

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано совещанием экспертов V Комиссии,
25-29 мая 1998 г., Болгария, Варна

P-720

Утверждена совещанием V Комиссии

19-23 октября 1998 г.

Дата вступления в силу: 23 октября 1998 г.

Примечание:

**УСТРОЙСТВО БЕЗБАЛЛАСТНОГО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. При безбалластном железнодорожном пути классический балласт и шпалы заменены жесткой несущей конструкцией, на которой рельс зафиксирован непосредственно или посредством промежуточных опор. Несущую конструкцию можно исполнить как: непрерывную плиту из обычного или заранее напряженного железобетона или вылитой на месте (фиг. 1); железобетонные блоки или шпалы, объединенные в общую несущую конструкцию (фиг. 2); серию заводских изготовленных плит из обычного или заранее напряженного железобетона (фиг. 3); серию железобетонных напряженных или ненапряженных элементов или шпал, положенных на балласте таким образом, чтобы они образовали общую непрерывную конструкцию (фиг. 4); асфальтобетонное или другого типа упруго-эластического покрытия (фиг. 5).

Упругость пути достигается путем укладки эластомерных виброгасящих прокладок, элементов, пакетов, слоев и прочих, непосредственно под рельсом и между подрельсовой и основной конструкцией.

1.2. Решение об укладке безбалластного железнодорожного пути принимают после углубленного изучения эксплуатационных условий (грузонапряженность, густота трафика, скорость, и технические параметр на данном участке. Необходимо осуществить тщательный технико-экономический анализ, как расходов на строительство и затрат в результате перерыва движения, так и последующего резкого уменьшения средств на содержание.

1.3. Укладка безбалластного пути оправдана в следующих случаях:

- на земляном основании - при большой густоте трафика, необходимости более высокой устойчивости пути в целях увеличения точности геометрии железнодорожного пути;
- в тоннелях - при недостатке габарита, серьезных затруднениях в работе по текущему содержанию, в новом строительстве в целях ограничения размеров тоннеля;
- на мостах и виадуках - при габаритных ограничениях, в новом строительстве в целях уменьшения постоянного груза;
- на станционных путях - при сгущенном графике эксплуатации, при необходимости точного соблюдения постоянной высоты между уровнем рельса и уровнем погрузо-разгрузочных платформ и перроном.

1.4. При выборе вида конструкции и проектировании безбалластного железнодорожного пути нужно учесть следующие основные предпосылки:

- возможность проведения смешанного движения при скоростях не более 160-200 км/ч и максимальной осевой нагрузке 25 т;
- минимальные радиусы кривых 300 м и продольный уклон не больше 25 ‰;
- применение рельсов типа S49 и UIC60 с поперечным уклоном 1:40;
- расстояния между опорами рельсов 570-630 мм;
- применение конструкции на стрелочных переводах и на электрифицированных участках;
- жесткость подрельсового основания - 20-30 кН/мм²;
- скорость вибраций в сооружениях и конструкциях поблизости или под безбалластным путем не должна превышать 50 мм/с.

1.5. Безбалластный путь должен иметь минимальную конструктивную высоту и обеспечивать хорошее осушение и недопущение попадания воды на земляное основание. Необходимо предусмотреть удобные подходы и дорожки для безопасного осуществления обходов, наблюдений и осмотров. Конструкция и технология укладки должны обеспечивать низкую себестоимость при строительстве и минимальные расходы на содержание. Срок эксплуатации подрельсового основания должен быть в два раза больше по сравнению с традиционным железнодорожным путем. Технология строительства должна обеспечивать довольно быстрое дневное продвижение, а также должна быть согласована с возможными сроками перерыва движения.

1.6. При укладке безбалластного пути необходимо точное нивелирование положения рельсовых нитей по направлению. Соблюдать следующие допуски в параметрах, касающихся геометрии пути:

- колея - 2 мм с нарастанием не больше 1 мм на 1 м;
- возвышение по отношению к теоретическому - 3 мм с нарастанием не больше 1,5 мм на 1 м;
- перекося с уклоном отвода не больше 1‰;
- разница от теоретической стрелы прогиба при хорде 10 м - 2 мм;
- продольный уровень каждого рельса в отдельности для хорды 10 м - 3 мм;
- отклонение пути от его теоретической оси $\pm 2,5$ мм.

