

Е.П. Медрес, К.С. Евтюкова

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КАК НОВЫЙ ПОДХОД К СТРОИТЕЛЬСТВУ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

В настоящее время дорожное строительство в России приближается к современному мировому уровню в строительной отрасли. Одно из актуальных направлений это строительство дорожных насыпей на слабых грунтах. Внедрение в практику новых технологий строительства дорог с применением альтернативных материалов позволит усовершенствовать конструктивно-технологические решения дорожных насыпей.

Применение альтернативных материалов, таких как пенополистирол и пенобетон, в комбинированной дорожной насыпи технически и экономически выгодно, они обладают достаточно большой долговечностью, что подтверждается международным опытом.

В российской практике, к сожалению, пока нет опыта внедрения таких современных технологий, так же нет методического и нормативного указания и руководства по расчету и проектированию насыпей на слабом грунте с применением, например, пенополистирольных блоков (EPS - блоков - Ekspanđirovanny Penopolistirolny Blocks - расширенные пенополистирольные блоки). Однако Франция, Германия, Япония, Норвегия (с 1972 г.), Великобритания работают в этом направлении; в США существует руководство с общим описанием принципов расчета и проектирования облегченных насыпей из EPS - блоков.

Внедрение в практику технологии строительства комбинированной дорожной насыпи позволит обеспечить устойчивость насыпи, придать ей дополнительную жесткость, исключить вероятность возникновения гидростатического всплытия, а также предотвратить ряд негативных явлений, таких горючесть материалов, вандализм, что позволит усовершенствовать технологические процессы и упростить дальнейшую эксплуатацию. Преимущества от такого внедрения позволят продлить сроки эксплуатации дорожной насыпи [1-4].

Комбинированная насыпь состоит из EPS - блоков, заключенных в «обойму» из пенобетона с дополнительной прослойкой из пенобетона (рис. 1).

