

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)**

III издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД  
по инфраструктуре и подвижному составу 11-13 сентября 2007 г.,  
г. Хисар, Республика Болгария

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и  
подвижному составу 23-26 октября 2007 г., Комитет ОСЖД,  
г. Варшава

Дата вступления в силу: 26 октября 2007 г.

Примечание: теряет силу II издание от 23.10.1980 г.

**Р  
761**

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО МЕТОДАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМЛЯНОГО  
ПОЛОТНА, ПОДВЕРЖЕННОМУ МОРОЗНОМУ ПУЧЕНИЮ  
И СПОСОБАМ БОРЬБЫ С НЕРАВНОМЕРНЫМ ПУЧЕНИЕМ  
(ПУЧИНАМИ)**

## 1. Общие данные

1.1. Изменение высотного положения рельсовой колеи при промерзании и оттаивании грунтов земляного полотна называется пучением железнодорожного пути.

1.2. Пучение железнодорожного пути может быть:

- равномерным, одинаковым по высоте в каждый момент времени на значительном протяжении без ухудшения микропрофиля пути по сравнению с летне-осенним положением;

- неравномерным, с ухудшением микропрофиля пути, но с допустимой разностью уклонов между смежными элементами по условию обеспечения безопасности движения поездов;

- неравномерным, с недопустимой разностью уклонов смежных элементов пути и необходимостью периодической выправки микропрофиля укладкой пучинных карточек и башмаков, а также подбивкой балласта, если неравномерность проявляется только при оттаивании.

Последний вид неравномерного пучения называется пучиной, ряд близко расположенных пучин образуют пучинный участок. Пучины могут проявляться в виде горбов, впадин и перепадов, быть односторонними и переносными.

1.3. Пучение пути происходит вследствие льдообразования в промерзающих грунтах за счет воды зоны промерзания, а также поступающей из талых слоев и водоносных горизонтов.

1.4. Процесс пучения в годовом цикле для смежных сечений с различными условиями увлажнения (рис. 1) в общем случае характеризуется:

- различной интенсивностью пучения  $h(t)$  при сравнительно одинаковом ходе промерзания (рис. 1а);

- различной толщиной зоны промерзания  $H_0$  и различным увеличением в ней влажности  $W_2 - W_1$  (рис. 1 в);

- различной степенью разуплотнения грунта пучением

$$f = \frac{H_n - H_0}{H_0};$$

- остаточным изменением профильного положения пути вследствие локальных подбивок балласта при спаде пучин ( $\Delta_1$ ) или остаточных деформаций грунта ( $\Delta_2$ ) под действием поездной нагрузки (рис. 1 а).

Схема образования пучины дана применительно к наличию бессточного углубления на основной площадке земляного полотна из однородных глинистых грунтов (рис. 1 с).

1.5. Следствиями пучения грунтов могут быть: - необходимость периодической выправки микропрофиля пути для обеспечения безопасности движения поездов;

- увеличенный износ элементов верхнего строения пути (рельсов, креплений, шпал в местах установки пучинных карточек);

- дальнейшее развитие деформаций земляного полотна под действием поездной нагрузки в связи с резким снижением прочности оттаивающих льдонасыщенных грунтов.

1.6. Неравномерное пучение пути может быть следствием:

- неравномерного увлажнения однородных грунтов, чаще всего из-за наличия бессточных углублений на основной площадке, застоя воды в кюветах, локальных выходов грунтовых и технических вод;
- пространственной неоднородности грунтов земляного полотна в зоне промерзания;
- локального нарушения, температурного режима грунтов земляного полотна инженерными сооружениями (наличием платформы, труб, пересечений трубопроводами и т.п.).

Указанные причины могут проявляться самостоятельно или по взаимном сочетании.

1.7. Неравномерное пучение пути подлежит устранению и, прежде всего, на линиях с высокими грузонапряженностью и скоростями движения поездов. Отдельные пучины и пучинистые участки имеют индивидуальные причины и особенности пучинообразования. Назначение вида противодеформационных мероприятий должно проводиться на основании результатов исследования каждого участка.

