

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

II издание

Разработано совещанием экспертов Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 6-8 сентября 2016 г., Республика Беларусь, г. Гомель

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 18-21 октября 2016 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 21 октября 2016 г.

Примечание: Теряет силу I издание Памятки от 10.11.2005 г.

P 760/4

**НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕХОДНЫХ УЧАСТКОВ
С НАСЫПИ НА МОСТ**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Основные технические требования.....	4
2. Конструкции типизированных решений по устройству переходных участков к искусственным сооружениям.....	6
2.1. Конструкция участка переходного пути из железобетонных бездонных коробов.....	6
2.2. Конструкция участка переходного пути с заменой грунтов верхней части насыпи на щебень, укладываемый между слоями геосеток.....	6
2.3. Конструкция участка переходного пути из металлического объемного армированного каркаса.....	10
2.4. Конструкция участка переходного пути из одного слоя объемной георешетки.....	14
2.5. Комбинированная конструкция переходного пути из железобетонных бездонных коробов и объемной георешетки.....	18
2.6. Конструкция участка переходного пути с применением контррельсов.....	22
2.7. Конструкция переходного пути с укрепленной основной площадкой земляного полотна и омоноличенной балластной призмой.....	25
2.8. Устройство наклонной плиты.....	30
2.9. Конструкция переходного участка с изменением жесткости земляного полотна с устройством переходного клина.....	33
2.10. Конструкция переходного участка с использованием связующих геосинтетических материалов.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Опыт эксплуатации железнодорожных мостов показывает, что в зонах примыкания пути к мостам с безбалластным мостовым полотном перед устоями образуются так называемые «предмостовые ямы», то есть происходит прогрессирующее во времени накопление остаточных деформаций в балластном слое и земляном полотне.

Это явление обусловлено несколькими причинами, прежде всего, накоплением осадок уплотненного балласта под рельсошпальной решеткой порядка 0,1-0,2 мм на 1 млн. тонн брутто пропущенных по пути грузов и осадкой верхнего слоя насыпи толщиной 2-3 м порядка 0,04-0,1 мм на ту же величину пропущенных грузов. Кроме того, существенную роль играет то обстоятельство, что имеющиеся за шкафными стенками устоев дренажи, как правило, не очищаются с момента постройки сооружения, и вода за устоями обильно смачивает основную площадку земляного полотна, что также способствует появлению осадок непосредственно за устоями. По мере накопления остаточных деформаций в балласте и в насыпи увеличивается величина упругой просадки пути под нагрузкой, что, в свою очередь, приводит к увеличению интенсивности накопления остаточных деформаций.

Одной из основных причин появления повреждений в пролетных строениях мостов можно считать повышенную динамику воздействия подвижного состава, которая возникает из-за резкого провала локомотива над ямой при входе на мост.

Следствием указанных деформаций являются «висячие» шпалы, под которыми образуются люфты (зазоры) до 5-10 мм, вызывающие потайные толчки при проходе поездов, особенно при высоких скоростях движения.

Проблема переходных участков оказалась настолько значительной, что сейчас во многих странах ее пытаются решать самыми разнообразными способами.

Значительные и весьма обширные работы по исследованию переходных участков в связи с резким увеличением скоростей движения поездов проводят в Китае (КЖД), Чехии (ЧД), Венгрии (МАВ), Польше (ПКП).

Ниже приведены наиболее удачные технические решения, применяемые на дорогах стран - участниц ОСЖД.

Рассмотрены решения для скоростей движения пассажирских поездов до 250 км/ч и для высокоскоростных поездов – 250-350 км/час.

1. Основные технические требования

Прогиб рельса на переходном участке с насыпи на мост оказывает значительное влияние на величину динамического воздействия колеса на рельс, а также его вертикальное ускорение.

1. Вертикальное ускорение шпалы в момент прохода колеса через контрольное сечение не должно превышать $0,1g$.

Для линии, где проектная скорость до 200 км/ч, размеры переходного участка могут определяться в соответствии с таблицей 1. Если учитывать текущее содержание (поднятие рельса и уплотнение), деформация от прогибов за счет неравномерной долговременной осадки может быть меньше чем представленные значения. Тогда при проектировании переходного участка можно установить меньшее значение. Поскольку долговременная неравномерная осадка после строительства тесно связана с высотой насыпи, на практике длина переходного участка назначается равной 2-3 высоты насыпи (h), но не менее 25 м.

Таблица 1

Проектная скорость, км/ч	200
Контрольное значение угла прогиба, ‰	3
Возможная долговременная осадка, см	8
Практическая длина, м	27
Проектная длина, м	$(2-3)h \geq 25$

Деформативность подрельсового основания может выражаться через условный угол перегиба рельса, который определяется как отношение динамического прогиба к длине неровности, и регламентируется в зависимости от скорости подвижного состава, как показано в таблице 2.

Таблица 2

Скорость подвижного состава, км/час	160	250	350
Допустимый угол перегиба рельса, ‰	6	3	1

3. Затухание вертикальных напряжений составляет 40 %-60 % на глубине 0.6 м, 80 %-90 % на глубине 2.5 м.

4. Направление движения поезда по силовой неровности не оказывает существенного влияния на изменение динамического воздействия. Разница в вертикальных напряжениях подшпального основания и ускорения шпалы на силовой неровности перед мостом и за мостом не превосходит 25 % и 20 % соответственно.

5. Длина переходного участка определяется для каждого конкретного места, в зависимости от протяженности фактической зоны повышенного

расстройства пути на примыкании к искусственным сооружениям. Расчетную длину переходного участка, на протяжении которой следует укладывать конструкции усиления пути, следует принимать равной не менее 20 м за задней гранью устоя при нормальных условиях эксплуатации земляного полотна и не менее 25 м - в условиях повышенных осадок насыпи на подходе к мосту.

6. Глубину выборки старой насыпи следует назначать в зависимости от вида грунта насыпи и типа укладываемой конструкции усиления. При песчаной насыпи глубину выборки старого балласта и грунта следует назначать:

- не менее 0,7 - 0,8 м от подошвы шпалы;
- не менее глубины проникания загрязнителей в балласт и тело насыпи.

На переходных участках глубину выборки балласта и грунта насыпи следует назначать:

- при усилении бездонными коробами - исходя из высоты применяемых коробов;
- при усилении другими конструкциями (подбалластными плитами, габионами или контруголками с переменной жесткостью) - исходя из результатов геологической разведки на материал насыпи и степень его загрязнения по глубине.

7. Армирование грунтов переходного участка осуществляется их послойной отсыпкой толщиной 0.3-0.5 м с укладкой между слоями плоской георешетки прочностью не менее 25 КН/м или объемной георешетки.

8. Модуль деформации слоев контролируется следующим характеристиками:

- коэффициент постели щебеночной отсыпки не менее $K_{30} \geq 150$ МПа/м, пористость $n \leq 28$ %;
- коэффициент постели крупнообломочных пород не менее $K_{30} \geq 130$ МПа/м, пористость $n \leq 25$ %;
- коэффициент постели песчаных грунтов не менее $K_{30} \geq 110$ МПа/м, коэффициент уплотнения $n \geq 0.95$;

9. При скоростях движения 250 км/ч и выше подвижной состав испытывает на себе динамический отклик при наезде на деформационный порог. Назначение длины переходного участка производится как из характера динамического взаимодействия высокоскоростного поезда с основанием, так и из различных конструктивно-технологических соображений. При движении через неровность у вагонов возникают колебания с частотой около 1 Гц (в надрессорной части), которые затухают в интервале от 2 до 7 периодов. В среднем можно принять через 4,5 периода колебаний. Колебания надрессорной части вагона создают повышенное динамическое воздействие на путь, которое желательно погасить в пределах усиленной переходной зоны. На скорости 250 км/ч 4,5 секунды соответствуют длине 300 м. Таким образом, длина переходного участка на одной деформационной ступеньке должна составлять до 300 м. При переходе

от балластного пути к безбалластному весь диапазон изменения деформативности следует разделить на четыре ступеньки с шагом около 37-38 МПа. На участках длиной 300 м можно дополнительно создать ступени около 17-19 МПа с длиной 150 м.

10. При проектировании конструкций переходного участка должно предусматриваться:

- создание условий невозможности бокового расширения щебеночного балласта;

- обеспечение нормативных значений толщины балластной призмы и ширины обочин;

- предохранение балластного слоя и основной площадки земляного полотна от переувлажнения.

11. Стыки рельсовых плетей должны выноситься на типовую конструкцию пути на земляном полотне не менее 50 м от устоев.

12. Место укладки переходных конструкций должно быть спланировано с уклоном в полевую сторону 0,004. На подготовленную площадку укладывается нетканый материал с выпуском боковых частей до продольного дренажа или на откос земляного полотна.

13. Все варианты конструкции должны иметь дренаж у шкафной стенки устоев для отвода воды от грунтов земляного полотна.

2. Конструкции типизированных решений по устройству переходных участков к искусственным сооружениям

2.1. Конструкция участка переходного пути из железобетонных бездонных коробов

Конструкция предназначена для укладки на подходах к искусственным сооружениям с безбалластной конструкцией пути. Схема укладки железобетонных бездонных коробов показана на рисунке 1.

2.2. Конструкция участка переходного пути с заменой грунтов верхней части насыпи на щебень, укладываемый между слоями геосеток

Конструкция предназначена для укладки на подходах к искусственным сооружениям, как с балластной конструкцией, так и с безбалластной. Схема укладки слоев геосетки при замене грунтов верхней части насыпи на щебень показана на рисунках 2-3.

