

ОПЫТ УЧЕТА ФИЗИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К КОНСТРУКЦИЯМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

М.Ш. Алинова, Н.В. Прокопенко

*Павлодарский государственный университет
им.С.Торайгырова*

Большая протяженность территории Республики Казахстан с севера на юг и с запада на восток при резко-континентальном климате приводит к большим различиям в промерзании грунтов и в длительности зимнего периода с устойчивым снежным покровом. Это позволяет выделить на территории республики зоны, существенно отличающиеся глубиной промерзания грунтов, количеством осадков за год и продолжительностью отрицательных температур воздуха. Известно районирование территории Республики Казахстан по глубине промерзания грунтов, предложенное д.т.н. профессором А.Д. Омаровым .

Профессором А.Д. Омаровым выделены территории с глубиной промерзания до 1м (южная зона), территории с глубиной промерзания до 2м (средняя зона) и с глубиной промерзания более 2м (северная зона). В северной зоне Казахстана глубина промерзания грунтов достигает 2,2-2,45м, а длительность морозного периода достигает 5 месяцев, в то время как на юге Казахстана есть территории, на которых промерзание грунтов зимой менее 0,5м.

Преобладающим типом грунтов в рассматриваемых зонах являются сероземы, и почвы горных районов (за исключением территории песчаных пустынь), макропористы, отличаются высоким содержанием пылеватых частиц, преобладанием легких пылеватых суглинков и тяжелых пылеватых супесей. Они относятся к пучинистым и сильно пучинистым грунтам, легко размокают при увлажнении. При замерзании в них интенсивно проявляются мерзлотные процессы с переносом поровой влаги к границе промерзания. При оттаивании они резко снижают свою прочность (до 7 и более раз по сравнению с непромерзшим грунтом). В процессе оттаивания этих грунтов идет их консолидация и упрочнение и к лету грунт вновь набирает утраченную весной прочность. В разных зонах Казахстана эти процессы захватывают разные по толщине слои грунта (в соответствии с глубиной сезонного промерзания).

В течение зимы-весны промерзание-оттаивание избыточно увлажненного грунта верха земляного полотна сопровождается морозным пучением грунта и образованием балластных лож и местных сплывов откосов в весеннее время.

Повышенное увлажнение балластных лож, в просадочных грунтах приводит к формированию в верхней части земляного полотна грязевых мешков, серьезно осложняющих эксплуатацию железнодорожного пути.

Как правило, сплывы грунта откосов возникают при глубине оттаивания 0,3-0,8м по плоскостям раздела оттаявшего и мерзлого грунта. При высоте насыпей до 4м, отсыпанных на прочное основание, весной обычно местных сплывов грунтов откосов не происходит. Чаще всего они наблюдаются на насыпях высотой более 4-6м.

При проектировании земляного полотна новых железных дорог Казахстана и усилении существующего земляного полотна необходимо учитывать как характеристики прочности местных грунтов, так и глубину их промерзания и высоту насыпей. При высоте насыпей из глинистых грунтов более 6м целесообразны проверочные расчеты их прочности и устойчивости. Для новых железных дорог Казахстана актуальна разработка зональных поперечных профилей земляного полотна из глинистых грунтов в вышеприведенных трех зонах. В прошлом необходимость более детального учета грунтовых и климатических условий предлагалась рядом специалистов, но до последнего времени для территории Республики Казахстан проблема обеспечения стабильности земляного полотна железных дорог остается нерешенной.

На железных дорогах Европы, где глубина сезонного промерзания грунтов преимущественно менее 1м, техническими требованиями определены меры, предотвращающие образование весной слабых прослоек грунта насыпей. Для этого ниже балластной призмы (которая по высоте близка к 0,6м), устраиваются из специальной) дренирующей грунтовой смеси подбалластные слои толщиной 0,3-0,5м, ниже которых может находиться глинистый грунт насыпи. Этот грунт под шпалой не промерзает зимой и не создает проблем с резкими просадками рельсовой колеи весной. Защитные слои под балластом выравнивают и снижают удельное давление от поездной нагрузки, защищают от дождевых осадков, защищают от проникновения мелких пылеватых и глинистых частиц в балласт, снижают амплитуды вибраций грунта при движении подвижного состава.

