

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре
и подвижному составу 7 – 9 августа 2012 г.,
Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре
и подвижному составу 9 – 12 октября 2012 г.,
Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 12 октября 2012 г.

**Р
720/1**

**ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ
К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ
ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
ДЛЯ БЕЗБАЛЛАСТНОГО ПУТИ**

1. Общее введение

Жесткое основание железнодорожного пути (далее в тексте - ЖО) представляет собой современный тип конструкции железнодорожного пути, в котором вместо балластной призмы и шпал применяется жесткой конструкцией верхнего строения железнодорожного пути (монолита или полуфабриката), укладываемого на железобетонный монолитный слой или на слой асфальтобетона.

Эта конструкция должна укладываться на однородное земляное полотно, которое должно быть защищено от неблагоприятного воздействия воды и низких температур.

Жесткое основание обеспечивает существенное снижение эксплуатационных расходов при сохранении стабильности железнодорожного пути и сохранении его геометрических параметров.

Конструкция жесткого железнодорожного пути должна гарантировать возможность надежного решения системы водоотведения и легкий доступ к водоотводным устройствам.

Необходимо также обеспечить возможность монтажа и контроля элементов устройств связи и СЦБ.

2. Терминология и типы конструкций жесткого основания железнодорожного пути

Основные составные части верхнего и нижнего строения безбалластного железнодорожного пути для вновь строящихся и реконструируемых линий приведены на рисунке №1.

