

ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ВСПЛЫТИЕ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ НАСЫПИ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА. ПОДБОР ПРИГРУЗА

Матюсова Е.Ю.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4), e-mail: jerrymats@yandex.ru

Одним из способов решения проблем снижения осадки и обеспечения устойчивости основания в конструкции насыпи служит использование заполнителя из материалов с плотностью меньше, чем у грунта. Перспективным является применение, в качестве легкого заполнителя, экспандированного пенополистирола (EPS), плотность которого значительно меньше плотности грунта. Однако при строительстве насыпи из пенополистирола на участках с повышенным уровнем воды существует опасность гидростатического всплытия всей насыпи над поверхностью основания. Целью данной работы стало определить минимально требуемый вес пригруза, который позволит обеспечить устойчивость насыпи по гидростатическому всплытию, и предложить расчетные графики, отображающие зависимость необходимого веса пригруза от отношения уровня воды к высоте насыпи при различных углах заложения откосов и ширине проезжей части. В работе рассмотрена традиционная насыпь трапецеидальной формы различной геометрии. В результате были получены расчетные графики гидростатического всплытия насыпи с различной крутизной откоса и шириной насыпи по верху при трех параметрах высоты.

Ключевые слова: традиционная насыпь, слабый грунт основания, EPS-блоки, экспандированный пенополистирол, гидростатическое всплытие, пригруз.

HYDROSTATIC ASCENT TRAPEZOIDAL EMBANKMENT OF EXPANDED POLYSTYRENE. SELECTING OF ADDITIONAL WEIGHT

Matusova E.U.

Saint-Petersburg State University Of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, Saint-Petersburg, street 2-nd Krasnoarmeiskaya, St. 4), e-mail: jerrymats@yandex.ru

One way to reduce the problems of settlement and sustainability grounds in the construction of the embankment is the use of filler material with a density less than that of the soil. The perspective is to use as a lightweight fill expanded polystyrene (EPS), whose density is significantly less than the density of the soil. However, the construction of the mound of foam in areas with high water levels there is a danger of hydrostatic surfacing throughout the embankment above the ground. The aim of this study was to determine the minimum required addition weight that will ensure the stability of the embankment on the hydrostatic surfacing, and offer design charts, showing the dependence of the required addition weight on the ratio of the water level to the height of the embankment at different angles of slope and width of pavement. The paper considers the traditional trapezoidal embankment of varying geometry. As a result, estimates were obtained by hydrostatic graphics ascent steep embankment with a different slope and width of the embankment at the top with three parameters of height.

Key words: traditional embankment, soft soil, EPS-block, expanded polystyrene, hydrostatic surfacing, addition weight.

Введение

В целях снижения нагрузки на недостаточно устойчивое основание допускается при устройстве насыпи использовать материалы с объемным весом меньше, чем у грунта. Одним из таких заполнителей являются блоки из экспандированного пенополистирола (EPS). EPS – легкий материал с уникально малой плотностью (1% от плотности обычного грунта [5]). Однако при строительстве насыпи из пенополистирола на участках с повышенным уровнем воды существует опасность гидростатического всплытия всей насыпи над поверхностью основания.

Цель исследования: определить минимально требуемый вес пригруза, который позволит обеспечить устойчивость насыпи по гидростатическому всплытию, и предложить расчетные графики, отображающие зависимость необходимого веса пригруза от отношения уровня воды к высоте насыпи при различных углах заложения откосов и ширине проезжей части.

Материалы и методы: в качестве примера рассмотрена трапециевидальная насыпь с вертикальными откосами, т.к. именно такой вид насыпи наиболее часто применяется в транспортном строительстве. Конструктивная схема показана на рис. 1.