В странах Европы нормируется прочность подбалластных слоев, а в России до сих пор введены только нормы уплотнения грунтов в предположении, что эти грунты достаточно прочные. Однако повышение осевых нагрузок и скоростей движения требует более определенного подхода для обеспечения стабильности насыпей - расчета их напряженно-деформируемого состояния и регламентации прочности применяемых грунтов. Если же местные грунты не имеют достаточной прочности, как, например, суглинки с модулем упругости 25-30 МПа, то необходимо их упрочнение или усиление самой конструкции железнодорожного земляного полотна.

На железных дорогах Германии для скоростей движения поездов выше 100 км/ч учитывается показатель качества – динамическая стабильность подшпального основания.

Согласно нормам СТН Ц-01-95 под балластной призмой требуется устраивать защитный слой толщиной не менее 0,5-1,0м при залегающих ниже глинистых грунтах с влажностью выше предела раскатывания. Для супесей наименьшая толщина защитного слоя 0,5-0,7м.

По строительным нормам толщина защитных слоев из крепких грунтовых пород (песка, гравия, щебня) для дорог колеи 1520 мм принимается порядка 1,2-1,4м, что совпадает с полученными данными для длительно эксплуатируемого земляного полотна. На зарубежных железных дорогах пришли к необходимости усиления земляного полотна в зоне основной площадки. В Италии, Франции, Испании назначают защитные слои толщиной 0,2-0,5м. На железных дорогах высших классов в Германии скорость движения поездов была установлена 160 км/ч, что требовало усиления земляного полотна. Широкий размах получило устройство дренажей и противопучинных подушек. Земляное полотно усиливали для реализации скоростей движения до 160 км/ч. Опыт реализации этой программы и проведение исследований показали, что повсеместно под балластной призмой требуется укладка противодеформационных конструкций. Конструкция и размеры балластной призмы практически сохранены, но введен новый конструктивный элемент пути - защитный слой. К нему сформулированы новые требования, в том числе: по гранулометрическому составу, коэффициенту фильтрации и модулю деформации для защитных слоев из природных материалов. Эти требования обусловили необходимость специального подбора фракций материала и способов его укладки в путь. Параметры подшпального основания регламентируются нормативными документами: правилами, инструкциями и т.п. Так, например, в Германии «Правилами выполнения земляных работ DS 836» установлены численные значения: модуля деформации (сжимаемости), E_{v2} (МН/мм²); степень уплотнения, D_{pr} ; коэффициент фильтрации, K_f , (м/с).

Анализ опыта зарубежных дорог показывает, что для стабильной работы железнодорожного пути значения модуля деформации подшпальных слоев целесообразно устанавливать убывающим от подошвы шпалы к основанию земляного полотна (таблица 1).

Таблица 1 - Модули деформации слоев подшпального основания

Толщина слоя, м	Модуль деформации, E_{v2} , МПа	Наименование слоя
	$E_{v2} = 160-180$	балластная призма
	$E_{v2} = 120(100)$	защитный слой из природных материалов
0,5	$E_{v2} = 80 (80)$	морозозащитный слой
1,3	$E_{v2} = 60$	верхний слой земляного полотна
0,5	$E_{v2} \geq 40$	нижний слой земляного полотна
0,5		грунты основания

Реализация этих параметров для действующих линий за рубежом осуществляется при их капитальном ремонте или реконструкции пути. В качестве материала защитных слоев используются искусственно подобранные песчано-гравийные смеси. В последние годы начали широко применять синтетические материалы, разделяющие балластную призму и земляное полотно: ковры нетканого материала, плиты из пенополистирола. Они препятствуют свободному увлажнению верха земляного полотна, загрязнению балласта снизу и служат теплоизоляторами (плиты пенополистирола и др.).

В России согласно строительно-техническим нормами СТН Ц-01-95 и СНиП 32-01-95 широко применяется усиление балластной конструкции укладкой защитного слоя из дренирующего грунта, в том числе совместно с геотекстилем (нетканым материалом) и плитами пенополистирола. Толщина этого слоя назначается расчетом, но не менее 0,8- 1,0 м для суглинков и глин и 0,5-0,7 м для супесей.

Геотекстиль - это нетканое или тканое синтетическое полотно, которое в конструкции земляного полотна может выполнять роль:

- разделительного слоя между конструктивными слоями дорожной одежды;
- фильтрующего слоя, способствующего отводу воды из грунтов с малым коэффициентом фильтрации и повышению их плотности и прочности;
- армирующего элемента, распределяющего напряжения в грунтовом массиве и частично воспринимающего растягивающие усилия.