## **2. Методы исследования пучинистых участков**

2.1. Для установления причин неравномерного пучения отдельных участков должны проводиться исследования, включающие в себя:

- эксплуатационные наблюдения;
- анализ проектной документации;
- инструментальные наблюдения;
- инженерно-геологическое обследование;
- лабораторные испытания грунтов и материалов;

2.2. Эксплуатационные наблюдения имеют целью установить местоположение участка неравномерного пучения, срока выправки и другие особенности для назначения вида инструментальных наблюдений и объема инженерно-геологических работ.

2.3. По материалам проектной документации устанавливается конструкция земляного полотна, виды защитных и укрепленных устройств, инженерно-геологические и гидрогеологические условия участка, состав, состояние и свойства основных разновидностей грунтов.

2.4. Инструментальные наблюдения включают в себя:

- периодическое нивелирование пути для установления изменений его микропрофиля. Нивелирование проводится по головкам рельсов через 2,5 - 5 м по закрепленным точкам не менее двух раз: в предзимний период и при максимальном пучении;
- замер высоты пучинных карточек в характерных местах с привязкой к пикетажу;
- наблюдения за ходом промерзания с использованием мерзлотомеров или термометров;
- наблюдения за уровнем грунтовых вод;
- сравнение результатов нивелирования с результатами измерения путеизмерительным вагоном параметров положения пути по высоте в целях

определения абсолютных величин пучения для составления продольных и поперечных профилей.

2.5. Инженерно-геологическое обследование имеет целью:

- установить очертание поверхности раздела балластных материалов и глинистых грунтов на характерных по величине пучения поперечниках;
- определить виды грунтов земляного полотна, загрязненность балластных материалов, показатели состояния и свойств грунтов естественного залегания (плотность, влажность, прочностные характеристики);
- оценить возможное влияние сезонной верховодки на увлажнение грунтов земляного полотна.

2.6. Лабораторные испытания грунтов проводятся для расчленения грунтовой толщи на элементы с одинаковыми показателями свойств, например, по влажности грунта на пределе текучести, а также уточнения физико-механических свойств грунтов.

2.7. Совместным анализом материалов по п.п. 2.2 - 2.6 устанавливаются причины неравномерного пучения и назначаются к технико-экономическому сравнению варианты противодеформационных мероприятий.

### **3. Способы борьбы с неравномерным пучением пути**

3.1. Для ликвидации неравномерного пучения пути могут быть использованы самостоятельно или во взаимном сочетании следующие мероприятия:

- выведение зоны сезонного промерзания из пучащих грунтов;
- осушение грунтов земляного полотна с исключением возможности их увлажнения поверхностными или грунтовыми водами;
- физико-химическая обработка грунтов для уменьшения или полного исключения их способности к пучению;
- усиление земляного полотна с ликвидацией причин, вызывающих неравномерное пучение.

3.2. Выведение зоны сезонного промерзания из пучащих грунтов может быть осуществлено:

- приведением основания земляного полотна согласно расчету с защитой от пучения;
- укладкой теплоизоляционных покрытий, например, плит из пенопласта, в основании балластного слоя (рис.2);
- подъем пути на балласт;
- вырезкой пучащего грунта на полную глубину промерзания с заменой его дренирующим;
- применением упомянутых выше способов во взаимном сочетании.

3.2.1. Новое основание нижнего строения пути построено из материалов с предписанными геотехническими свойствами, с расчетной толщиной слоев и с надлежащим отводом вод.

3.2.2. Укладка теплоизоляционных покрытий может осуществляться независимо от причин образования неравномерного пучения при условии, что прочностные характеристики глинистых грунтов в талом состоянии обеспечивают

нормированные характеристики пути в части величин модуля упругости подшпального основания, упругой осадки, накопления остаточных деформаций. Вид и толщина защитного слоя определяются технологическим расчетом.

3.2.3. Высота подъема пути на балласт или другие дренирующие материалы определяется с учетом их отличия по теплотехническим свойствам от глинистых грунтов. При подъеме пути, как правило, предусматривается уширение земляного полотна для обеспечения нормативной ширины обочин, переустройство водоотводов в выемках без ухудшения их эксплуатационных свойств.

