

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046540**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.03.25**

(21) Номер заявки  
**202390811**

(22) Дата подачи заявки  
**2023.04.06**

(51) Int. Cl. **E01C 3/04** (2006.01)  
**E01C 21/00** (2006.01)  
**E01B 27/00** (2006.01)  
**E01B 27/08** (2006.01)  
**E01B 27/11** (2006.01)  
**E01B 27/20** (2006.01)

(54) **СПОСОБ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ С ФОРМИРОВАНИЕМ ПОДБАЛЛАСТНОГО ЗАЩИТНОГО СЛОЯ**

(43) **2024.03.21**

(96) **2023000062 (RU) 2023.04.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ  
ОБЩЕСТВО "РОССИЙСКИЕ  
ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ" (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Ашпиз Евгений Самуилович,  
Дорошенко Кирилл Андреевич,**

**Загитов Эльдар Данилович,  
Коростелев Вячеслав Александрович  
(RU)**

(74) Представитель:  
**Наумова М.А. (RU)**

(56) EP-A1-723048  
RU-C1-2766844  
EA-A1-201600541  
EP-A1-294430

(57) Изобретение относится к области железнодорожного транспорта, а именно к области ремонта или реконструкции железнодорожного пути, и может быть использовано при укреплении основной площадки земляного полотна железнодорожного пути (подбалластного защитного слоя), в частности к способу реконструкции железнодорожного пути с формированием подбалластного защитного слоя, который устраивается при обновлении и очистке балластного слоя рельсового пути под ним и выполненного из отработанного (использованного) материала (балласта) балластной призмы с добавлением в него дополнительных связующих компонентов. Способ реконструкции железнодорожного пути с формированием подбалластного защитного слоя, характеризующийся тем, что снимают рельсошпальную решетку, вырезают щебень балластной призмы до основной площадки земляного полотна, содержащей балласт в виде щебня, после чего слой грунта земляного полотна, содержащего балласт в виде щебня, фрезеруют до образования разрыхленного регенерируемого слоя и одновременно отсеивают фракции щебня размером более 30 мм, полученный в ходе фрезерования разрыхленный регенерируемый слой смешивают со связующим материалом, включающим цемент в количестве 2-4 мас.% от массы грунта, порошок стабилизатор в количестве 0,15-0,30 мас.% от массы грунта, воду 3-5 мас.% от массы грунта, разрыхленный регенерируемый слой уплотняют, при этом значение модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна составляет не менее 80 МПа, при вертикальном давлении до 500 кПа, на полученный подбалластный защитный слой укладывают балластную призму, включающую предварительно очищенный вырезанный щебень балластной призмы или новый щебень, а также фракции щебня, полученные в процессе отсеивания, укладывают рельсошпальную решетку. Обеспечивается повышение значений модуля деформации, прочности подбалластного защитного слоя железнодорожного пути за счет применения в процессе холодной регенерации грунта земляного полотна связующих материалов и отработанного щебня с фракциями определенного (не более 30 мм) размера при реконструкции железнодорожного пути.

**B1**

**046540**

**046540**

**B1**

### Область техники

Изобретение относится к области железнодорожного транспорта, а именно к области ремонта или реконструкции железнодорожного пути, и может быть использовано при укреплении основной площадки земляного полотна железнодорожного пути (подбалластного защитного слоя), в частности к способу реконструкции железнодорожного пути с формированием подбалластного защитного слоя, который устраивается при обновлении и очистке балластного слоя рельсового пути под ним и выполненного из отработанного (использованного) материала (балласта) балластной призмы с добавлением в него дополнительных связующих компонентов.

Подбалластный защитный слой железнодорожного пути должен обеспечивать стабильное положение геометрии рельсовой колеи, не допускать суффозии частиц грунта в балластный слой и, наоборот, то есть их взаимного проникновения друг в друга, а также противодействовать промерзанию нижележащих слоев грунта земляного полотна, которое приводит к деформации морозного пучения грунта, вследствие чего нарушается геометрия рельсовой колеи.