Применение этих материалов позволяет снизить объемы земляных работ (за исключением случаев необходимости удаления слабых грунтов), сократить расход привозных грунтов, обеспечить устойчивость основания и откосов насыпей. Устройство прослоек также исключает (уменьшает) взаимопроникновение материалов насыпи и грунта основания (разделительная прослойка), улучшает условия отсыпки и уплотнения насыпи, что облегчает технологию производства работ, сокращает потери материала насыпи (технологическая прослойка).

В последние годы геосинтетические материалы стали применяться и в Республике Казахстан. Одним из предприятий, выпускающих геосинтетические материалы, является ТОО «КазГеоСинтетика».

Настоящие проектные решения разработаны исходя из необходимости создания бездеформативного и равножесткого подрельсового основания, обеспечивающего стабильность пути на расчетный период времени. Проектные решения разработаны в соответствии с требованиями СНиП РК 3.03-01-2001, СНиП РК 3.03-09-2003, Рекомендации по применению геосинтетических материалов КазДорНИИ и других ведомственных нормативных документов, а также опыта применения геокаркас KGS в РК (при ремонте ж.д. на перегоне Никельтау-Хромтау 7км) и в РФ РФ (при усиленном капитальном ремонте линии С. Петербург-Выборг-Гос.граница).

Мероприятия по усилению земляного полотна предусмотрены «Техническими условиями на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути» № ЦПТ51 РФ. Ими предусматриваются работы по планировке основной площадки и устройству подбалластных защитных слоев. В качестве таких слоев уже достаточно широко используются покрытия из пенополистирола и геотекстиля. Однако в местах повышенного динамического воздействия и при неблагоприятных инженерно-геологических условиях их технические характеристики не позволяют в полной мере ликвидировать причины деформаций основной площадки. В этих случаях уместно использовать геокаркас KGS, представляющие собой объемные конструкции из полимерных материалов совместно с геотекстилем.

При устройстве насыпей железных дорог защитные (технологические и разделительные) прослойки из ГТ KGS разновидностей 300ч600 устраивают непосредственно на слабом грунте – по всей ширине подошвы насыпи с запасом не менее 0,5 м в каждую сторону (рисунок 3а). В этом случае возможна как поперечная, так и продольная укладка полотен ГТ с перекрытием не менее 0,5 м. При продольной укладке величина перекрытия «b» должна быть уточнена с учетом ожидаемой осадки «S» ($b = 0,15 + 0,2 S$, м), рассчитанной в соответствии с действующими нормативами.

Подобное решение рекомендуется применять также при устройстве земляного полотна на основаниях, сложенных глинистыми грунтами с коэффициентом консистенции $> 0,5$, мокрыми солончаками и т.д.

Обеспечение устойчивости основания и откосов постоянных дорог при снижении неравномерности осадки достигается путем увеличения жесткости нижней части насыпи. В этом случае должна быть обеспечена равнопрочность устраиваемой прослойки из ГТ как в продольном, так и в поперечном

направлениях. Армирующие (одновременно защитные) прослойки из ГТ KGS 450x600 укладывают в один или два слоя, объединяя их в обойму (рисунок 3б) для защиты откосных частей насыпи и достижения армирующего эффекта (повышения жесткости нижней части насыпи и равномерности осадки). В этом случае применяют поперечную укладку полотен ГТ; при этом требования к механической прочности ГТ должны быть повышены.

При строительстве железных дорог в сложных грунтово-гидрологических условиях ГТ укладывают непосредственно на основание (рисунок 3в) или в нижней части насыпи (см. рисунок 3г). Основные конструктивные решения представлены на рисунке 3.

