

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
5-7 мая 2021 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
8-10 ноября 2021 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 10 ноября 2021 года.

P 783/1

**ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ
ДО 200 КМ/ЧАС С БАЛЛАСТНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ
ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ**

Введение

С развитием современной железнодорожной инфраструктуры, возрастающими требованиями к ее эксплуатационным свойствам, увеличением скорости движения поездов и нагрузки напрямую зависит и конструкция железнодорожного земляного полотна.

Настоящая памятка устанавливает основные требования к структуре и конструкции земляного полотна, его основания при проектировании железнодорожных линий с верхним строением пути на балласте для скоростей движения поездов до 200 км/ч.

При проектировании должны быть решены две основные проблемы:

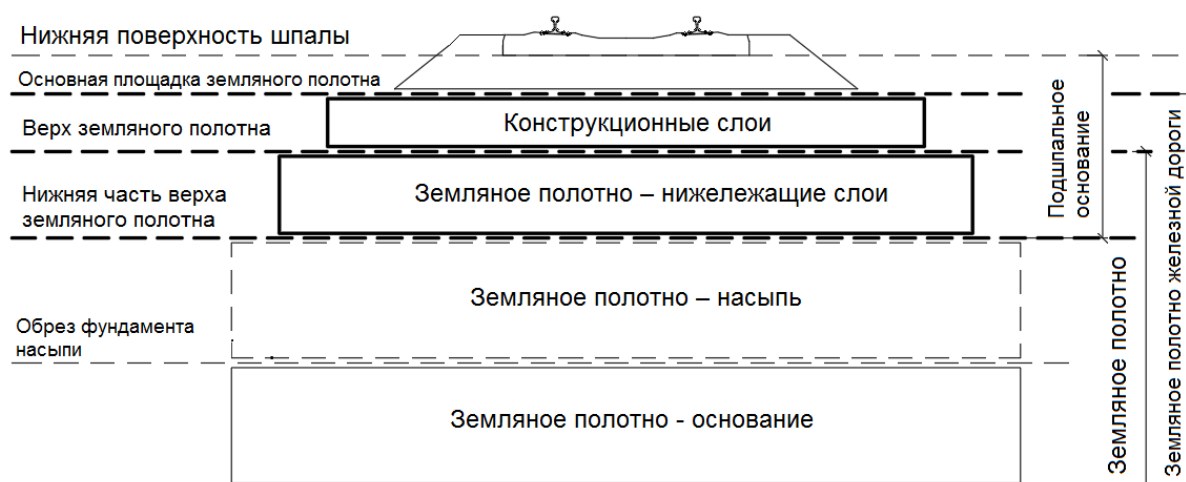
- обеспечение надёжной несущей способности на всех указанных уровнях земляного полотна;
- обеспечение защиты верхней части земляного полотна от неблагоприятных воздействий отрицательных температур;
- распределение поездной нагрузки;
- защита и отвод атмосферной воды от основной площадки земляного полотна;
- разделение слоёв земляного полотна.

Чешские железные дороги

Структура конструктивных слоёв подшпального основания согласно проекта

Определение основных параметров проектирования составляющих подшпального основания земляного полотна железнодорожного пути указаны на рис.1.

Рис. 1. Разбивка конструкции железнодорожного пути по функциональным предназначениям.



Требования к несущей способности основной площадки и верха земляного полотна

Минимальные требуемые значения несущей способности основной площадки земляного полотна и верха земляного полотна в зависимости от скорости движения поездов, в том числе и для скоростей до 200 км/ч, приведены в таблице 1.

Несущая способность определяется модулем деформации, который определяют статическим нагрузочными испытаниями в соответствии со стандартом ЧСН 72 1006, приложение «Б», как зависимость между нагрузкой и осадкой штампа - круглой нагрузочной плиты.