3. Земляное полотно

3.1. При проектировании безбалластного железнодорожного пути надо знать следующие параметры земляного основания: глубину, толщину, тип и последовательность залегания отдельных пластов; несущую способность и модуль упругости; содержание воды; уровень подпочвенных вод; морозоустойчивость и глубину промерзания.

3.2. Уплотнительные мероприятия на земляном полотне обязательны, причем их проводят до такой глубины, которая согласно статическим расчетам обеспечила бы стабильность основанной несущей конструкции во время эксплуатации. Рекомендуется, чтобы уплотнение достигало 95% стандартного. В почвах, где возможны замерзания, толщина уплотняемого пласта должна составлять от 0,2 до 0,5 глубины промерзания. Слабые пласты небольшой толщины заменяются целиком. При низкой несущей способности и деформационных характеристиках естественного земляного полотна строится усиленное основание. Оно состоит из конструктивных пластов дренирующих материалов.

3.3. Рекомендуется, чтобы уровень земляного основания был выше подпочвенных вод высоток h_a . В зависимости от вида естественного земляного полотна стоимости составляют: для песка крупного и среднего - $h_a = 60$ см; для песка тонкого и глинистого - $h_a = 90$ см; для пылеобразных глин и пылеобразных почв - $h_a = 170$ см; для тяжелых глин - $h_a = 140$ см. Если это условие невозможно соблюдать, необходимо провести осушительные и морозоустойчивые мероприятия, а стоимость расчетного модуля земляного основания снизить на 30-40%. В качестве самого верхнего слоя усиленного основания, в частности, у бетонных и железобетонных конструкций, рекомендуется песчаный пласт толщиной не менее 100 мм.

3.4. Эквивалентный упругий модуль естественного земляного полотна и укрепленного основания не должен быть меньше $80 \cdot 100 \text{ N/мм}^2$, а коэффициент постели - не меньше $0,15 \text{ N/мм}^2$.

4. Основная несущая конструкция

4.1. Основная несущая конструкция должна обеспечивать необходимую несущую способность безбалластного пути с учетом интенсивности движения, осевой нагрузки и качества земляного основания. Конструкция должна обеспечивать правильное распределение нагрузки в целях минимизирования и размерности деформаций и напряжений от подвижного состава. Типы основной несущей конструкции два: жесткая и упруго-пластичная.

4.2.1. Жесткие конструкции переносят напряжения на растяжение и статически работают как плиты на упругой основе, распределяя нагрузку на значительную площадь земляного полотна. Деформации этих покрытий имеют упругий характер и вызывают в земляном полотне сравнительно небольшие напряжения. Жесткие конструкции строятся из бетонирования на месте или из заводских подготовленных железобетонных плит. Они могут применяться в тоннелях, на мостах и земляном основании с хорошими показателями на прочность и деформации.

4.2.2. Рассчитываются как бесконечные балки или плиты на упругом основании, причем применяется теория Winkler. Внимание обращается на открытие и развитие трещин вследствие температурных перемен, усадки и ползучести бетона. Возможны два подхода: с контролируемым и свободным формированием трещин. Рекомендуется первый, так как при втором подходе трещины; концентрируются вокруг точек, в которых рельс фиксируется к основанию, что уменьшает надежность крепления. Это особенно опасно для конструкций, у которых фиксирование рельсов осуществляется прямо в несущей плите без дополнительных опорных блоков и шпал. Ширина трещин не должна превышать 0,4 мм. Проводятся расчеты для недопущения коробления в плитах вследствие неравномерного изменения температуры верхней и нижней поверхности.

4.2.3. Контролирование трещин производится путем формирования поперечных швов или разреза. Расстояние между ними определяется в зависимости от температурной разницы, интенсивности усадочных процессов, ширины шва (с 15 до 20 мм) и материала, которым их заполняют. Чаще всего используют битумно-полимерные смеси для теплой укладки и резиново-битумные смеси с полимерными добавками для холодной укладки. Применяются также готовые упругие ленты, которые успешно выполняют роль добавки и герметизатора. Расстояния между швами не должны быть больше чем 10 - 15 м.