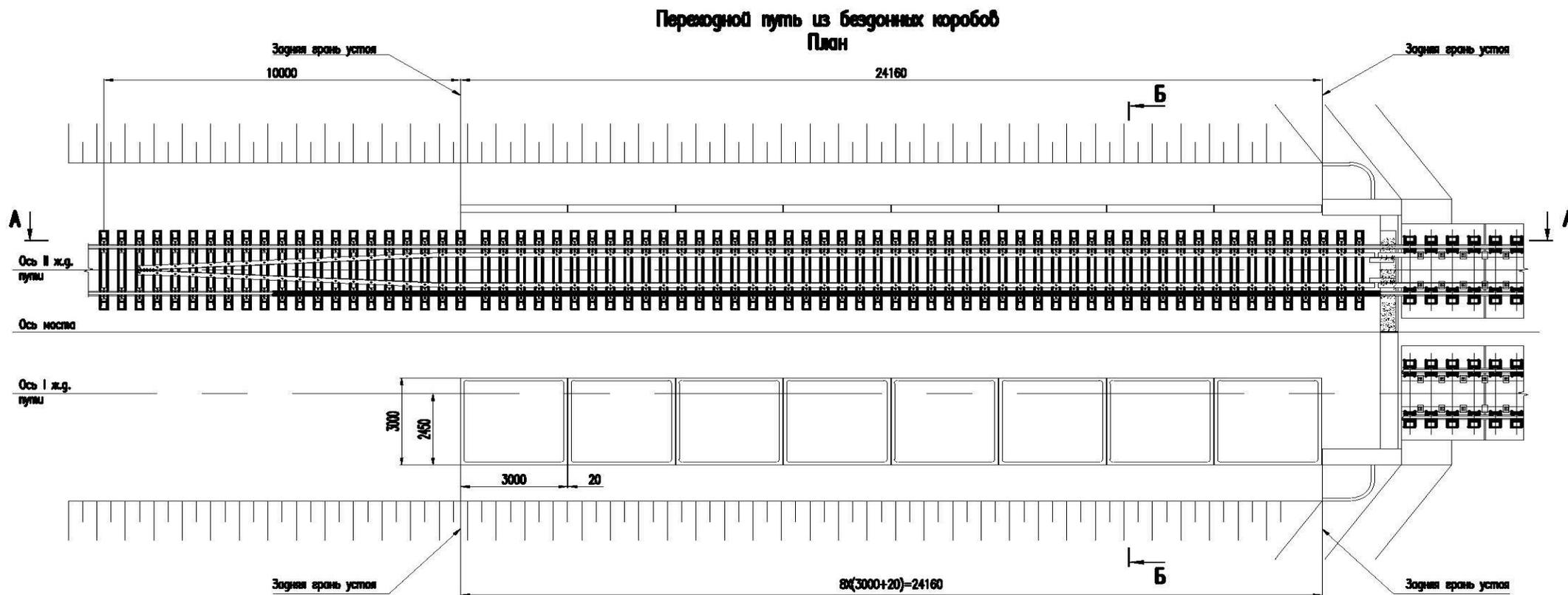


Рисунок 1. Схема укладки бездонных коробов на переходном участке перед пролетным строением с безбалластным мостовым полотном

Рисунок 2. Схема укладки слоев геосетки, при замене грунтов верхней части насыпи на щебень, на переходном участке перед пролетным строением

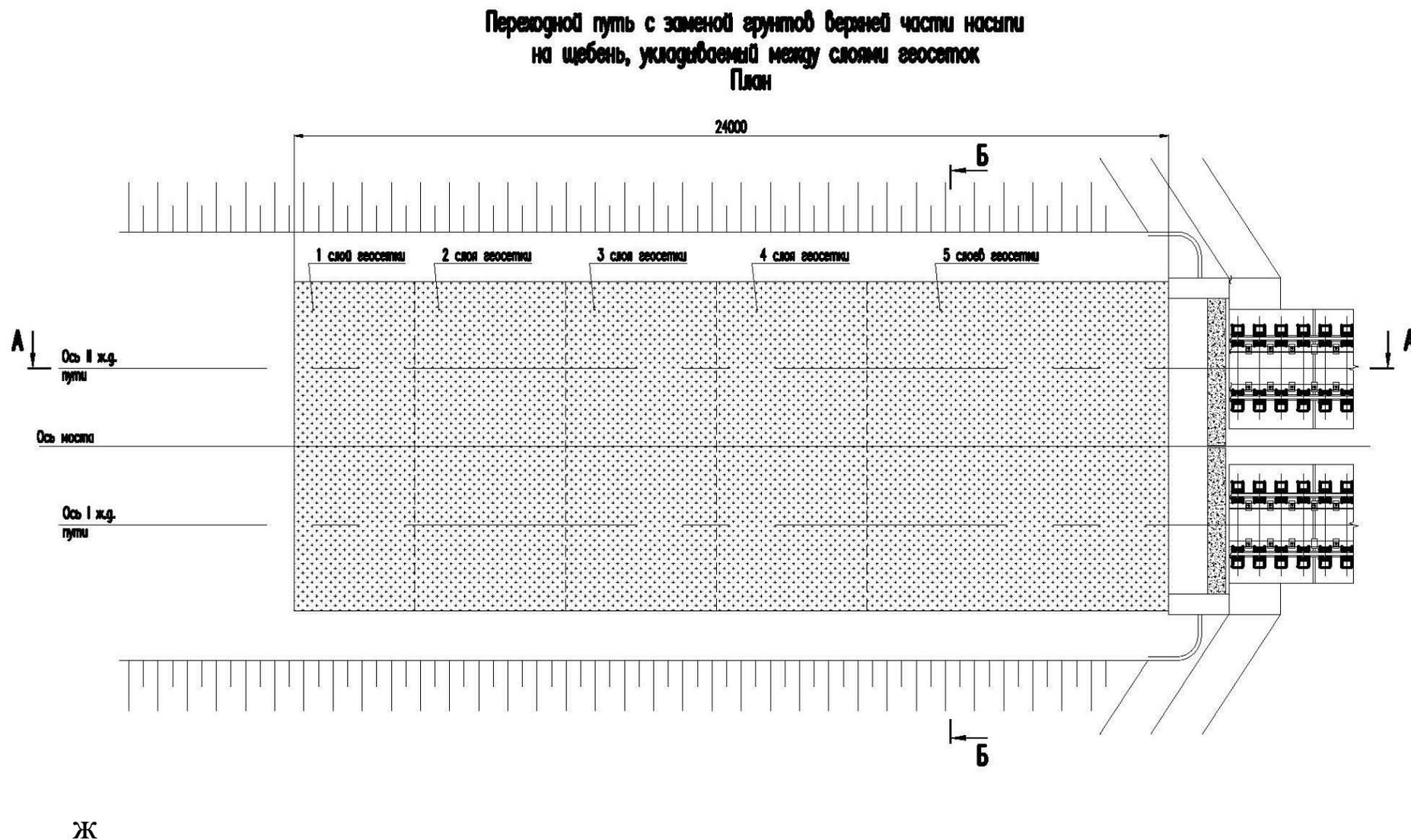
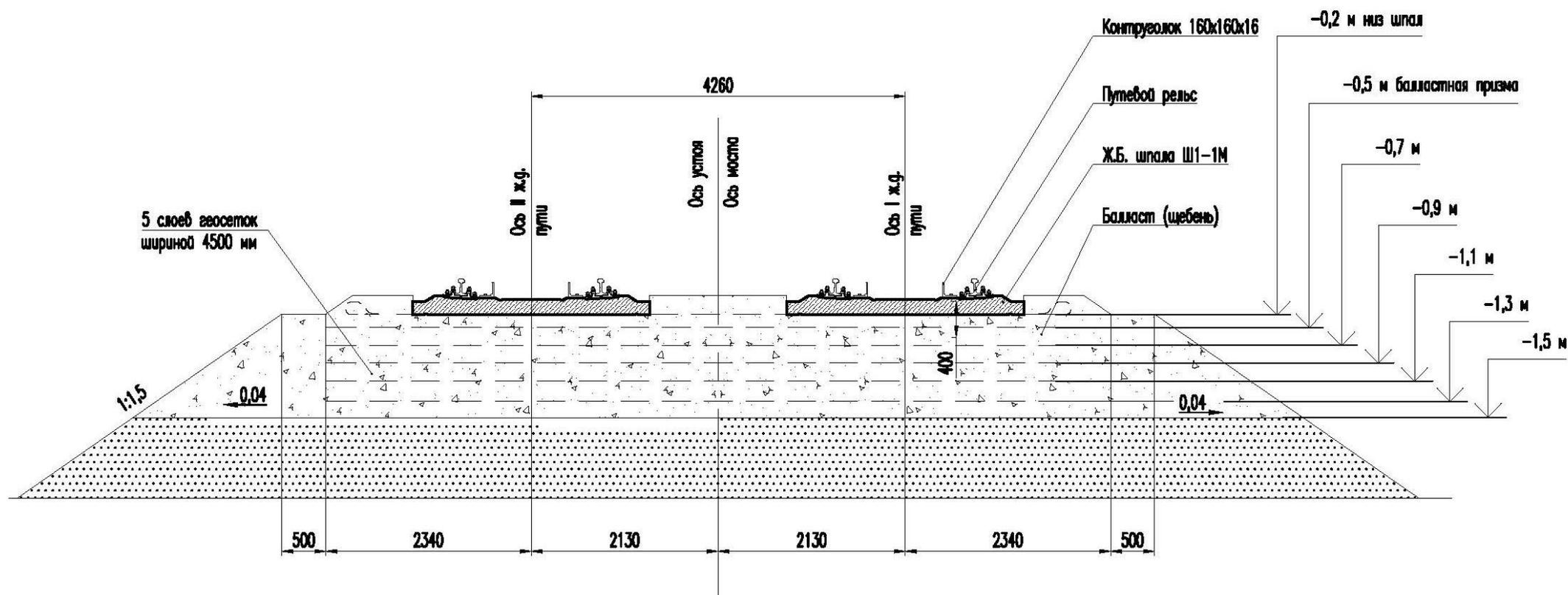


Рисунок 3. Схема укладки слоев геосетки при замене грунтов верхней части насыпи на щебень, на переходном участке перед пролетным строением

Переходной путь с заменой грунтов верхней части насыпи на щебень, укладываемый между слоями геосеток

Б-Б



2.3. Конструкция участка переходного пути из металлического объемного армированного каркаса

Конструкция предназначена для укладки на подходах к искусственным сооружениям с балластной и безбалластной конструкциями пути. Схема укладки арматурных каркасов на переходном участке перед пролетным строением показана на рисунках 4-6.

Конструкция может укладываться в путь без снятия рельсо-шпальной решетки при работе щебнеочистительной машины. Блоки арматурного каркаса укладываются в путь в свободной от балласта зоне между баровой цепью и бункером возврата очищенного щебня в путь. Металлические стержни арматурного каркаса покрываются полимерным материалом.

Переходной путь с арматурным каркасом
План

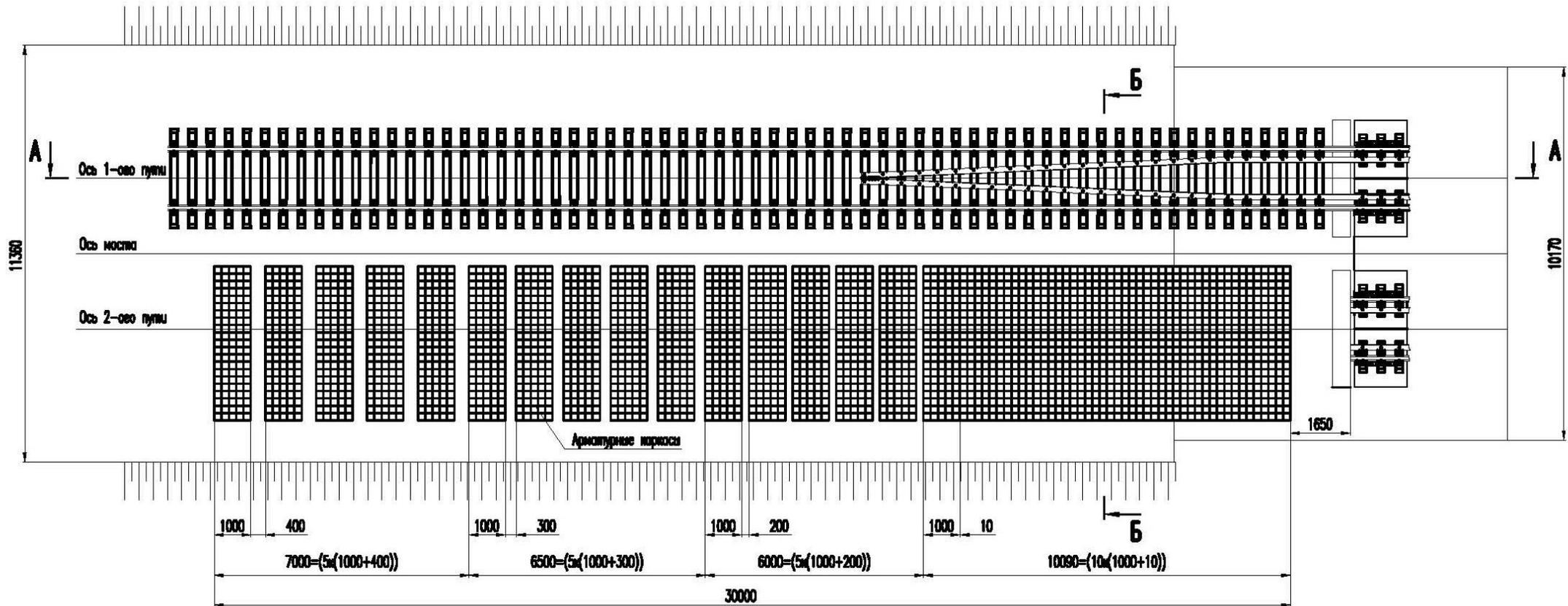


Рисунок 4. Схема укладки арматурных каркасов на переходном участке перед пролетным строением с балластной и безбалластной конструкцией пути