Определение модуля деформации в приведенных уровнях земляного полотна необходимо оценивать в зависимости от конкретно применяемой методики измерения, при этом определение этого параметра, в каждой стране может определяться по-разному. По этой причине минимальные значения величины модуля деформации, приведенные в таблице 1, невозможно применять непосредственно у отдельных железнодорожных инфраструктур.

Соблюдение минимальных значений требуемого модуля деформации при определении несущей способности основной площадки является **ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ**. Если это условие не соблюдается, необходимо установить такой состав нижележащих слоев из подходящих материалов, чтобы минимальное значение модуля деформации было достигнуто.

Таблица 1. Минимальная требуемая несущая способность на верх земляного полотна $E_{min,ZP}$ и на основную площадку земляного полотна на $E_{min,PL}$ для скоростей до 200 км/ч включительно в сети железнодорожной инфраструктуры СЖ

| Максимальная проектируемая скорость, км.ч ⁻¹ | Предполагаемая грузонапряженность, млн. ткм брутто/год ¹⁾ | Вес на ось [Т] | Минимальный требуемый модуль деформации в МПа | |
|---|--|----------------|---|--|
| | | | Верх земляного полотна $E_{min,ZP}$ [МПа] | Основная площадка земляного полотна $E_{min,PL}$ [МПа] |
| ≤ 80 | < 2 | до 22,5 | 15 | 30 |
| | > 2 | до 22,5 | 20 | 40 |
| 81 – 120 | < 2 | до 22,5 | 20 | 40 |
| | 2-8 | до 22,5 | 30 | 50 |
| | > 8 | до 22,5 | 30 | 50 |
| 121 - 160 | < 2 | до 22,5 | 30 | 50 |
| | 2-8 | до 22,5 | 40 | 60 |
| | > 8 | до 22,5 | 40 | 60 |
| 161 - 200 (включительно) | для всех рабочих нагрузок | до 25,0 | 70 | 90 ²⁾ |

¹⁾ Предполагаемую рабочую нагрузку определяет заданная или проектная документация.

²⁾ В случае применения конструкционного слоя из асфальтобетона, значение $E_{min,PL}$ уменьшается коэффициентом 0,95 и должно быть достигнуто на последнем несклеенном

слое до положения слоя из асфальтобетона.

Для расчета несущей способности нижележащих слоев применяется существующий метод DORNII, или другие методики расчета. Эта методика основана на принципе выбора материалов с разными модулями деформации и с разной толщиной слоев таким образом, чтобы эквивалентный модуль всей структуры на уровне верха земляного полотна достигал минимального требуемого значения.

В нижележащих слоях предполагается применение карьерного заполнителя больших фракций (0/90 – 0/250), далее улучшенных грунтов с уплотнением. Также целесообразно применение укрепляющих геосинтетических материалов (геосетки, геотекстиль, геокомпозиты).

Структура конструктивных слоев, типовые конструкции и варианты технических решений, приведены в таблице № 2, в зависимости от предполагаемых скоростей движения до максимальной скорости 200 км/ч включительно.

Таблица 2. Проект структуры конструктивных слоев

| Максимальная проектируемая скорость, км.ч ⁻¹ | Предполагаемая грузонапряженность, млн. ткм брутто/год ¹ | Вес на ось [т] | Структура конструктивных слоев (толщина в мм/материал) |
|---|---|----------------|--|
| ≤ 80 | < 2 | до 22,5 | не менее 200/ŠD-0/32 kv (не менее 150/ŠD-0/32 kv - только с согласием Генеральной дирекции) |
| | 2 - 8 | до 22,5 | не менее 250/ŠD-0/32 kv |
| | > 8 | до 22,5 | не менее 300/ŠD ²⁾ |
| 81 - 120 | < 2 | до 22,5 | не менее 250/ŠD-0/32 kv |
| | 2 - 8 | до 22,5 | не менее 300/ŠD-0/32 kv |
| | > 8 | до 22,5 | не менее 300/ŠD ²⁾ |
| 121 - 160 | < 2 | до 22,5 | не менее 300/ŠD-0/32 kv |
| | 2 - 8 | до 22,5 | Вар. I: не менее 400/ŠD-0/32 kv Вар II: не менее 250/ŠD-0/63 kv |
| | > 8 | до 22,5 | Вар. I: не менее 400/ŠD-0/32 kv Вар II: не менее 250/ŠD-0/63 kv |
| 161 - 200 (включительно) | для всех рабочих нагрузок | до 22,5 | Вар. I: не менее 400/ŠD-0/63 kv Вар II: не менее 100/ асфальтобетон +250/ŠD-0/63 kv |