4.2.4. Бетон для основной несущей конструкции должен быть класса прочности В 30 и больше и минимальной толщиной 150 мм. Рекомендуется укладка пласта прокладочного бетона класса прочности В 20 до В 25 и толщиной 100 мм.

4.2.5. Минимальный коэффициент армирования 0,2 %. Расстояния между отдельными стержнями или размеры квадратов в сети не должны быть от 30 до 50 мм. Наклей арматуры должен быть по длине не меньше чем:

- 1000 мм - на рабочих швах (места окончания бетонирования в день). На рабочих швах укладывается дополнительная арматура длиной 2000 - 3000 мм, что обеспечит ее закрепление с обеих сторон шва;

- 20 диаметров арматурного стержня - во всех остальных случаях.

4.2.6. Построение основной несущей конструкции осуществляется путем специальных автоматизированных бетоноукладчиков при прямом фиксировании рельса к ней и бетононасосами - при объединении подрельсовых шпал и блоков в общую конструкцию.

4.2.7. В обоих случаях необходима точность и непрерывный контроль при укладке конструкции, для соблюдения допусков по уровню и отклонению от оси, чтобы избежать сложную и дорогостоящую корректировку.

Особое внимание при бетонировании надо обращать на правильную и точную укладку эластомерных прокладок, элементов, комплектов, слоев, создающих необходимую упругость безбалластного железнодорожного пути. Не надо допускать размещения и попадания воды, бетона, заполнителей и др. между их рабочими поверхностями.

4.2.8. После укладки железобетонной несущей конструкции необходимо принять меры к уменьшению усадки и вредного влияния экстремальных высоких и низких температур и прямого солнечного света. Ставят козырьки, устраивают водные грядки, дополнительно опрыскивают водой или специальными эмульсиями. Для защиты от низких температур применяются теплоизоляционные маты и др.

4.3.1. Изготовленные на заводе железобетонные элементы рассчитывают как плиты с конечными размерами на упругой основе, применяя при этом теорию Winkler. Проводят проверки монтажного и эксплуатационного состояния. Осуществляют контроль за открытием трещин, причем ширина их не должна превышать 0,4 мм. Технологический процесс должен гарантировать основную усадку еще в заводских условиях.

4.3.2. Сборные плиты надо проектировать с весом и размерами, облегчающими их транспортировку и монтаж.

4.3.3. Бетон должен быть класса прочности В 30, В 35, а при заранее напряженных плитах - В 40, В 45. Напряжение реализуется, когда бетон набрал не меньше 70% своей проектной прочности. Толщина сборных плит не должна быть меньше 150 мм при обычном и 200 мм при заранее напряженном железобетоне, а минимальный коэффициент армирования соответственно - 0,4% и 0,6%.

4.3.4. Конструкция плит и технологический процесс производства должен гарантировать точное положение фиксаторов для рельсов или промежуточных шпал (блоков), упругих элементов, прокладок, комплектов, слоев.

4.3.5. При монтаже изготовленных на заводе плит прямо на земляном основании обязательно под ними укладывают слой песка или сухую цементно-песчаную смесь толщиной не меньше 100 до 150 мм. Таким образом облегчается работа по тщательному нивелированию и избегается возможность неравномерных деформаций. При укладке сборных железобетонных плит на фундаментных блоках, балках или других элементах в целях их точного фиксирования по уровню и оси рекомендуется применение промежуточных упругих прокладок с регулируемой толщиной.

4.3.6. При соединении друг с другом изготовленных на заводе плит необходимо устранить все смещения, вызванные усилиями, порожденными температурными перепадами. Плитам в стыке не должны быть смещены относительно друг друга по уровню и оси. Конструкция стыка должна быть простой и не требовать специального содержания, а также препятствовать попаданию воды в земляное основание.

