



УДК 625.731:624.138

Хабибуллина И.Н. – кандидат технических наук, профессор

Бешенов М.Е. – аспирант

E-mail: 7-makc-25@rambler.ru

Гелеверя Т.И. – инженер

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПРОТИВОПУЧИНИСТЫХ СЛОЕВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются условия строительства автомобильных дорог РТ на пучинистых грунтах. При эксплуатации дорог на пучинистых грунтах происходят деформации земляного полотна и конструкций дорожных одежд.

Для снижения влияния морозного пучения были исследованы свойства грунтов, укрепленных гидрофобизаторами на основе продуктов нефтедобывающей промышленности (нефтешлама).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пучинистость грунта, укрепление (стабилизация) грунтов, гидрофобизаторы, нефтешлам, известь, цемент.

Khabibullina I.N. – candidate of technical sciences, professor

Beshenov M. E. – post-graduate student

Geleverya T.I. – engineer

Kazan State University of Architecture and Engineering

THE USE OF STRENGTHENING SOIL FOR DEVICE PROTIVOPUCHINISTYH OF LAYERS ON HIGHWAYS

ABSTRACT

The article outlines the context of highway construction on the RT heaving soils. When operating on roads heaving soils occurring strain of subgrade and road construction.

To reduce the effects of frost heaving, we studied the properties of soils, the addition of fortified hydrophobizator product-based oil industry (oil sludge).

KEYWORDS: heaving soils, consolidation (stabilization) of soil, water repellents, oil sludge, lime, cement.

Значительная часть автомобильных дорог РТ подвержена деформациям в результате морозного пучения грунтов. Пучины на дорогах возникают при одновременном сочетании трех факторов:

- 1) наличие пучинистых грунтов;
- 2) интенсивное влагонакопление;
- 3) медленное и глубокое промерзание грунтов под дорожной одеждой (на глубину более 0,5 м).

При отсутствии любого из перечисленных факторов пучины не возникают.

Наиболее радикальным способом устранения пучин является замена грунта верхней части земляного полотна слоем 0,5-0,6 м песками с коэффициентом фильтрации не менее 2 м/сут. Однако песчаные слои со временем заиливаются, в связи с этим необходима укладка противозаиливающих прослоек из геосинтетических материалов. Кроме того, на доставку дренающего материала потребуются значительные транспортные затраты.

Целесообразнее меры по укреплению или стабилизации пучинистых грунтов вяжущими материалами, реагентами, синтетическими смолами. Укрепленные грунты в зависимости от примененных добавок могут выполнять функции гидроизоляционных, теплоизолирующих или морозозащитных слоев.

В большинстве природно-климатических районов Российской Федерации необходимо предусматривать устройство морозозащитных слоев в качестве обязательного условия эксплуатации дорожных одежд.

За рубежом (Канада, Скандинавские государства) конструкция дороги, расположенная в зоне сезонного промерзания, устраивается только из непучинных грунтов. В России строительство дорог с использованием пучинистых грунтов допускается, если деформация дорожного покрытия от пучин не превышает допустимых значений. Нормы ОДН 218.046-01 позволяют определить характеристики морозного пучения косвенным методом – по гранулометрическому составу и некоторым физическим показателям (влажность на границах пластичности и т.п.). Однако практика показывает, что только лишь данные о гранулометрическом составе дают грубый результат оценки пучинистости грунтов. Многие факторы, влияющие на величину морозного пучения, косвенными методами не учитываются. В частности, минеральный состав глинистых фракций может изменить величину морозного пучения в 4-8 раз, а состав обменных катионов в 4,5 раза [1].

В грунтах, после насыщения различными катионами (одно-, двух- и трехвалентными), миграция воды и пучение при промерзании усиливаются в соответствии с валентностью катионов.

В сильно пучинистых грунтах, преимущественно пылеватых, основная масса льда скапливается в верхней зоне земляного полотна. В гидрофобных грунтах нет смачивания и перераспределение воды при промерзании отсутствует лишь в первых циклах замерзания и оттаивания. При повторных циклах происходит резкое уменьшение льдовыделения. При этом имеет место практически необратимая коагуляция, вследствие которой, например, тяжелая глина часто превращается в супесь [2].