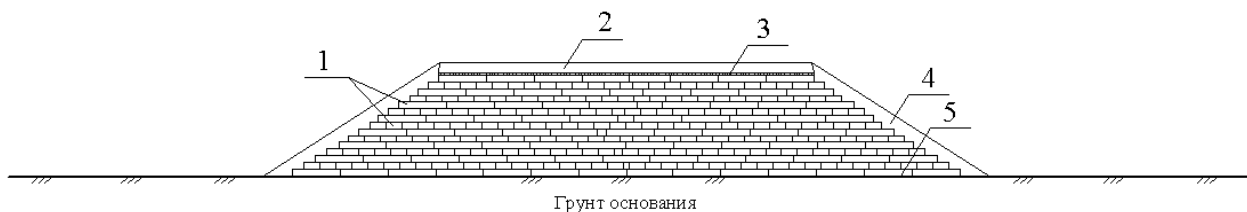


Рис. 1. Конструктивная схема насыпи из пенополистирола: 1 – блоки из EPS; 2 – дорожная одежда; 3 – бетонная плита; 4 – грунтовое покрытие откосов; 5 – выравнивающий слой песка.

Как правило, используется следующая технология возведения насыпи. На поверхности существующего грунта устраивают выравнивающий слой из песка, поверх которого укладывают блоки с соблюдением перевязки. Для того чтобы нагрузка на блоки передавалась равномерно, на поверхности верхних EPS-блоков укладывают бетонную плиту (кроме того, бетонная плита выполняет функцию мембраны – защиты от разлившихся по проезжей части нефтепродуктов). На поверхность бетонной плиты укладывают дорожную одежду. Рекомендуемая крутизна откосов насыпи – 1:0; 1:0,25; 1:0,33; 1:0,5 [5]. На участках с очень слабыми основаниями могут устраиваться более пологие откосы. Высота насыпей от 1,5 до 16 и более метров. Для засыпки боковых откосов могут применяться традиционные типы грунта. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м [5].

На рис. 2 представлена расчетная схема насыпи. На схеме обозначены силы и давления, действующие на трапециевидальную насыпь с крутизной откосов θ , высотой H и шириной поверху L_n . Предполагается, что одинаковый уровень воды с обеих сторон насыпи является наихудшим сценарием, т.к. на уровне основания с обеих сторон насыпи действует одинаковая гидростатическая подъемная сила. В расчет принимались только статические давления воды. Фильтрационные давления не рассматривались.

Дополнительный пригруз верха EPS-блоков Q , необходимый для получения требуемого коэффициента запаса, включает в себя вес дорожной одежды и грунтового покрытия откосов насыпи.

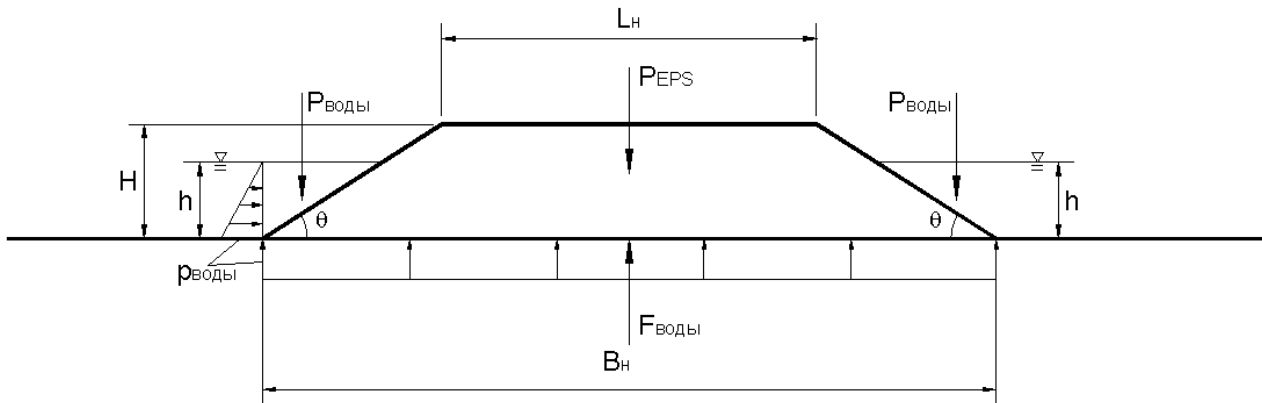


Рис. 2. Расчетная схема насыпи: H – высота насыпи, м; h – уровень воды, м; L_n – ширина насыпи поверху, м; B_n – ширина насыпи понизу, м; $F_{\text{воды}}$ – подъемная сила воды, кН/м; P_{EPS} – вес массива EPS-блоков, кН/м; $P_{\text{воды}}$ – удерживающая сила воды, действующая на откосы, кН/м; θ – угол заложения откоса, град; $p_{\text{воды}}$ – давление воды, оказываемое на основание и поверхности откосов насыпи, кН.