4.4.1. Упруго-пластичные конструкции безбалластного пути состоят из пластов, которые имеют небольшую прочность и допускают значительные деформации. Несущая способность этих конструкций основывается на последовательном распределении грузов в многослойной системе. Прочностные качества отдельных пластов нарастают с земляного основания к поверхности конструкции. Общая прочность всей системы зависит от правильного сочетания отдельных пластов. Самый верхний пласт делают из асфальта, имеющего сравнительно слабое распределяющее свойство и поэтому необходимо толстое и прочное основание. С другой стороны, асфальтные пласты упругие и в некоторой степени приспособляются к эвентуальным пластичным деформациям основания без растрескивания. В них не появляются опасные напряжения вследствие температурных перепадов и усадки, как у железобетонных плит. Они целесообразны на земляном основании с более низкими показателями деформации и прочности.

4.4.2. Упруго-пластичные несущие конструкции рассчитывают по методу допускаемого упругого изгиба, причем многослойную систему сводят к двупластовой. Эти конструкции состоят из основания - гидравлически связанного пласта толщиной от 250 до 350 мм и покрытия из асфальтобетона толщиной 200 - 300 мм.

4.4.3. Покрытие укладывают двумя или тремя пластинами на 100 мм, причем нижние (затяжки) крупнозернистые, имеют уплотнение 97%, (величина гранул 0/32), а верхний - мелкозернистый пласт соответственно 93% (величина гранул 0/11). На асфальтобетонной несущей конструкции укладывают рельсо-шпальную решетку, причем ее устойчивость в продольном или поперечном положении достигается посредством упругих дюбелей. Мех. шпалами и основанием укладывают слой нетканого текстиля.

4.4.4. Пользуются специальными машинами для вырезания в несущей конструкции отверстий для упругих дюбелей. Точность их укладки должна быть $\pm 2,5$ мм по отношению к теоретической оси пути.

4.4.5. Рельсо-шпальную решетку покрывают балластом. Таким образом достигается уменьшение шума и вибраций и предохранение асфальтобетонной конструкции от непосредственного влияния изменения температуры и солнечного света.

5. Скрепления

5.1. Скрепления для безбалластного железнодорожного пути должны фиксировать прочно рельсы в соответствии с требуемой калесей и уклоном в вертикальной плоскости; они должны быть упругого типа, причем в процессе эксплуатации поддерживают без ослабления прижимающую силу в размере 10 ± 12 кН, при затяжке зажимных болтов или шурупов с вращающим моментом 150 ± 200 Нм. Рекомендуемая жесткость в поперечном

направлении узла $15 - 20 \text{ kN/mm}$ и сопротивление против продольного перемещения рельсов не меньше чем $15 \pm 20 \text{ kN/mm}$.

5.2. Конструкция скрепления должна предоставлять возможность рихтовки пути: по высоте - $\pm 10 \text{ мм}$, - 2 мм ; по колеи - $\pm 5 \text{ мм}$.

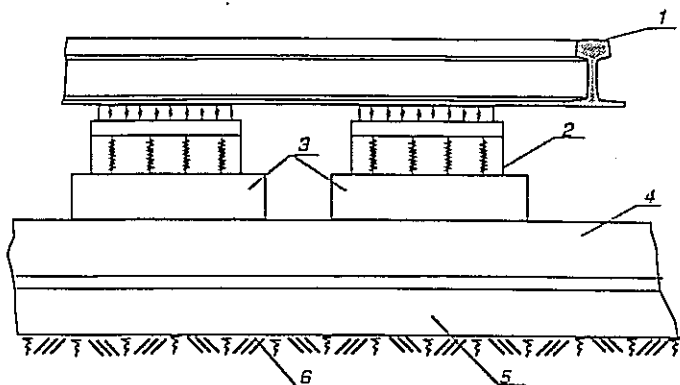
5.3. Конструкция скрепления должна быть простой и компактной с возможным применением наименьшего числа элементов, не требующих непрерывного содержания и контроля. Скрепления должны быть с большим сроком эксплуатации (10 - 15 лет), позволять единичную замену и вторичное употребление.