### Уровень техники

Из уровня техники известен источник информации RU 102620 U1, 10.03.2011, в котором раскрывается техническое решение, касающееся верхнего строения пути, содержащее рельсошпальную решетку, балластную призму, при этом под шпалами уложены прокладки из вспененного полиуретана, содержащего нормированное количество закрытых и открытых пор, подобранных таким образом, чтобы модуль упругости пути был в интервале 45-60 МПа, а под балластной призмой уложен защитный слой из песчано-гравийно-щебеночной смеси, фракция и толщина которого подобраны таким образом, чтобы обеспечить давление на нижней границе защитного слоя не более 0,08 МПа.

К недостаткам известного из уровня техники технического решения можно отнести его дороговизну, обусловленную за счет применения геосинтетических материалов, сложность и трудоемкость укладки геосинтетических материалов из-за низкой механизации процесса укладки материалов, что также приводит к дороговизне данного способа.

Кроме того, к недостаткам известного технического решения следует отнести необходимость обеспечения требуемой влажности грунта защитного слоя при его транспортировке и укладке.

Из уровня техники известен источник информации RU 2776165 C2, 14.07.2022, в котором раскрыт способ формирования подбалластного защитного слоя, при котором первое баровое устройство вырезает верхний слой балласта, а второе баровое устройство вырезает оставшийся слой балласта и верхний слой земляного полотна, часть балласта, вырезанного с верхнего слоя, направляют на рециклинг в дробильную машину, а затем направляют для приготовления материала для защитного слоя, который увлажняют, укладывают на поверхность среза земляного полотна и уплотняют, при этом весь вырезанный верхний слой балласта разделяют на очищенный щебень и засоритель, часть очищенного щебня подают на рециклинг в дробильную установку, а материал для защитного слоя приготавливают путем смешивания засорителя с раздробленным щебнем.

Известный из уровня техники способ направлен на снижение объемов вывозимого и укладываемого материалов.

К недостаткам известного из уровня техники технического решения можно отнести недостаточные значения модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна железнодорожного пути, который необходим для обеспечения движения поездов с повышенными (более 25 т на ось) осевыми нагрузками, что обусловлено отсутствием связующих материалов в конструкции подбалластного защитного слоя железнодорожного пути, которые дополнительно упрочняют слой грунта, вследствие чего повышаются значения модуля деформации.

Из уровня техники известен источник информации RU 2766844 C1, 16.03.2022, в котором раскрыт способ укрепления основной площадки земляного полотна железнодорожного пути, который заключается в том, что вырезают щебень из-под рельсошпальной решетки, производят очистку этого щебня, образуют защитный слой из освобожденного от щебня земляного полотна, разравнивают его поверхность, уплотняют и укладывают щебень на этот слой, при этом после вырезки щебня рельсошпальную решетку демонтируют, образование защитного слоя осуществляют по технологии холодного ресайклинга, при которой грунт фрезеруют с одновременной обработкой укрепляющими компонентами на основе неорганических материалов, придают укрепляемому слою наиболее оптимальную форму, затем разрыхленный регенерируемый слой предварительно уплотняют катком между колесами ресайклера для создания одинаковой плотности материала, разравнивают, а затем окончательно уплотняют катками в двух режимах: без вибрации 3-6 проходов по одному следу со скоростью 2-3 км/ч, а затем 2-3 прохода по одному следу в вибрационном режиме со скоростью 4-8 км/ч, после чего на уплотненный защитный слой укладывают рельсошпальную решетку.

При этом стоит отметить, что во время фрезерования грунта его предварительно освобождают (очищают) от щебня.

Недостатками известного технического решения является то, что для формирования подбалластного защитного слоя железнодорожного пути необходимо провести полную вырезку или очистку балластной призмы (слоя), то есть необходимо вырезать или очистить большой объем щебня.

Кроме того, в процессе холодной регенерации используются любые виды стабилизаторов, некоторые из которых, например, имеющие жидкое агрегатное состояние требуют дополнительное время отвердения, что увеличивает время простоя в процессе реконструкции железнодорожных путей.

