

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ (SHORT REPORTS)

ISSN 2519-8742. Механика. Исследования и инновации. Вып. 13. Гомель, 2020

УДК 622.122

М. М. АЛИМКУЛОВ, Б. А. МАХАНОВ, Б. А. ЖАЙМАГАНБЕТОВ

*Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева,
Алматы, Казахстан*

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КОНСТРУКЦИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Выполнен анализ конструкций верхнего строения пути, характерных для железных дорог Европы и Северной Америки. Рассматриваются технические решения, позволяющие уменьшить удельное давление на верх земляного полотна при увеличении интенсивности эксплуатации железных дорог.

Ключевые слова: железнодорожный путь, верхнее строение пути, балласт, земляное полотно, деформация земляного полотна.

Развитие железных дорог во всем мире шло по пути увеличения скоростей движения поездов и нагрузок на ось. В практике российских железных дорог учет условий эксплуатации пути нормативно закреплен в 1883 году, когда под руководством Д. И. Журавского были разработаны «Правила содержания и охранения паровозных железных дорог, открытых для общественного пользования», где устанавливалась протяженность участков обслуживания для дистанций пути в зависимости от числа поездов.

В 1903–1914 годах были нормативно установлены максимальные нагрузки на ось локомотивов и максимальные скорости движения поездов. Если в начале XIX века нагрузки от осей локомотивов на путь составляли 11–12,5 т, а вагонов – 9–11 т, то к 1913 году они увеличились соответственно до 17,5–18 т и 12–13 т. В 1931 году в СССР были введены в эксплуатацию самые мощные в Европе грузовые паровозы серии ФД с осевой нагрузкой до 21 т и пассажирские паровозы серии ИС с осевой нагрузкой 20,7 т и конструкционной скоростью 130 км/ч. Усложнение условий эксплуатации и рост нагрузок на ось подвижного состава привели к необходимости типизации рельсов, а затем и верхнего строения пути (таблица 1). За рубежом (на железной дороге Canadian National) категория пути устанавливалась исходя из годового объема перевозок и скоростей движения (таблица 2). Более дифференцированно типизация верхнего строения пути была разработана на железных дорогах США (таблица 3).

Одновременно с типизацией верхнего строения пути в Европе меняются конструкции рабочей зоны земляного полотна. Под слоем балласта устраивается подбалластный слой толщиной 30–50 см, имеющий промежуточную между щебнем и грунтом основной площадки земляного полотна прочность, функции которого заключаются в выравнивании удельного давления на грунт и снижении амплитуд вибраций грунта рабочей зоны земляного полотна при движении подвижного состава, защите балласта от дождевых осадков, проникновения мелких пылеватых и глинистых частиц грунта [1]. Механические характеристики подбалластных слоев приведены в таблице 4.

Таблица 1 – Типы верхнего строения пути в СССР по состоянию на 1931 г.

Тип конструкции верхнего строения пути устанавливается на дорогах, характеризующихся хотя бы одним из следующих признаков			Верхнее строение пути		
Грузооборот нетто на пятый год эксплуатации дороги, млн ткм/км	Нагрузка на ось локомотива, т	Наибольшая скорость пассажирского поезда, км/ч	Балласт	Шпалы	Рельсы
Тип I					
Более 15	Более 22	Более 130	Щебень и дробленый гравий 1-го сорта, 25 см под шпалой на песчаной подушке толщиной 20 см	Тип I–II 1840 шт./км	Тяжелее Па
Тип II					
От 8 до 15	Более 19 до 22	Более 100 до 130	Щебень, доменные шлаки, гравий 1-го сорта, 25 см под шпалой на песчаной подушке толщиной 20 см	Тип I–II 1840 шт./км	Не легче Па
Тип III					
До 8	Не выше 19	Не выше 100	Песок, ракушка, гравий, доменные шлаки, щебень, 35 см под шпалой	Тип III–IV 1600 шт./км	Па

Таблица 2 – Категории железнодорожного пути, принятые в Канаде

Категория пути	Объем перевозок, млн т в год	Скорости движения поездов, км/ч	
		грузовых	пассажирских
1-я	25 и более	80 и более	130 и более
2-я	От 15 до 25	80 и более	От 100 до 130
3-я	» 5 » 15	От 65 до 80	» 80 » 100
4-я	» 1 » 5	» 40 » 65	» 65 » 80
5-я	Менее 1	Менее 40	Менее 65

Таблица 3 – Типизация верхнего строения пути в США

Показатели	Типы верхнего строения пути			
	Очень тяжелый	Тяжелый	Средний	Легкий
Осевая нагрузка, т	34	32	32	27
Максимальная скорость, км/ч	85–130	80–120	80–120	65–100
Грузонапряженность, млн т брутто	20–40	12–25	6–20	1–8
Масса рельса, кг/м	Более 70	65,1–69,5	57,1–59,1	50
Число шпал, шт/км	2170	2170	1860	1860
Толщина слоя щебня под шпалой, см	40	35	30	25

