

3. СНиП 2.05.02-85\* МОСКВА 2004.
4. Прикладная аэродинамика: Учеб. пособие для вузов /Под ред. Краснова Н.Ф.- М.: Высш.шк., 1974.- 732с.
5. Аэродинамика Краснов Н.Ф.. Ч. I. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла. Учебник для втузов. - М., Высшая школа, 1976. - 384с.
6. Основы гидравлики и аэродинамики В. И. Калицун [и др.]. - М. : Стройиздат, 2004. - 296с.

**УДК 625.122**

**Шаяхметов Саулет Берликашевич – к.т.н., доцент (Алматы КазАТК)  
Апшиқур Байтақ – к.т.н., доцент (Алматы КазАТК)**

### **ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ПЕСЧАНЫХ ПУСТЫНЯХ КАЗАХСТАНА**

В ежегодном послании к народу Казахстана глава государства Нурсултан Назарбаев указал на необходимость стратегического развития инфраструктуры для устойчивого роста экономики. Необходимо интегрировать транспорт Казахстана в мировую транспортную сеть. Для этого требуется поднять технический уровень транспорта.

Начертание сети магистральных железных дорог Республики Казахстан и их мощность не полностью удовлетворяют потребности в перевозках грузов и пассажиров. Недостаточно используются возможности транзитных железнодорожных перевозок из Китая в Европу.

По оценке ученых ведущих стран мира Казахстан занимает шестое место в мире по запасам природных ресурсов, но из-за недостаточного развития инфраструктуры не может использовать это преимущество с наибольшим для себя эффектом. По подсчетам некоторых ученых разведанные недра Казахстана оцениваются примерно в 10 триллионов долларов США. Казахстан - одна из богатейших стран мира по запасам нефти, газа, титана, магния, олова, урана, золота и других цветных металлов.

Нефтяные месторождения у берегов Каспийского моря - Тенгиз, Прорыва, Каламкас, Каражанбас - всего лишь "окраина" мощной нефтяной залежи, ядро которой находится в северной части Каспийского моря, где общие запасы оцениваются в 3-3,5 миллиарда тонн нефти и 2-2,5 триллиона кубометров газа. На территории Казахстана разведаны более 100 угольных месторождений, крупнейшими из которых является Экибастузское месторождение, отличающееся большой мощностью бурогоугольных пластов, и Карагандинский угольный бассейн с запасами свыше 50 миллиардов тонн коксующихся углей.

Для освоения этих богатств, прежде всего, необходимо строительство новых железных дорог и трубопроводов. Но значительную площадь в Казахстане имеют солончаки, песчаные пустыни и полупустыни. Пустыни Казахстана - это край безводья. Климат здесь характеризуется чрезвычайно редкими дождями и высокой температурой воздуха летом, жестокими морозами зимой, частыми ветрами, вызывающими песчаные бури, крайне сухим воздухом, резкими колебаниями температуры летом даже в течение суток.

Через 10 лет более 8500 км магистральных железных дорог Казахстана должны стать скоростными. Предусмотрено существенное повышение осевых вагонных нагрузок и скоростей движения поездов. «Транспортная стратегия Республики Казахстан до 2015 года» предусматривает строительство ряда новых железных дорог, в том числе через пустыни Казахстана для обеспечения транзитных перевозок и улучшения межрайонных связей.

Наибольшую сложность сооружения и текущего содержания железнодорожного пути в песчаных пустынях имеют участки с подвижными барханами, где ежегодно через каждый погонный метр пути переносится от 2.0 до 10м<sup>3</sup> песка.

Происходит засорение балластной призмы пути, требуются более частые ремонты пути из-за того, что рельсошпальная решетка постепенно «тонет» в песке под влиянием вибраций пути и образования «песчаных пучин».

Грунт для сооружения земляного полотна железных дорог является самым дешевым строительным материалом. Однако барханный песок, из которого отсыпаются железнодорожные насыпи, выдувается постоянно дующим в пустынях ветром и приобретает текучесть при воздействии вибраций. Действующие нормативы не в полной мере учитывают эти особенности. Нет рекомендаций по рациональному направлению трассы железной дороги в барханах, по рациональной высоте насыпей, по защите от вибраций, вызванных движением подвижного состава, насыпей и ближайших зданий и сооружений.