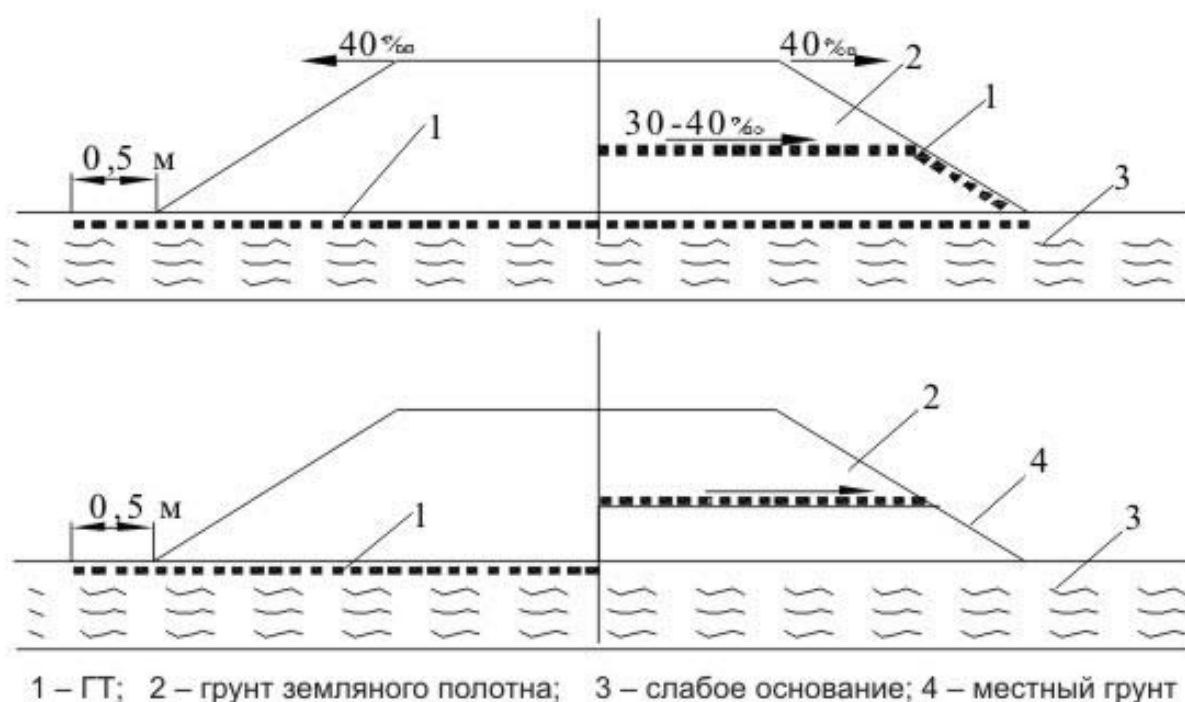


Рисунок 3 - Прослойки из ГТ ТОО «КазГеоСинтетика» в нижней части и основании насыпи ж/д полотна
(а - при использовании привозных грунтов; б- грунт в обойме; в,г- при использовании местных грунтов повышенной влажности)

В пресекте Строительство железнодорожной линии «Узень – государственная граница с Туркменистаном» земляное полотно запроектировано в соответствии с требованиями СНиП 3.03-01-2001 «Железные дороги колеи 1520мм», другими нормативными документами. На всем протяжении земляное полотно предусмотрено из обыкновенных грунтов с шириной поверху 7,3м. Проектируемое земляное полотно предполагается отсыпать, учитывая местные условия, из сосредоточенных карьеров и разрабатываемых выемок. В соответствии с Задаaniem Заказчика и на основании рекомендации ГП

«РосДорНИИ» разработаны конструкции стабилизаций земляного полотна, а суглинистых и супесчаных грунтах с применением геосинтетических материалов (геокаркас, геотекстиль). Принятый метод стабилизаций земляного полотна состоит в укладке армирующего материала геотекстиль -250гр/м² и геокаркас 200мм в рабочем слое земляного полотна.

Технология производства работ при строительстве земляного полотна железных дорог с использованием геотекстильного материала (ГТ) и объемной георешетки (геокаркас) включает в себя все этапы строительства традиционным методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Омаров А.Д. Земляное полотно железных дорог Казахстана - Алматы: изд. «Б». - 2000.
2. Шахуняц Г.М. Железнодорожный путь - М.:Транспорт, 1987. - 3-е изд.
3. Справочник по земляному полотну эксплуатируемых железных дорог // Под ред. Подпалого А.Ф. М.:Транспорт, 1981.
4. Технические указания на применение пенополистирола и геотекстиля при усилении основной площадки земляного полотна без снятия рельсошпальной решетки - М.: ПТКБ ЦП МПС, 1999.
5. Методические рекомендации по применению геосинтетических материалов в дорожном строительстве // РРК 218-42. - Астана, 2005.

Түйіндеме

Тону тереңділігіне байланысты темір жолдарды аудандастырудың мәселелері қарастырылған. Қазақстан мен шетел елдердің геотексильден жасалынған жер қабатының шиеленісті – деформацияланған қалпы тәжірибесі көрсетілген.

Resume

Questions of division into districts of the railways depending on depth of freezing are considered. Experiences of foreign countries and Kazakhstan the intense-deformed condition of an earthen cloth with the device of a protective layer from geotextiles are resulted.