

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К СТРОИТЕЛЬСТВУ ДОРОЖНЫХ НАСЫПЕЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ С ПЕНОБЕТОНОМ

Медрес Е. П.

ЗАО "Петербург-Дорсервис", Санкт-Петербург, Россия Санкт-Петербург, e-mail: medres@dor.spb.ru

Рассмотрен метод применения облегченной насыпи для уменьшения нагрузки, передаваемой на слабый грунт во избежание перенапряжения слабого грунта. При строительстве дорожных насыпей учитываются факторы: функциональные критерии насыпи, площадь, глубина и общий объем грунта, подлежащий улучшению, тип грунта и его характеристики; доступность строительных материалов; наличие оборудования и квалифицированных специалистов; экологические факторы (размещение отходов, загрязнение грунтовых вод и воздействие на близлежащие инженерные сети и сооружения); местный опыт и обычаи; имеющееся в распоряжении время и стоимость.

Внедрение легкого материала насыпей позволяет отказаться от щебня и применения тяжелой техники, а также снизить стоимость затрат на строительство. Рассмотрен зарубежный опыт внедрения пенобетона в строительство насыпей. Представлены прочностные и теплоизоляционные характеристики пенобетона, которые можно регулировать при производстве на объекте. Рассмотрен большой спектр решений, в котором применяют пенобетон.

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

THE MODERN APPROACH TO CONSTRUCTION OF ROAD EMBANKMENTS ON WEAK SOIL WITH FOAM CONCRETE

Medres E. P.

Petersburg Dorservis, Saint Petersburg, Russia e-mail: medres@dor.spb.ru

The method of application of the facilitated embankment for reduction of the loading transferred to weak soil in order to avoid an overstrain of weak soil is considered. At construction of road embankments factors are considered: functional criterions of a road embankment, square, depth, total amount of soil which is subject to improvement, type of soil and its characteristics, availability of construction materials; equipment existence and the qualified experts; ecological factors (placement of a waste, pollution of ground waters and impact on nearby engineering networks and constructions); local experience and practice; available time and cost.

Introduction of an easy material of embankments allows to refuse rubble and use of heavy machinery, and also to reduce cost of expenses for construction. Foreign experience of introduction of foam concrete in construction of embankments is considered. Durability and heatinsulating characteristics of foam concrete are presented which can be adjusted for production at the facility. The range of decisions in which apply foam concrete is considered.

Key words: construction of highways, road embankment, weak soil, easy material, foam concrete.

Введение. В настоящее время перед российскими специалистами стоит задача усовершенствовать имеющийся опыт в строительстве автомобильных дорог, тем самым приблизить Россию к современному мировому уровню в строительной отрасли, в частности, строительства насыпей на слабых грунтах. При проектировании насыпей важно учитывать категорию будущей автодороги, тип дорожной одежды, высоту насыпи, материалы, применяемые в насыпи, свойства грунтов, условия производства работ, природные условия района строительства и т.д.

Цель исследования: внедрение новых технологий строительства дорог, в частности, на слабых грунтах, с применением легкого материала – пенобетона с дальнейшим внедрением в российскую практику.

Материалы и методы: подходы к проектированию строительства на слабых грунтах подразделяются на методы: 1) устройство насыпи из обычного грунта, увеличивая прочность на сдвиг и снижая сжимаемость слабого грунта основания; 2) применение облегченной насыпи для уменьшения нагрузки, передаваемой на слабый грунт во избежание перенапряжения слабого грунта.

Результаты и обсуждение. Оценивая различные методы строительства на слабом грунте, специалистами должны учитываться факторы:

- функциональные критерии насыпи (требования к устойчивости, допустимая общая осадка, скорость осадки, затраты на содержание и т.д.). По этим критериям устанавливается уровень требований к степени улучшения характеристик грунта (прочность, модули, сжимаемость и т.д.);
- площадь, глубина и общий объем грунта, подлежащий улучшению;
- тип грунта и его характеристики;
- доступность строительных материалов;
- наличие оборудования и квалифицированных специалистов;
- экологические факторы (размещение отходов, загрязнение грунтовых вод и воздействие на близлежащие инженерные сети и сооружения);
- местный опыт и обычаи;
- имеющееся в распоряжении время;
- стоимость.

Согласно анализу технической литературы в разные категории легких заполнителей выделяют заполнители, обладающие прочностью на сжатие, к таким относятся пенобетон, EPS – блоки и гранулированные легкие материалы, например, древесное волокно, доменной шлак, зола – уноса ТЭЦ, топочный шлак, керамзит или вспученная сланцевая глина, измельченные автомобильные шины. Последние имеют более высокий диапазон значений объемного веса.