Горная территория Казахстана подвержена воздействию землетрясений, которые необходимо учитывать при строительстве новых железных дорог [1-2]. Перенос песка, эрозия откосов насыпей на фоне высокой сейсмичности формируют особенности эксплуатации железнодорожного пути в барханных песках Казахстана [3].

По прогнозам «НК Қазақстан Темір Жолы» объем транзитных перевозок к 2020 году вырастет более, чем в шесть раз по сравнению с уровнем 2009г, а общий грузооборот вырастет более, чем в два раза. Чтобы обеспечить эти перевозки потребуются строительство новых железных дорог, повышение пропускной и провозной способности дорог [4]. Новые железные дороги примут новый подвижной состав с более высокими осевыми нагрузками.

Овладение нарастающими перевозками будет достигаться использованием большегрузных вагонов для перевозки угля и руды и повышением скоростей движения поездов. Увеличение осевых нагрузок и скоростей движения существенно повысит напряженно-деформированное состояние нижнего строения пути. Важным в этих условиях является выбор конструкции пути.

Проблеме выбора и расчета конструкции железнодорожного пути посвятили свои исследования профессора В.Г.Альбрехт, С.М.Биттибаев, В.Б.Бредюк, С.П.Васильев, А.К.Дюнин, Е.Т.Ауесбаев, Р.С.Закиров, Э.П.Исаенко, Н.И.Карпущенко, С.А.Косенко, М.Мирахмедов, А.Д.Омаров, Ю.П.Смолин, А.А.Цернант, С.Н.Шарапов, Г.К.Щепотин, А.К.Уразбеков, С.С.Хасенов, Т.Г.Яковлева и многие другие специалисты. Опираясь на результаты их исследований необходимо учитывать реалии современной ценовой политики, региональные особенности, новые возможности науки и цели развития Республики Казахстан.

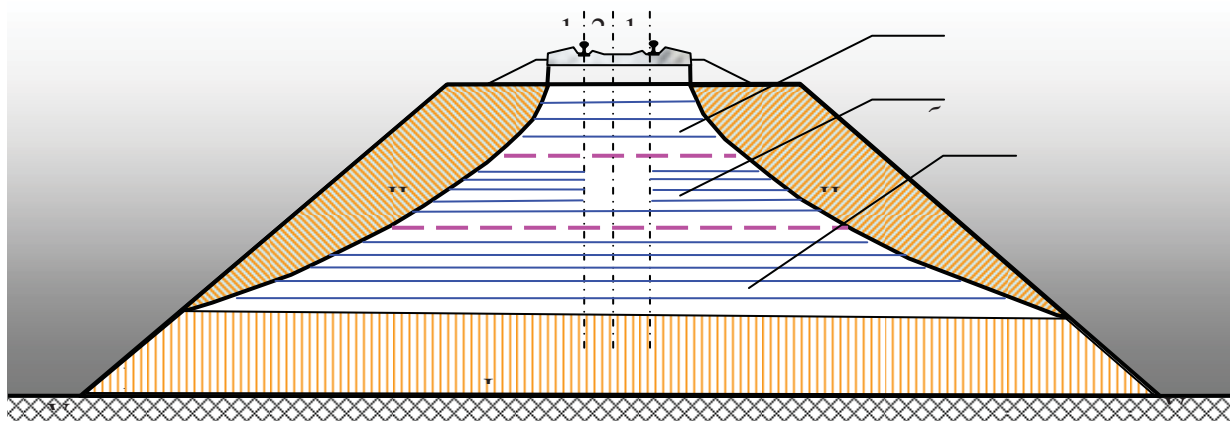
Частые отказы земляного полотна магистральных железных дорог Казахстана сегодня являются барьерными при организации движения. На их ликвидацию расходуются большие объемы материально-технических средств. Проводятся мероприятия по усилению земляного полотна, но, как показывает практика, положение практически не меняется. Дефектность земляного полотна по данным Департамента пути и сооружений магистральных железных дорог КТЖ по-прежнему остается высокой и не опускается ниже уровня 10% от протяженности сети. Необходим более полный учет местных условий строительства новых железных дорог в пустынях Казахстана - в частности, строительства в зоне барханов [5]. Песчаные насыпи в зоне барханов необходимо проектировать с учетом ветрового переноса песка, сейсмичного фона и изменчивости механических свойств мелких сухих песков при вибрации от движущейся поездной нагрузки.