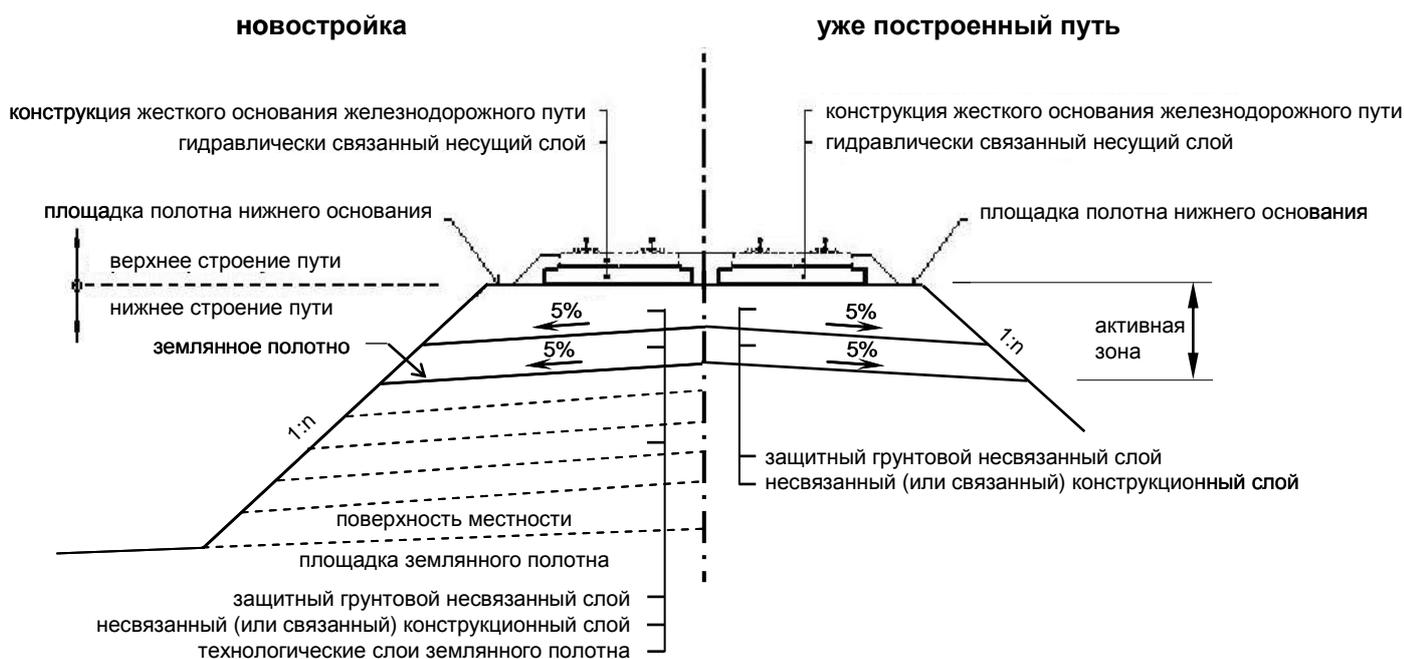


Рис. 1 Схема устройства верхнего и нижнего строения железнодорожного пути

По типу жесткого основания железнодорожного пути, их можно разделить на несколько основных типов (таблица 1).

Таблица 1

Путь на жестком основании						
Характеристика	Упоры, предотвращающие раскantungку рамного рельса				Непрерывная опора рельсов	
	со шпалами или с блоками		без шпал или без блоков		встроенный рельс	рельс с непрерывной опорой и креплением
	шпалы или блоки встроенные в несущих плитах	шпалы или блоки расположенные на несущих плитах	сборные бетонные плиты	монолитные бетонные плиты in-situ		

3. Основные положения

Рекомендуется использовать конструкцию жесткого основания железнодорожного пути, прежде всего, при строительстве новых скоростных и общего назначения путей, далее при строительстве мостовых объектов и тоннелей с длиной более 400 м.

Использование жесткого основания железнодорожного пути при проведении реконструкций и перестройки уже существующих объектов должно быть экономически и технически обосновано.

На участках сопряжения пути на балласте и пути на жестком основании (например, при устройстве ЖО в тоннеле, на мосту) необходимо на переходном участке, в зависимости от скорости и местных условий, принять конструкцию земляного полотна, обеспечивающую плавное изменение жесткости пути.

Проект конструкции нижнего строения жесткого железнодорожного пути в тоннеле решает проектная документация на основе геотехнической разведки.

При проектировании необходимо соблюдать требования технической спецификации интероперабельности по безопасности в тоннелях.

Необходимость устройства переходного участка на подходах к тоннелю, конструкцию и протяженность этого участка, на основании результатов геотехнической разведки и с учетом конструкции тоннеля, определяется проектом.

Минимальный срок эксплуатации конструкции жесткого основания железнодорожного пути – 50 лет.

Конструкция жесткого основания железнодорожного пути должна использоваться только на таком полотне нижнего строения, которое обладает достаточной несущей способностью, плотностью/гомогенностью и стабильностью формы.

Полотно нижнего строения железнодорожного пути проектируется в соответствии с результатами геотехнической (*инженерно-геологической*) разведки, отдельные оценочные геотехнические параметры определяются в соответствии с принципами третьей геотехнической категории (максимальный геотехнический риск).

Жесткое основание железнодорожного пути не рекомендуется строить на следующих условиях:

- участки с наличием оползней;
- участки с шахтами;
- участки, регулярно подвергающиеся наводнениям;
- участки с толстыми слоями органического характера;
- участки с оседающими слоями почвы;
- участки с глубиной подземных вод менее 1,5 м от уровня колеи.

Чаще всего, в случае строительства жесткого основания железнодорожного пути на данных типах участков необходимо принимать технически сложные решения, влекущие за собой значительные расходы.

Тип жесткого основания железнодорожного пути не учитывают при проектировании конструкции и способа строительства нижнего строения пути. Конструкция нижнего строения пути (земляного полотна) подобна для всех типов жесткого основания железнодорожного пути.

4. Геодезические требования

Железнодорожное координатное поле для жесткого железнодорожного пути определяется уже для рабочей документации. Это координатное поле должно функционировать, начиная с его установки, продолжая – реализацией строительства и заканчивая – концом срока службы конструкции.

Контрольное измерение железнодорожного координатного поля, включая его анализ, необходимо проводить, главным образом, в следующих фазах подготовки, строительства и текущего ремонта ЖО:

- при учреждении координатного поля для рабочей документации;

- при передаче разбивочной сетки на объект;
- при постройке конструкции жесткого железнодорожного пути перед проведением необратимых технологических действий, фиксирующих позицию пути в пространстве; данные контрольные измерения необходимо включить в план-график строительных работ;
- после завершения сооружения для отслеживания стабильности позиции конструкции в пространстве.