Также следует отметить, что некоторые из неорганических материалов, применяемых в укрепляющей композиции, целесообразно применять для достижения заявляемого технического результата только на определенных видах грунтов, такие материалы, как известь, зола уноса, применяется только на глинистых грунтах, их использование в других видах грунта не приводит к каким-либо существенным улучшениям (не приведет к желаемому эффекту укрепления).

К еще одному существенному недостатку следует отнести то, что в процессе холодной регенерации не используется щебень, что приводит к уменьшению прочности связующего слоя, что также оказывает негативное влияние на значения модуля деформации, тем самым снижая его.

Таким образом, с учетом известного уровня техники, к его основным недостаткам можно отнести технологическую сложность формирования подбалластного защитного слоя железнодорожного пути, связанную с применением геосинтетических материалов, а также недостаточные значения модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна железнодорожного пути (поверхность земляного полотна).

### **Раскрытие сущности изобретения**

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является устранение недостатков известного уровня техники, а именно повышение стабильности основной площадки земляного полотна железнодорожного пути.

Технический результат, достигаемый при осуществлении заявляемого изобретения, заключается в обеспечении повышения значений модуля деформации, прочности подбалластного защитного слоя железнодорожного пути за счет применения в процессе холодной регенерации грунта земляного полотна связующих материалов и отработанного щебня с фракциями определенного (не более 30 мм) размера при реконструкции железнодорожного пути.

Как следствие, увеличение значения модуля деформации и прочности приводит к повышению стабильности геометрии рельсовой колеи, снижаются затраты на текущее содержание железнодорожного пути.

Сущность технического решения заявляемого изобретения заключается в том, что способ реконструкции железнодорожного пути с формированием подбалластного защитного слоя, состоит в том, что снимают рельсошпальную решетку, вырезают щебень балластной призмы до основной площадки земляного полотна, содержащей балласт в виде щебня, после чего слой грунта земляного полотна, содержащий балласт в виде щебня, фрезеруют до образования разрыхленного регенерируемого слоя и одновременно отсеивают фракции щебня размером более 30 мм, полученный в ходе фрезерования разрыхленный регенерируемый слой смешивают со связующим материалом, включающим цемент в количестве 2-4 мас.% от массы грунта, порошок стабилизатор в количестве 0,15-0,30 мас.% от массы грунта, воду 3-5 мас.% от массы грунта, разрыхленный регенерируемый слой уплотняют, при этом значение модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна составляет не менее 80 МПа, при вертикальном давлении до 500 кПа, на полученный подбалластный защитный слой укладывают балластную призму, включающую предварительно очищенный, вырезанный щебень балластной призмы или новый щебень, а также фракции щебня, полученные в процессе отсеивания, укладывают рельсошпальную решетку.

Новым в заявляемом изобретении является возможность усиления основной площадки земляного полотна при реконструкции железнодорожного пути, которая достигается путем использования в качестве материала для подбалластного защитного слоя, определенного гранулометрического состава, состоящего из отработанного щебня с фракциями размером не более 30 мм, а также грунта и связующего материала.

Данное нововведение в гранулометрическом составе подбалластного защитного слоя, в части использования в нем фракций щебня с размером не более 30 мм, совместно с добавлением цемента и стабилизаторов, позволяет значительно повысить прочность получаемого слоя, а также значение модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна, что в свою очередь позволяет уменьшить количество дефектов, связанных с недостаточной прочностью основной площадки земляного полотна и, в связи с этим, повысить стабильность геометрии рельсовой колеи.

Как следствие, указанные выше положительные эффекты обеспечивают повышение долговечности эксплуатации железнодорожного пути в целом.

Использование в гранулометрическом составе материала фракций щебня размером не более 30 мм по верхней предельной границе включает в себя различный фракционный состав, что позволяет уменьшить пустоты в получаемом слое, а также более равномерно распределяет напряжения внутри укрепляемого слоя, что также положительно сказывается на связности и уменьшает вероятность появления трещин в укрепляемом слое, помимо этого в материале присутствует грунт, который при этом является заполнителем между зерен щебня.