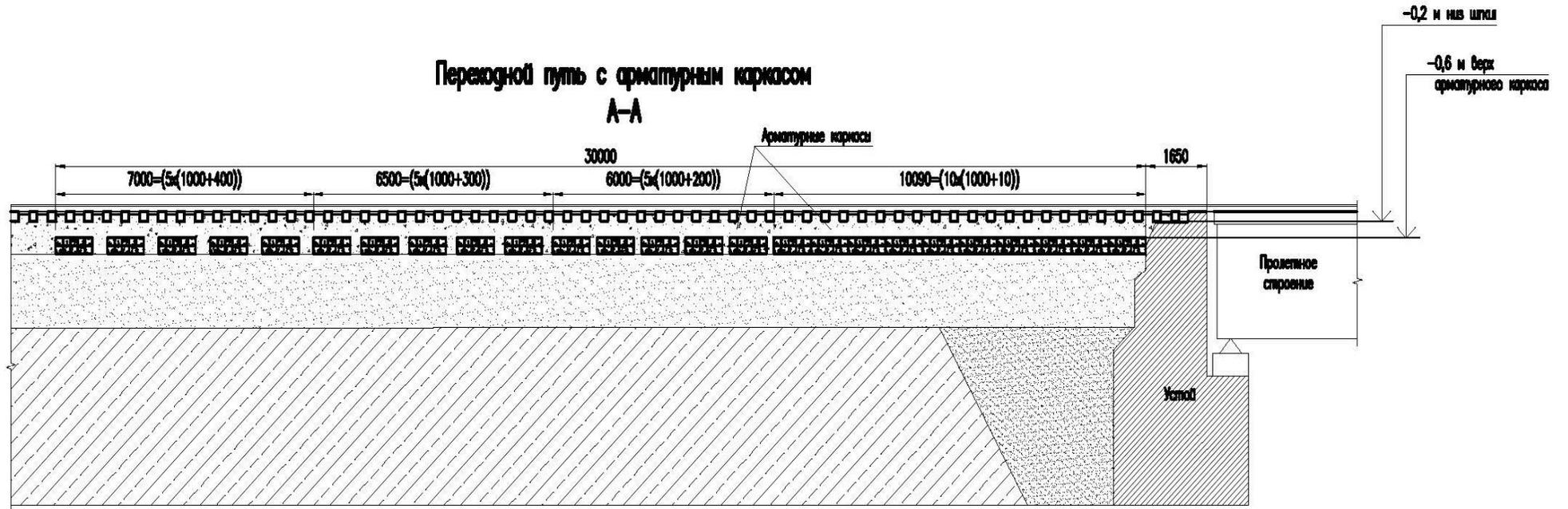


Рисунок 5. Схема укладки арматурных каркасов на переходном участке перед пролетным строением с балластной и безбалластной конструкцией пути

Переходной путь с арматурным каркасом Б-Б

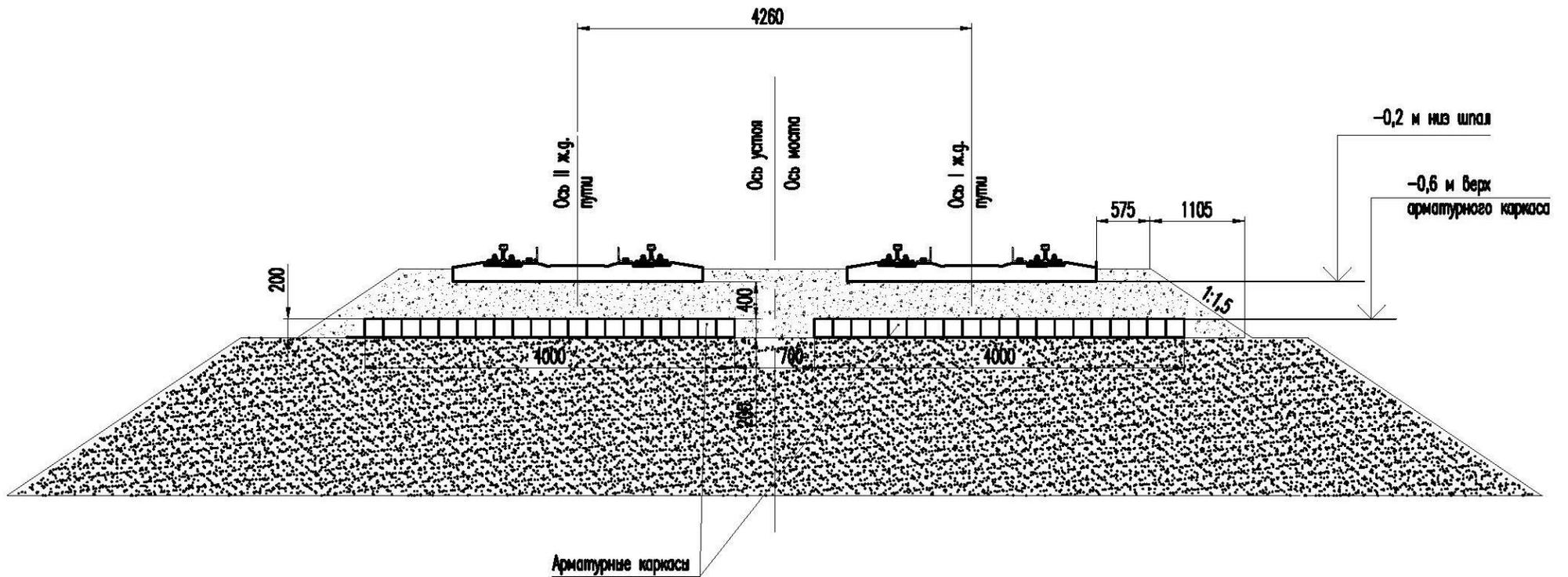


Рисунок 6. Схема укладки арматурных каркасов на переходном участке перед пролетным строением с балластной и безбалластной конструкцией пути

2.4. Конструкция участка переходного пути из одного слоя объемной георешетки

Конструкция предназначена для укладки на подходах к искусственным сооружениям с балластной и безбалластной конструкцией пути.

Схема укладки объемной георешетки на переходном участке перед пролетным строением показана на рисунках 7-9.

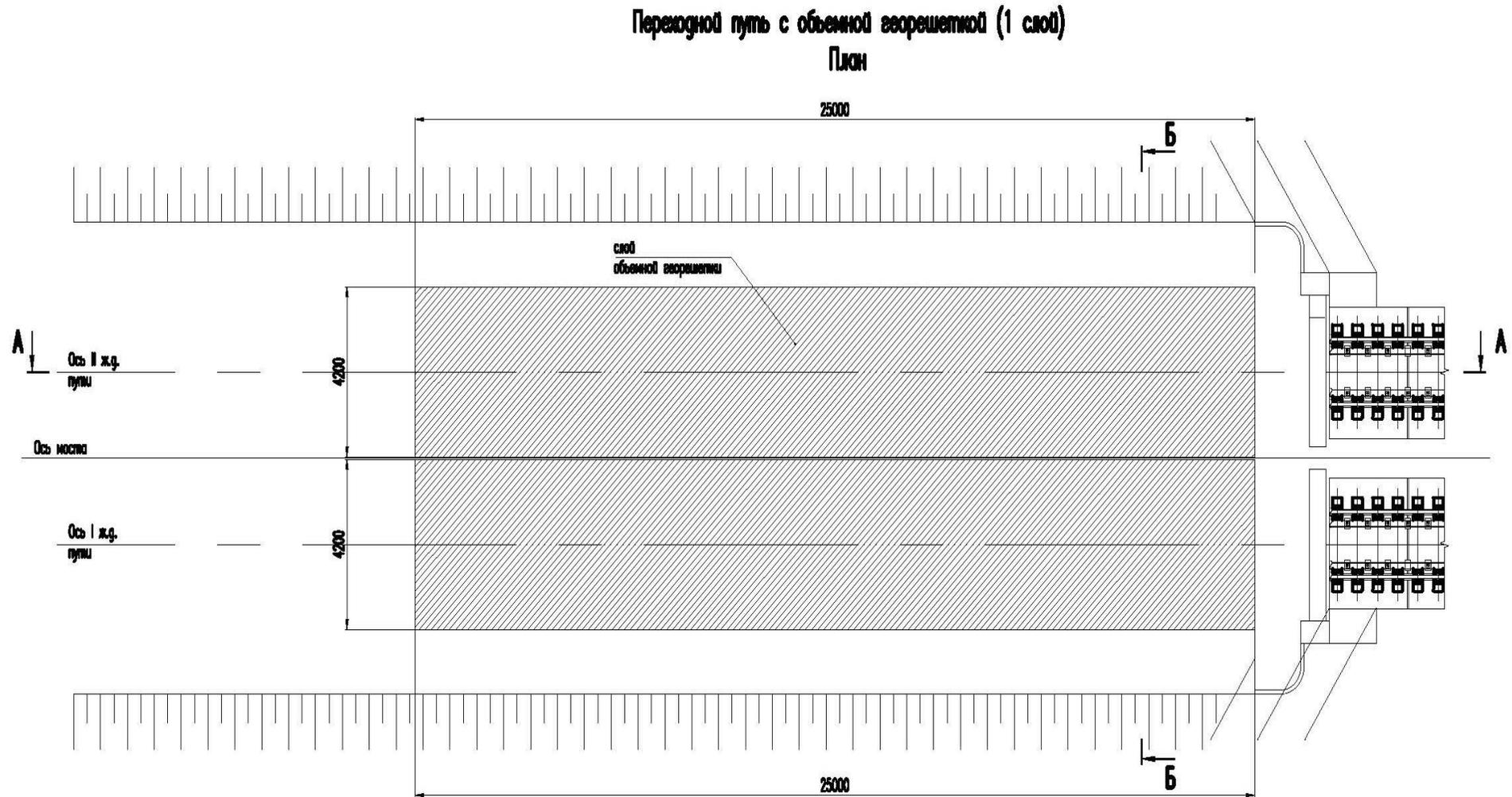


Рисунок 7. Схема укладки объемной георешетки на переходном участке перед пролетным строением с балластной и безбалластной конструкцией пути

