретичних підходів до формулювання задач.

Теоретичні основи та напрямки застосування методів векторної оптимізації наведено в [1]. Задачу взаємодії колії та рухомого складу вирішуємо при обмеженнях, що стосуються мінімізації динамічних прискорень α та максимізації стійкості екіпажу k :

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ -k \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (1)$$

Для забезпечення даних вимог (1) необхідно провести заходи ω_{ij} , які дозволять управляти даними критеріями. Тоді модель взаємодії колії та рухомого складу представимо як множину задач Ω_{K-PC} , що складається з наборів Ω_i необхідних заходів ω_{ij} : $\Omega_{K-PC} = \Omega_{K-PC}[\Omega_i, i=1..n, \Omega_i=\Omega_i[\omega_{ij}], j=1..m]$ за умов (1).

Наприклад, при проходженні екіпажем кривих ділянок колії список заходів Ω_i може складатися з наступних: ω_1 - зміна довжини перехідної кривої, ω_2 - узгодження відводів кривизни та підвищення зовнішньої рейки, ω_3 - зміна довжини кругової кривої, ω_4 - кривизна кругової кривої, ω_5 - підвищення зовнішньої рейки кругової кривої, ω_6 - ліквідація нерівностей: $\Omega_i=\Omega_i[\omega_{ij}], j=1..6$.

Список необхідних заходів, що входять до множини Ω_i формують в залежності від змісту поставленого завдання.

Дослідження дефектів металевих частин стрілочних переводів

Баль О. М. (ЛФ ДНУЗТ, olenabal@mail.ru)

В данной работе приведены статистические результаты исследования появления дефектов в элементах стрелочных переводов.

In this paper we present the results of statistical research of defects in elements switches.

Стрілочні переводи є складними елементами верхньої будови колії. Нормативні строки служби елементів стрілочних переводів призначають по досягненню допустимого зносу металічних елементів (рамних рейок-вістряків, хрестовин). Проте, при передчасному виходу у дефектні виконується заміна окремих металічних елементів на нові чи старопридатні.

Метою даної роботи є проведення статистичного аналізу появи дефектів в металічних елементах стрілочних переводів для оцінки якості продукції, що випускається. А також для визначення експлуатаційних факторів, які впливають на появу дефектів.

Статистичний аналіз проводився на основі зібраних даних про відмови елементів стрілочних переводів зі всіх залізниць України протягом 2008-2011 років.

Основна причина вилучень елементів хрестовин в проектах стрілочних переводів, які аналізувались є вертикальний знос осердя, вертикальний знос вусовика, викришування металу на поверхні кочення вусовика і осердя в зоні перекочування через підвищену динамічну дію (ДС.14, ДУ.14), виколування металу по лінії врізання на голівці через недоліки конструкції (ДУ.12.5), викришування наплавленого шару металу литої частини вусовика і осердя (ДС.18, ДУ.18). В табл. 1 приведено дані для деяких проектів стрілочних переводів.

Середнє напрацювання елементів збірних хрестовин з литим осердям марки 1/11 в головних коліях на 17 % вище середнього напрацювання елементів збірних хрестовин, і на 13 % вище середнього напрацювання елементів суцільнолитих хрестовин, з врахуванням довірчих меж.

Середнє напрацювання елементів збірних хрестовин з литим осердям марки 1/19 в головних коліях на 11 % вище середнього напрацювання елементів збірних хрестовин, і на 40 % вище середнього напрацювання елементів суцільнолитих хрестовин, з врахуванням довірчих меж. Тобто, для жорстких хрестовин найнижче середнє напрацювання є в суцільнолитих хрестовинах.

Збірна хрестовина, типу загальної відливки з косою врізкою та збірна з косою врізкою з подовженими задніми закінченнями склали малу вибірку і оцінювати напрацювання важко, тобто потребують подальших досліджень.

Для збірних прямих хрестовин, типу загальної відливки з частиною вусовиків кількість вилучень за зносом складає 57 %, за дефектами 43 %.

Для збірних хрестовин з литим осердям кількість вилучень за зносом складає 36 %, за дефектами 64 %.

Для суцільнолитих хрестовин, типу загальної відливки з частиною вусовиків кількість вилучень за зносом складає 48 %, за дефектами 52 %.