Анализ нормативов по проектированию земляного полотна в песках выявил различие требований по крутизне откосов в разных нормативах и отсутствие нормативов по трассированию железных дорог и назначению высоты незаносимой насыпи в зоне барханов.

Проанализированы следующие способы укрепления откосов песчаных насыпей, применяемые в Казахстане. Применяемые способы защиты от ветровой эрозии не учитывают характерного для зоны барханов распределения скоростей ветропесчаного потока. На основании выполненного анализа сформулированы цели исследования.

Анализ результатов исследований вибрации пути при пропуске поездов и экспериментальному исследованию изменчивости механических свойств барханных песков Южного Казахстана при динамических нагрузках.

Исследованию амплитудно-частотных характеристик колебаний пути посвятили свои работы профессора М.Ф.Вериго, А.Я.Коган, А.А.Коншин, Г.Н.Жинкин, Э.П.Исаенко, И.В.Прокудин, Ю.П.Смолин и другие. Динамика работы пути под поездной нагрузкой неоднократно обсуждалась на сессиях ОСЖД. Выявлены зоны распределения напряженно-деформированного состояния насыпей (рисунок 1). В спектре скоростей колебаний грунта на основной площадке земляного полотна (зона 1а) вертикальная составляющая  $V_z$  находится в пределах 180 Гц; горизонтальные составляющие (поперек насыпи –  $V_y$  и вдоль насыпи –  $V_x$ ) имеют, кроме того, в спектре отдельные максимумы амплитуд в диапазоне частот 200-300 Гц. По данным специалистов Японии при скорости движения поезда 202км/ч частоты колебаний превосходили 500Гц. Амплитуды горизонтальных составляющих колебаний  $V_x$  не только приближаются по своим величинам к вертикальным  $V_z$ , но могут их превосходить, например, для высоких насыпей, кривых участков пути и при скоростях движения больших 100км/ч.



I - ядро насыпи; II - зона в нижней части насыпи; III - откосы; IV - основание насыпи; 1-1 - сечение под рельсами; 2-2 - сечение по оси пути.

Рисунок 1 - Зоны насыпи

Динамическое воздействие подвижной нагрузки сравнительно быстро затухает в поперечном сечении и по глубине земляного полотна. Экспериментально подтверждено, что вибрационное воздействие на песчаные насыпи существенно в верхней (около 2.5м) части насыпи.

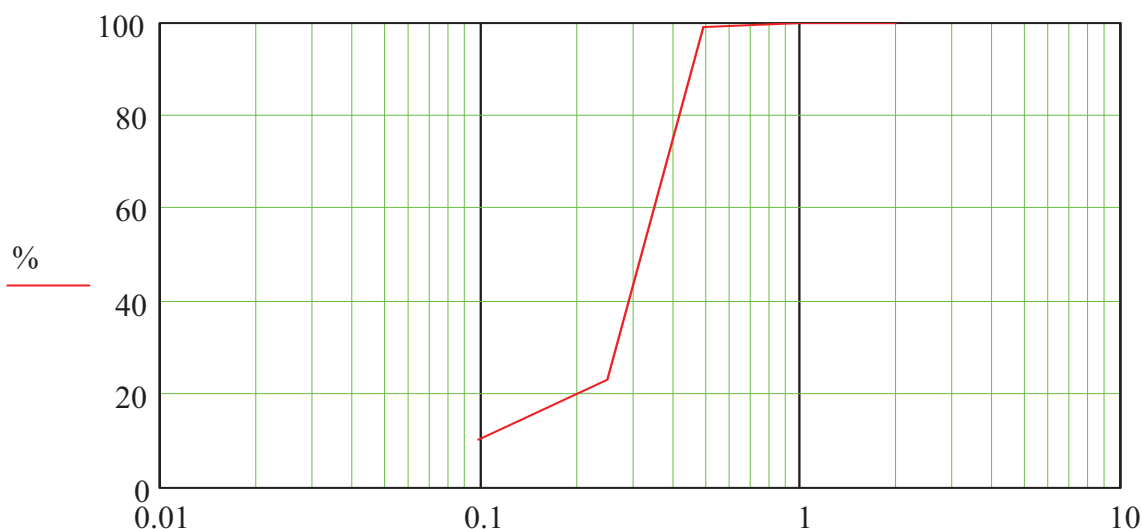
Применение подкладочных промежуточных рельсовых скреплений с упругими клеммами позволяет снизить собственную частоту колебаний пути и амплитуды колебаний шпал и балласта [6].