Переходной путь с объемной георешеткой (1 слой)
Б-Б

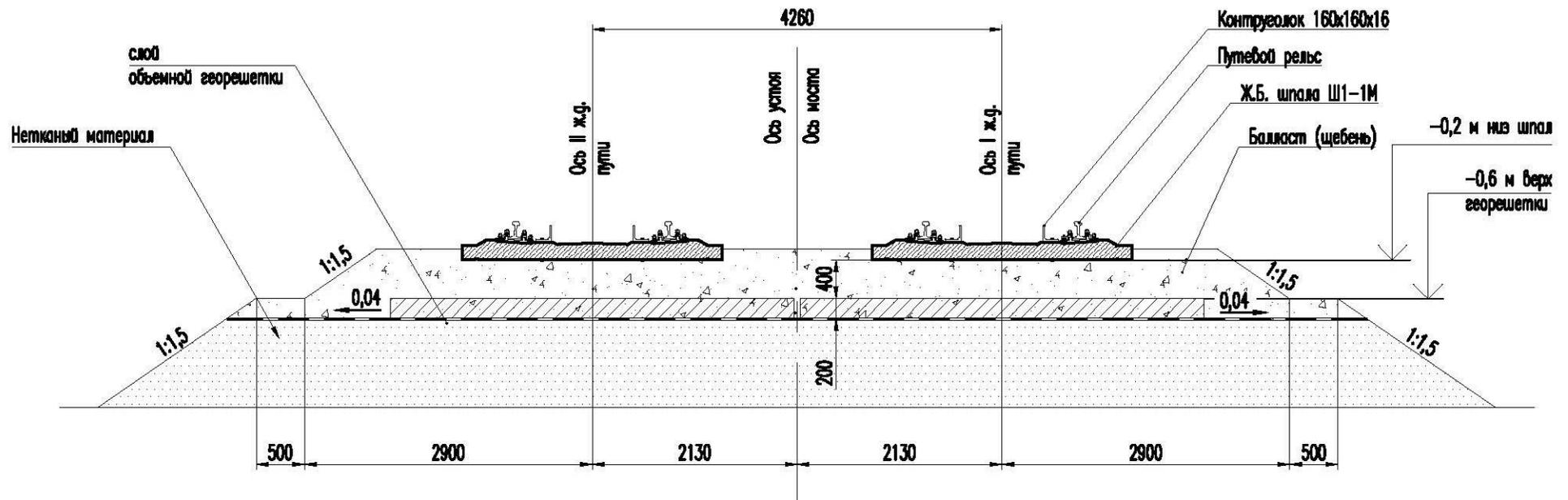


Рисунок 8. Схема укладки объемной георешетки на переходном участке перед пролетным строением с балластной и безбалластной конструкцией пути

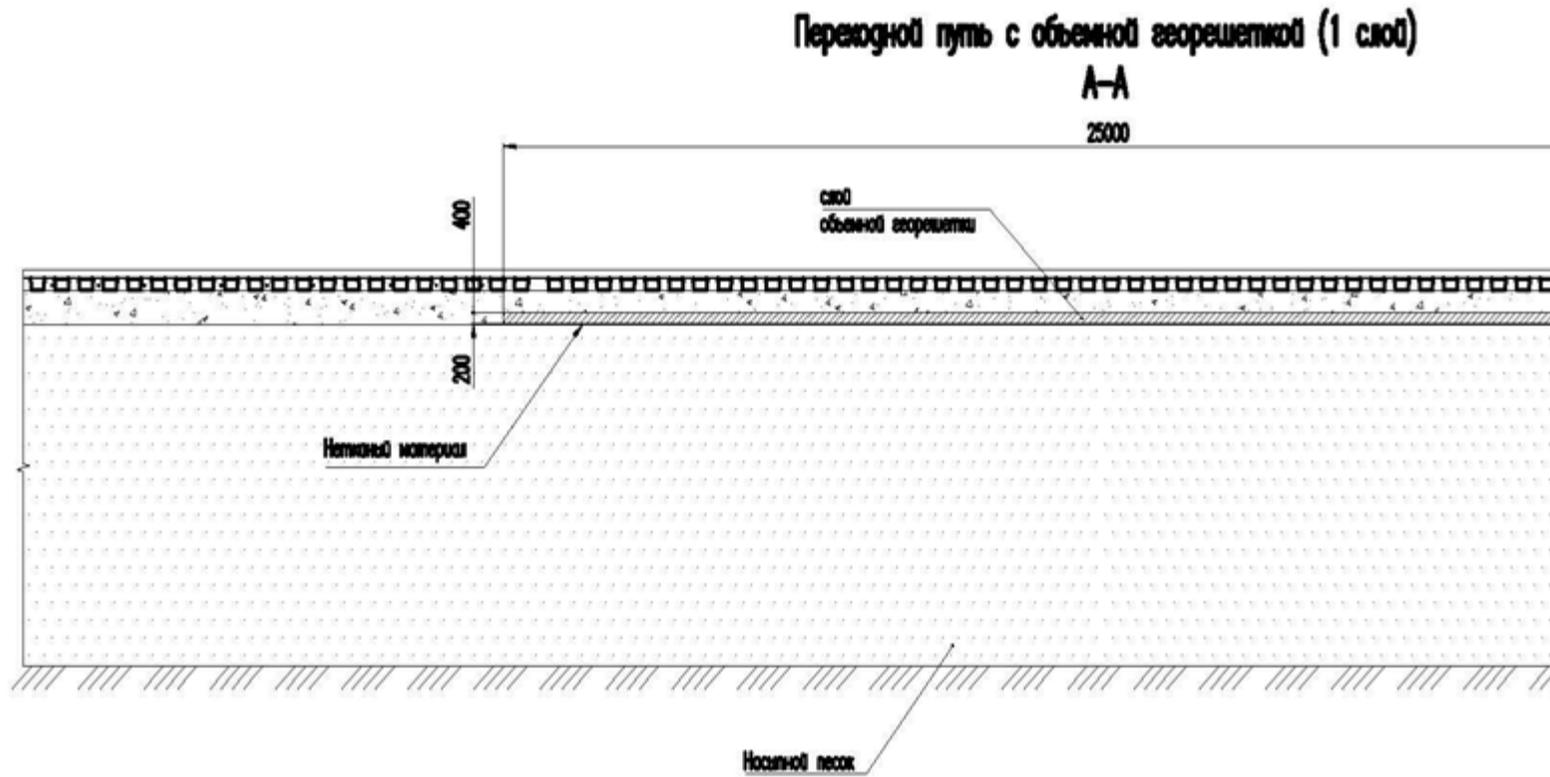


Рисунок 9. Схема укладки объемной георешетки на переходном участке перед пролетным строением с балластной и безбалластной конструкцией пути

2.5. Комбинированная конструкция переходного пути из железобетонных бездонных коробов и объемной георешетки

Конструкция железобетонных бездонных коробов (от 1-го до 3-х по длине пути) и объемной георешетки предназначена для укладки на подходах к искусственным сооружениям с безбалластной конструкцией пути. Схема укладки объемной георешетки и бездонных коробов на переходном участке перед пролетным строением показана на рисунках 10-12.

Переходной путь с объемной георешеткой (1 слой) и бездонными коробами

План

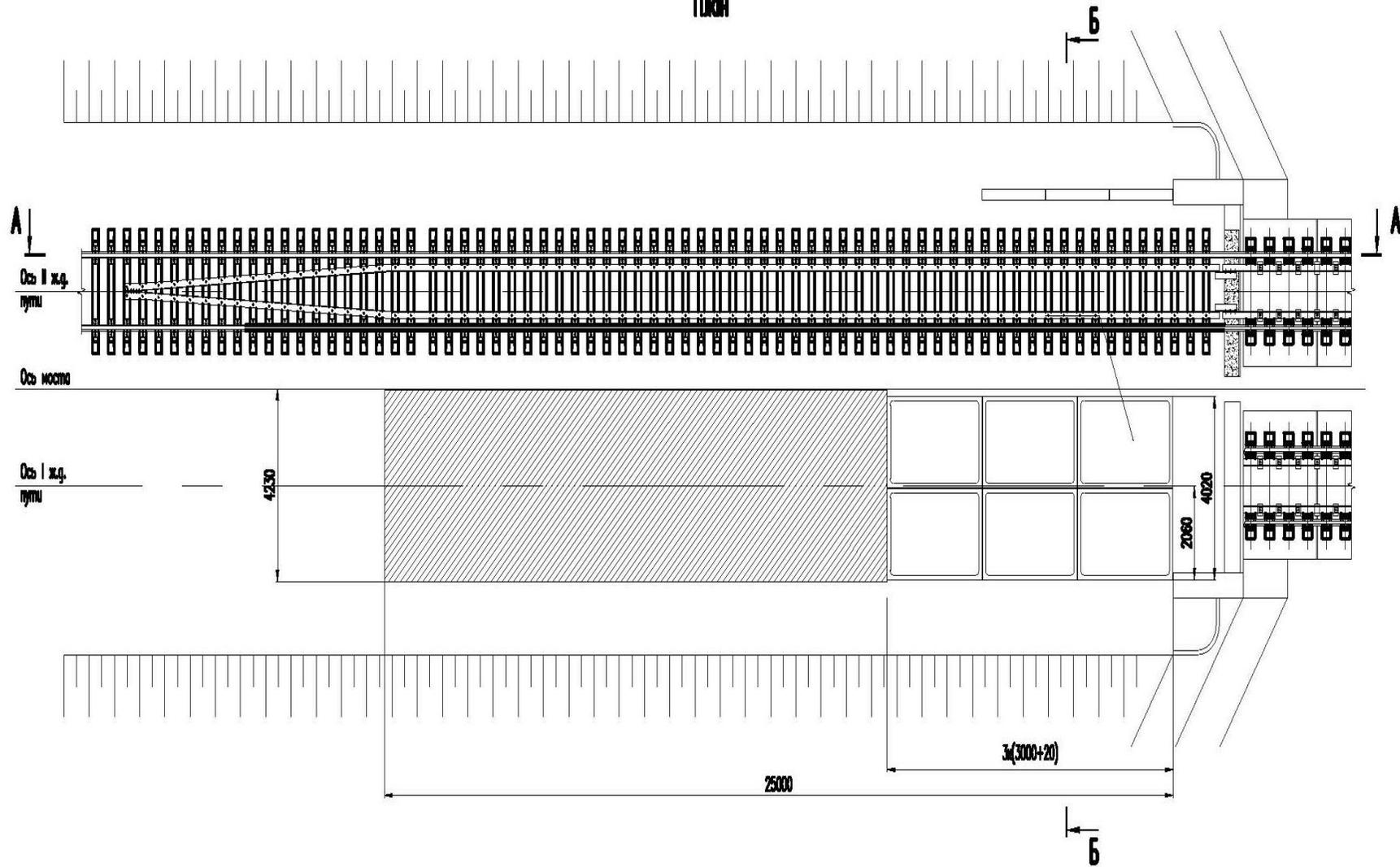
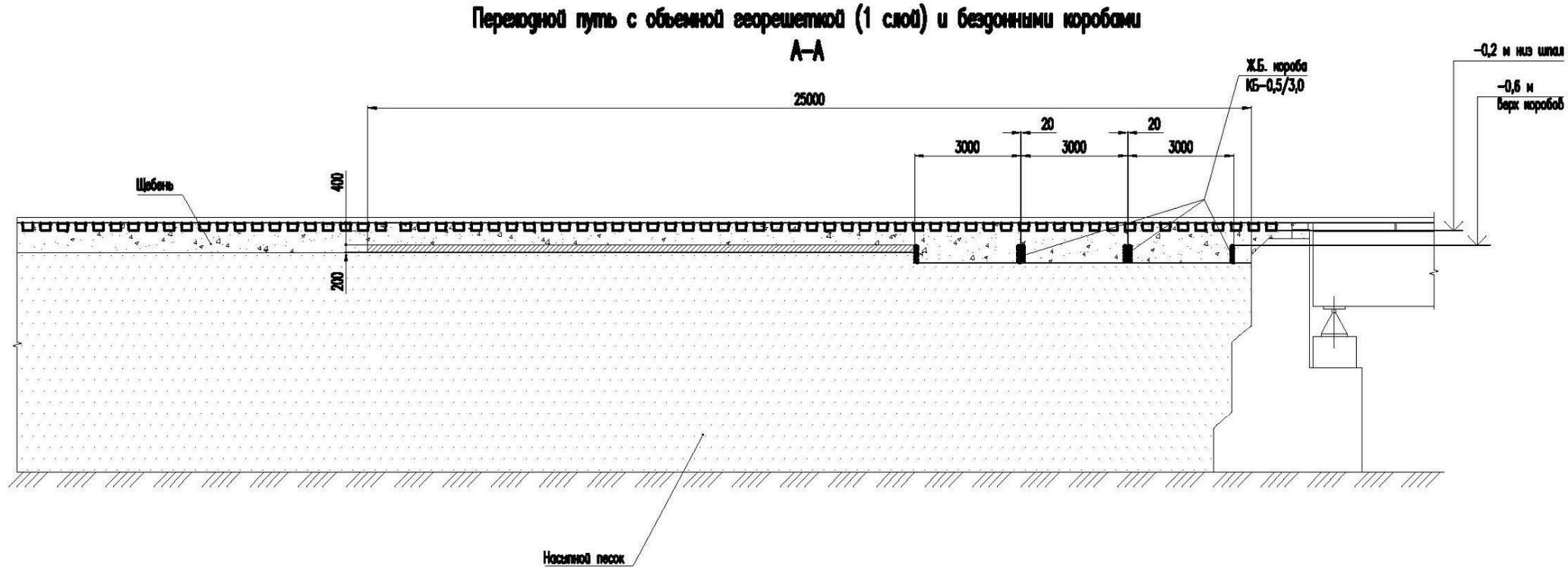