Таблиця 1

Дані вилучень елементів хрестовин

№ проекту СП	Кіль- кість	$T_{сер}$, млн. т / % T_n	Основні причини вилучення				
			знос осердя	знос вусовика	ДС.14, ДУ.14	ДУ.12.5	ДС.18, ДУ.18
1740	621	156/ 82 %	22 %	11 %	22 %	14 %	6 %
М1740	472	153/80 %	35 %	10 %	19 %	8 %	4 %
У1740	75	115/60 %	46 %	6 %	11 %	8 %	-
Дн 290	75	126/66 %	29 %	8 %	31 %	14 %	6 %
М2215	41	161/100 %	56 %	20 %	5 %	10 %	2 %
2215	80	74/70 %	22 %	10 %	12 %	11 %	5 %
2434	16	100/13 %	6 %	56 %	-	-	-

В загальному основними причинами по відмовам в зоні стрілки є бічний знос вістряка (14 %) та бічний знос рамної рейки (11 %) навпроти вістря вістряка. Кількість всіх дефектів по зносу (вертикальний, боковий) становить 40 % від загальної кількості від поодиноких відмов. В середньому по зносу знімалися вістряки та рамні рейки при величині зносу 8 мм. Основними причинами зняття по дефектам є викришування на голівці вістряка через недостатню контактну-втомлювальну міцність металу – 2,8 %; викришування вістряка в зоні вістря через посилену бокову дію коліс – 34 %; виколювання загартованого шару головки вістряка і рамної рейки і поперечні тріщини на голівці рамної рейки в зоні перекошування коліс з гостряка на рамну рейку та інші. Кількість всіх вилучень по дефектах становить 60 % від загальної кількості поодиноких відмов. В табл.2 приведено дані для деяких проектів стрілочних переводів.

Таблиця 2

Дані вилучень елементів стрілки

№ проекту СП	Кіль- кість	$T_{сер}$, млн. т / % T_n	Основні причини вилучення				
			бічний знос рамної рейки	бічний знос рамної рейки у вістрі	бічний знос вістряка	вертика-льний знос	ДО.14.1
1740	746	172 / 57 %	24%	21 %	11 %	8 %	9%
М1740	734	161/54 %	16 %	31 %	12 %	8 %	6 %
У1740	133	120/40 %	11 %	34 %	10 %	7,5 %	12 %
65111ж-01	89	243/81 %	10%	36 %	10 %	7 %	7 %
2215	78	201/67 %	17 %	23 %	14 %	-	3 %
М2215	76	176/57 %	17 %	44 %	10 %	12 %	7 %
2433	61	175/58 %	-	-	-	-	-
2434	58	98/49 %	-	-	-	-	-
Дн 290	62	113/38 %	13 %	18 %	5 %	10 %	7,5 %

Дослідження роботи колії на дерев'яних шпалах при дії вертикальних та горизонтальних розкантируючих навантажень, що спричинені рухомим складом

Сисин М. П., Набоченко О. С. (ЛФ ДНУЗТ, olganabochenko@mail.ru)

Тезисы посвящены моделированию динамических колебаний рельса при работе на совместный изгиб и кручение с учетом влияния ряда факторов состояния пути

The report is focused on simulation of dynamic rail vibration that takes into account coupled bending and rotation interaction as well as the influence of track state factors

До даного часу роботі рейок у горизонтальному поперечному напрямку на кручення та горизонтальний згин присвячено значну кількість теоретичних та експериментальних досліджень. Проте у цьому напрямку залишається ряд актуальних недосліджених питань. В першу чергу, це стосується роботи колії на дерев'яних шпалах при наявності несправностей підрейкових опор, спільної роботи гостряка та рамної рейки із зносом, а також багатьох інших факторів, при яких необхідно враховувати такі особливості роботи колії, якими, у звичайних умовах, як правило, нехтувалося.

У більшості випадків, в основі моделей роботи колії покладено фундаментальні розв'язки систем диференційних рівнянь С. П. Тимошенко, у яких для спрощення розв'язку розглядається незалежна робота рейки на кручення та горизонтальний згин при суцільній однорідній підрейковій основі вздовж її осі. В роботах В. І. Ангелейка та інших авторів враховується вплив окремих пружних підрейкових опор без врахування залежності згинальних деформацій від крутних. У дослідженнях О. П. Єршкова та ряду інших вчених враховано вплив вертикальної сили і тертя, при якому вертикальний опір основи протидіє переміщенню рейки по підшві. Також на основі дослідних даних ними запропоновано спосіб оцінки впливу на колію бокових горизонтальних сил і крутних моментів за допомогою коефіцієнтів, які пов'язують загальну деформацію рейок з деформацією від дії вертикальних центрально прикладених сил. В усіх цих дослідженнях розглянуто статичну задачу без врахування динамічних коливань розподілених вздовж осі маси рейки та мас елементів рухомого складу, а також незалежних вертикальних та горизонтальних деформацій. Крім того, не розглядалось можливої на практиці зміни властивостей колії вздовж її осі, таких як пружності підрейкової основи, поздовжньої зміни жорсткості рейки, які пов'язані як з конструктивними властивостями колії, так і з наявністю недоліків її елементів, що проявляється при «кущовій» гнилої шпал та брусів тощо.