3.2.4. Вырезка пучащего грунта на полную глубину промерзания требует длительного перерыва в движении поездов и применяется только в случаях, когда свойства и состояние грунтов не обеспечивают необходимой стабильности пути после устройства теплоизоляционных покрытий, подъемки пути на балласт, гидроизоляции, улучшения поверхностного и дренажного водоотводов.

3.2.5. Сочетание упомянутых выше способов для ликвидации неравномерного пучения целесообразно, когда по местным условиям применение одного из них ограничено, например, высота подъемки пути наличием постоянных инженерных сооружений или трудностью производства работ по уширению земляного полотна.

3.3. Осушение грунтов земляного полотна является одним из основных способов ликвидации неравномерного пучения пути как самостоятельно, так и в сочетании с мероприятиями по п.п. 3.2 и 3.4.

Осушение может включать в себя:

- гидроизоляцию основной площадки, например, ПВХ-пленкой;
- совершенствование продольного поверхностного и дренажного водоотвода;
- устройство поперечных дренажных выпусков из бессточных балластных углублений.

3.3.1. Гидроизоляция глинистых грунтов осуществляется в соответствии с «Рекомендациями по применению гидроизоляционных покрытий для повышения несущей способности основной площадки земляного полотна», (второе издание Памятки Р-762/1), вступившей в силу 30.10.2003г.

3.3.2. В зависимости от местных условий совершенствование продольного поверхностного водоотвода предусматривает:

- прочистку и укрепление кюветов с ликвидацией мест застоя воды и накопленных балластных материалов по дну и откосам;
- устройство дренажей мелкого заложения механизированным способом для отвода воды от основной площадки и перехвата верховодки, поступающей с откосов выемок;
- устройство дренажей глубокого заложения для понижения уровня грунтовых вод;
- замена кюветов железобетонными лотками в соответствии с продольным профилем пути.

Устройство дренажей сопровождается укладкой лотков-полутруб или прямоугольных лотков для обеспечения поверхностного водоотвода.

3.3.3. Поперечные дренажные выпуски рекомендуется устраивать при явно выраженных местных углублениях (балластных ложах, мешках), расположения и очертания которых установлены инженерно-геологическим обследованием. Дренажные выпуски могут быть сооружены путем проходки скважин станками горизонтального бурения, пневмопробойниками типа «Крот» или другими способами. Устройство широких поперечных прорезей при расположении дна балластных углублений выше границы сезонного промерзания не рекомендуется из-за опасности возникновения неровностей пути в местах их расположения.

3.4. Физико-химическая обработка грунтов имеет целью резко уменьшить или полностью исключить их способность к водонасыщению или пучению при промерзании. На практике опробованы следующие способы физико-химической обработки.

- обработка грунтов известью с устройством свай;
- нагнетание закрепляющих растворов через скважины;
- электрохимическое укрепление грунтов;
- обработка грунтов добавлением извести, цемента, химических препаратов и других материалов;
- механическая обработка грунтов, преобразование кривой зернового состава грунта;
- укрепление грунтов добавлением извести, цемента, химических препаратов, золы-уноса, пыли, шлака и др.

3.4.1. Нагнетание закрепляющих растворов с устройством скважин, оборудованных затворами в верхней части, или с использованием инъекторов осуществляется в грунтах, обладающих повышенной водопроницаемостью вследствие образования усадочных и деформационных трещин при уменьшении влажности и динамическом воздействии поездной нагрузки. Раствор заполняет трещины и после твердения или полимеризации исключает поступление в грунт воды. Вид раствора и режим нагнетания определяются опытным путем лабораторными и полевыми испытаниями.

3.4.2. Электрохимическое укрепление целесообразно применять для грунтов с повышенной влажностью, когда одновременно с удалением воды (электроосмосом) в грунт через перфорированные электроды можно вводить закрепляющие вещества (например, хлористый кальций). Целесообразность применения электрохимического закрепления и режим обработки определяются лабораторными испытаниями.

3.4.3. Укрепление грунтов цементом, известью, золой уноса и другими веществами путем их механического перемешивания и уплотнения является наиболее эффективным способом усиления земляного полотна, но требует длительного перерыва в движении поездов.

Способ обработки грунтов предлагается на основании результатов геотехнических изысканий и лабораторных испытаний.