Рисунок 10. Схема укладки объемной георешетки и бездонных коробов на переходном участке перед пролетным строением с безбалластной конструкцией пути

Рисунок 11. Схема укладки объемной георешетки и бездонных коробов на переходном участке перед пролетным строением с безбалластной конструкцией пути



Переходной путь с объемной георешеткой (1 слой) и бездонными коробами
Б-Б

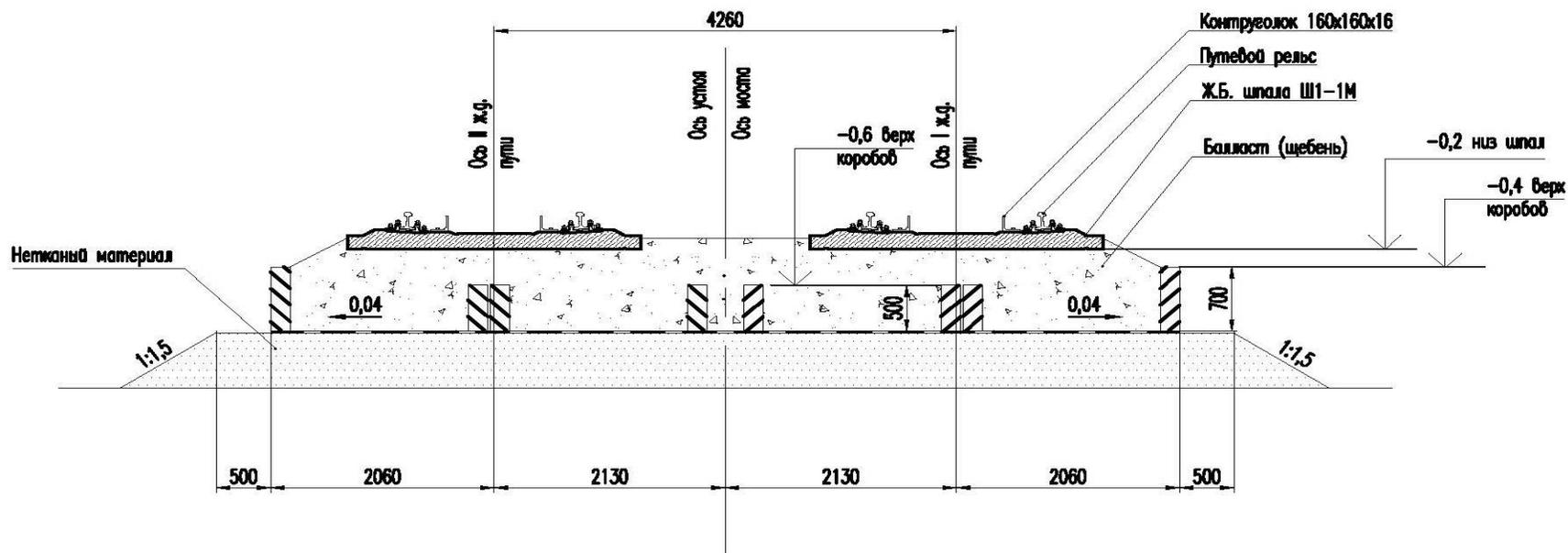
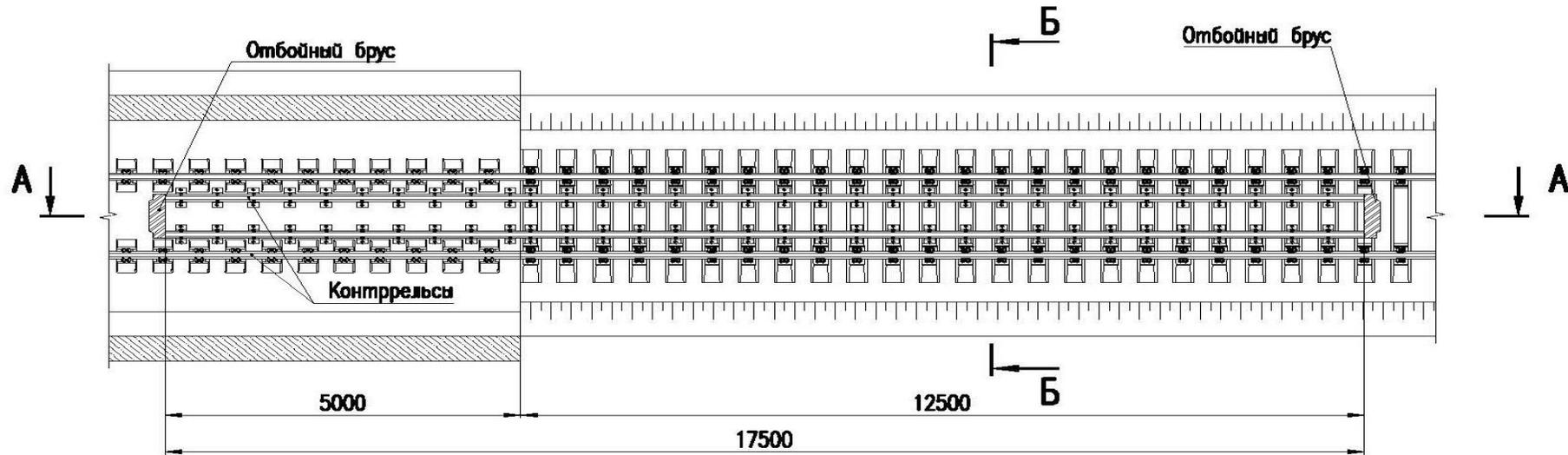


Рисунок 12. Схема укладки объемной георешетки и бездонных коробов на переходном участке перед пролетным строением с безбалластной конструкцией пути

2.6. Конструкция участка переходного пути с применением контррельсов

Конструкция предназначена для укладки на подходах к тоннелям, имеющим безбалластный путь LVT (Low Vibration Track). Схема укладки контррельсов на переходном участке перед тоннелями показана на рисунках 13-14.

Переходной путь с кнтррельсом План



Переходной путь с кнтррельсом А—А

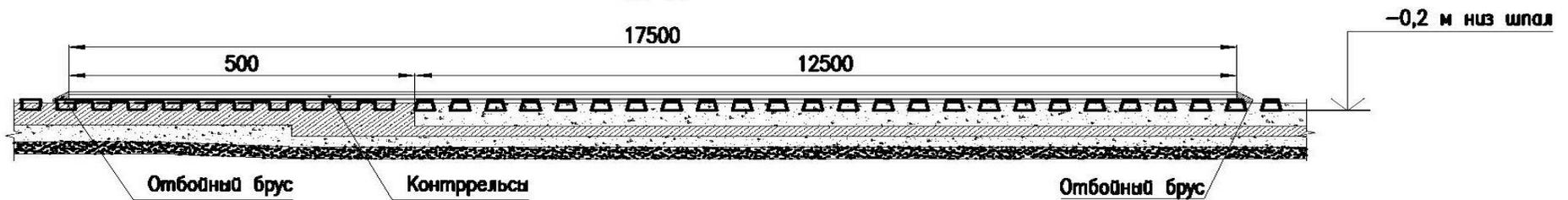
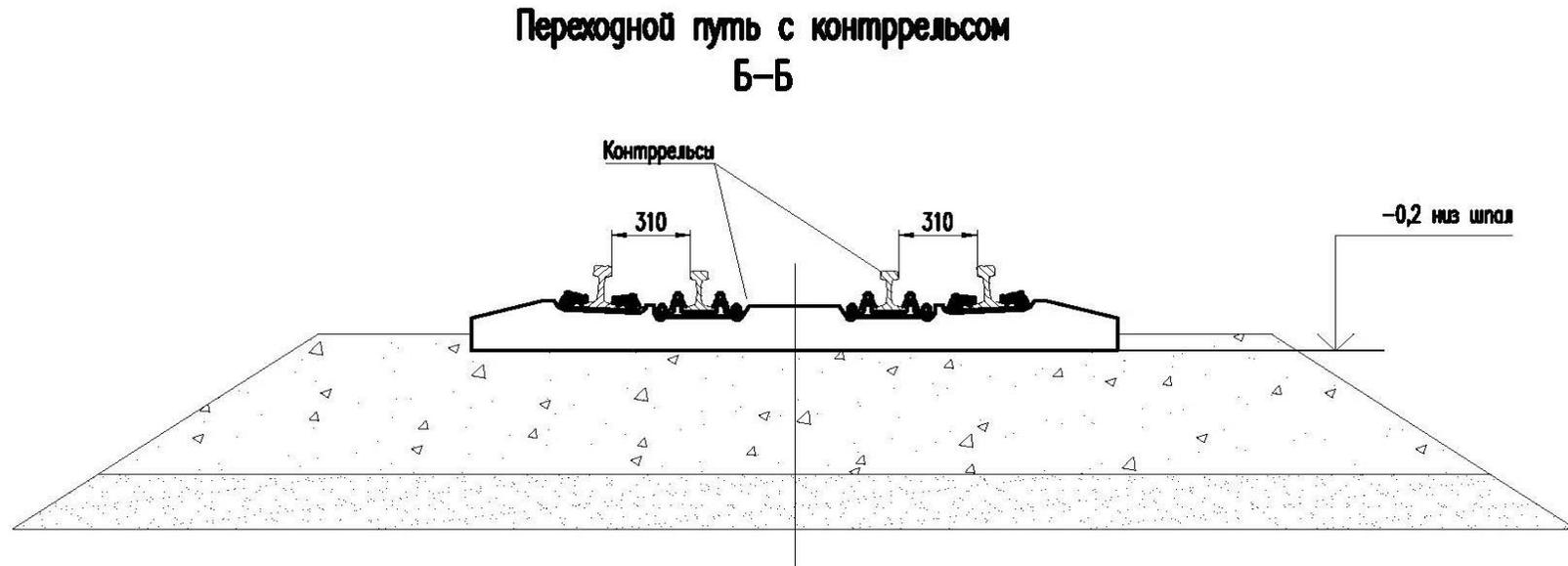