Присутствие в составе подбалластного защитного слоя отсева фракций щебня с размером крупнее

30 мм оказывает негативное влияние на прочность слоя, поскольку приводит к увеличению пустот между зернами щебня и заполнителем, что способствует образованию точек концентрации напряжений, т.е. образуются локальные концентраторы напряжений, приводящие к образованию трещин в слое, кроме того увеличивается расход связующих материалов на заполнение пустот, что в совокупности влечет за собой снижение прочностных характеристик и значения модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна.

Еще одним показателем, обуславливающим достижение заявляемого технического результата, является применение именно порошковых стабилизаторов.

Применение порошковых стабилизаторов в момент формирования конструкции подбалластного защитного слоя железнодорожного пути, а именно при фрезеровании грунта земляного полотна с образованием разрыхленного регенерируемого слоя с его одновременным просеиванием и смешиванием со связующим материалом и его (разрыхленного регенерируемого грунта) уплотнением, выступает в качестве заполнителя между зернами цемента, что дополнительно уменьшает количество возможных пустот и приводит к увеличению водонепроницаемости слоя, как следствие, уменьшаются потери прочности при водонасыщении подбалластного защитного слоя железнодорожного пути, а также увеличивается его морозостойкость.

Кроме того, порошковые стабилизаторы не требуют дополнительного времени на схватывание и позволяют вести дальнейшие работы по реконструкции железнодорожного пути (например, укладку балластной призмы) сразу после уплотнения подбалластного защитного слоя железнодорожного пути.

Так, например, применение стабилизаторов в жидком агрегатном состоянии может потребовать до трех суток времени набора прочности, прежде чем можно будет приступить к следующей стадии реконструкции железнодорожного пути.

Применение порошковых стабилизаторов обеспечивает увеличение прочности значений модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна, также увеличивает водонепроницаемость и морозостойкость, а кроме того, позволяет сократить время простоя при реконструкции железнодорожного пути.

Кроме того, стоит отметить, что в рамках заявляемого изобретения деформационные характеристики подбалластного защитного слоя, характеризовались при помощи значения модуля деформации, которые были получены при максимальном давлении от испытательной машины в ходе проведения испытаний образцов подбалластного защитного слоя, которое в соответствии с нормативным документом в железнодорожной области техники составляет 500 кПа (Инструкция по устройству подбалластных защитных слоев при реконструкции (модернизации) железнодорожного пути, утвержденная распоряжением ОАО "РЖД" от 12.12.2012 № 2544/р).

При этом для заявляемого подбалластного защитного слоя железнодорожного пути с указанным выше фракционным составом щебня, а также используемым связующим материалом полученный модуль деформации по верху основной площадки земляного полотна составил не менее 80 МПа при вертикальном давлении до 500 кПа, что указывает на повышение прочностных и деформационных характеристик подбалластного защитного слоя по сравнению с известными из уровня техники техническими решениями.

Таким образом, основными положительными эффектами заявляемого изобретения, достигаемыми за счёт использования щебня с фракциями с размером не более 30 мм и применением порошковых стабилизаторов, являются

увеличение прочности подбалластного защитного слоя, водонепроницаемости, морозостойкости и модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна;

уменьшение количества дефектов основной площадки земляного полотна, связанных с недостаточной прочностью грунтов насыпи, которое приводит к увеличению долговечности железнодорожного пути в целом;

уменьшение затрат по времени при производстве работ по реконструкции железнодорожного пути.

#### **Краткое описание чертежей**

Сущность заявляемого изобретения, способа реконструкции железнодорожного пути с формированием подбалластного защитного слоя, поясняется нижеследующим описанием и иллюстрациями, на которых показано:

фиг. 1 - представлена схема строения железнодорожного пути;

фиг. 2 - представлен график зависимости прочности на сжатие от количества цемента, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя;

фиг. 3 - представлен график зависимости прочности на сжатие от количества стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя;

фиг. 4 - представлена гистограмма, показывающая значения прочности на растяжение при изгибе от количества стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя.