У даному дослідженні показано результати математичного моделювання, що враховує динамічні властивості балки при роботі на згин та кручення із взаємодією з невіднесеною масою колісної пари, вплив окремих шпал та наявність «кущів» гнилих шпал, нелінійний геометричний вплив вертикального навантаження при значних горизонтальних деформаціях, а також зв'язок крутних деформацій, горизонтального і вертикального прогинів. Виконано порівняння результатів теоретичних розрахунків по розробленій моделі із результатами дослідних методик. Результати розрахунків показали значний вплив врахованих факторів, а розроблена методика використовується при дослідженні роботи колії у граничному стані на дерев'яних шпалах та при дії понаднормативних навантажень.

Виялючий рух екіпажів та його вплив на колію і рухомий склад

Велінець О. П. (ДЕТУТ, sashko2008@ukr.net)

Тезисы содержат информацию о влиянии экипажей и его влияние на железнодорожный путь и подвижной состав.

This article contains information about the wagging motion of the crew and its impact on the rail track and rolling stock. As a conclusion containing recommendations to reduce the impact wagging motion on the rail track and passengers that will provide quick and safe transportation of goods and comfortable transportation passengers.

Залізнична колія і рухомий склад являють собою єдину механічну систему, в якій вони взаємодіють, знаходячись в залежності один від одного. З урахування різних розмірів ширини рейкової та колісної колії вагони, рухаючись по прямих ділянках колії, насправді описують не прямолінійну, а складну хвилеподібну траєкторію. Такий складний рух називається виялючим (рис. 1). Колеса рухомого складу мають конічну форму поверхні кочення, яка потрібна по двох причинах: щоб забезпечувати центричність руху та більшу центричність передачі тиску від коліс на рейки. За рахунок конічності коліс та за рахунок наявності зазорів між ребордами коліс і рейками, колеса одної жорстко зв'язаної колісної пари, як правило, за один оберт проходять неоднаковий шлях, одне трохи «забігає» по відношенню до іншого, в силу чого навіть при русі в прямих ділянках колії рух колісної пари не є прямолінійним, в дійсності він є виялючим, тому що колісна пара періодично котиться, притискаючись гребенем то до правої, то до лівої рейкової нитки.

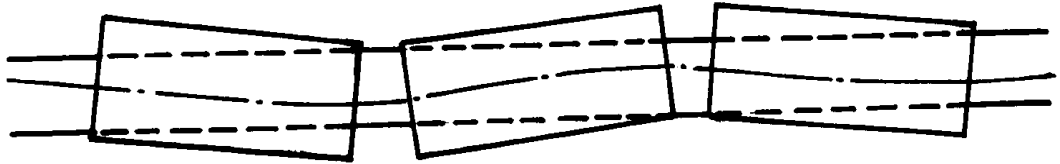


Рис. 1. Хвилеподібний рух екіпажу

В процесі виялючого руху у вагонах виникають суттєві сили інерції, створюючи значний боковий натиск на рейки і спричинюючи незручності пасажиром, що іноді викликає необхідність обмеження швидкості руху поїзда.

Разом з цим виялючий рух значно збільшує поперечні сили, що передаються від коліс на рейки, і це, звичайно, прискорює вихід з ладу колії. Поки швидкості руху поїздів є порівняно невеликі, зазначені недоліки не набувають особливої гостроти. Але із зростанням швидкостей руху поїздів становище змінилося і виникає питання про доцільність досліджень по можливості зниження поперечного переміщення колісних пар в колії. Із схеми на рис. 2 очевидно, що можливість поперечного переміщення залежить, перш за все, від величини зазору δ між рейковою і колісною колією, а величина зазору, в свою чергу, залежить від нормативів ширини рейкової колії S і колісної колії q . А від величини зазору залежить поведінка рухомого складу при русі в колії, а саме: чим більша величина зазору, тим більше надається можливостей для бокових переміщень і виялення рухомого складу при русі.