Рисунок 13. Схема укладки контррельсов на переходном участке перед тоннелями с безбалластной конструкцией пути



Рисунок

Схема укладки контррельсов на переходном участке перед туннелями с безбалластной конструкцией пути

14.

2.7. Конструкция переходного пути с укрепленной основной площадкой земляного полотна и омоноличенной балластной призмой

Конструкция применяется на участках скоростного и высокоскоростного движения поездов при скоростях от 250 км/ч до 350 км/ч.

Плавность изменения жесткости пути достигается укреплением грунта основной площадки в сочетании с омоноличиванием балластной призмы.

Толщина укрепленного слоя грунта составляет 0,3 м. При этом толщина верхнего слоя должна составлять 0,15 м, нижнего – 0,15 м. Этот слой следует устраивать на основной площадке насыпей, отсыпаемых дренирующими грунтами, насыпей, сооружаемых из глинистых грунтов, а также выемок в глинистых грунтах с защитным слоем из дренирующих грунтов.

Верхнюю часть защитного слоя основной площадки насыпи из дренирующих грунтов следует укреплять жидкими и порошковыми добавками (полифилизаторы), вносимыми в этот грунт.

Укрепление грунта производится отдельными участками, как показано на рисунках 15-16.

Омоноличивание балластной призмы производится комплексом технологических операций, в зависимости от применяемых материалов. Для обеспечения плавного изменения жесткости пути омоноличивание балластной призмы производится по схеме в соответствии с рисунками 17-18.

Конструкция переходного пути с укрепленной основной площадкой земляного полотна и омоноличенной балластной призмой

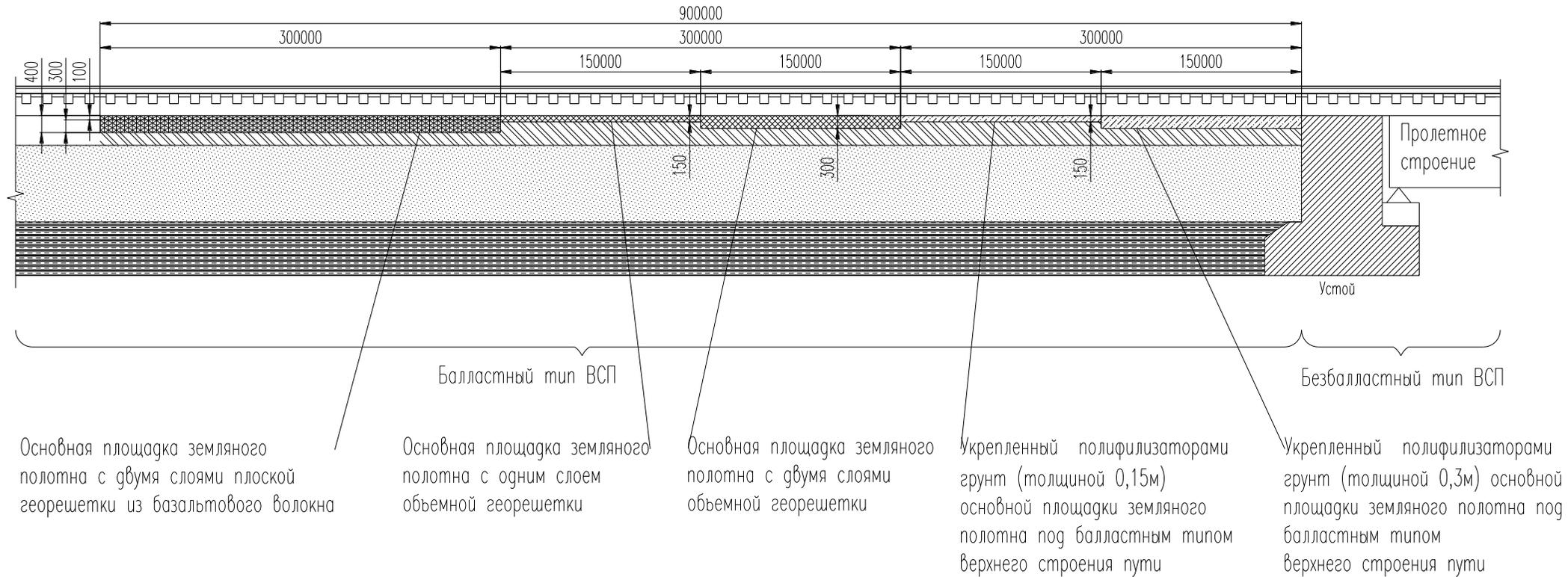


Рисунок 15. Схема укрепления грунта основной площадки земляного полотна на переходном участке перед пролетными строениями

Поперечный профиль насыпи из дренирующих грунтов на прочном основании

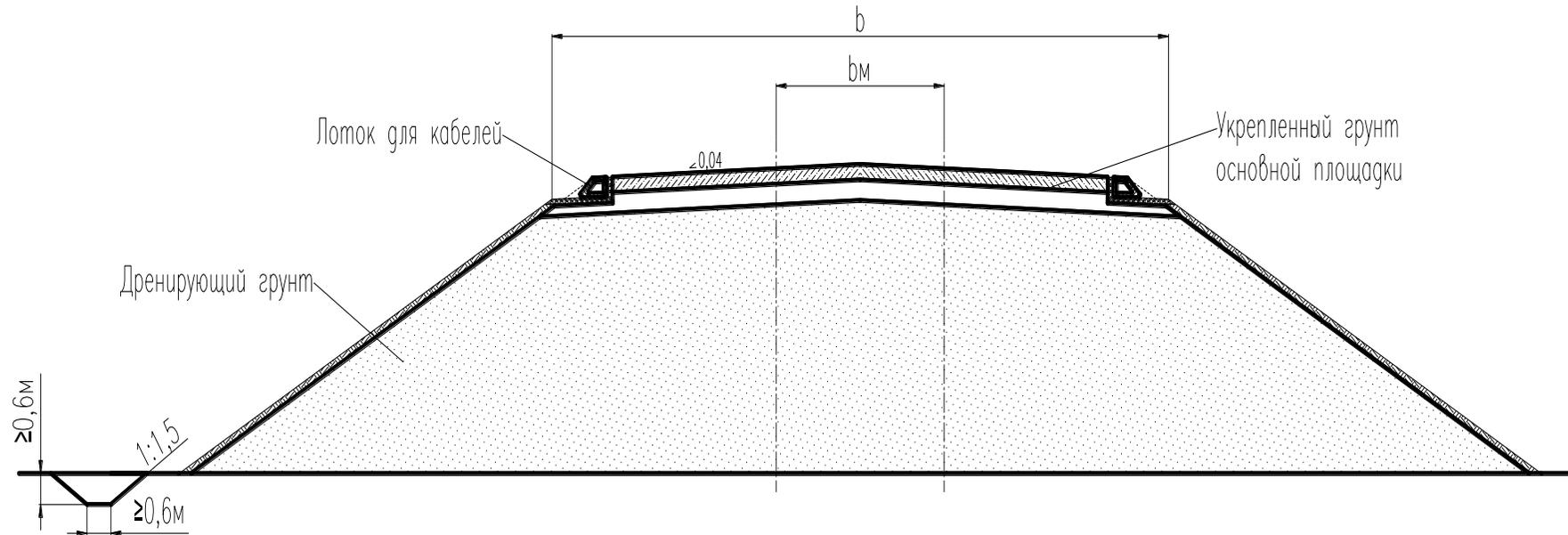


Рисунок 16. Схема укрепления грунта основной площадки земляного полотна на переходном участке перед пролетными строениями