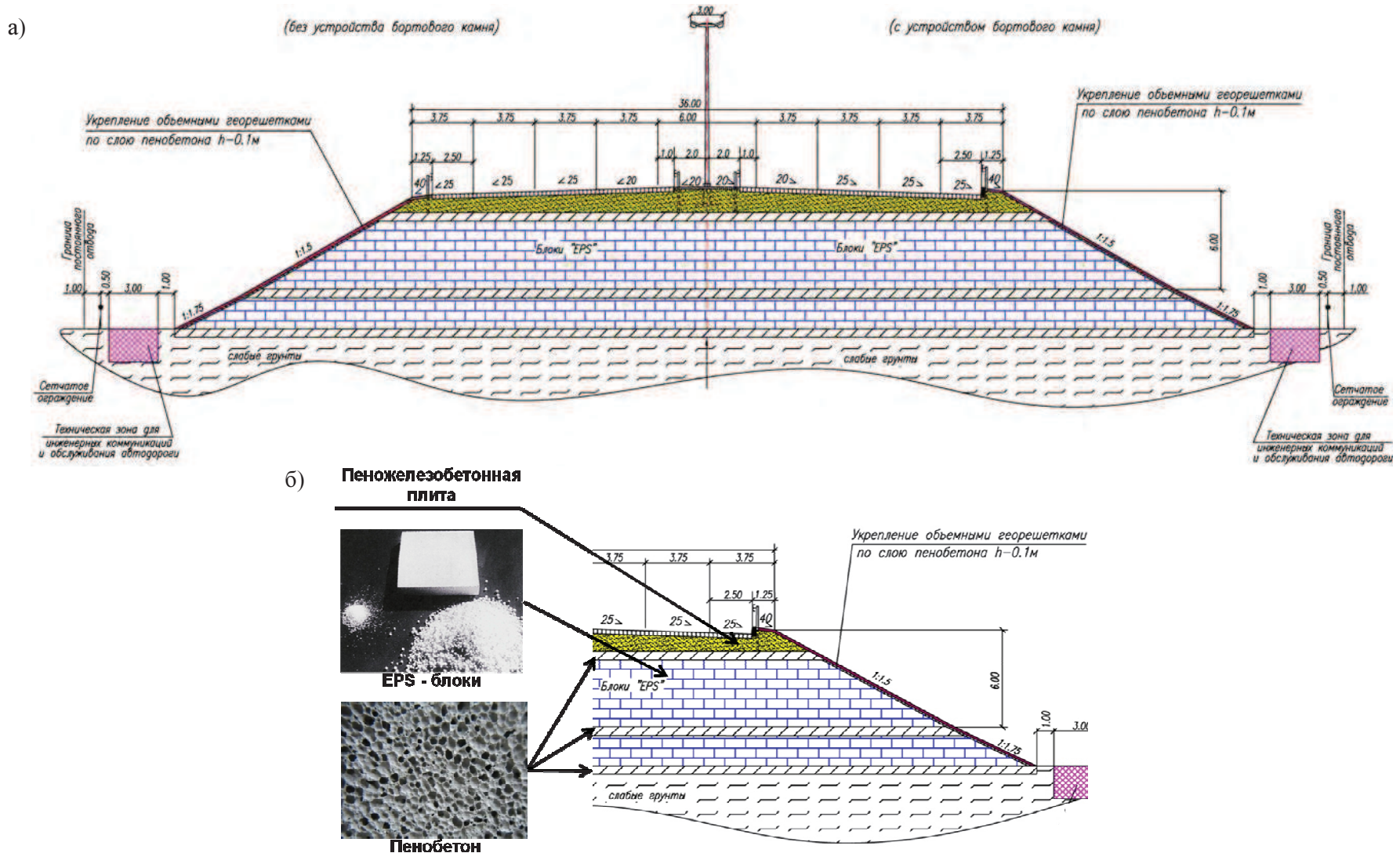


Рис. 1 а) поперечный профиль комбинированной дорожной насыпи на слабых грунтах из EPS - блоками и пенобетоном;
 б) элемент поперечного профиля комбинированной дорожной насыпи на слабых грунтах с легкими заполнителями

Технология строительства комбинированной насыпи и применяемые в ней материалы - пенополистирол и пенобетон - позволяют выявить основные преимущества и особенности данной технологии, такие как: простота монтажа и относительно высокая скорость возведения насыпи, значительное снижение нагрузки на основание слабых грунтов. Все это имеет свою обоснованность и целесообразность.

Однако, есть некоторые проблемы или сомнения, например, возможное гидростатическое всплытие, а также возможность применения EPS - блоков в конструкции насыпи. Все это решается разработанному конструктивно-технологическому решению, а также проведенным испытаниям, доказывающим обоснованность применения в строительстве дорожной насыпи пенополистирольных блоков и пенобетона. Для комбинированной дорожной насыпи целесообразно использовать блоки плотностью не менее 29 кг/м^3 , сопротивлением сжатию при 1% деформации 75 кПа, при 5% - 153,0 кПа, при 10% - 180,0 кПа и пределом прочности при изгибе - 310,5 кПа.

Легкие заполнители - EPS - блоки и пенобетон применяют в качестве закрепителя грунта, как альтернатива замены грунта. Строительство комбинированной насыпи возможно в сравнительно короткие сроки, и к тому же достаточно экономично за счет применения недорогостоящих современных материалов. Преимущества такой единой монолитной конструкции заключены в обеспечении устойчивости, жесткости, исключая риск возникновения гидростатического всплытия, легкости и пожаробезопасности насыпи, и все это позволит продлить сроки эксплуатации [5-7].

Разработанные рациональные объемы EPS - блоков и пенобетона и их отношение в насыпи позволяют определить объем применяемых материалов в зависимости от высоты будущей насыпи, запланированной проектом (рис. 2, 3, табл. 1).

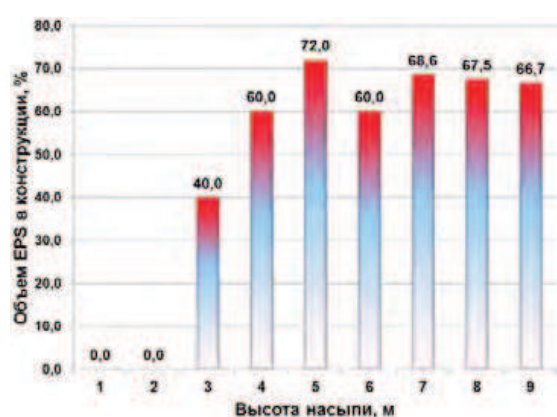


Рис. 2. Рациональный объем EPS в комбинированной насыпи [%]

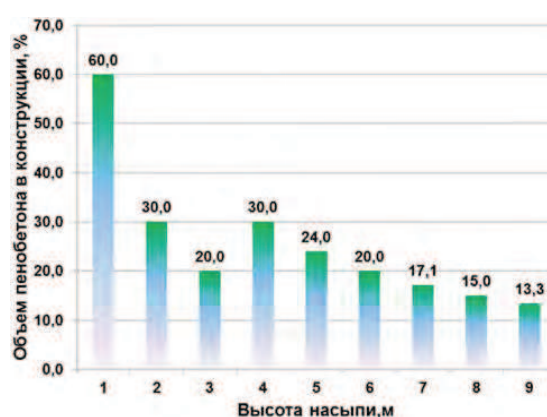


Рис. 3. Рациональный объем пенобетона в комбинированной насыпи [%]

Альтернативная комбинация предлагаемых легких материалов предназначена для ускорения осадки дорожной конструкции, сокращения сроков кон-

солидации слабого грунта, тем самым повышая устойчивость насыпи [3]. Применение пеножелезобетонной плиты придает дополнительную жесткость конструкции, распределяет напряжения и необходима для крепления инженерных сооружений: ограждений, шумозащитных экранов, опор освещения.