6. Упругие элементы

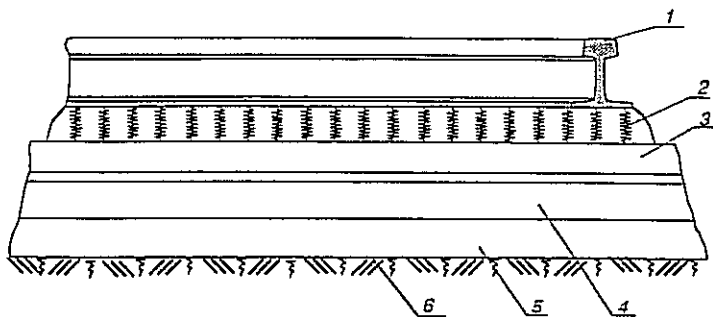
6.1. Самым важным признаком безбалластного железнодорожного пути должна быть достаточная его упругость. Это достигается путем применения эластомерных элементов, что дополнительно способствует уменьшению вибраций и шума. У конструкций, в которых упругость создается только за счет подрельсовых элементов скрепления, жесткость комплекта в вертикальном направлении должна быть $20 \pm 25 \text{ kN/mm}$. При упруго положенных шпалах, блоках, балках, плитах и прочих, рекомендуется, чтобы жесткость вложенных между ними и несущей конструкцией упругих элементов и слоев была $10 - 15 \text{ kN/mm}$.

6.2. Эластомерные материалы, которые применяются, это: этилвинилацетат (EVA), высокомолекулярные полиэтилены (HDPE) и полиуретаны, неопрен, естественный и синтетический каучук, резиново-корковые прокладки (бутерброды) и другие. Должны обладать электроизоляционным сопротивлением при 2500 V , не ниже 10^7 ом .

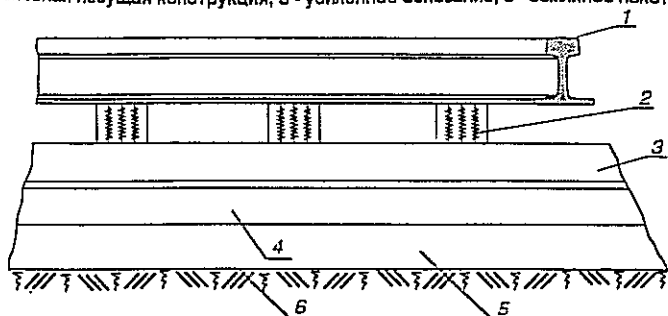
6.3. Подрельсовые прокладки и пласти должны иметь срок службы 10 - 15 лет и возможность единичной замены. Упругие элементы, укладываемые между подрельсовой и основной конструкцией, должны иметь долговечность 40 - 50 лет, если их нельзя заменять. Качества их должны оставаться неизменяемыми в рамках широкого температурного диапазона, в котором работает железнодорожный путь. Они не должны зависеть от атмосферных условий, ультрафиолетовых излучений, нефтепродуктов, кислот, оснований и прочих.



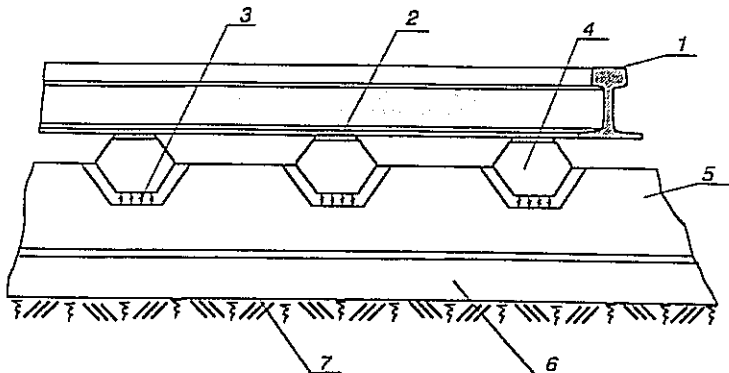
Фиг.1.а - 1 - рельс; 2 - одногласовые или многогласовые упругие опоры; 3 - подрельсовая конструкция-блочная; 4 - основная несущая конструкция; 5 - усиленное основания; 6 - земляное полотно.