Результаты и обсуждение

Принято, что блоки уложены на поверхность грунта, основание и всплытие будет происходить над поверхностью контакта, поэтому в дальнейшем расчете рассматривается только сама насыпь.

Насыпь будет устойчива по гидростатическому всплытию, если будет выполнено следующее условие:

$$\frac{P_{\text{EPS}} + 2 \cdot P_{\text{воды}} + Q}{F_{\text{воды}}} \geq K_{\text{зап}},$$

где $K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса по всплытию; $F_{\text{воды}}$ – подъемная сила воды, кН/м; $P_{\text{воды}}$ – удерживающая сила воды, действующая на откосы, кН/м; P_{EPS} – вес массива EPS-блоков, кН/м, Q – вес дополнительного пригруза, кН/м.

Дополнительная транспортная нагрузка не учитывается, т.к. она действует кратковременно и может отсутствовать в условиях гидростатического всплытия.

Ввиду того что гидростатическое всплытие вызывается кратковременной нагрузкой (аналогичной сейсмической), рекомендуется $K_{\text{зап}}$ принимать равным 1,1 [3]. Таким образом, из условия устойчивости, уравнение для определения веса требуемого пригруза будет следующим:

$$\frac{\gamma_{\text{EPS}} \cdot L_n \cdot H + \gamma_{\text{EPS}} \cdot \frac{h^2}{\text{tg}\theta} + \gamma_{\text{воды}} \cdot \frac{h^2}{\text{tg}\theta} + Q}{\gamma_{\text{воды}} \cdot B_n \cdot h} = 1,1,$$

где γ_{EPS} – объемный вес EPS, кН/м³; Н – высота насыпи, м; L_H – ширина насыпи поверху, м; B_H – ширина насыпи понизу, м; h – уровень воды, м; θ – угол заложения откоса, град; $\gamma_{воды}$ – объемный вес воды, кН/м³; Q – вес дополнительного пригруза, кН/м.

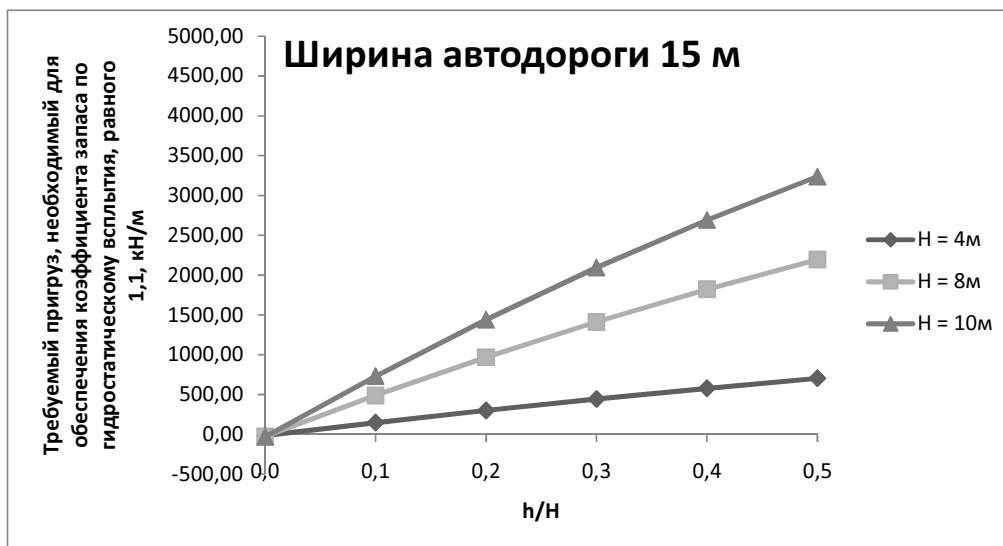
После преобразования получаем следующее выражение:

$$Q = -H^2 \cdot \frac{\gamma_{EPS} + \gamma_{воды}}{\text{tg}\theta} \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 + 1,1 \cdot \gamma_{воды} \cdot B_H \cdot H \cdot \left(\frac{h}{H}\right) - \gamma_{EPS} \cdot L_H \cdot H$$

В целях упрощения расчета разработаны графические зависимости по гидростатическому всплытию насыпей различной высоты исходя из веса пригруза Q, соответствующего коэффициенту запаса, равному 1,1.