Метод строительства на слабом грунте, основанный на уменьшении нагрузки на слабое основание за счет уменьшения веса насыпи, стал альтернативой известным освоенным российскими дорожниками решением. Снижение веса насыпи может быть достигнуто применением для устройства материалов, имеющих значительную меньшую плотность, чем грунт [2]. Существует множество легких материалов, которые потенциально могут использоваться в дорожных насыпях.

В последнее время активно в дорожном строительстве применяется легкий материал – пенобетон. Внедрение пенобетона в строительство насыпей позволяет отказаться от щебня и применения тяжелой техники, а также снизить стоимость затрат на строительство. Пенобетон

является экологически чистым материалом, объемный вес которого варьирует от 3,3 до 7,6 кН/м³.

Впервые бетоны были получены в конце XIX в. Промышленное производство их началось в 20-х годах нашего столетия. В 1924 г. в Швеции был предложен способ получения газобетона на основе цемента, извести и различных добавок с применением в качестве газообразующего агента алюминиевой пудры. Несколько позднее в Дании был изобретен пенобетон. В 30-х годах были предложены способы получения ячеистых бетонов на основе цемента, извести и молотого кварцевого песка с последующей автоклавной обработкой формованных изделий. Но на тот момент существовали некоторые проблемы по внедрению и совершенствованию способов реализации, т.к. не была разработана техническая документация для внедрения в практику.

Зарубежные специалисты Канады, США, Норвегии, Швеции, Австрии, Германии, Таиланда разработали методы борьбы с разрушениями дорожного полотна из-за воздействия морозного пучения грунтов, таяния вечной мерзлоты, сейсмическими воздействиями, отсутствием во многих регионах щебня, а затем внедрили в строительство. Строительство надежных дорожных объектов в районах распространения многолетнемерзлых грунтов I дорожно-климатической зоне и для районов серьезного промерзания грунтов во II – V дорожно-климатических зонах представляет очень серьезную задачу [1]. Конструкционные и теплоизолирующие слои легкого пенобетона в конструкциях земляного полотна автомобильных дорог на участках с вечной мерзлотой применяют для реализации принципа сохранения грунта в основании насыпей в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации дорог, а на талых участках, сложенных пучинистыми грунтами, в зонах островной, прерывистой мерзлоты и мерзлых перелетков – для предотвращения многолетнего промерзания и сопровождающего его многолетнего пучения грунтов основания насыпи [2]. Параметры вариантов конструкций соответствуют нормативно-техническим документам. Для реализации принципа сохранения мерзлоты в устройстве дорожной насыпи применяют слой пенобетона, что является экономически и технически выгодным.

За рубежом широко распространено и утепление пенобетоном обочин дорожного полотна в районах вечной мерзлоты и пучинистых грунтов. Укладка конструктивных слоев одежды производится непосредственно на пенобетон. Область применения пенобетона достаточно велика, но в сфере строительства дорог используют при прокладке тоннелей для заполнения пространства между трубой и грунтом, для возведения легких насыпей на слабых грунтах, при защите грунтовых карьеров от промерзания, при теплоизоляции цементобетонных покрытий при их укладке в осенне-зимний период и защите их от чрезмерного перегрева и для уменьшения суточного перепада температур на их поверхности в условиях жаркого климата,

при заполнении карстовых полостей, зон старых горных разработок, при теплоизоляции штабелей складированных смерзающихся дорожно-строительных материалов и т.д.

Пенобетон обладает прочностными и теплоизоляционными характеристиками, которые можно регулировать при производстве на объекте, обладает низким водопоглощением, отсутствует усадка, устойчив к попеременному замораживанию – оттаиванию, имеет практичную форму, не подвергается гниению и достаточно экономичен по цене [3]. Если сравнивать с другими легковесными материалами, то пенобетон обладает постоянным нарастанием прочности во времени и негорючестью. Важным аспектом является то, что при укладке материала, в отличие от традиционных сыпучих материалов основания дорожной одежды, не требуется вибрации и укатывания, что значительно сокращает количество используемой для уплотнения основания дороги техники и специалистов. Также существенным преимуществом является приготовление материала на месте строительства и непосредственно на дно траншеи, т.к. пенобетон обладает хорошей текучестью и заполняет любые полости и полностью восстанавливает боковую стабильность траншеи.