#### **Осуществление изобретения**

На фиг. 1 представлена схема расположения основных элементов железнодорожного пути, так же

лезнодорожный путь включает рельсошпальную решетку (1), балластную призму (2), подбалластный защитный слой (3) (состоит из балласта и грунта), при этом подбалластный защитный слой имеет поверхность (верх) основной площадки земляного полотна (4), также на схеме представлен грунт земляного полотна (5).

В подтверждение заявляемого технического результата, заключающегося в обеспечении повышения значений модуля деформации, прочности подбалластного защитного слоя железнодорожного пути за счет применения в процессе холодной регенерации грунта земляного полотна связующих материалов и отработанного щебня с фракциями размером не более 30 мм, были проведены испытания на прочность при сжатии и прочность на растяжение при изгибе образцов до полного их разрушения.

Кроме того, проводились испытания на одноосное сжатие после нахождения образца в воде до полного водонасыщения.

Испытания по определению прочностных характеристик (на прочность при сжатии и прочность на растяжение при изгибе) проводились на универсальной испытательной машине серии MTS 322.31 с максимальной нагрузкой до 250 кН.

В процессе испытания были подготовлены цилиндрические образцы, с габаритными размерами 100×60 мм (диаметр × высота), имеющие разный гранулометрический состав по размеру зерен щебня, а также включающий разное количество компонентов связующего материала, которые подвергались нагружению с непрерывной фиксацией значений, на основании которых был построен график зависимости нагрузки от перемещения (не показан), что позволило оценить значение модуля деформации полученного материала подбалластного защитного слоя железнодорожного пути при испытаниях на одноосное сжатие.

Первоначально при проведении испытаний оценивалось влияние отсева фракций щебня размером крупнее 30 мм, результаты испытаний представлены в табл. 1.

Поскольку, заявляемый технический результат достигается количественными значениями, выраженными в виде интервала непрерывно изменяющихся значений параметра (количество цемента или количество стабилизатора), то значения прочностных и деформационных характеристик определялись для трех точек: минимального, среднего (промежуточного) и максимального значения каждого из интервалов параметров.

Таблица 1. Результаты испытаний составов с и без фракций с размером крупнее 30 мм

Исследуемый состав	Масс. % цемента	Прочность при сжатии $R_c$ , МПа	Прочность при сжатии после полного водонасыщения $R_c^B$ , МПа	$R_c^B/R_c$
С наличием фракций щебня размером крупнее 30 мм	2	1,07	0,83	0,77
	3	0,95	0,65	0,68
	4	1,44	1,03	0,71
С наличием фракций щебня размером не более 30 мм	2	5,90	4,44	0,75
	3	7,56	5,78	0,76
	4	8,43	6,10	0,72

Из результатов испытаний, представленных в табл. 1, следует, что применение состава с наличием фракций щебня размером крупнее 30 мм не дает заметного эффекта с увеличением процентного содержания цемента.

Однако применение состава с наличием фракций щебня размером не более 30 мм в разы увеличивает прочность на сжатие и позволяет варьировать количеством цемента в зависимости от конкретных условий эксплуатации железнодорожного пути.

Кроме того, наличие фракций щебня размером не более 30 мм, обеспечивает прочностные показатели также и при водонасыщении, что также немаловажно при эксплуатации железнодорожного пути в период активного выпадения осадков.

Стоит отметить, что использование цемента в количестве менее 2 мас.% не обеспечивает достижение заявляемого технического результата, а выше значений 4 мас.% не приводит к каким-либо существенным качественным изменениям в отношении дальнейшего повышения прочности, особенно при водонасыщении образцов, то есть приводит к излишнему перерасходу цемента, что не целесообразно, поскольку приводит к удорожанию конструкции подбалластного защитного слоя (см. фиг. 2).