Значения Q, указанные на рисунках 3, 4, 5, представляют собой требуемый вес материалов (в кН), которые необходимо уложить на EPS-блоки, приходящийся на погонный метр длины насыпи. Расчетные графики разработаны для насыпей со следующими характеристиками: ширина поверху 15, 28 и 36 м, крутизна откосов 1:2, 1:3, 1:4 при трех параметрах высоты (4, 8 и 10 м).

Расчетные графики действительны только в пределах отношения уровня воды к высоте насыпи равного 0,5, то есть глубина воды ограничена 50% высоты насыпи, так как насыпь с более высоким уровнем накопленной воды является, по сути, плотиной, для которой потребуются уложить на EPS-блоки чрезмерно большой пригруз, чтобы обеспечить требуемый коэффициент запаса [5].



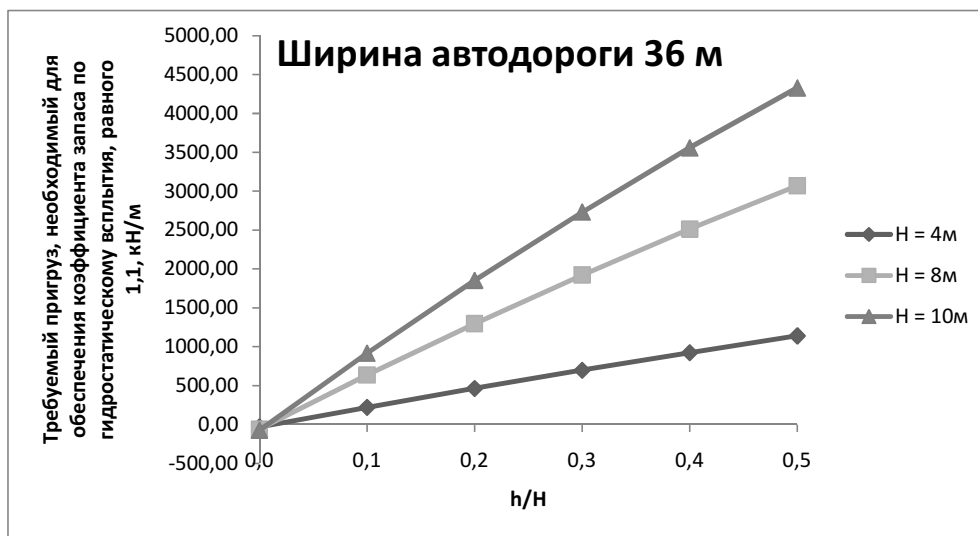
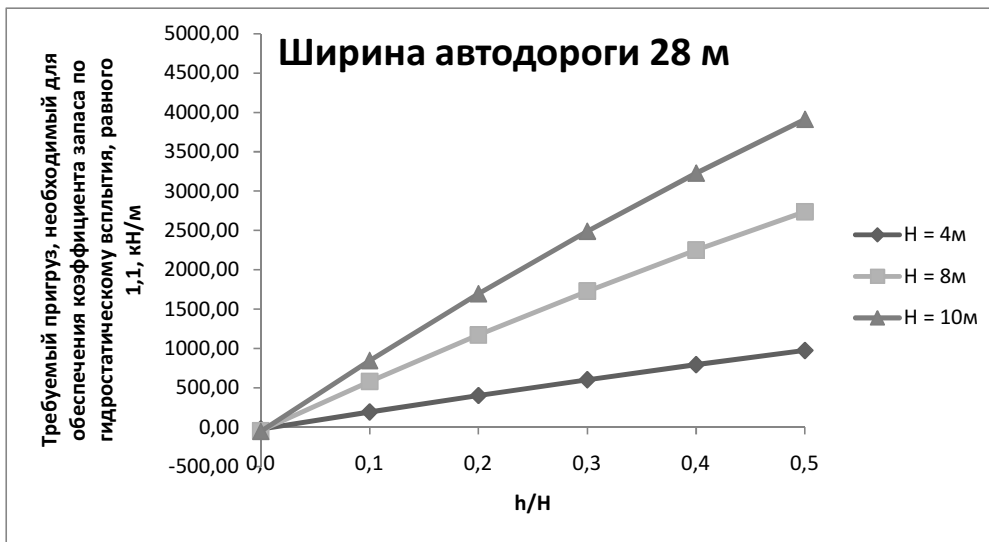
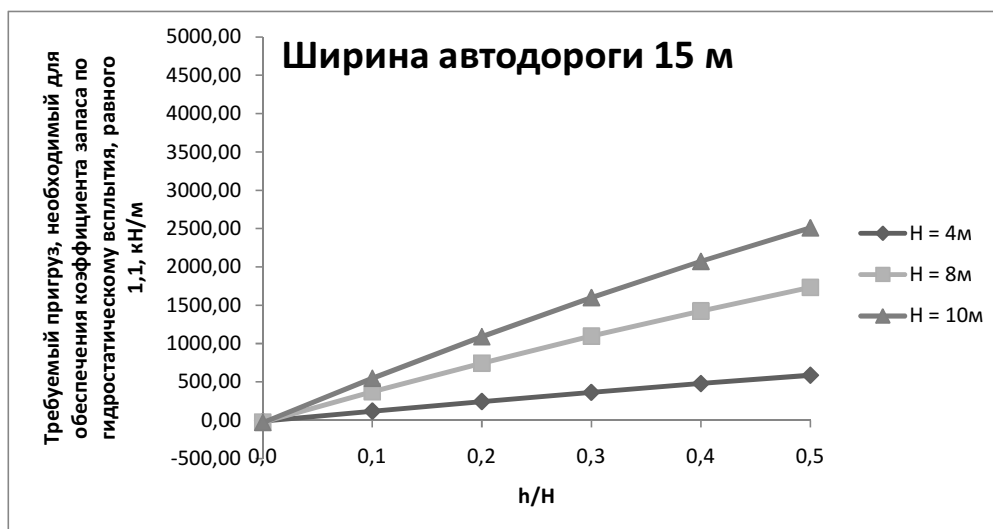