Таблица 4 – Механические характеристики подбалластных слоев

Слой подшпального (подбалластного основания)	Технические параметры			
	Толщина слоя h , м	Степень уплотнения $D_{пр}$	Коэффициент фильтрации $K_{ф}$, м/с	Модуль деформации (сжимаемости) E_{v2} , МПа (МН/м ²)
Германия "DS 836"				
Строящиеся магистральные железные дороги (насыпи высотой более 2 м из несвязных грунтов)				
Защитный слой	0,2	1,03	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	120
Противопучинный (морозозащитный) слой	0,5	1,00	$\geq 1 \cdot 10^{-4}$	80
Верхний слой земляного полотна	1,3	0,97	–	60
Строящиеся второстепенные железные дороги				
Защитный слой	0,2	1,00	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	100
Противопучинный	0,4	–	$\geq 1 \cdot 10^{-4}$	80
Верхний слой земляного полотна	1,3	0,97	–	60
Усиливаемые эксплуатируемые линии (насыпи высотой более 2 м)				
$v > 160$ км/ч				
Защитный слой	0,2	0,97	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	80
Противопучинный	0,3	0,97	$\geq 1 \cdot 10^{-4}$	45
Верхний слой земляного полотна	1,0	0,95	–	45
$v \leq 160$ км/ч				
Защитный слой	0,2	0,97	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$	50
Противопучинный	0,3	0,95	$\geq 1 \cdot 10^{-4}$	45
Верхний слой земляного полотна	1,0	0,95	–	45
Чехия "S 4"				
Строящиеся и усиливаемые эксплуатирующиеся линии Насыпи высотой более 2 м из несвязных/связных грунтов				
Защитный слой	$0,5/h_{расч}$	$J_{\Delta min} = 0,80$	–	min 40/40
Противопучинный (теплоизоляционный) слой	$-/h_{расч}$	$J_{\Delta min} = 0,80$	–	min 40/40
Верхний слой земляного полотна	≤ 2	$J_{\Delta min} = 0,80/1,00$	–	min 40/20
Нижний слой земляного полотна	0,5	$J_{\Delta min} = 0,70/0,95$	–	min 40/15

В современных и перспективных условиях эксплуатации железных дорог при увеличении осевых нагрузок вагонов и локомотивов, скоростей движения поездов и роста грузонапряженности линий, при обращении шести и восьмиосных вагонов повышаются требования к устойчивости рельсовой колеи в плане и продольном профиле пути. Увеличение сил взаимодействия подвижного состава и пути приводит к ускоренному нарастанию его неисправностей, увеличению затрат труда и расходных материалов на ремонт.

В последние годы проводятся мероприятия по усилению основной площадки земляного полотна, внедряются новые путевые машины для очистки щебеночного балласта. Тем не менее в балластном слое и верхней зоне земляного полотна отмечается большее количество остаточных деформаций, вызванных влиянием поездных нагрузок [2]. Для уменьшения удельного давления на названную зону в мировой практике применяются следующие технические решения:

- увеличение толщины балластного слоя до 50–60 см под шпалами;
- применение под балластом защитного слоя толщиной 30–40 см;
- создание противоморозного слоя толщиной до 70 см;
- устройство жесткого основания, при котором шпалы омоноличиваются в железобетонную плиту, а под ней размещаются защитный и противоморозные слои;
- введение под щебень кироминерального слоя толщиной 10–15 см [3].

Последние два мероприятия также защищают верх земляного полотна от увлажнения при дождях и таянии снега, что позволяет передавать на верх земляного полотна несколько большие удельные давления.

Окончательный выбор технического решения по усилению земляного полотна является важной технико-экономической задачей. Комбинация указанных и иных мероприятий позволяет снижать удельное давление на верх земляного полотна в 2–3 раза по сравнению с принятыми в Казахстане типовым поперечным профилем земляного полотна и толщиной слоя щебня под шпалой в 30 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Расчеты железнодорожного пути с использованием конечно-элементных моделей : учеб.-метод. пособие / Э. П. Исаенко [и др.]. – Нижний Новгород : Нижегородский печатник, 2002. – 215 с.

2 **Закиров, Р. С.** Проблемы повышения работоспособности подшпального основания и основания балластного слоя при введении скоростного движения поездов / Р. С. Закиров, А. Д. Омаров. – Алматы : Бастау, 2001. – Ч. I. – 198 с.

3 **Омаров, А. Д.** Земляное полотно железных дорог Казахстана / А. Д. Омаров. – Алматы : Бастау, 2000. – 208 с.

M. M. ALIMKULOV, B. A. MAKHANOV, B. A. ZHAYMAGANBETOV

Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tyныshpaev, Almaty, Kazakhstan

INCREASING IN REQUIREMENTS TO THE TOP STRUCTURE OF THE RAILWAY TRACKS

The analysis of the track superstructure, typical for the Europe and North America railways is carried out. There are considered the technical solutions, allowing to reduce the specific pressure on the top of the roadbed with the increasing in the operation intensity of railways.

Keywords: railway track, track superstructure, ballast, subgrade, deformation of subgrade.

Получено 28.11.2020