На фиг. 2 отображена зависимость прочности на сжатие от количества цемента, в соответствии с этим представлены графики: 6 - график зависимости прочности на сжатие от количества цемента, ис-

пользуемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя для состава с наличием фракций щебня размером крупнее 30 мм; 7 - график зависимости прочности на сжатие от количества цемента, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя для состава с наличием фракций щебня размером крупнее 30 мм в состоянии полного водонасыщения; 8 - график зависимости прочности на сжатие от количества цемента, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя для состава с наличием фракций щебня размером менее 30 мм; 9 - график зависимости прочности на сжатие от количества цемента, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя для состава с наличием фракций щебня размером менее 30 мм в состоянии полного водонасыщения.

Данные графики являются графическим отображением значений, присутствующих в табл. 1.

При оценке влияния наличия в составе связующего материала порошкового стабилизатора на состав материала подбалластного защитного слоя, в части подтверждения заявляемого технического результата, были проведены аналогичные испытания на установление зависимости на прочность при сжатии и прочность на растяжение при изгибе, однако данные испытания проводились только в отношении материала с фракциями щебня размером не более 30 мм, поскольку для образцов с фракциями щебня размером крупнее 30 мм, это не целесообразно (см. табл. 1).

Существует несколько аналогов порошковых стабилизаторов (Powdered polymer, Nicoflok, SSDG, SSPW, PolyCure), в данном эксперименте использовался стабилизатор Nicoflok. Остальные перечисленные стабилизаторы не применялись, однако их влияние на материал подбалластного защитного слоя является схожим, поскольку стабилизаторы обладают однотипными показателями и свойствами.

Количество цемента было взято 3 мас.%, как состав, показавший наиболее хорошие результаты испытаний (по приращению прочности и соотношению  $R_c^B/R_c$ ). Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний с порошковым стабилизатором

Исследуемый состав	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при сжатии после полного водонасыщения $R_c^B$ , МПа	$R_c^B/R_c$	Прочность при растяжении (изгибе) $R_{из}$ , МПа	Модуль деформации, МПа
Без использования порошкового стабилизатора	7,56	5,78	0,75	0,25	201,3
0,15 масс. % порошкового стабилизатора	7,86	6,25	0,79	0,37	208,4
0,23 масс. % порошкового стабилизатора	8,01	6,37	0,79	0,37	207,3
0,3 масс. % порошкового стабилизатора	8,08	6,41	0,79	0,38	244,4

По результатам испытаний, представленных в табл. 2, видно, что применение порошковых стабилизаторов увеличивает прочность на сжатие на 5-6%, прочность при растяжении (изгибе) на 50% и модуль деформации материала подбалластного защитного слоя до 20%, а также уменьшает потери прочности из-за влияния воды на 6-7%.

На фиг. 3 отображена зависимость прочности на сжатие от количества стабилизатора, в соответствии с этим представлены графики: 10 - график зависимости прочности на сжатие от количества стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя; 11 - график зависимости прочности на сжатие от количества стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя в состоянии полного водонасыщения.

На фиг. 4 изображена зависимость прочности на растяжение при изгибе от количества стабилизатора, в соответствии с этим приведены гистограммы: 12 - значение прочности на растяжение при изгибе без содержания стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя; 13 - значение прочности на растяжение при изгибе с 0,15 мас.% стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя; 14 - значение прочности на

растяжение при изгибе с 0,23 мас. % стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя; 15 - значение прочности на растяжение при изгибе с 0,30 мас.% стабилизатора, используемого при укреплении образцов материала подбалластного защитного слоя.

Данные графики и гистограммы являются графическим отображением значений, присутствующих в табл. 1.

Увеличение модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна при применении связующих компонентов проверялось испытаниями моделей (полноразмерных по толщине образцов) подбалластного защитного слоя, толщина которых составляла 25 см, а диаметр 900 мм с гранулометрическим составом с фракцией щебня размером не более 30 мм.

Испытания проводились путем сдавливания модели через круглый металлический штамп с фиксацией его перемещений до достижения давления 0,5 МПа (500 кПа). Испытывались модели (образцы) с и без использования связующих материалов. Под все модели было уложено основание со значением модуля деформации 30 МПа, что позволяет воспроизвести наиболее приближенные к реальности условия эксплуатации железнодорожного пути. Испытания проводились на универсальной испытательной машине серии EPS с установленным гидродоильником номиналом 100 кН.

Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты испытаний модели подбалластного защитного слоя

Исследуемый состав	Модуль деформации по верху модели, МПа
Модель без связующих компонентов	47,89
Модель со связующими компонентами	84,43

Из результатов испытаний следует, что применение связующих компонентов увеличивает модуль деформации по верху основной площадки земляного полотна в 1,76 раз.

В отношении используемого количества воды отмечаем, что наиболее оптимальное её значение, составляет 3-5 мас.%, так как именно этот интервал обеспечивает максимальную плотность материала подбалластного защитного слоя, что обеспечивает уменьшение пустот в слое и способствует повышению связности.

Максимальная плотность грунта напрямую зависит от такого критерия, как влажность. С учетом того, что заявляемый интервал используемой воды обеспечивает оптимальную влажность (полученную в результате испытаний), то при нем будет обеспечиваться и максимальная плотность грунта.

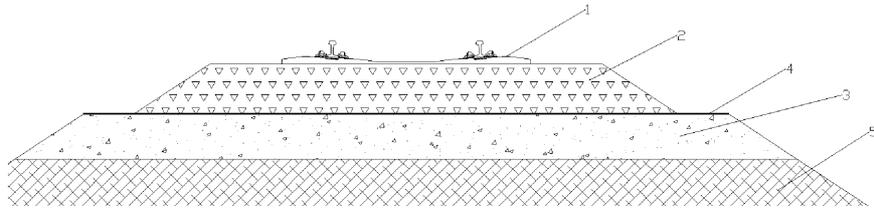
В результате испытаний на основании имеющейся массы образцов и их габаритов, определялась плотность.

С учетом полученного оптимального интервала наибольшая плотность была у образцов с использованием воды в интервале от 3 до 5 мас.%. Для значений до 3 мас.% и более 5 мас.% плотность имела значения меньше, чем в заявляемом интервале, то есть зависимость имеет параболический характер (не представлена в виде графика).

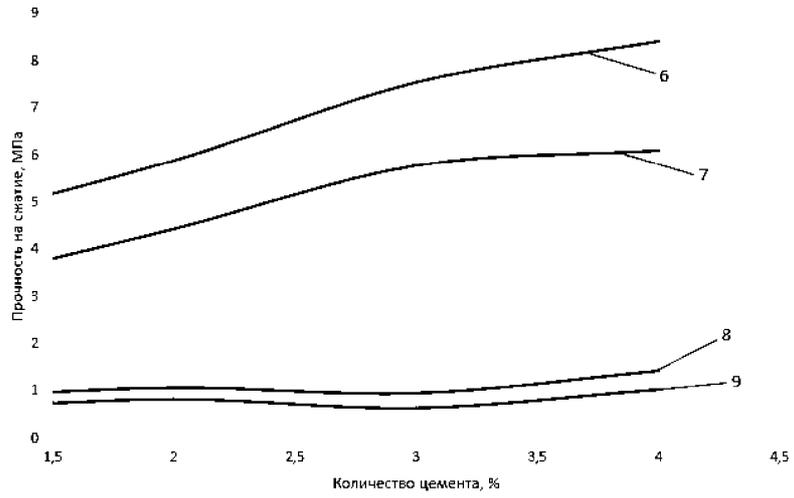
Таким образом, было установлено, что способ реконструкции железнодорожного пути с формированием подбалластного защитного слоя, обладающего указанным гранулометрическим составом, и использованием определенного состава связующего материала позволяют достичь повышения прочности слоя, увеличения как модуля деформации материала подбалластного слоя железнодорожного пути, так и суммарного модуля деформации (с учетом нижележащих слоев грунта), увеличить водонепроницаемость и деформаций морозного пучения (из-за меньшего водопоглощения), как следствие, уменьшить количество дефектов, возникающих в земляном полотне из-за недостаточной прочности грунтов, что в конечном итоге приведет к увеличению долговечности конструкции железнодорожного пути в целом.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