Повышение скоростей движения поездов увеличивает частоту вибрации элементов пути, а увеличение осевой нагрузки увеличивает амплитуды колебаний.

Вибрационное воздействие, вызванное движением поездов, существенно влияет на устойчивость верхней части (2.5-3м) откосов песчаных насыпей земляного полотна. При вибрации происходит снижение угла внутреннего трения песка на 10-15% по сравнению со статическими испытаниями.

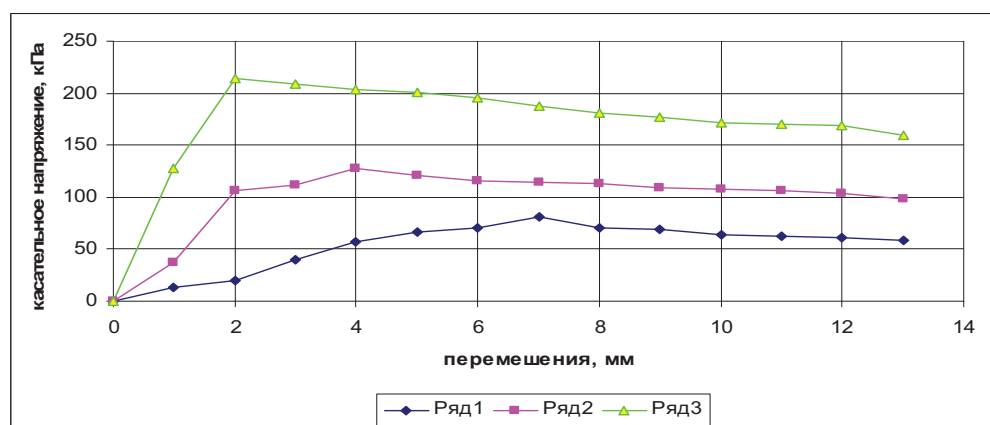
Применение промежуточных рельсовых скреплений с упругими клеммами уменьшает амплитуду колебаний железобетонных шпал в 2-3 раза [7].

Экспериментальные исследования грансостава и механических свойств барханных песков на строящейся линии Жетыген-Коргас позволяют отнести эти пески к мелким, неоднородным, средней плотности сложения [8-9]. Угол внутреннего трения этих песков при динамическом воздействии снижается до 27 градусов (примерно на 15% против статики), (рисунок 2). Механическая прочность этих песков недостаточна для устройства основной площадки земляного полотна (менее 40МПа), (рисунок 3,4). Пески практически не имеют удельного сцепления.