Производство пенобетона отличается простотой оборудования и позволяет осуществлять технологический процесс в полигонных и заводских условиях. В качестве основных материалов в производстве применяются портландцемент и пенообразователи. Для изготовления неавтоклавного пенобетона применяют портландцемент или пуццолановый портландцемент. Использование портландцемента с меньшим значением активности нежелательно, так как в этом случае может быть получен пенобетон пониженной прочности. Повышение прочности путем увеличения расхода цемента приводит к увеличению объемного веса. Применение шлакопортландцемента в производстве пенобетона недопустимо, т. к. этот вид вяжущего вызывает значительную усадку свежесуложенной пенобетонной массы, обусловленную влиянием доменных шлаков на стойкость. Вес пенобетона равен весу цементного камня, при этом весом воздуха в порах пренебрегают. Вес цементного камня равен весу цемента и связанной воды – примерно 15 % от веса цемента. При производстве пенобетона важное значение имеет правильный выбор водоцементного отношения. Оптимальное водоцементное отношение определяют из условий получения подвижности пенобетонной массы. В производстве пенобетона к воде предъявляют требования на отсутствие в ней керосина, жиров, масел и других примесей, содержащих большое количество солей кальция, т.е. не быть жесткой.

Применение пенобетона в дорожной отрасли позволяет выполнять большой спектр решений:

– повысить морозостойкость и несущую способность подстилающего грунта за счет образования плиты, тем самым возможно принимать и перераспределять горизонтальные

напряжения, возникающие в основании, что даст возможность уменьшить толщину самой дорожной плиты;

- равномерно распределить нагрузки и сократить разрушающее воздействие на верхние слои и нижележащее земляное полотно дорожной одежды;
- предотвратить продавливание в мягкий грунт или болотистое основание сыпучих материалов;
- снизить затраты на уплотнение нижней части насыпей;
- снизить толщину дренирующего слоя за счет исключения поступления воды;
- отказаться от уплотнения после укладки;
- снизить материалоемкость дорожных одежд за счет применения нетрадиционных конструкций и тем самым уменьшить затраты на традиционные строительные материалы;
- образовать подпорные стенки для укрепления набережных;
- при ремонте дорог заливать образующиеся или имеющиеся полости, повысить технологические возможности при дорожном строительстве, значительно сократив количество техники и т.д. [3].

В России легкий ячеистый бетон применяют только в аэродромных одеждах в качестве теплоизоляционного слоя [4].

Применение пенобетона весьма актуально, так как это способствует улучшению грунтов для возведения дорожных насыпей, а также материал обладает износостойкостью, что подтверждается зарубежными проектами [5]. В части разработки технической документации несколько стран разработали общие методические указания по проектированию с целью взаимодействия в проектировании насыпей на слабом грунте.

Для повышения прочности и долговечности конструкции пенобетон применяют совместно с геомембранами и другими аналогичными материалами, что позволит также получить экономическую выгоду. Для предотвращения оползневых явлений устраивают подпорные стенки, защищающие от бокового давления грунта при промерзании и пучении (рис. 1), для отвода воды применяют водоотводные сооружения (рис. 2). Исходя из условий проведения работ, с помощью теплотехнических и других необходимых расчетов определяют толщину слоя и плотность пенобетона.

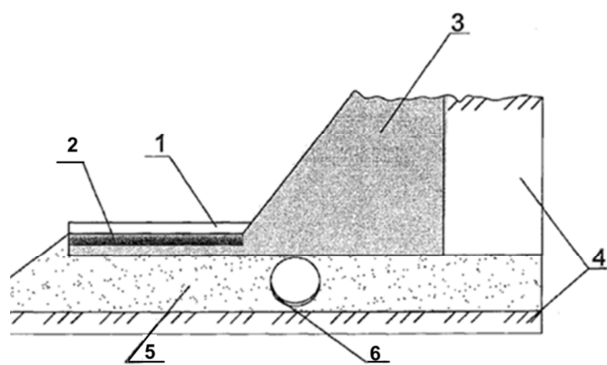


Рис. 1. Конструкция подпорной стенки: 1 – верхнее дорожное покрытие, 2 – конструкционный пенобетон, 3 – теплоизоляционный пенобетон, 4 – грунт, 5 – песок, 6 – трубопровод