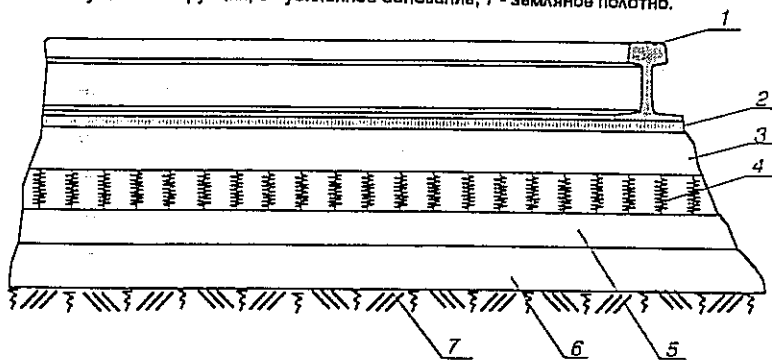
Фиг.1.б - 1 - рельс; 2 - упругие непрерывные подкладки; 3 - подрельсовая конструкция - непрерывная балка; 4 - основная несущая конструкция; 5 - усиленное основания; 6 - земляное полотно.



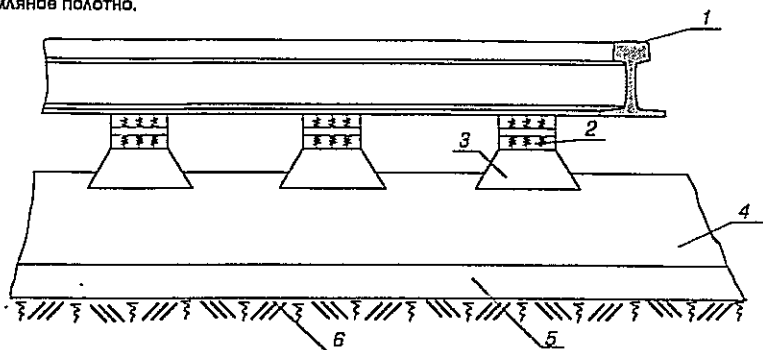
Фиг.1.в - 1-1 - рельс; 2 - дискретное упругое опирание; 3 - подрельсовая конструкция - непрерывная балка; 4 - основная несущая конструкция; 5 - усиленное основания; 6 - земляное полотно.



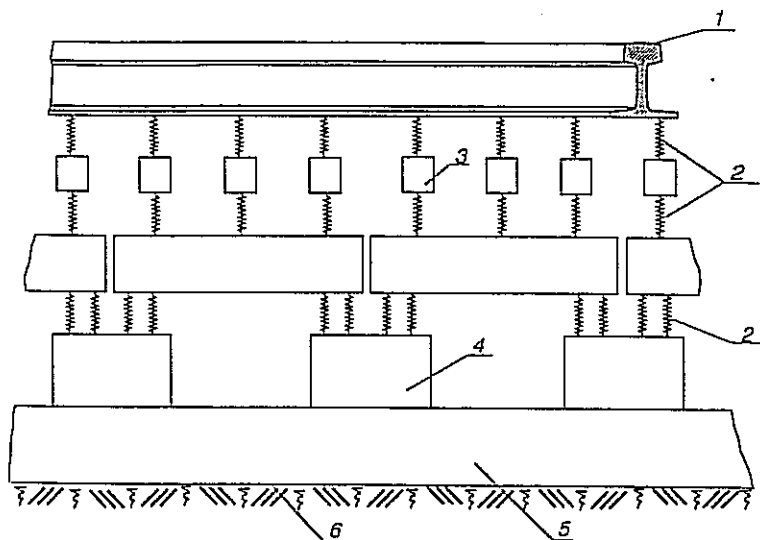
Фиг. 2.а - рельс; 2 - упругая подкладка; 3 - упругое опирание; 4 - подрельсовая конструкция; 5 - основная несущая конструкция; 6 - усиленное основание; 7 - земляное полотно.