**Примечание:** по вертикали: диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится (по весу) 60 % частиц; по горизонтали: диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится (по весу) 10 % частиц;

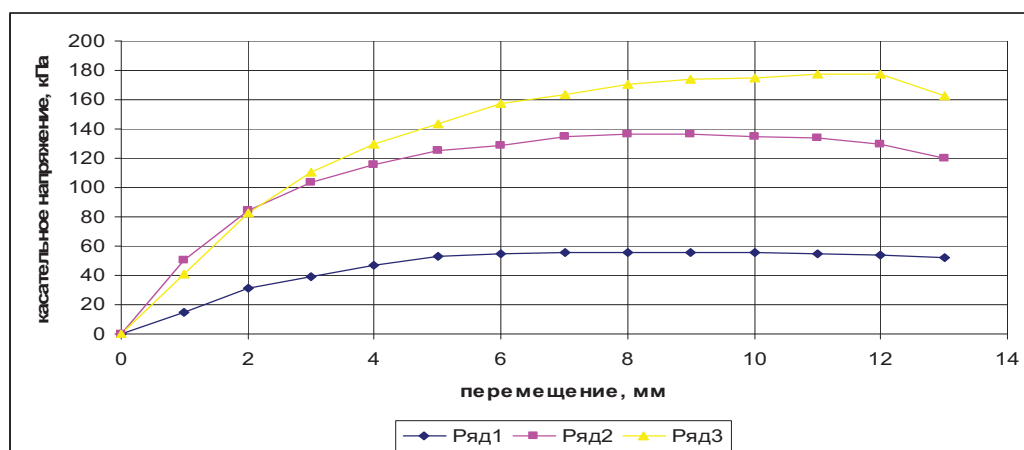
Рисунок 2 – Гранулометрическая кривая барханного песка



Ряд1 – 100 кПа, Ряд2 – 200 кПа, Ряд3 – 300 кПа

Ряды - показания динамометра, 100,200,300 кПа - нормальные напряжения

Рисунок 3 – Диаграмма сдвига барханных песков в статике



Ряд1 – 100 кПа, Ряд2 – 200 кПа, Ряд3 – 300 кПа

Рисунок 4 – Диаграмма сдвига в барханных песках в динамике

Из сравнения приведенных на рисунках 3,4 диаграмм видно, что динамика нагрузки существенно снижает прочностные характеристики барханных песков.

Традиционная конструкция железнодорожного пути, до последнего времени применяемая в Казахстане в зоне подвижных барханов, (в частности, при строительстве участка Жетыген-Коргас), по техническим и экономическим параметрам не удовлетворяет современным требованиям стабильности пути. Она требует больших затрат материалов и рабочей силы на текущее содержание рельсового пути, не обеспечивает из-за частых ремонтов постоянную доступность инфраструктуры для выполнения перевозок. При ее эксплуатации появляется большое количество неровностей рельсовой колеи, возбуждающих колебания подвижного состава при его движении и приводящих к расстройству пути. Намеченное повышение скоростей движения магистральных поездов сверх 140км/ч (что пока в пустынях Казахстана не реализуется) увеличит частоту вынужденных колебаний пути. Под влиянием высокочастотных вибраций пути возникнет разжижение песка верхней части насыпей и погружение в песок более тяжелой рельсошпальной решетки. Поэтому, необходима разработка и обоснование новых конструкций железнодорожного пути, лишенных указанных выше недостатков и пригодных для механизированной очистки и удаления принесенного к пути песка.

Проведение исследований этой проблемы весьма актуально. Тема рассматриваемой работы связана с отраслевой комплексной программой по проблеме 22.00.00 –«Разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии на железных дорогах Казахстана», со «Стратегией вхождения Казахстана в число 50-ти наиболее конкурентоспособных стран мира».

Данное исследование проведено в рамках:

-отраслевой комплексной программы по проблеме 22.00.00 «Создание и внедрение надежных, технологических и обслуживающих конструкций пути в целях обеспечения высокой скорости и интенсивности движения поездов»;

-государственной стратегией развития железнодорожного транспорта до 2015г, утвержденной Президентом Республики Казахстан Н.А.Назарбаевым.

При малых размерах движения поездов возможно активное текущее содержание пути в населенных районах. В таких случаях уместно применение модернизированной традиционной конструкции пути, которая на усиление почти не требует дополнительных затрат при строительстве. Модернизация состоит в закреплении низа щебеночного слоя и в предотвращении просачивания нижележащего песка в щебень.

Когда верх земляного полотна представлен мелкими барханными песками, от вибрации при проходе поездов возможен переход песка в текучее состояние.