Рис. 3. Расчетные графики гидростатического всплытия насыпи с крутизной откоса 1:4 при коэффициенте запаса 1,1, при трех параметрах ширины дороги.



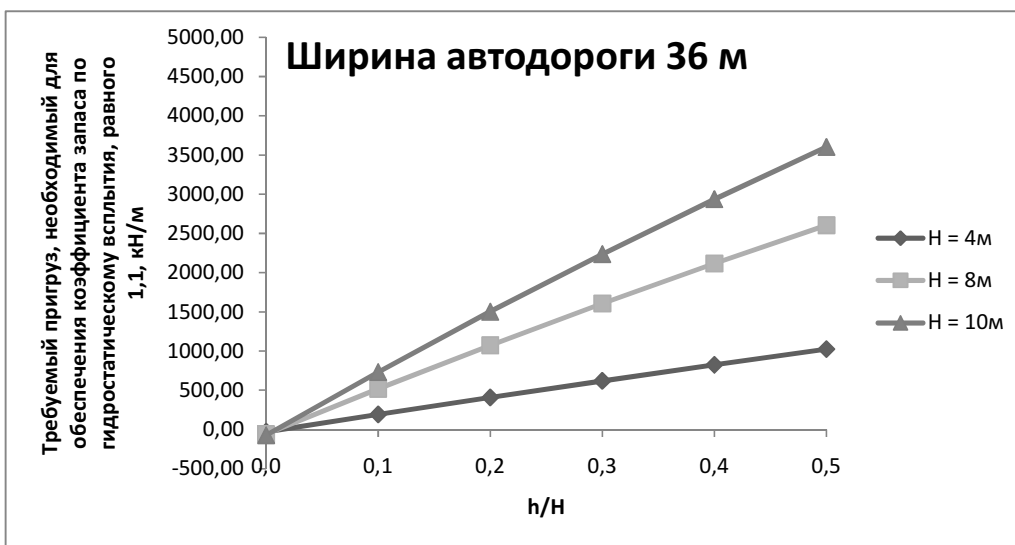
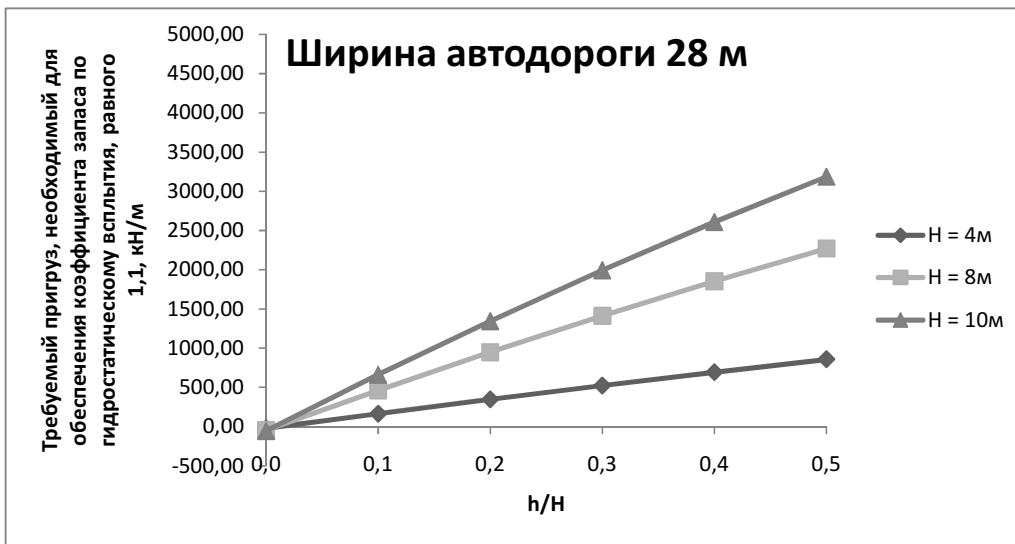
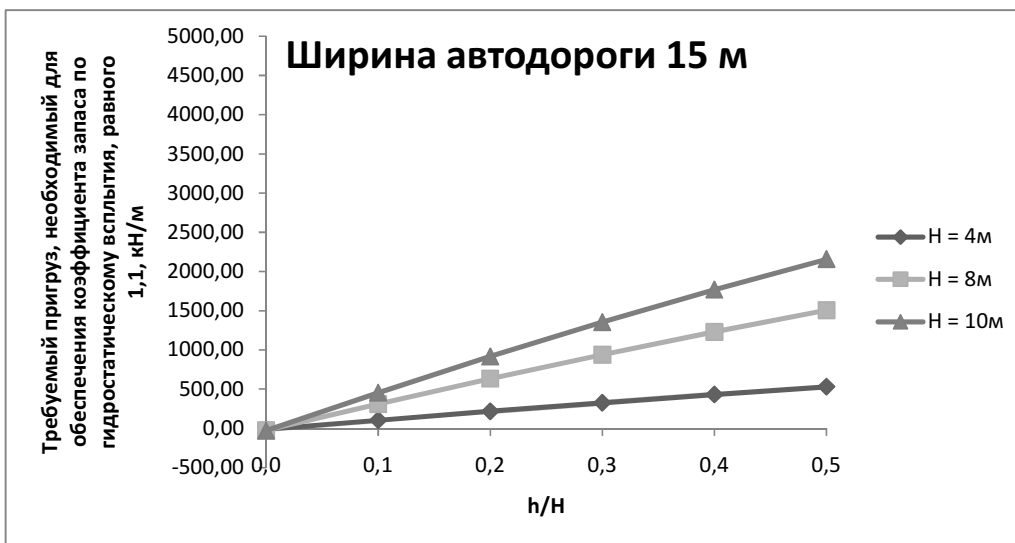


Рис. 4. Расчетные графики гидростатического всплытия насыпи с крутизной откоса 1:3 при коэффициенте запаса 1,1, при трех параметрах ширины дороги.