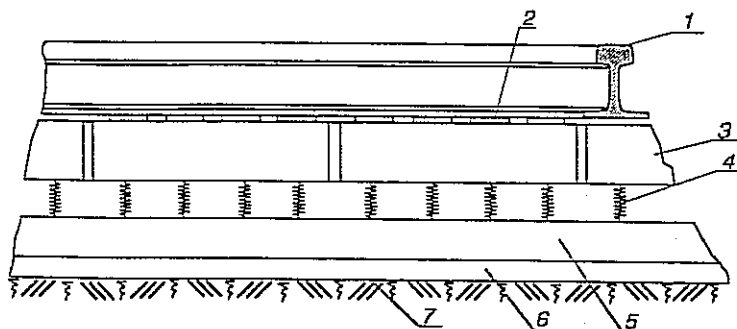
Фиг. 2.б - 1 -рельс; 2 - непрерывные упругие подкладки (слой); 3 - подрельсовая конструкция - непрерывная балка; 4 - упругое опирание; 5 - основная несущая конструкция; 6 - усиленное основание; 7 - земляное полотно.



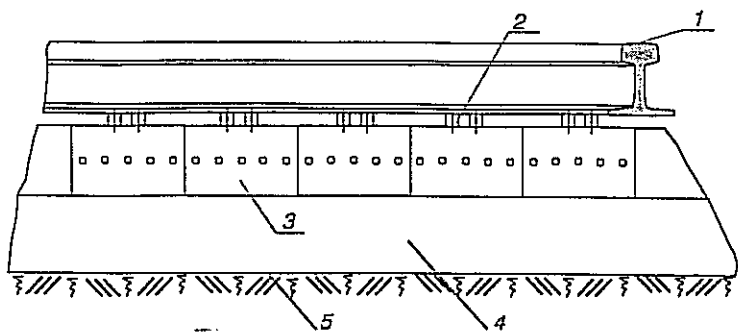
Фиг. 2.в - 1 -рельс; 2 - однослойные или многослойные упругие опоры; 3 - подрельсовая конструкция шпал; 4 - основная несущая конструкция; 5 - усиленное основание; 6 - земляное полотно.



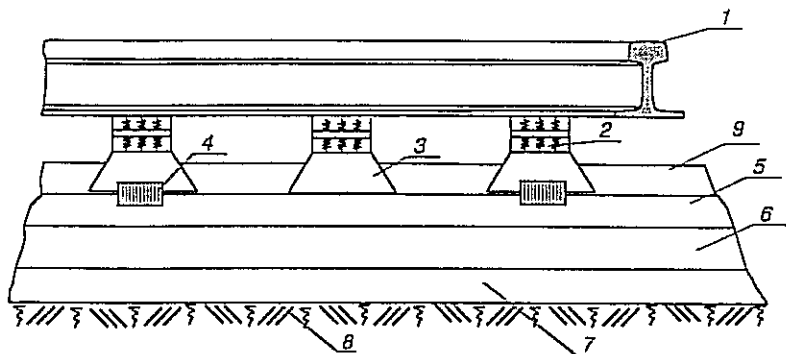
Фиг. 3.а - 1-рельс; 2-упругие подкладки; 3-подрельсовая конструкция-блочная; 4-фундаментные плиты; 5-усиленное основание; 6-земляное корыто.



Фиг. 3.б - 1-рельс; 2 - упругие подкладки; 3-несущая конструкция из железобетонных монтажных плит; 6 - усиленное основание; 7 - земляное корыто.



Фиг. 4 - 1 - рельс; 2 - упругая подкладка; 3 - густо упорядоченные широкие шпалы; 4 - балластное корыто; 5 - земляное полотно.



Фиг. 5 - 1 - рельс; 2 - однослойные или многослойные упругие опоры; 3 - подрельсовая конструкция - железобетонные шпалы; 4 - упругие дюбели для соединения с основной конструкцией; 5 - асфальтобетонный несущий пласт; 6 - гидравлически связанный пласт; 7 - усиленное основание; 8 - земляное корыто; 9 - балласт.