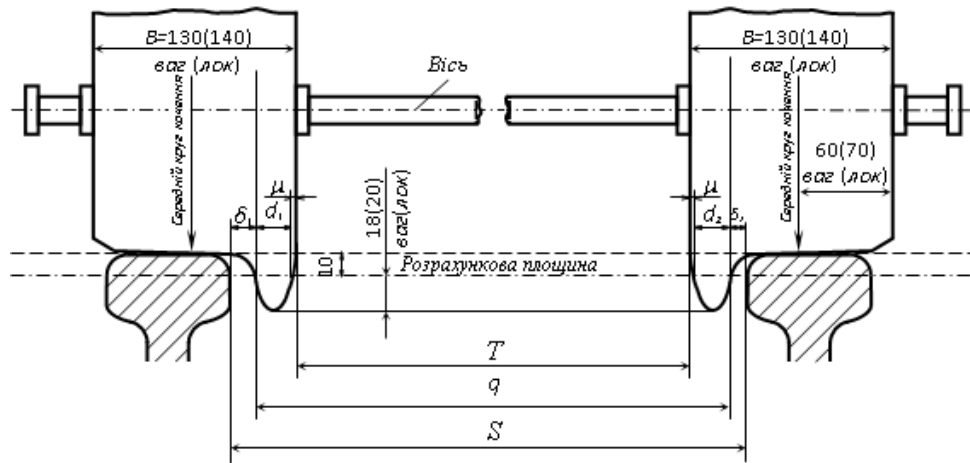


Рис. 2. Основні характеристики колісної пари та колії

В зв'язку з вищенаведеним необхідно при проектуванні рейкової колії прагнути до зменшення величини зазорів між гребенями коліс і рейками (рис. 2.), а відповідно необхідно вводити більш жорсткі допуски по геометричних розмірах ширини колії і колісних пар. Це особливо важливо для підвищених та високих швидкостей руху, тому що на таких лініях встановлені найбільш жорсткі вимоги по плавності руху, тобто по горизонтальних і вертикальних переміщеннях і прискореннях.

Ефективність використання наявних засобів дефектоскопії на українських залізницях

Сорока О. О. (ДЕТУТ, olga_s85@bk.ru)

На украинских железных дорогах основными методами контроля являются: ультразвуковые, магнитные и комбинированные дефектоскопы. Каждый имеет свои преимущества и недостатки. Можно сделать вывод, что система неразрушающего контроля на украинских железных дорогах соответствует требуемому уровню безопасности движения поездов, но требует постоянного развития и совершенствования, изучения зарубежного опыта и привлечения квалифицированных специалистов.

Reliable performance rails needed for traffic safety. This issue deals with Non-Destructive Testing (NDT) rail system (defectoscopy). On the Ukrainian railways basic control methods are: ultrasonic, magnetic and combined. Each method has its advantages and disadvantages. It can be concluded that the system of non-destructive testing on the Ukrainian railways meet the required level of security of trains, but requires constant development and improvement, the study of foreign experience and attract qualified specialists.

Надійна робота рейок в колії є необхідною умовою безпеки руху на залізничному транспорті та запобігання аварійних ситуацій внаслідок зламів, спричинених дефектами. Тому потрібно проводити періодичну діагностику рейок. Цим питанням займається система неруйнівного контролю рейок (дефектоскопія). Головним завданням дефектоскопії є своєчасне виявлення дефектів та пошкоджень в елементах колії (рейках, вістряках, хрестовинах, рамних рейках, зварних стиках). Неруйнівний контроль на українських залізницях представляє собою трирівневу систему перевірки: 1) засоби первинного суцільного контролю (двониткові знімні дефектоскопи і дефектоскопні автомотриси); 2) засоби вторинного контролю (вагони-дефектоскопи); 3) засоби локального контролю

(переносні дефектоскопи для контролю зварних стиків, однопунктові знімні дефектоскопи для контролю стрілочних переводів, вибіркового контролю за показниками засобів первинного і вторинного контролю). Хоча, наприклад, на російських залізницях засобами первинного контролю є вагони-дефектоскопи та дефектоскопні автомотриси.

Розвиток дефектоскопних засобів почався в 30-х роках ХХ століття. І на даний момент постійно вдосконалюється, враховуючи попередній досвід і сучасні потреби. На даний час українські залізниці використовують різноманітні засоби дефектоскопії. За способом експлуатації їх можна розділити на знімні для суцільного ультразвукового контролю (РДМ-22, УДС2-73(МР), РДМ-2, ПОИСК-10Э, ПОИСК-2), мобільні (УЗВД, ВД-1МТ5К, МВД, АДЕ-1МТ) та переносні (Рельс-6, РДМ-1, РДМ-33, УДЗ-71).

Якщо говорити про ефективність магнітних та ультразвукових засобів можна зазначити наступне. На українських залізницях залишився в експлуатації лише один магнітний вагон-дефектоскоп і чотири ультразвукових.