5. Геотехническая разведка при проектировании железнодорожной линии с жестким основанием пути

5.1. Общие требования.

Геотехническая разведка перед проектированием и реализацией строительства жесткого основания железнодорожного пути должна предоставить полный комплекс точных инженерно-геологических, гидрогеологических и геотехнических данных. Результаты геотехнической разведки являются основанием для разработки проекта нижнего строения железнодорожного пути, обеспечения его надежности и безопасной эксплуатации.

Объем георазведки должен установить все возможные неблагоприятные факторы, которые могут повлиять на стабильность или снизить несущую способность нижнего строения пути (земляного полотна) в процессе строительства и эксплуатации.

Содержание и объем геологоразведочных работ определяется в зависимости от того, проектируется строительство новой линии или предполагается реконструкция участка, находящегося в эксплуатации. Комплекс инженерно геологических изысканий должен быть разделен на три этапа (предварительный, подробный и дополнительный). Принимая во внимание характер отдельных этапов, не рекомендуется соединять отдельные фазы геотехнической разведки.

При проведении комплекса инженерно геологических изысканий применяют как прямые (разрушающие), так и непрямые (неразрушающие) методы, и прежде всего – их подходящая комбинация. Для получения наиболее полной информации о строении и свойствах исследуемых грунтов следует применять в комплексе как разрушающие так и неразрушающие методы геотехнической разведки.

Конечные требуемые геотехнические параметры должны устанавливаться на основании испытаний, которые проводятся как в лабораториях, так и на местах.

5.2. Геотехническая разведка местности при проектировании новой линии.

Перед началом буровых работ проводят инженерно геологические изыскания местности неразрушающими методами. На основании их результатов определяют и уточняют объем дальнейших разведочных работ.

При проектировании новых линий, разведочные скважины размещают вдоль проектируемой оси пути, на расстоянии не более 50,0 м и при глубине не менее 6,0 м от уровня поверхности земли. В выемках глубину разведочных скважин принимают не менее 6,0 м от отметки основной площадки проектируемого пути.

Особое внимание следует обращать на определение пропорционального соотношения и характеристик грунтов на участках.

5.3. Геотехническая разведка при реконструкции линий, находящихся в эксплуатации с устройством жесткого основания пути.

Георазведка на пути, находящемся в эксплуатации, должна дать в результате реальное описание действительного состояния полотна нижнего строения пути и прилегающих участков. В случае наличия нескольких путей необходимо проводить геотехническую разведку для каждого пути отдельно.

С помощью разрушающих и неразрушающих методов, определяют строение эксплуатируемого земляного полотна, выявляют возможные дефекты. Разведочные скважины размещают на расстоянии не более 50,0 м вдоль оси пути. Минимальная глубина разведочных скважин – 6,0 м от уровня основной площадки проектируемого земляного полотна.

При проектировании жесткого основания железнодорожного пути в тоннеле необходимо провести геотехническую разведку в зоне лотковой части тоннельной обделки.

6. Полотно нижнего строения для жесткого основания железнодорожного пути

Проектом конструкции полотна нижнего строения пути должны быть обеспечены:

- минимальная деформация (предотвращение оседания насыпи и сдвигов корыта) полотна на протяжении всего периода эксплуатации конструкции;
- требуемую и равномерно распределяемую несущую способность основной площадки земляного полотна нижнего строения железнодорожного пути;
- надежность функционирования на протяжении всего срока эксплуатации системы отвода воды. На многопутных участках должен быть обеспечен отвод воды с междупутья с целью исключения возможности проникновения воды под конструкцию жесткого основания железнодорожного пути.

Максимальная просадка жесткого основания железнодорожного пути в процессе его эксплуатации, или в период после окончания строительных работ (период обкатки), не должны превышать величин, позволяющих устранение просадок путем регулировки верхнего строения жесткого основания железнодорожного пути. Большие проседания полотна нижнего строения считаются недопустимыми.