3.4.4. Улучшение характеристики грунта достигается его смешиванием с вяжущими материалами в смесительной установке. Улучшенный грунт целесообразно укладывать послойно с помощью бетоноукладочной машины для обеспечения заданного уклона.

3.5. Мероприятия по ликвидации неравномерного пучения пути могут осуществляться как самостоятельно, так и в комплексе общих мер по усилению земляного полотна на участках проявления сплывов, осадок в период интенсивных дождей, необеспеченности нормируемых деформаций подшпального основания, ремонта водоотводных сооружений и т.п.

3.6. Мероприятия по устранению неравномерного пучения целесообразно назначать с учетом перспективы повышения грузонапряженности, осевых и погонных нагрузок на путь от подвижного состава, скоростей движения и изменения других эксплуатационных показателей. Как правило, эти мероприятия должны проводиться на примыкающих друг к другу участках с недопустимой и допустимой разностью смежных элементов пути (см. п. 1.2.) для уменьшения расхода рабочей силы на текущее содержание, износа элементов верхнего строения, а также безусловного обеспечения требований действующих норм в части модуля деформации подшпального основания, упругой осадки величины сезонного изменения профиля и других.

3.7. При разности высот равномерного пучения на границах участка проведения мероприятий проектируются отводы с допустимыми уклонами смежных элементов пути.

#### **4. Меры предупреждения деформаций основной площадки земляного полотна при сооружении новых линий и вторых путей**

4.1. При сооружении новых линий для предупреждения деформаций основной площадки самостоятельно или во взаимном сочетании в зависимости от конструкций земляного полотна и местных условий применяются:

- упрочнение грунтов зоны основной площадки и основания;
- уменьшение напряжения в глинистых грунтах от подвижного состава;
- защита глинистых грунтов от разупрочнения под влиянием природного выветривания;
- организация поверхностного и дренажного водоотвода с понижением, при необходимости, уровня грунтовых вод.

4.1.1. Упрочнение глинистых грунтов осуществляется следующими основными способами:

- уплотнение в комплексе с мерами по сохранению заданной плотности в эксплуатационный период;
- устройством укрепленных слоев добавками цемента, извести, вяжущих материалов, золы износа и другими;
- армированием грунта материалами, способными выдерживать растягивающие напряжения, например, геотекстилем, георешетками, геоклетками;

4.1.2. Защита средне- и сильнонабухающих глинистых грунтов от чрезмерного изменения их влажности по сезонам года осуществляется:

- укладкой защитных слоев из дренирующего грунта, укреплением органическими и неорганическими вяжущими для создания паро- и водонепроницаемого слоя;
- укладкой пленки или других водо- и паронепроницаемых материалов.

4.2. При устройстве защитных и укрепительных покрытий следует учитывать, что некоторые из них обладают комплексом свойств (увеличивают прочность основной площадки, более равномерно распределяют внешнюю нагрузку на подстилающие слои, уменьшают испарение влаги из грунта и препятствуют его увлажнению инфильтрующимися осадками).

4.3. При сооружении вторых путей предупреждение деформаций основной площадки земляного полотна осуществляется с использованием мероприятий по п. 4.1. с учетом некоторых особенностей:

- глинистые грунты существующих насыпей в их откосных частях могут быть разуплотнены природным выветриванием;
- на откосах может находиться неравномерное по толщине покрытие из балластных материалов, а также гумусированные почво-грунты верхнего слоя;
- земляное полотно существующего пути может иметь деформации в виде балластных корыт и лож, пучин, просадок, сплывов и т.п.

4.3.1. При разуплотнении глинистых грунтов в откосной части существующих насыпей и сооружений насыпей под второй путь также из глинистых грунтов следует увеличивать поперечный уклон верха основной площадки так, чтобы после уплотнения ядро насыпи поездной нагрузки не образовалось замкнутых понижений в зоне основной площадки.

4.3.2. Покрытия из дренирующих грунтов должны быть удалены, также как почвенно-растительный слой.

При невозможности удаления песчаного покрытия по условиям обеспечения безопасности движения поездов насыпь под второй путь сооружается из дренирующего грунта.

4.3.3. Существующая насыпь в местах проявления деформаций должна быть усилена. Для этой цели используют, как правило, временное переключение движения на второй путь после его сооружения и предоставление длительных окон для усиления земляного полотна.