Характерною особливістю магнітних вагонів-дефектоскопів є те, що робочий зазор між полюсами електромагніту та рейкою становить 8-10 мм, а між пошуковим датчиком і поверхнею головки рейки є меншим від 1 мм. При робочих швидкостях до 70 км/год магнітні вагони-дефектоскопи виявляють внутрішні поперечні тріщини (дефекти за кодом 21), які охоплюють 15-35 % площі головки і залягають на глибині до 5-6 мм від поверхні рейки, а також поздовжні горизонтальні та вертикальні тріщини, які виходять на поверхню і розташовані на глибині до 4-5 мм (дефекти за кодами 30Г і 30В). Магнітні вагони-дефектоскопи більш частіше виявляють дефекти критичних розмірів в порівнянні з ультразвуковою діагностикою рейок. Завдяки цьому можна запобігти виникненню загрози безпеці руху, в тому числі зламу рейок під поїздами. Крім того, слід зазначити, що магнітний вагон-дефектоскоп може експлуатуватись у різних кліматичних зонах, за будь-яких погодних умов, проводити надійний контроль приповерхневих і підповерхневих дефектів, здійснювати прив'язку дефекту до ділянки колії за відсутності безпосереднього контакту датчика сигналів із рейкою. Сьогодні на заміну магнітним вагонам-дефектоскопам приходять суміщені вагони-дефектоскопи, які поєднують магнітодинамічний і ультразвуковий методи діагностики.

Принцип роботи ультразвукових дефектоскопів ґрунтується на акустичних методах неруйнівного контролю і реалізує контактний спосіб введення пружних коливань в поверхню кочення головки рейки в досить вузькій ширині 15-25 мм вздовж осі рейки. Ультразвукові вагони-дефектоскопи мають перевагу перед зйомними дефектоскопними візками та пересувними дефектоскопами в продуктивності діагностики рейок, але поступаються їм у достовірності та надійності. Крім того, імпульсні ультразвукові вагони-дефектоскопи мають недоліки через значні рівні перешкод що сильніше проявляється у разі збільшення швидкості сканування. Ультразвукові дефектоскопи, маючи достатню чутливість і роздільну здатність, виявляють багато дефектів на ранніх стадіях розвитку, але часто пропускають дефекти типу поперечної тріщини з критичними розмірами. Незважаючи на те, що ультразвукові методи визначають дефекти в шийці та підшві рейки, вони мають недоліки, головним з яких є відсутність надійного акустичного контакту.

Для проведення розшифровки дефектограм необхідні висококваліфіковані спеціалісти, які мають навички і досвід роботи з налаштування апаратури та реєстрації сигналів. Отримані та записані на дефектоскопі сигнали від рейок дуже часто мають неоднозначний характер, вимагають проведення аналізу попередніх заїздів та виконання обстеження підозрілих рейок безпосередньо на місці за допомогою ручних засобів натурних умовах. Неякісна інтерпретація результатів контролю іноді знецінює всі переваги магнітного та ультразвукового контролю, так як його результати дуже часто залежать від кваліфікації спеціалістів, які проводять контроль.

Можна зробити висновок, що система неруйнівного контролю на українських залізницях відповідає необхідному рівню забезпечення безпеки руху поїздів, але потребує постійного розвитку і вдосконалення, вивчення зарубіжного досвіду та залучення кваліфікованих

фахівців. Разом з тим є і проблеми в цій галузі. Всіма засобами рейкової дефектоскопії щорічно виявляють близько 9 тис. гостродефектних рейок, з яких мобільними засобами – 5-6 %. При цьому кількість зламів рейок з вини операторів дефектоскопних візків є досить високою, хоча і складає всього 0,1 %. Це говорить про значні витрати на дефектоскопію рейок. Іншою проблемою є недостатня кількість сучасних засобів дефектоскопії й значні терміни служби (більше 20 років) дефектоскопів (Поиск-10Э, Поиск-2, Рельс-5, Рельс-6, ДУК-66 ПМ), про що свідчать дані, наведені на рис. 1. Також потребують заміни застарілі ультразвукові та магнітні вагони-дефектоскопи.