Схема омоноличивания балластной призмы

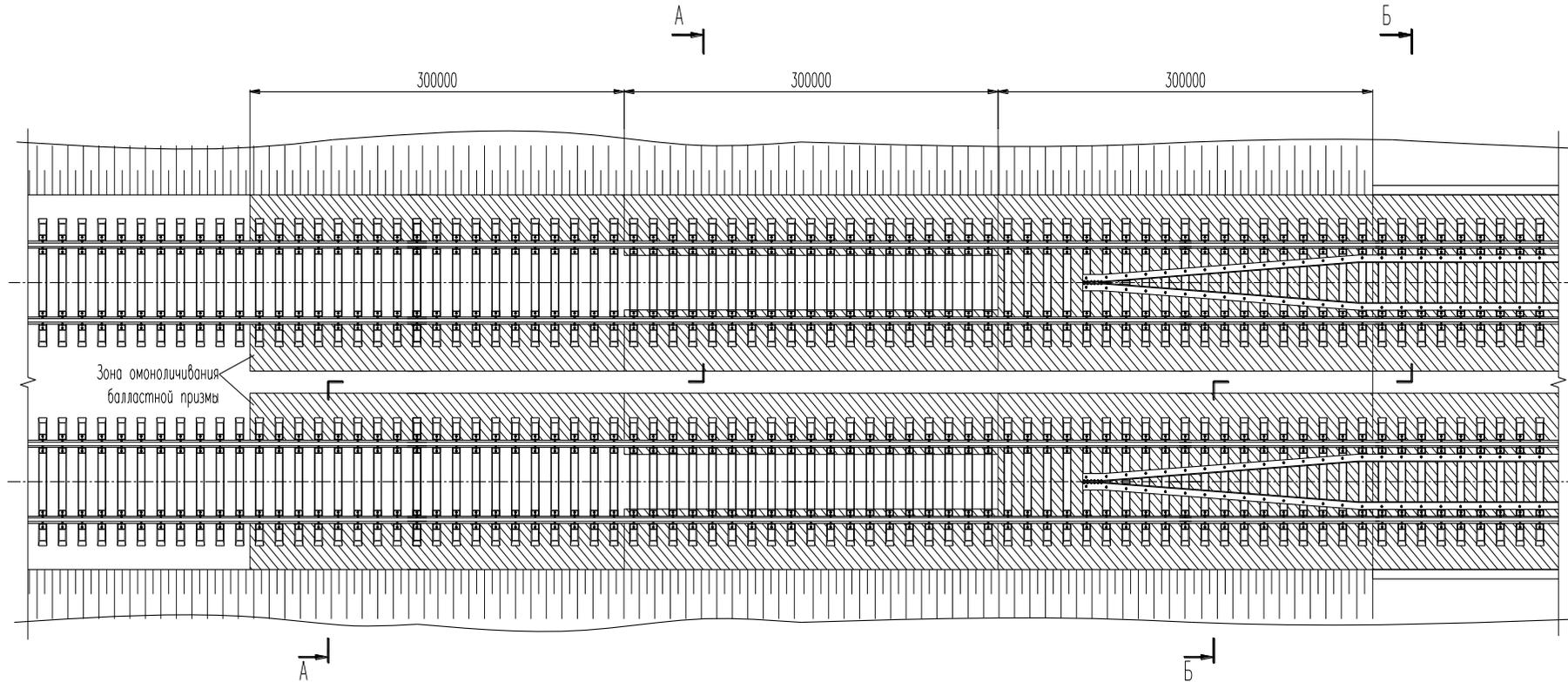


Рисунок 17. Схема омоноличивания балластной призмы ВСП на переходном участке перед пролетными строениями

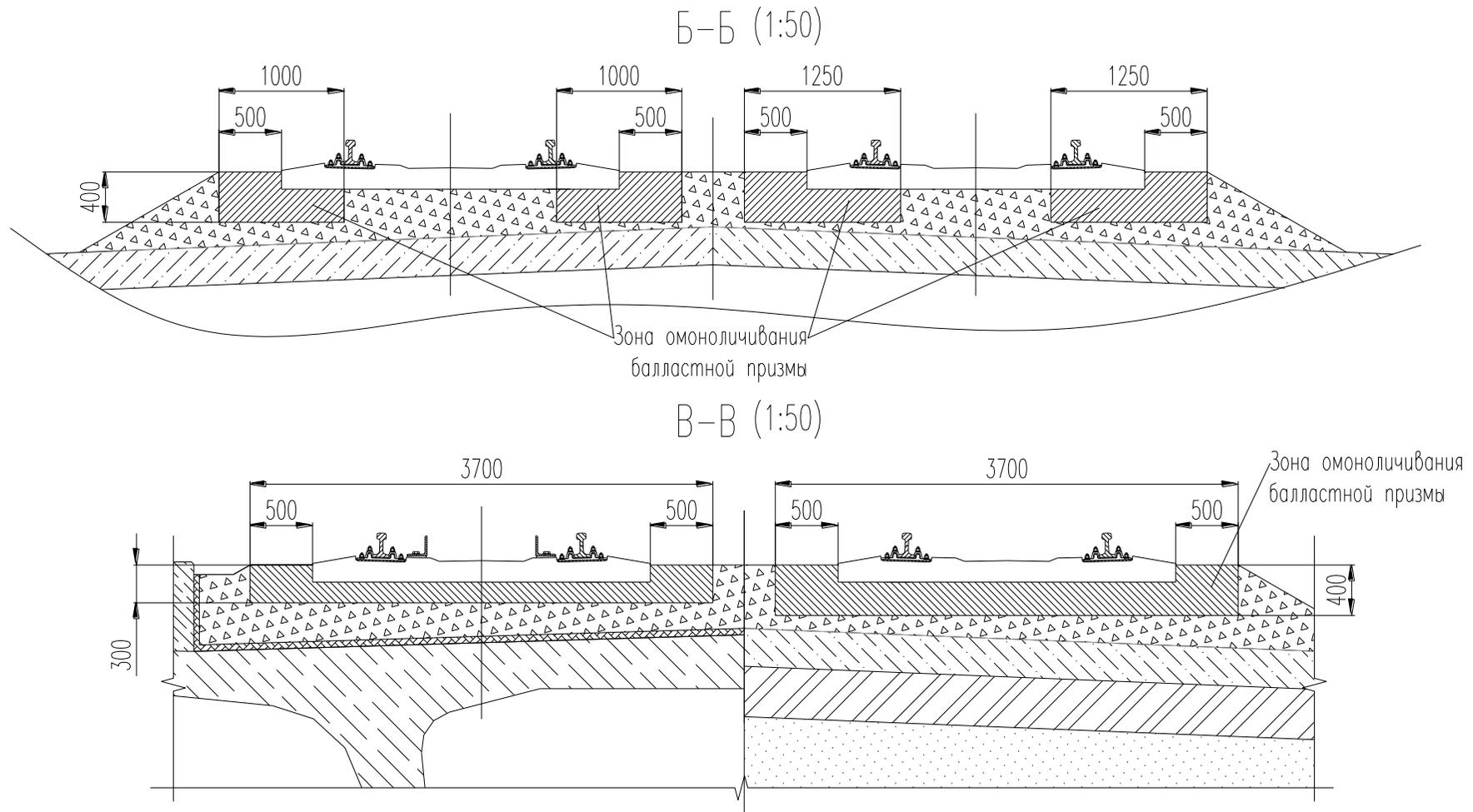


Рисунок 18. Схема омоноличивания балластной призмы ВСП на переходном участке перед пролетными строениями

2.8. Устройство наклонной плиты

Устройством наклонной плиты можно уменьшить или распределить на большую длину осадки подходной насыпи. Длина наклонной плиты всегда определяется в зависимости от высоты насыпи, может выполняться как из монолитного, так и из сборного железобетона.

При таком решении поднятие пути, возникающее от прогиба пролетного строения моста, уменьшается при помощи пружинных анкерных болтов, а прогиб пути уменьшается устройством плавающей плиты с ребордами. Для создания оптимального модуля упругости пути под стальными подкладками укладываются резиновые прокладки с меняющейся по длине пути толщиной. Схема укладки устройства наклонной плиты на переходном участке перед пролётными строениями показана на рисунках 19 и 20.

Переход с насыпи на мост

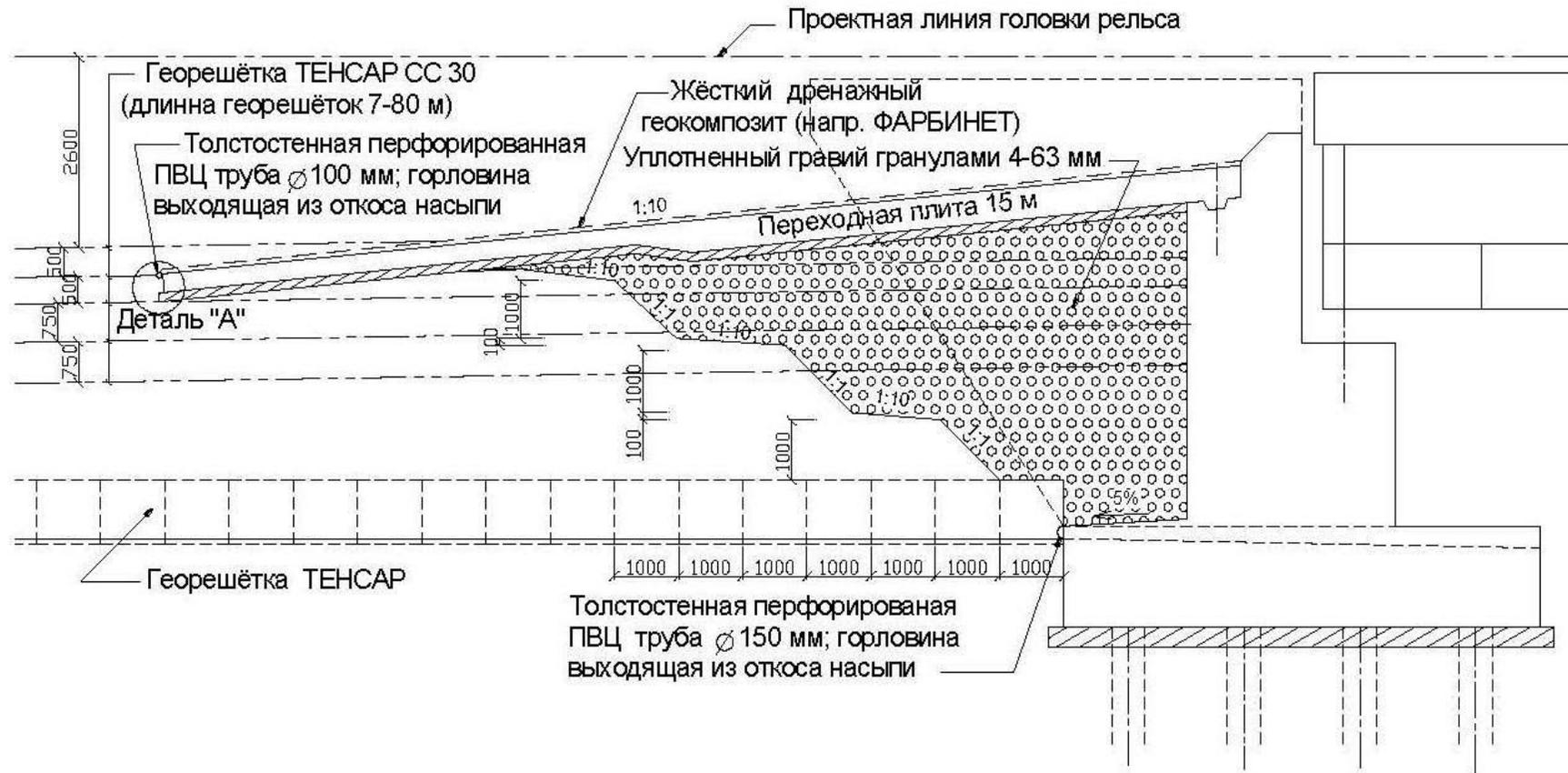


Рисунок 19. Схема укладки устройства наклонной монолитной плиты на переходном участке перед пролётными строениями