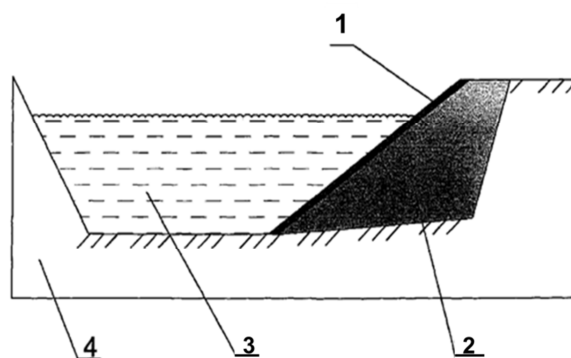


Рис.2. Конструкция водоотводного сооружения: 1 – металлическая подпорная стенка, 2 – конструкционный пенобетон, 3 – вода, 4 – грунт

Размеры водоотводных сооружений назначают по гидравлическому расчету, учитывая приток и глубину залегания вод, площадь осушаемой территории и ее инженерно-гидрологические условия. Форму поперечного сечения канав принимают такой, чтобы обеспечить механизированное производство работ и устойчивость откосов. Толщина слоя пенобетона и его плотность зависят от конкретных условий строительства объекта и определяется соответствующим расчетом [3]. Пенобетон одновременно может выполнять функцию теплоизоляции дорожного полотна и подпорной стенки (рис.3).

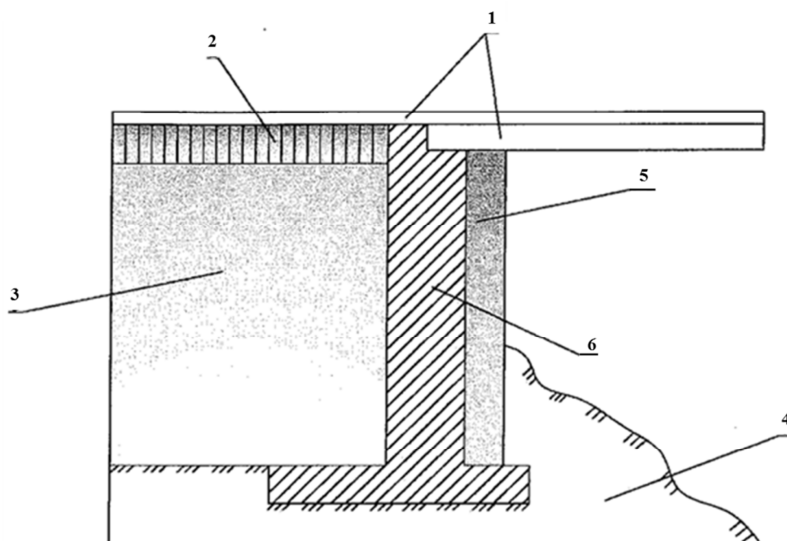


Рис. 3. Конструкция подпорной стенки: 1 – дорожное покрытие, 2,5 – конструкционный пенобетон, 3 – теплоизоляционный пенобетон, 4 – грунт, 6 – железобетонная стена, 7 – песок, 8 – трубопровод

Приведенные в качестве примеров детали конструкции насыпей на слабых грунтах с применением пенобетона позволили наглядно проиллюстрировать их место в условиях

строительства; детали конструкций применяются для разработки чертежей и конструктивных деталей.

Выводы. Анализ преимуществ и направление применения пенобетона позволяет отметить, что в строительстве дорожных насыпей на слабых грунтах это технически и экономически выгодный заполнитель, и это подтверждается тем, что, во-первых, общее время строительства значительно уменьшается и становится более определенным, во-вторых, легковесные заполнители создают относительно меньшую осадку. В-третьих, при использовании легковесного заполнителя уменьшаются эксплуатационные затраты из-за меньшей осадки, и в-четвертых – большая долговечность (подтверждается международным опытом).

Список литературы

1. СП 32-101-95 Проектирование и устройство фундаментов опор мостов в районах распространения вечномерзлых грунтов.
2. Евтюков С. А., Медрес Е. П Проектирование и строительство облегченных насыпей с применением EPS-блоков // Автомобильные дороги (журнал). 2007. №10. С. 73-75.
3. СТО-002-50845180-2008 Применение неавтоклавного монолитного пенобетона в дорожном строительстве.
4. СНиП 2.05.08-85 Аэродромы.
5. Евтюков С. А., Медрес Е. П., Рябинин Г. А., Спектор А. Г. Строительство, расчет и проектирование облегченных насыпей. СПб.: Изд. ИД «Петрополис», 2009. 260 с.

Рецензенты:

Ушаков А. И., д.т.н., профессор, директор ООО «Научно-производственный информационно-консультационный центр-плюс», г. Санкт-Петербург.

Добромиров В. Н., д.т.н., профессор, директор Института безопасности дорожного движения, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.