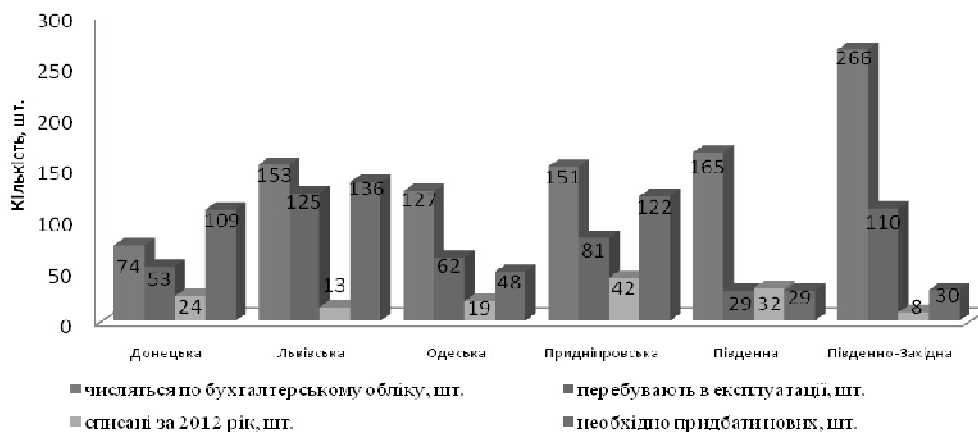


Рис. 1. Наявність дефектоскопних засобів на залізницях України

Особливості дії вибухів в штучних ґрунтах земляного полотна залізниць

Бербушенко В. П. (КВПС Держспецтрансслужби ДНУЗТ, berbushenko.vladimir@gmail.com)

Предложен метод расчёта последствий взрыва в грунтах железнодорожного земляного полотна, который даёт возможность прогнозировать объёмы раз рушений земляного полотна от взрывов взрывчатых веществ разного назначения.

The method of calculating the consequences of the explosion in artificial soil subgrade rail is offered, which allows to predict the amount of damage the roadbed explosion explosives for various purposes.

Аналіз інформаційних джерел показує, що до переліку загроз сталому функціонуванню транспортної мережі, що існують в сучасності, відносяться і вибухи, причинами яких можуть бути як і направлене застосування бойових вибухових речовин з метою виводу з ладу транспортних об'єктів, так і аварії транспортних засобів, що перевозять вибухонебезпечні речовини (промислові вибухові речовини, інверсійні боєприпаси тощо). Цим і обумовлена актуальність теоретичного дослідження фізичних процесів, що відбуваються в штучних ґрунтах земляного полотна під час вибухів у них сучасних боєприпасів.

Найбільш перспективним в даному напрямку є вивчення процесу вибуху заряду, що знаходиться на деякій глибині від поверхні земляного полотна, яку для розрахунків умовно можна рахувати горизонтальною.

На основі методів запропонованих К. П. Станюковичем в його книзі «Фізика взрива» зроблена спроба розрахунку енергії, яка тратиться на подолання сили тяжіння під час вибуху заряду на певній глибині від поверхні, в тому випадку, якщо воронка, що з'являється після

вибуху, являє собою конус з певним радіусом, який для різних вибухових речовин (далі ВР) та різних ґрунтів земляного полотна буде різним.

З цією метою зроблена спроба розрахунку «гравітаційної» енергії для випадку виносу ґрунту на поверхню земляного полотна. При цьому зроблено припущення, що енергія вибуху розповсюджується ізотропно (хоча деякі вчені, що займаються вивченням явища вибуху вважають, що це не зовсім так). Крім того було апробовано вибір оптимальних значень глибини, на якій проходить вибух, та кута розтвору конуса воронки вибуху.

На основі цього проведено розрахунки залишкової швидкості, з якою будуть під певним кутом від нормалі викидатися частки ґрунту із воронки, допускаючи що частинки ґрунту досить швидко набирають швидкість, але в процесі її набору частина швидкості губиться на подолання сили тяготіння.

На основі зроблених розрахунків були розраховані параметри воронок, що з'являються в результаті вибухів типових боєприпасів в типових конструкціях земляного полотна залізниць.

Також зроблена спроба визначення залежності між масою середовища (штучний ґрунт земляного полотна), яка викидається вибухом із воронки, масою вибухової речовини, її калорійністю (або енергією вибуху), початковою глибиною центру вибуху та розрахована глибина, при якій масив ґрунту, що викидається являється найбільшим.

Отримані розрахунки необхідно уточнювати шляхом додаткового врахування енергії, яка при розповсюдженні ударної хвилі затрачується на нагрів та незворотні деформації ґрунту земляного полотна. Ці затрати енергії в разі заглиблення центру вибуху можуть бути досить суттєвими і їх необхідно визначати на основі експериментальних даних, які необхідно проводити.

Результаты проведения испытаний рельсов из кислородно-конвертерной стали в кривых участках пути

Рудюк А. С., Азаркевич А. А., Восковец Ю. А., Дурасов А. В.
(ГП «УкрНПЦ «Енергосталь»)

*Test results for rails from basic oxygen steel (grade K76Ф) in curved track sections
of minor radius at Lvov Railway were considered.*

Для повышения качества рельсов ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» совместно с ГП «УкрНПЦ «ЭНЕРГОСТАЛЬ» в мае 2011 г. осуществили переход с выплавки рельсовой стали марки М76Т в мартеновских печах на выплавку стали марки К76Ф в кислородных конвертерах. С целью повышения износостойкости рельсов была разработана технология производства термоупрочненных рельсов типа Р65 из стали марки К76Ф, закаленных по поверхности катания и боковым граням, предназначенных для укладки в кривых участках пути с радиусом менее 1000 м, где основным параметром, определяющим долговечность рельсов, является износ боковых граней головки. Предварительные испытания опытных партий рельсов из мартеновской стали, закаленных по такой технологии, показали увеличение износостойкости в 1,15–1,2 раза.