7. Основные требования к конструкции нижнего строения пути и водоотводов

7.1. Конструкционные слои полотна нижнего строения железнодорожного пути

Конструкционные слои под жестким основанием железнодорожного пути (активная зона) устраивают с целью защиты от неблагоприятного воздействия морозного вспучивания, капиллярного подсоса грунтовых воды, и для обеспечения быстрого отвода ливневых и паводковых вод.

Составные части конструкционных слоев активной зоны:

- защитный слой несвязанный;
- несвязанный (или же связанный) конструкционный слой.

Предназначение защитного слоя защищать от неблагоприятного воздействия мороза. Он сделан из несвязанного незамерзающего материала с минимальной толщиной 0,70 м и рекомендуется имеет несущую способность:

- 120 МПа для новостроек;
- 100 МПа для реконструкций существующих путей.

Защитный слой должен предотвратить подъем грунтовых вод и отвод поверхностных вод, для которых рекомендуется степени инфильтрации $10^{-5} \div 10^{-4}$ м/с.

Под защитным несвязанным слоем делается несвязанный (или же связанный) конструкционный слой с низкой проницаемостью – для отведения ливневых/ паводковых вод из области полотна нижнего строения. Этот слой должен иметь минимальный наклон 5%, минимальную толщину 0,50 м и рекомендательную несущую способность:

- 60 МПа для новостроек;
- 45 МПа для реконструкций существующих путей.

Земляное полотно для жесткого железнодорожного пути необходимо устанавливать послойно. Толщина отдельного технологического слоя определяется по результатам испытаний уплотнения в соответствии с действующими нормами, проектными решениями с учетом технических характеристик применяемой техники. В случае изменения материалов или механизмов, применяемых для уплотнения необходимо провести повторные испытания уплотнения.

Подготовка основания земляного полотна проводится в соответствии с проектной документацией.

7.2. Основные требования к водоотводу

При устройстве жесткого основания железнодорожного пути с целью недопущения морозного пучения и переувлажнения грунта по всей площади полотна нижнего строения должен быть обеспечен надежный водоотвод. Уровень грунтовых вод должен располагаться не менее чем на 1,20 м ниже уровня основной площадки земляного полотна.

Устройства для отвода грунтовых вод должны надежно соединяться с поверхностными системами водоотвода, что обеспечит беспрепятственный отвод воды от земляного полотна. Поверхностные водоотводные устройства должны быть укреплены железобетонными или композитными конструкциями. Конструкция водоотводных сооружений определяется проектом.

Вода от земляного полотна и с основной площадки отводится в стороны (поперечными водоотводами), в продольные водоотводы (канавы, кюветы и др.), откуда она должна отводиться как можно дальше от земляного полотна в зависимости от местных условий. Если отсутствует возможность водоотведения от земляного полотна, устанавливается такое продольное водоотведение, которое будет гарантировать безопасность и надежность эксплуатации конструкции жесткого железнодорожного пути.

7.3. Основные требования к расположению железнодорожного пути

Из требований к созданию соответствующих условий при строительстве и эксплуатации железнодорожного пути, в зависимости от скорости движения поездов должны быть выполнены требования которые приведены в таблице 2.

Таблица 2

Скорость, km/h	Минимальное расстояние от оси пути до бровки земляного полотна, m
$V \leq 160$	3,00
$160 < V \leq 200$	3,30
$V > 200$	3,50

8. Строительство полотна нижнего строения для жесткого основания железнодорожного пути

Не рекомендуется проводить строительство нижнего строения для жесткого основания уже существующего железнодорожного пути в условиях параллельной эксплуатации находящихся рядом путей.

Строительство земляного полотна осуществляется послойно, отдельными технологическими слоями, толщина которых устанавливается на основании испытаний на уплотнение. Перед проведением каждого изменения используемого строительного материала или строительной техники необходимо проверку на уплотнение повторять.

9. Качество параметров полотна нижнего строения для жесткого основания железнодорожного пути

Необходимо проведение проверок и испытаний для подтверждения качества работ и используемых материалов.