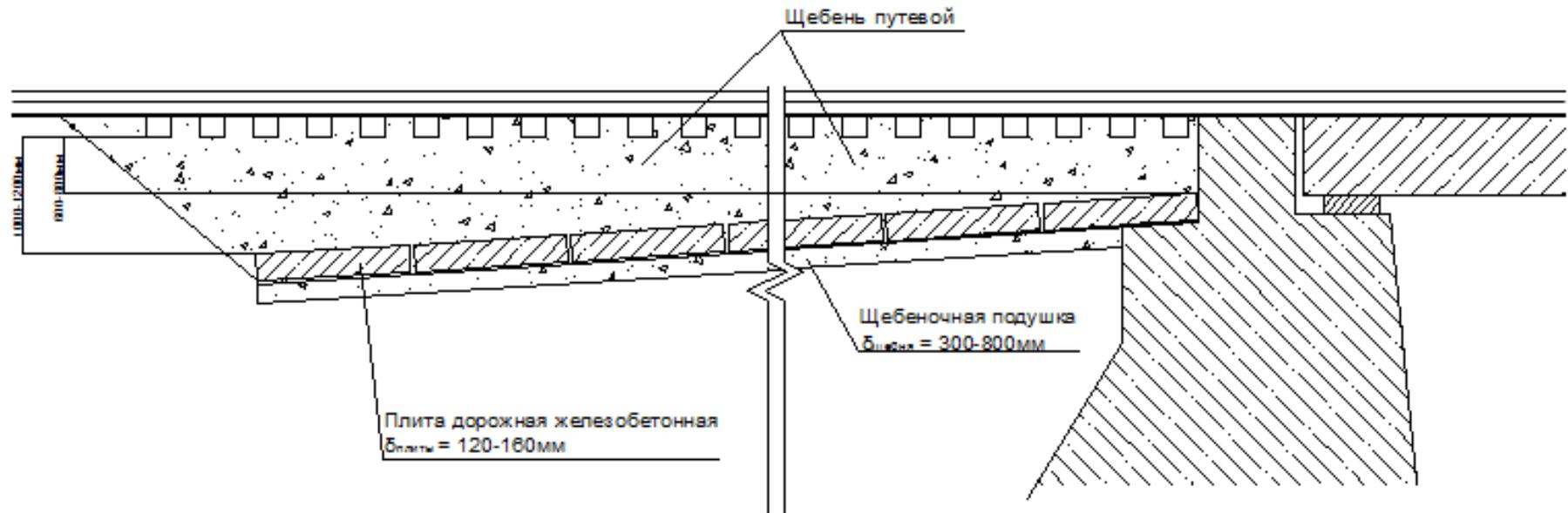


Рисунок 20. Конструкция сопряжения с насыпью для участков со скоростями движения поездов до 200 км/ч в виде наклонной сборной железобетонной плиты.

2.9. Конструкция переходного участка с изменением жесткости земляного полотна с устройством переходного клина

Конструкция переходного участка содержит переходный клин и усиление подшпального основания. Длина переходного участка выбирается в зависимости от высоты переходного участка (принимается большая из величин высот опоры или насыпи).

Конструкции усиления подшпального основания устраивается для обеспечения плавности изменения жесткости между построенным объектом и примыкающим путем (рисунок 20).

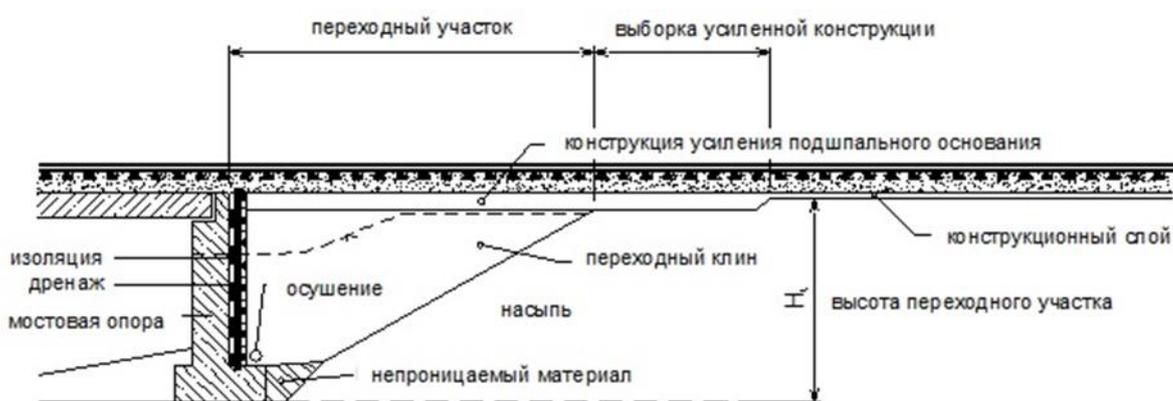


Рисунок 21. Конструкция переходного участка с изменением жесткости земляного полотна с устройством переходного клина.

Конструкция переходного участка зависит от характера объекта (новостройка или реконструкция) и его конструктивных особенностей.

Для скоростей до 160 км/час минимальная длина переходного участка - 7,0 м, максимальная - 20,0 м.

В соответствии с характером прилежащих путей определяются минимальные величины модулей деформации на переходном участке железнодорожного полотна.

2.10. Конструкция переходного участка с использованием связующих геосинтетических материалов

Использование связующих геосинтетических материалов в конструкции подшпального основания для скорости до 160 км/час показано на рисунке 21.

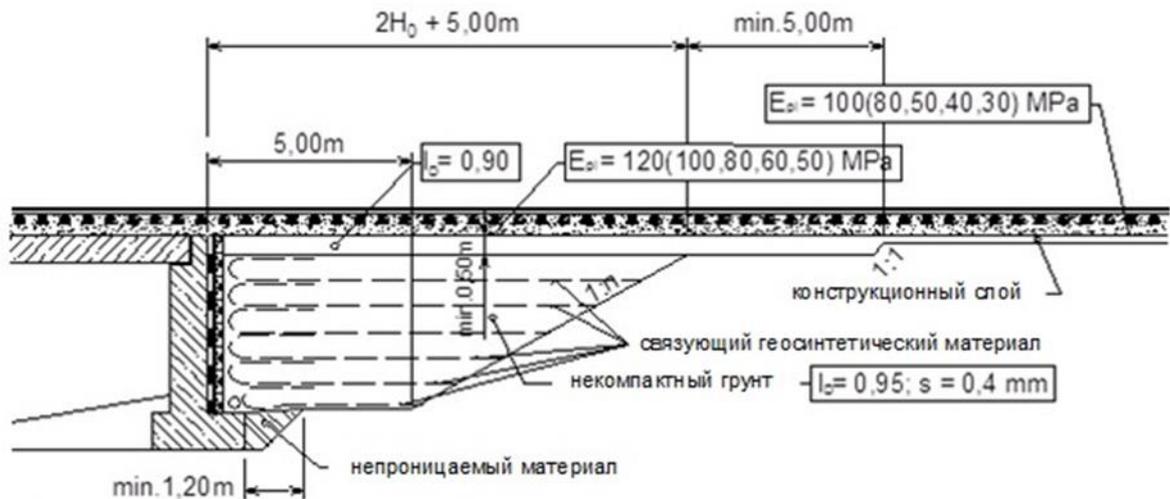


Рисунок 22. Конструкция переходного участка с использованием связующих геосинтетических материалов.

Длина переходного участка определяется как отношение $V_{\max}/3,6$ (где V_{\max} – максимальная проектная скорость), результат округляется до 5 м. Минимальная толщина конструкции усиления подшпального основания - 1,20 м. Выборка усиленной конструкции подшпального основания составляет не менее 15,0 м, как показано на рисунке 22.

У объекта с высотой подшпального основания более, чем 2,0 м, длина усиленной конструкции определяется так же, не менее отношения $V_{\max}/3,6$ (рисунок 23).

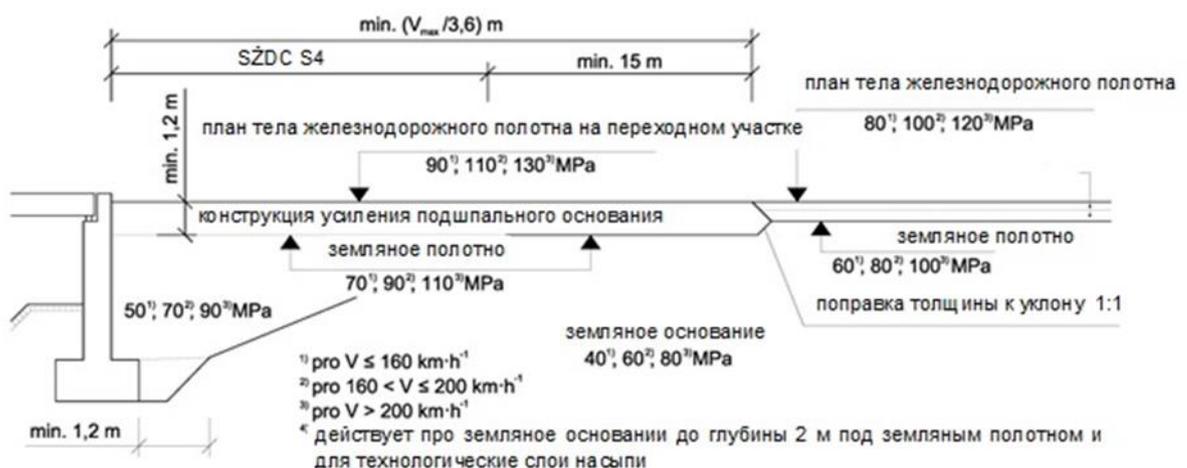


Рисунок 23. Требование к конструкции переходного участка для моста с безбалластным полотном

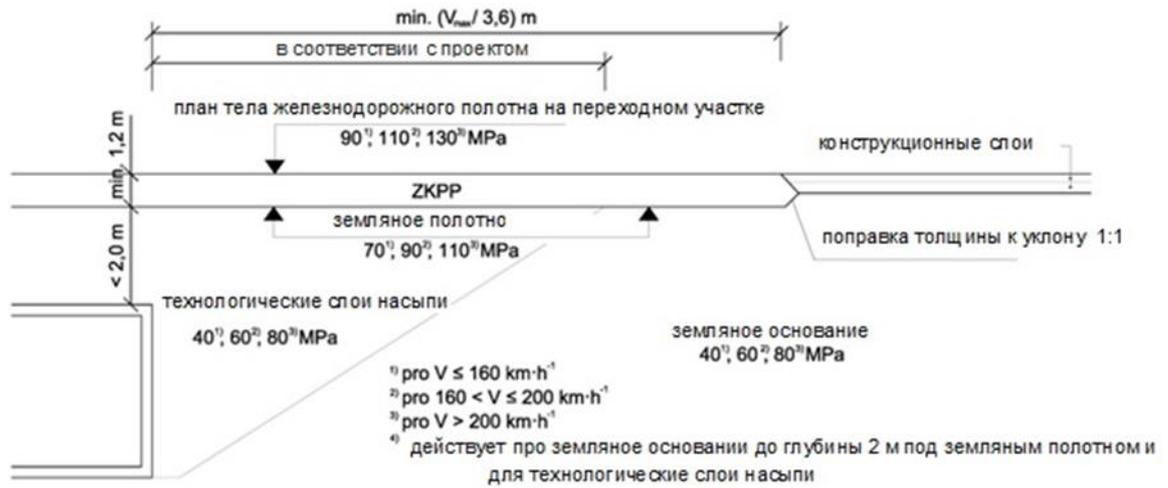


Рисунок 24. Требования к конструкции переходного участка для моста с толщиной засыпки подпального основания более 2,0 м от безбалластного пути.