¹⁾ Предполагаемую рабочую нагрузку определяет заданная или проектная документация.

²⁾ Можно применить щебень фракции ŠD-0/32 kv или ŠD-0/63 kv.

ŠD – щебень гранитный (дробленный природный заполнитель назначенной фракции)

kv – щебень для конструктивных слоев

Приведенная структура конструктивных слоев, при соблюдении технологических процессов строительства, обеспечивает выполнение минимальных требуемых значений несущей способности основной площадки земляного полотна и минимальных требуемых значений несущей способности на верхней части земляного

полотна.

Защита от неблагоприятных воздействий мороза

Кроме того, предложенную структуру конструкционных слоев необходимо оценить с точки зрения стойкости к неблагоприятным влияниям мороза и обеспечения защиты от нежелательного пучения.

Значения толщины конструкционных слоев, приведенные в таблице № 2 в качестве минимальных, в случае необходимости обеспечения защиты от неблагоприятного воздействия мороза. Эти значения окончательно определяют на основании расчета. При этом состав материалов конструкции не изменяется.

Словацкие железные дороги

Проектирование конструкционных слоев основания

Основой проектирования конструкционных слоев является выбор подходящих строительных материалов для строительных слоев, выбор их толщины и дизайн модулей модуляции для первоначального или измененного земляного полотна для климатически неприятного сезона.

Главным образом проектные факторы:

- Зона скорости
- Нагрузка (22,5 т, 225 кН)
- Инженерные геологические условия земляного полотна
- Климатические условия
- Свойства использованных материалов

Методология проектирования основана на использовании многослойной системы с результирующими эквивалентными модулями статического преобразования, превышающими требуемое значение.

Если модуль статического преобразования не достигает требуемого значения, возможно:

- Заменить неустойчивый грунт земляного полотна
- Улучшить верхний уровень земляного полотна
- Использовать усиливающую геосинтетику
- Сочетание этих мер

Основные типы материалов, используемых в конструкционных слоях основания из шпал:

- Щебень, песчаник, камни и т. Д.
- Мелкий камень скрепленный гидравлическим связующим
- Механически усиленная грунта земляного полотна
- Грунт с гидравлическим связующим
- Мелкий камень с укрепляющими геосинтетиками

Минимальная толщина подложки составляет 150 мм.

Защитный слой

Защитный слой защищает землю от неблагоприятных воздействий мороза. Он изготовлен из небеленого заполнителя. Его минимальная толщина составляет 150 мм.

Защитный слой нижней части рельса, который защищает поверхность земли от аэрации, предлагается из упакованного заполнителя или гравия.

Использование стабилизаторов в конструктивных слоях основания из шпал:

Стабилизация – использование менее подходящих и деформируемо неподходящих почв. Стабилизация увеличит их прочность и морозостойкость.

| Зона скорости (СТН 73 6360) | Скорость В (км/ч) | Статический модуль земляного полотна E_{0p} (МПа) |
|--|------------------------------|--|
| РП1 | $V \leq 60$ | ≥ 30 |
| РП2 | $60 < V \leq 80$ | $\geq 40 (\geq 30)^*$ |
| РП3 | $80 < V \leq 120$ | $\geq 50 (\geq 40)^*$ |
| РП4 | $120 < V \leq 160$ | $\geq 80 (\geq 50)^*$ |
| РП5 | $160 < V \leq 200$ | ≥ 100 |

И
сп
оль
зу
е
м:

Гидравлическое связующее

- Химическое связующее
- Механическая стабилизация

Толщина стабилизированного слоя составляет не менее 150 мм.