Проверка несущей способности отдельных технологических слоев земляного полотна, основной площадки полотна нижнего строения железнодорожного пути проводится путем статического испытания нагрузкой в поперечных сечениях, расположенных не более чем через 200 м по ходу трассы. Результаты статических испытаний, оформленные в установленном порядке (в виде акта), являются официальным подтверждением соответствия выполненных работ требованиям проекта. Одновременно проводится динамические испытания.

При проведении проверки проводят не менее трех испытаний в одном сечении. Отклонение от минимально допустимых величин должно быть исключено.

Сравнивают наименьшие и наибольшие величины параметров, полученные в результате измерений на одном профиле (поперечном сечении) при обоих видах испытаний (статическом и динамическом). При этом отклонения не должны превышать 10 %. На основании результатов измерений профиля определяются средние величины для обоих видов испытаний. Далее, между профилями для статических испытаний, через каждые 50 м проводят только динамическое испытание.

Если при проведении данного испытания проявится величина с отклонением более 10 % от заданного среднего значения, то необходимо в данной точке провести дополнительно статическое испытание. В случае получения неудовлетворительного результата статического испытания необходимо провести мероприятия по дополнительному укреплению соответствующего слоя данного участка, после чего повторно провести статические и динамические испытания.

10. Зоны перехода жесткого железнодорожного пути

Зоны перехода подразделяются, с точки зрения, решения конструкции на:

- зону перехода верхнего строения пути (переход ЖО в путь с балластной призмой, переход между различными типами конструкции ЖО);
- зону перехода нижнего строения пути (зона перехода моста, зона перехода тоннеля, переход жесткого железнодорожного пути в путь с балластной призмой).

Конструкцию зоны перехода нижнего строения пути представляет собой переходной клин и усиленную конструкцию подшпального основания.

Зона перехода нижнего строения пути проектируется на минимальную длину $V_{\max}/3,60$, m, где V_{\max} – максимальная проектная скорость, km/h, и результирующая величина округляется в большую сторону на целых 5 m.

Минимальная толщина укрепленной конструкции основания шпал составляет 1,20 m. На конце конструкции, когда она переходит на конструктивные слои, проводится корректировка уровня основной площадки под наклоном 1:1.

Для построения конструкций зон перехода нижнего строения пути, на жестком железнодорожном пути уместно применять главным образом следующие материалы:

- пустотный бетон;
- мелкий гравий, стабилизированный цементом;
- минеральная смесь;
- механически уплотненный заполнитель;
- смесь, цементированная гидравлическим вяжущим материалом.

Зона перехода с насыпи на мост образована переходным клином с усилением основания верхнего строения пути.

Требуемая несущая способность отдельных технологических слоев зоны перехода для нижнего строения пути указана в таблице 3.

Требуемая степень уплотнения у переходных клиньев и насыпей, создаваемых из мелкозернистого грунта 100% (PS) и крупнозернистого грунта составляет 1,00 (Id).

Заданные минимальные величины необходимо всегда соблюдать.

Таблица 3

Скорость, km/h	Модуль деформации, МПа		
	на основании земляного полотна	на технологическом слое переходного клина	на основной площадке земляного полотна
$V \leq 160$	50	70	90
$160 < V \leq 200$	70	90	110
$V > 200$	90	110	130

Модули, установленные в таблице 3, измеряются по нижеприведённой методике.

Статический модуль деформации измеряется с помощью круглой нагрузочной плиты диаметром 0,30 м. Нагрузка прикладывается в 2 цикла увеличения и снижения нагрузки, во время которых контролируется вдавливание плиты в материал соответствующего слоя. Давление переносится на нагрузочную плиту с шагом 0,05 МПа до величины 0,2 МПа. Общее вжатие плиты считается при втором цикле, а модуль деформации вычисляется по следующей формуле:

$$E_o = \frac{1,5 \cdot p \cdot R}{y}$$

E_o – статический модуль деформации, МПа

p – удельное давление (здесь 0,2), МПа

R – радиус нагрузочной плиты (здесь 0,15), м

y – общее вдавливание нагрузочной плиты, м