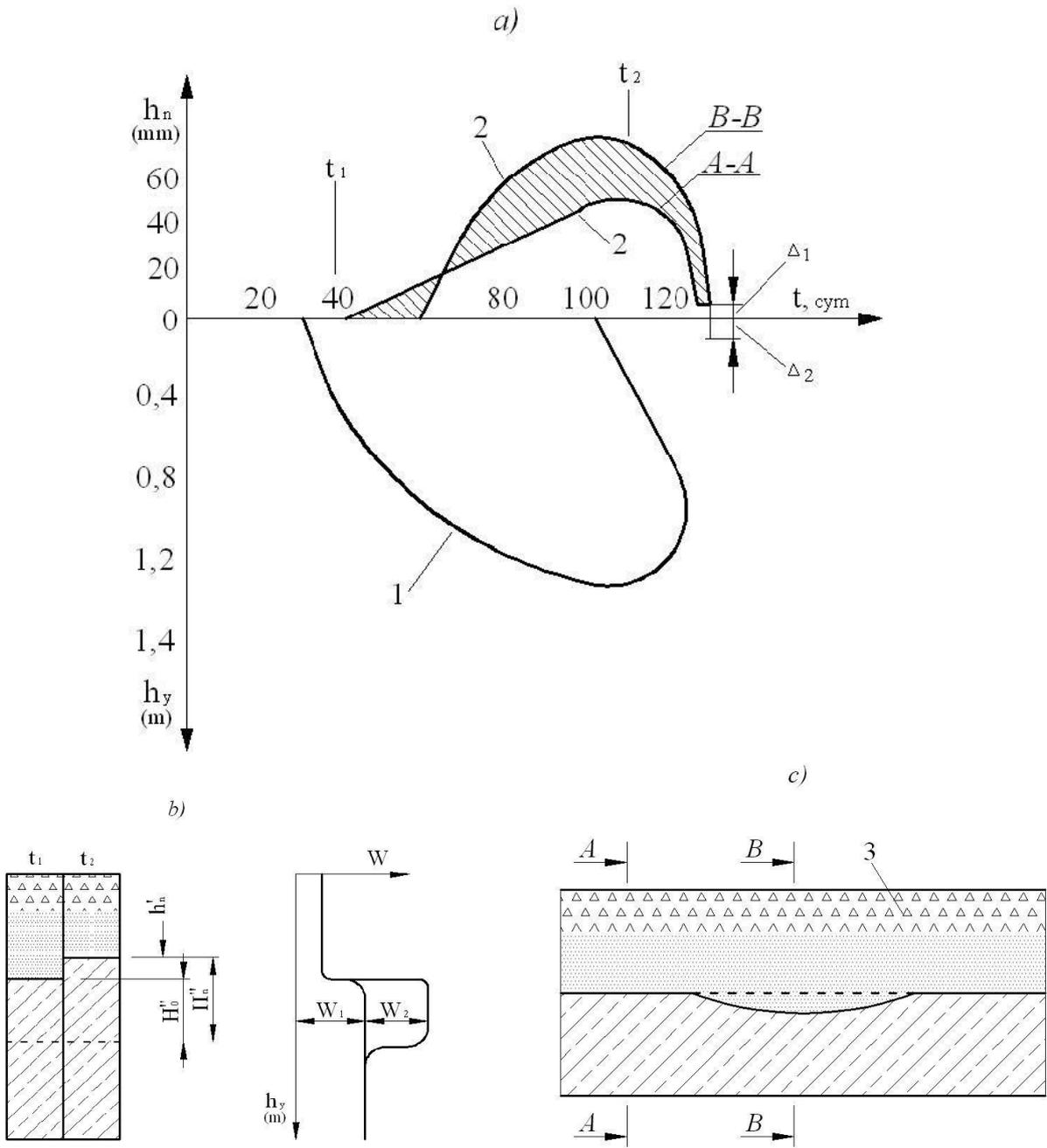


Рис. 1. Характерная схема образования неравномерного пучения: 1-ход промерзания; 2- пучение пути в сечениях А-А и В-В; 3- литологический профиль