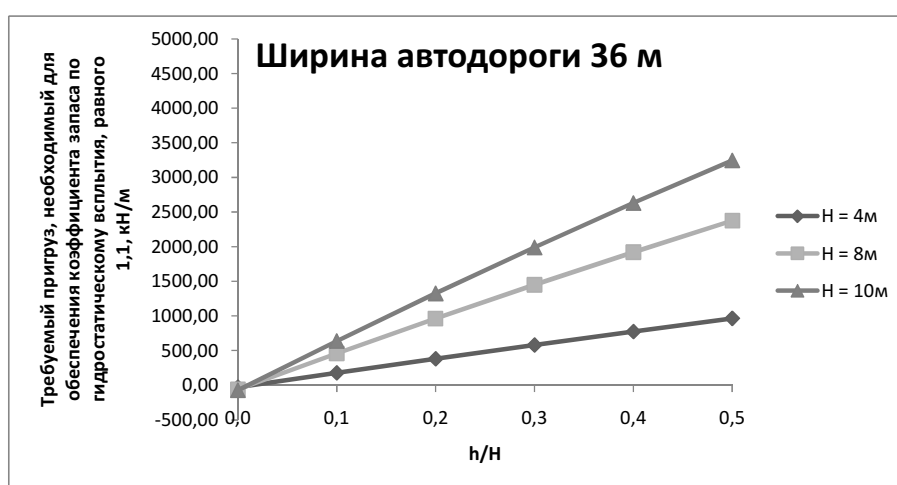
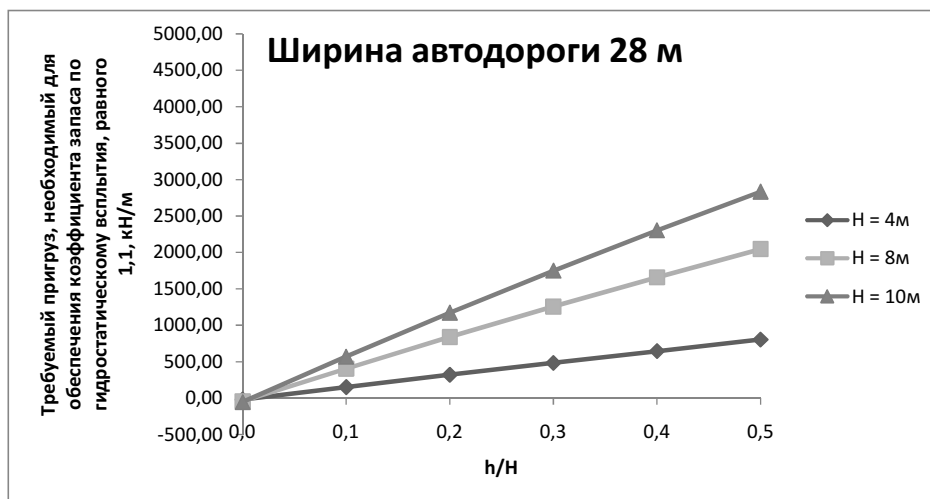


Рис. 5. Расчетные графики гидростатического всплытия насыпи с крутизной откоса 1:2 при коэффициенте запаса 1,1, при трех параметрах ширины дороги.

Выводы

В результате работы была получена формула определения веса пригруза Q , необходимого для обеспечения коэффициента запаса по всплытию, равного 1,1, и получены расчетные графики гидростатического всплытия насыпи с различной крутизной откоса при коэффициенте запаса 1,1, при трех параметрах ширины дороги.

Список литературы

1. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения: ГОСТ Р 52748-2007. – Введ. 24.09.07.
2. Евтюков С.А., Матюсова Е.Ю. Несущая способность насыпи из EPS-блоков. Алгоритм подбора блоков с оптимальной плотностью // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 1. – С. 127–130.

3. Рекомендации по расчету устойчивости оползневых склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог: ОДМ 218.2.006-2010. – Введ. 30.03.11.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М. : Высшая школа, 1973. – С. 82.
5. Arellano D., Horvath J. S., Stark T. D. Geofam Applications in the Design and Construction of Highway Embankments. – Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2004. – Ch. 1, 5.
6. Arellano D., Stark T. D. Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields. – Illinois: University of Illinois at Urbana – Champaign, 2009. – P. 982-983.

Рецензенты:

Добромиров В.Н., д.т.н., профессор, директор Института безопасности дорожного движения, г. Санкт-Петербург.

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