При этом щебенки балластного слоя будут погружаться в нижележащий слой песка, формируя просадки пути. Чтобы исключить погружение щебня в песок верха земляного полотна, необходимо поверху песчаной подушки уложить слой нетканого материала и поверх нетканого материала уложить геосетки или геоячейки. Тогда нижний слой щебня будет защищен от погружения в песок и закреплен от расползания в стороны геосеткой.

В этом случае происходит лучшее распределение поперечной нагрузки от подвижного состава на земляное полотно (рисунок 5). Укладка слоя геотекстиля и георешеток или геоячеек под щебеночный слой предлагается нами, как модернизация традиционного поперечного профиля земляного полотна (рисунок 6).

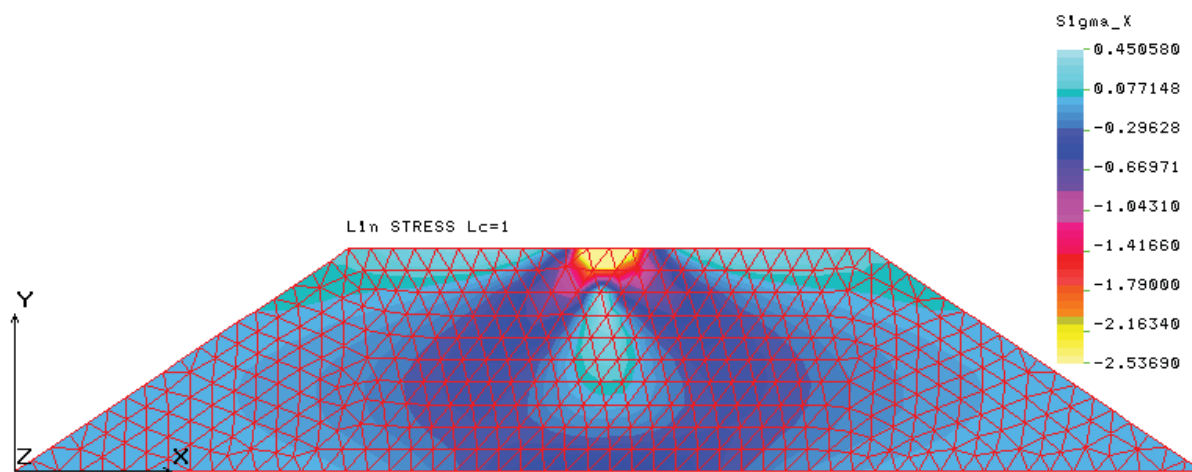


Рисунок 5 - Распределение горизонтальных напряжений в теле насыпи без укладки геоячеек под слоем щебня