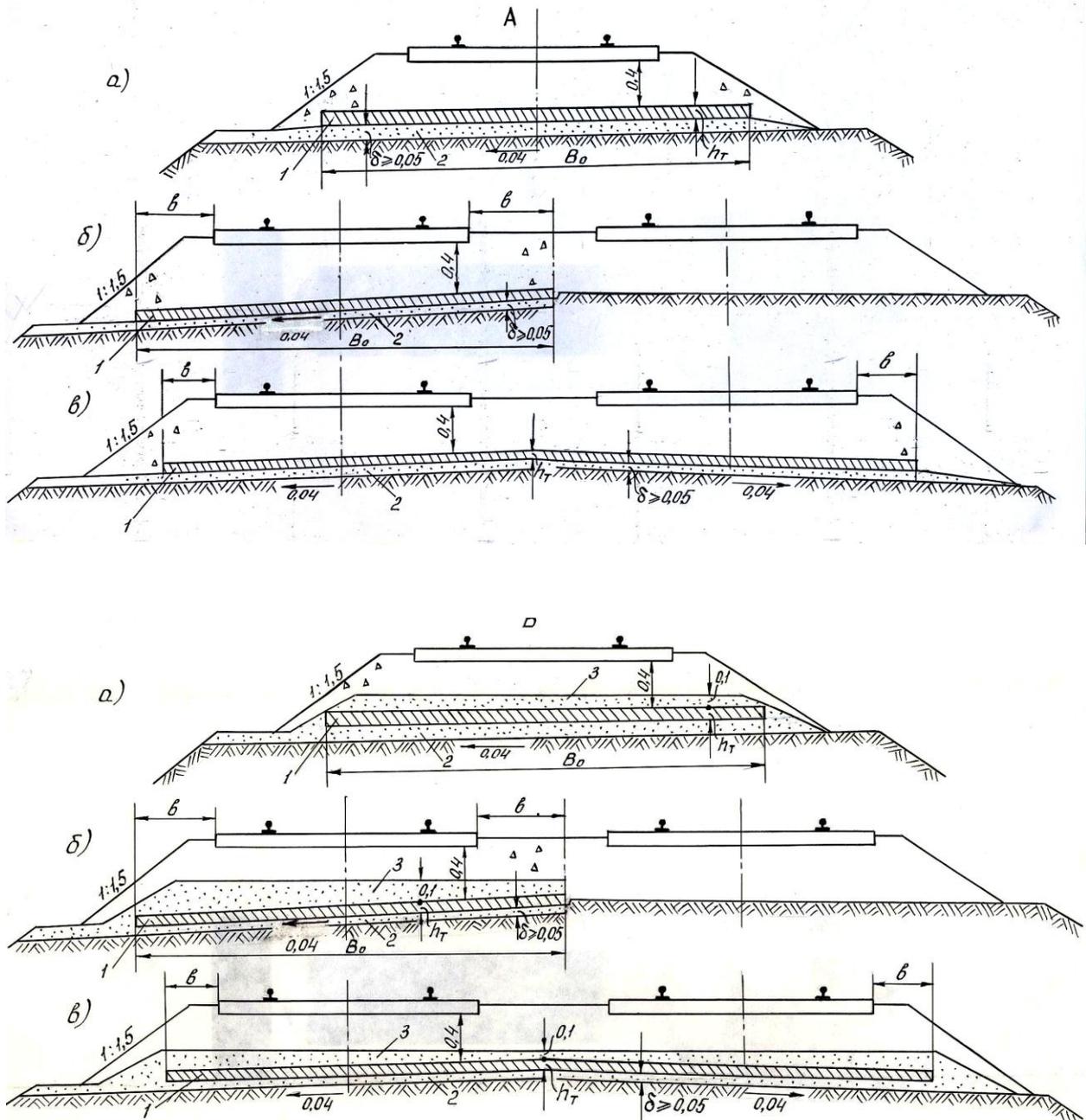


Рис. 2. Схема устройства тепловой изоляции из пенопласта без защитного слоя и с защитным слоем а) на однопутном участке; б) под один путь; в) под два пути на двухпутном участке.

1 – слой тепловой изоляции; 2 – дренирующая подушка; 3 – защитный слой