Для определения износостойкости и установления интенсивности накопления бокового износа рельсов, изготовленных по новой технологии, ГП «УкрНПЦ «ЭНЕРГОСТАЛЬ» совместно с «Укрзалізницею» проводят эксплуатационные испытания рельсов в кривых участках пути Львовской ж.д.

Опытные рельсы были уложены в кривые малого радиуса на Мукачевской дистанции пути Львовской ж.д. Отличительной чертой этого направления является неблагоприятное сочетание элементов плана и профиля пути – большое количество кривых малого радиуса (R-240, 246, 253, 320 м), наличие затяжных подъемов и спусков (уклоны от 1,1 ‰ до 34,4 ‰).

Путь имеет щебеночный балласт с деревянными шпалами. Установленная скорость движения пассажирских и грузовых поездов – до 60 км/ч.

На опытных участках, взятых под наблюдение, сотрудниками ГП «УкрНТЦ «ЭНЕРГОСТАЛЬ», с периодичностью раз в месяц, проводились инструментальные замеры бокового износа рельсов в кривых малого радиуса согласно действующей методике проведения квалификационных испытаний опытных партий рельсов, утвержденной «Укрзалізницею».

Следует отметить, что объективное сравнение по интенсивности накопления бокового износа возможно проводить при одинаковом пропущенном тоннаже не менее 5 млн т брутто (после обкатки), так как начальная стадия эксплуатации связана со снятием обезуглероженного слоя головки закаленного рельса и ее пластической деформацией.

Результаты измерения бокового износа рельсов из кислородно-конвертерной стали и расчета интенсивности его накопления в зависимости от пропущенного тоннажа представлены в табл. 1 и на рис. 1. Исследованиями установлено, что состояние рельсов в наблюдаемых кривых в зависимости от пропущенного тоннажа и степени изношенности – различное. В кривых малого радиуса после пропуска около 30–50 млн. т груза при накоплении износа на боковой грани наружного рельса вырабатывается полка, что значительно изменяет условия контакта колеса с рельсом и их взаимодействия.

Анализ измерений бокового износа рельсов выявил явную зависимость его величины и интенсивности накопления от кривизны пути (радиуса кривой), твердости рельсов (по сечению и по длине рельса), возвышения наружного рельса и осевой нагрузки вагонов. По длине кривой боковой износ происходит неравномерно – в переходных кривых он несколько меньше.

Таблица 1

Результаты измерений бокового износа рельсов в кривых участках главного пути
Мукачевской дистанции пути

Номер кривой	Перегон, путь	Грузонапряженность, млн. т/км бр./км в год	Радиус кривой, м	Возвышение наружного рельса, мм	Объем измерения, шт	Пропущенный тоннаж, млн т бр.	Величина максимального бокового износа, м	Средняя величина бокового износа, мм	Интенсивность износа, мм/млн т брутто	Профиль, % (п-подъем, с-спуск)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Лавочное – Бескид – Скотарск	32	255	70	13	44,2	17	13,57	0,31	п-24,6
2			276	80	15	41,6	16,5	12,87	0,31	п-22,3
3			260	90	21	44,2	15	6,64	0,15	п-21,4
4			268	90	17	75,4	15	12,44	0,16	п-22,6
5			269	90	18	83,2	16,5	11,77	0,14	п-20,4
6			284	90	17	47	12,5	9,91	0,21	с-26,5