Сопротивление деформации земляного плана (путь 1435 мм)

Требуемое минимальное значение статического модуля земляного плана E_{0p} зависит от диапазона скорости железнодорожной линии.

* Существующая железнодорожная линия

Сопротивление деформации конструкции основания из шпал

Качество конструкции выражается требуемым минимальным значением модуля статической модуляции на его уровне. Уставка E_{p1} рассматривается в зависимости от диапазона скорости железнодорожной линии.

| | | |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| Зона скорости (СТН 73 6360) | Скорость В (км/ч) | Статический модуль земляного полотна E_{0p} (МПа) |
| РПЗ | $80 < B \leq 120$ | $\geq 30 (\geq 20)^*$ |
| Зона скорости (СТН 73 6360) | Скорость В (км/ч) | Статический модуль основной площадки E_{p1} (МПа) |
| РПЗ | $80 < B \leq 120$ | $\geq 50 (\geq 40)^*$ |

* Существующая железнодорожная линия

Сопротивление деформации земляного плана (путь 1520 мм)

Материал в строительных слоях основной площадки (1435 мм, 1520 мм):

- гранулированный материал фракции 0-63 мм, кривая зернистости (важна при использовании георешетки, кривая предписывается производителем материала), должен соответствовать СТН 72 1514, статический модуль 40-120 Мпа.
- геосинтетический материал- параметры устанавливаются в правилах ЖСР.

Конструкция геосинтетического материала всегда зависит от цели использования и функции, которую он должен выполнять (требования к качеству сырья, прочностным характеристикам, структуре, сроку службы, устойчивости к повреждениям при хранении и т.д.). Способ установки выполняется согласно инструкции производителя.

| Зона скорости (СТН 73 6360) | Скорость В (км/ч) | Статический модуль основной площадки E_{p1} (МПа) |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| РП1 | $B \leq 60$ | ≥ 15 |
| РП2 | $60 < B \leq 80$ | $\geq 20 (\geq 15)^*$ |
| РП3 | $80 < B \leq 120$ | $\geq 30 (\geq 20)^*$ |
| РП4 | $120 < B \leq 160$ | $\geq 40 (\geq 30)^*$ |
| РП5 | $160 < B \leq 200$ | ≥ 50 |
| | | |

И

сп
ыт
ан
ия
на
со
пр
от
ив

ление деформации:

Сопротивление деформации структурных слоев определяют с помощью испытания на статическую нагрузку с использованием жесткой круглой пластины диаметром 30 см (или испытания на динамическую нагрузку).

Для определения сопротивления деформации отдельных слоев в качестве основного критерия используется статический критерий деформации (или динамический модуль деформации).

Можно использовать две методики измерения :

- ТС 4 (плита диаметром 300 мм, макс. Давление 0,1; 0,2; 0,4 МПа, ступень нагрузки 0,025; 0,05; 0,1 МПа;
- ДИН 18 134 (плита диаметром 300 мм (в конечном итоге 600 мм), максимальное давление 0,25; 0,5 МПа, два цикла нагрузки по 6 градусов).

Методика ТС 4 :

Это необходимо – опора нагрузки, испытательное устройство, устройство измерения силы и нагрузки, инструменты и вспомогательные инструменты. В регламенте указана процедура измерения (точная методология для разных типов горных пород).

Методика ДИН 18 134 :

Динамический модуль деформации определяется динамическим испытанием под нагрузкой в соответствии с СТН 73 6192 Испытание на ударную нагрузку мостовых и грунтов.