ТАБЛИЦА 1

Рациональное отношение материалов в комбинированной дорожной насыпи из EPS - блоков и пенобетона на слабых грунтах

Высота насыпи [м]	Дорожная насыпь
0-1	При глубине выемки 0,4-1,0 м добавление в конструкцию EPS - блоков нецелесообразно
1-2	
2-3	$h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 1:1$ $h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 2:1$
3-4	При включении в конструкцию насыпи дополнительного слоя пенобетона $h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 3:1$ $h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 1:1$
4-5	$h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 2:1$
5-6	$h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 3:1$
6-7	$h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 4:1$
7-8	$h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 4:1$
8-9	$h_{\text{EPS}}:h_{\text{пб}} = 5:1$

Сущность технологии строительства комбинированной дорожной насыпи заключается в послойной укладке легких материалов на слабое грунтовое основание. С помощью мобильной установки подают пенобетон на основание, в подготовленную зону - опалубку, смонтированную непосредственно на строительной площадке. Обладающий хорошей текучестью пенобетон равномерно распределяется и заполняет заданную форму под строительство. Затем опалубочные элементы либо демонтируются, либо становятся частью конструкции. Толщина залитого подстилающего слоя из пенобетона варьирует. Необходимость строительства подстилающего слоя из пенобетона обусловлена необходимостью выравнивания поверхности для первого массива из EPS-блоков и предотвращения гидростатического всплытия.

Поверх подстилающего слоя из пенобетона укладывают EPS-блоки. Блоки должны быть плотно прижаты друг к другу со всех сторон и с минимальным совпадением вертикальных швов между ними. Основная цель - обеспечить геометрическую связь между блоками. EPS - блоки, уложенные послойно, скрепляются между собой механическими соединительными элементами - коннекторами, они необходимы для предотвращения смещения блоков в процессе строительства (рис. 4).



Рис. 4. Виды и размеры коннекторов для крепления EPS - блоков в насыпи

При достижении определенной высоты массива из EPS-блоков укладывается промежуточный слой из пенобетона 0,2-1,0 м. Технология строительства промежуточного слоя такая же, как и в случае с подстилающим слоем. Далее на него укладываются EPS-блоки. В завершении конструкции комбинированной насыпи, на верхний слой блоков, укладывается пеножелезобетонная плита и система дорожной одежды. При устройстве пеножелезобетонной плиты также применяется опалубочный способ: одновременно заливают откосы насыпи методом «сверху - вниз», уступы EPS-блоков и промежуточного слоя также заполняют пенобетоном.

Практическое применение комбинированной насыпи на одном их участке Приморского шоссе подтверждает обоснованность и целесообразность применения комбинированного массива.

Сравнение технологии строительства комбинированной насыпи из EPS - блоков и пенобетона с другими технологиями, например, строительство насыпи с применением свай и традиционной грунтовой насыпью, показывает преимущества комбинированной насыпи (табл. 2, 3).

ТАБЛИЦА 2

Сравнение с альтернативными решениями - технологиями строительства насыпей на слабых грунтах

Технология/ насыпь	Критерий			
	Коэффициент стабильности	Конечная осадка	Скорость осадки менее 2 см/год	Дополнительные мероприятия
Грунтовая насыпь	0,59	31,8	2,7	свайное основание с гибким ростверком из высокопрочного тканого геосинтетического материала
Комбинированная насыпь из EPS - блоков и пенобетона	1,12	5,4	0,17 (2 месяца)	не требуется

ТАБЛИЦА 3

Сравнение с альтернативными решениями - технологиями строительства насыпей на слабых грунтах по критерию - гидростатическое

Технология/ насыпь	Критерий	
	Гидростатическое всплытие	Дополнительные мероприятия
Комбинированная насыпь из EPS - блоков и пенобетона	1,17	не требуется
EPS - насыпь	0,83	увеличение толщины песчаного слоя

Затраты на строительство комбинированной насыпи ниже на 15% по сравнению с затратами на строительство насыпи на сваях. Соответственно в случае комбинированной насыпи затраты на текущий ремонт и содержание дороги и капитальный ремонт меньше на 15%. Значения экономической эффективности обусловлены техническими, экономическими и экологическими преимуществами. Например, техническим преимуществам технологии строительства комбинированной насыпи можно отнести меньший вес применяемых материалов, быстрый и простой способ возведения насыпи. К экономическим преимуществам можно отнести снижение затрат на строительство вследствие уменьшения массы комбинированного конструктива, минимизация использования дорогой дорожно - строительной и подъемно-транспортной техники. Также комбинированная насыпь состоит из экологичных материалов - EPS - блоки и пенобетон, уровень шума, запыленность в допустимых стандартами пределах.