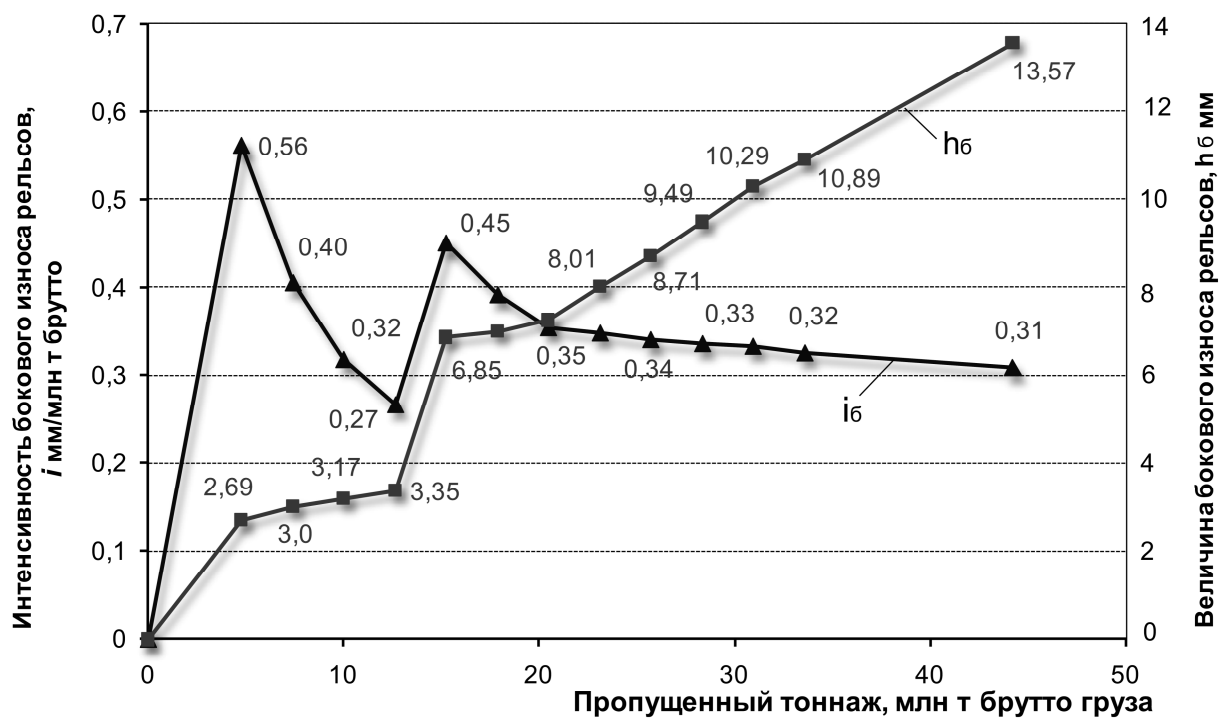


Рис. 1. Величина h_b бокового износа и интенсивность i_b его накопления рельсов типа Р65 из стали марки К76Ф, (№ кривой – 1)

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ НАЗВ ОРГАНІЗАЦІЙ

АМСУ (Україна)	– Академія митної служби України
БелГУТ (Беларусь)	– Белорусский государственный университет транспорта
БГТУ (Россия)	– Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова
ВНИИЖТ (Россия)	– Всероссийский научно–исследовательский институт железнодорожного транспорта
ГГМУ (Беларусь)	– Гомельский государственный медицинский университет
ГП «УкрНПЦ «Енергосталь» (Украина)	– Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Енергосталь»
ДЕТУТ (Україна)	– Державний економіко-технологічний університет транспорту
ДНУЗТ (Україна) ДНУЖТ (Украина)	– Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
ДонІЗТ (Україна)	– Донецький інститут залізничного транспорту
ДЦМКР (Україна)	– Дорожній центр механізації колійних робіт
ИГТМ НАН УКРАИНЫ (Украина)	– Институт геотехнической механики имени Н. С. Полякова Национальной академии наук Украины
ИЦ ВЭИП (Россия)	– Испытательный центр взаимодействия экипажа и пути железных дорог
КазАТК (Казахстан)	– Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева
КВПС Держспецтранслужби ДНУЗТ (Україна)	Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтранслужби Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
ЛФ ДНУЗТ (Україна)	– Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
МГУПС (Россия)	– Московский государственный университет путей сообщения
НКТБ ЦП УЗ (Україна)	– Науково-конструкторське технологічне бюро Головного управління колійного господарства Укрзалізниці

ПГУПС (Россия)	–	Петербургский государственный университет путей сообщения
ПС–1 ЦП УЗ (Україна)	–	Путеобследовательская станция Главного управления путевого хозяйства Укрзаліззниці
СибГУПС (Россия)	–	Сибирский государственный университет путей сообщения
РГУПС (Россия)	–	Ростовский государственный университет путей сообщения
УкрДАЗТ (Україна)	–	Українська державна академія залізничного транспорту
ХНАМГ (Україна)	–	Харківська національна академія міського господарства
ЦП УЗ (Україна)	–	Головне управління колійного господарства Укрзаліззниці

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

ПРАЦІ

Міжнародної науково-практичної конференції
«Проблеми взаємодії колії та рухомого складу»,
яка присвячена 100-річчю професора
Мойсея Абрамовича Фрішмана

*Українською та російською мовами
Матеріали друкуються в авторській редакції*

Відповідальний за випуск *В.В.Рибкін*
Комп'ютерна верстка *Ю.М.Волошин*

Формат 60x84 1/8. Ум. друк. арк. 12,79. Обл.-вид. арк. 12,81.
Тираж 120 пр. Зам. № 948.

Видавництво дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003
Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2