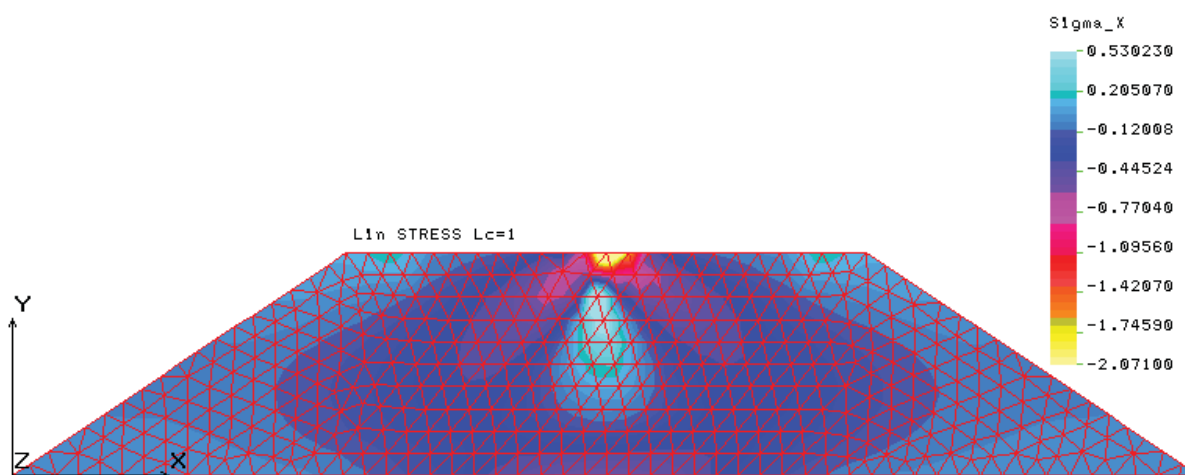


Рисунок 6 - Распределение поперечных напряжений в теле насыпи после укладки геоячеек под слоем щебня (исследованные данные)

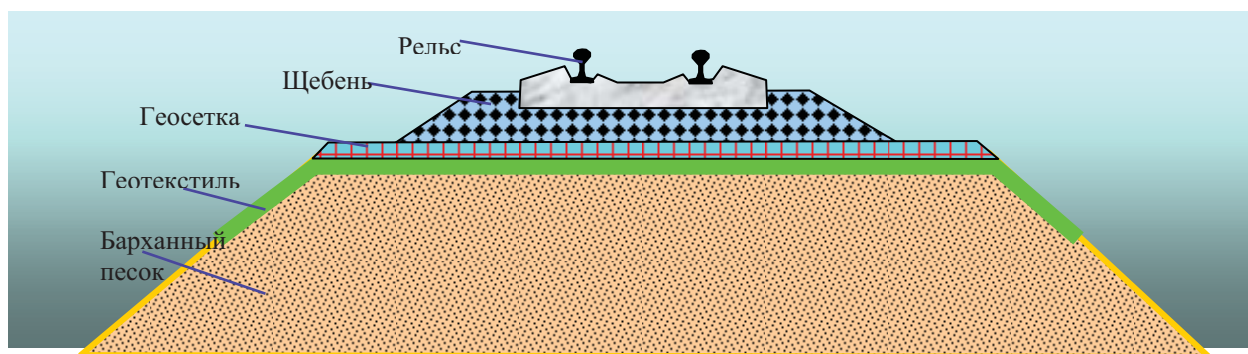


Рисунок 7 - Предлагаемый тип конструкций пути

При малых размерах движения поездов возможно активное текущее содержание пути в населенных районах. В таких случаях уместно применение модернизированной традиционной конструкции пути, которая на усиление почти не требует дополнительных затрат при строительстве. Модернизация состоит в закреплении низа щебеночного слоя и в предотвращении просачивания нижележащего песка в щебень.

**Вывод.** Применение геоячеек позволяет снизить на 20% величину вертикальных напряжений на основной площадке земляного полотна до уровня допустимых 80 кПа. Это позволяет существенно снизить деформативность насыпей из слабых малоустойчивых барханных песков и повысить их эксплуатационную надежность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левшин А.Л. Поверхностные и каналовые сейсмические волны. М., «Наука», 1993, 176с.
2. Саваренский Е.Ф. Сейсмические волны. М., «Недра», 1992, 301с.
3. Гузь Н.С. Влияние ориентации краевой трещины на прохождение поверхностных волн. ПМТФ, 1993, №5, с.155-158.
4. Сихарулидзе Д.И. Строение Земли по поверхностным волнам. Тбилиси, «Мецниереба», 1999, с.247.
5. Закиров Р. С. Железные дороги в песчаных пустынях. – М.: Транспорт, 1980, 221 с.
6. Биттибаев С. М., Хасенов С. С., Шаяхметов С. Б. Конструктивные особенности промежуточных рельсовых скреплений бесстыкового пути. Журнал «Вестник КазАТК», 2005, №2.
7. Шаяхметов С. Б. Усталостные разрушения элементов промежуточных рельсовых скреплений КБ-65 в процессе эксплуатации и их причины. Научный журнал министерства образования и науки «ІЗДЕНІС» Алматы-2008 №1, 294-297с.
8. ГОСТ 12071-2000 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – Астана: ПА «KAZGOR», 2004.
9. ГОСТ 12248-96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости – М.: Изд-во стандартов, 1996.