В целом, строительство комбинированной дорожной насыпи из EPS - блоков и пенобетона имеет множество преимуществ: позволяет уменьшить материалоемкость конструкции, затраты на традиционные строительные материалы, такие как песок, щебень, гравий, позволит сократить транспортные расходы на доставку, снизить трудозатраты при строительстве насыпи. Комбинированная дорожная насыпь является легкой конструкцией, тем самым уменьшает нагрузки на слабое грунтовое основание, представляет собой единую монолитную конструкцию, обеспечивающую пожаробезопасность насыпи, устойчивость, исключая риск возникновения гидростатического всплытия.

Технология строительства комбинированной насыпи является новым современным подходом к строительству дорожных насыпей на слабых грунтах, что будет способствовать развитию и совершенствованию дорожной сети не только региона, но и России.

Литература

- [1] Медрес Е.П., Современный подход к строительству дорожных насыпей на слабых грунтах с пенобетоном. Электронный журнал «Современные проблемы науки и образования» 2012, № 4; URL: <http://www.science-education.ru/104-6550>.

- [2] Медрес Е.П., Комбинированная дорожная насыпь на слабых грунтах с применением EPS - блоков и пенобетона, Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ 2012, № 5 (34 октябрь), с. 199-203.
- [3] Медрес Е.П., Евтюков С.А., Проектирование и строительство облегченных насыпей с применением EPS-блоков, Автомобильные дороги 2007, № 10, с. 73-75.
- [4] Медрес Е.П., Евтюков С.А., Подходы и методы к строительству дорожных насыпей на слабых грунтах, Наука и транспорт 2012, № 4, с. 20-22.
- [5] Медрес Е.П., Применение геопен - полистирольных блоков - при возведении насыпей на участках со слабым грунтовым основанием, Вестник строительного комплекса 2008, № 5, с. 69-70.
- [6] Медрес Е.П., Евтюков С.А., Современные технологии строительства дорожных насыпей на слабых грунтах, Сборник докладов десятой международной конференции: «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: ресурс и возможности», СПб.: 2012, с. 291-297.
- [7] Медрес Е.П., Евтюков С.А., Эффективность применения технологий строительства дорожных насыпей на слабых грунтах, Мир дорог 2012, № 65, с. 2-4.

Резюме

Обосновывается необходимость усовершенствования технологий строительства дорожных насыпей на слабых грунтах. Предлагаемая технология строительства комбинированной дорожной насыпи является актуальной альтернативой традиционным технологиям. Предлагается метод, отвечающий всем требованиям строительства. Его суть заключена в применении более легкого материала, чем грунт. Использование в комбинированной насыпи пенополистирола (EPS-блоки) и пенобетона обусловлено их физико-механическими свойствами, материалы имеют значительно меньшую плотность, чем грунт. Применение в насыпи пенобетона способствует повышению прочности конструкции, защите от негативных факторов (повреждения грызунами, вандализма), пожаробезопасности. Представлены основные расчеты по определению степени устойчивости основания насыпи, уменьшению величины конечной осадки конструкции, предотвращению гидростатического всплытия, а также преимущества комбинированной дорожной насыпи на слабых грунтах.

Ключевые слова: строительство автомобильных дорог, дорожная насыпь, слабый грунт, легкий материал

The combined technology as new approach to construction on weak soil

Abstract

The need for improvement in technologies of road embankments construction on weak soil is substantiated. The proposed technology of construction of combined road embankment is actual alternative of traditional technologies. The method which answers to all requirements of construction is proposed. The essence of the method is application of a material that is lighter than soil. Use of foam polystyrene (EPS - blocks) and foam of foam polystyrene (EPS - blocks) and foam concrete is caused by physics-mechanical properties. These materials have a lower density than the soil. The foam polystyrene application in embankment improves strength of the structure, protects against negative factors (rodent damage, vandalism), increases fire resistance value. Basic calculations which determine the extent of embankment base stability, decrease of the final draft design, prevent hydrostatic ascent and advantages of the combined road embankment on weak soil are presented.

Keywords: construction of highways, road embankment, weak soil, light-weighted material