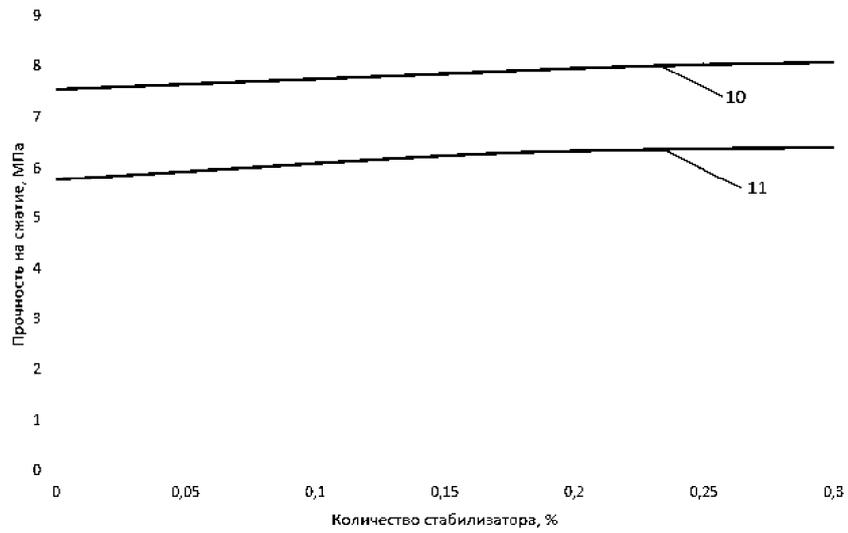
Способ реконструкции железнодорожного пути с формированием подбалластного защитного слоя, характеризующийся тем, что снимают рельсошпальную решетку, вырезают щебень балластной призмы до основной площадки земляного полотна, содержащей балласт в виде щебня, после чего слой грунта земляного полотна, содержащий балласт в виде щебня, фрезеруют до образования разрыхленного регенерируемого слоя и одновременно отсеивают фракции щебня размером более 30 мм, полученный в ходе фрезерования разрыхленный регенерируемый слой смешивают со связующим материалом, включающим цемент в количестве 2-4 мас.% от массы грунта, порошковый стабилизатор в количестве 0,15-0,30 мас.% от массы грунта, воду 3-5 мас.% от массы грунта, разрыхленный регенерируемый слой уплотняют, при этом значение модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна составляет не менее 80 МПа, при вертикальном давлении до 500 кПа, на полученный подбалластный защитный слой укладывают балластную призму, включающую предварительно очищенный, вырезанный щебень балластной призмы или новый щебень, а также фракции щебня, полученные в процессе отсеивания, укладывают рельсошпальную решетку.



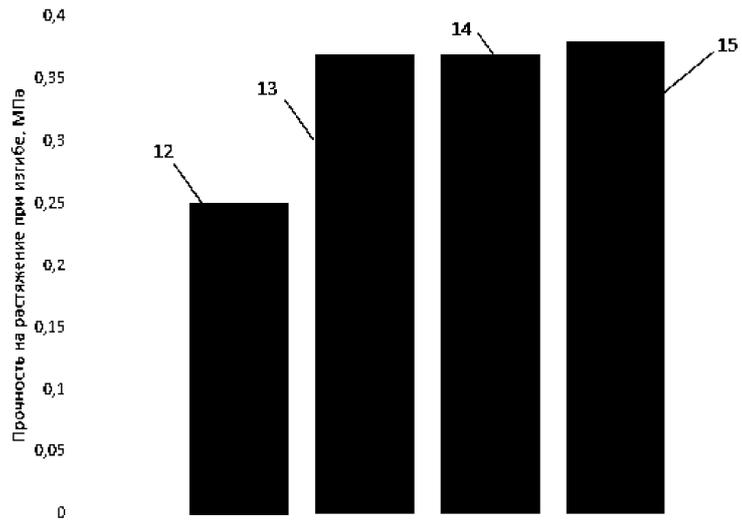
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