Использование гидрофобизаторов, по мнению некоторых авторов, является одним из наиболее радикальных физико-химических приемов борьбы с пучением. Гидрофобизаторы вызывают максимальное понижение поверхностной энергии минеральных частиц, препятствуют миграции воды в зону промерзания и пучение грунта значительно снижается.

Добиться устойчивой гидрофобизации грунтов довольно сложно, т.к. через некоторое время гидрофильность грунтов восстанавливается. Кроме того, вызывает технологические трудности процесс обработки гидрофобизирующими веществами. Но в связи с перспективностью этого способа разработки и совершенствованием приемов гидрофобизации грунтов для борьбы с пучением специалисты продолжают изучать эти проблемы.

К числу низкочастотных гидрофобизаторов грунтов относятся техногенные отходы нефтеперерабатывающей промышленности – нефтешламы твердой и вязкой консистенции.

Для стабилизации и укрепления грунтов было использовано вяжущее, полученное путем обезвоживания нефтешламов негашеной известью. В соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к физико-механическим свойствам укрепленных грунтов, был подобран оптимальный состав смеси, содержащий, масс. ч:

- грунт (супесь легкая пылеватая) – 100 %;
- порошкообразный нефтешлам – 20 %;
- цемент М400 – 5,5 %;
- вода – 16 % от массы сухой смеси.

Важнейший показатель для обеспечения противопучинистых свойств грунтов – морозостойкость – также соответствовал требованиям ГОСТ, т.к. количество циклов замораживания оттаивания было не менее 15 при 19 %-ой потере первоначальной прочности укрепленного грунта.

При реконструкции пучинистых участков автомобильных дорог слои оснований дорожных одежд и верхней части земляного полотна из грунтов, укрепленных оптимальным составом, могут быть использованы повторно.

В процессе повторных испытаний переформованных образцов смесей были определены оптимальные условия их хранения. Анализ результатов испытаний регенерированных смесей свидетельствует о возможности повторного применения укрепленных грунтов, но с учетом снижения первоначальных показателей свойств: остаточная прочность при сжатии водонасыщенных образцов составила 27 %, растяжение при изгибе – 46 %. У образцов, хранившихся в воздушно-влажном состоянии, влажность и плотность имели лучшие показатели, в сравнении с образцами воздушно-сухого хранения, что свидетельствует о необходимости ухода за уплотняемым слоем укрепленного грунта путем обеспечения нормального водно-теплового режима для структурообразования материала (табл. 1).

Таблица 1

Физико-механические свойства укрепленного грунта

№ п/п	Наименование показателей физико-механических свойств	Ед. изм.	Условия хранения образцов в течение 7 суток		
			Исходная укрепленная смесь	Регенерированная грунтовая смесь (переформованные образцы)	
				в воздушно-влажной среде	в воздушно-влажной среде
1	Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов	МПа	2,2	1,6	1,1
2	Предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов	МПа	1,3	0,7	0,3
3	Водонасыщение по объему	%	0,8	1,0	16,2
4	Плотность	г/см ³	2,1	1,9	1,7
5	Коэффициент морозостойкости	%	0,8	0,93	разруш.

Как и следовало ожидать, при повторном использовании свойства укрепленных грунтов ухудшаются. Однако введение в грунтовые смеси небольших добавок вяжущего позволит восстановить и даже улучшить свойства материала.

В соответствии с требованиями ГОСТ 28622-90 степень пучинистости грунта определяют по величине относительной деформации морозного пучения ε_{fh} , полученной при испытании образцов грунта в заданном температурном и влажностном режимах. Степень пучинистости определяют по следующим группам, в зависимости от деформации морозного пучения (табл. 2).

Таблица 2

Группа	Степень пучинистости грунта	Относительная деформация пучения грунта
I	Непучинистый	$\varepsilon_{fh} < 0,01$
II	Слабопучинистый	$0,01 \leq \varepsilon_{fh} < 0,04$
III	Среднепучинистый	$0,04 \leq \varepsilon_{fh} < 0,07$
IV	Сильнопучинистый	$0,07 \leq \varepsilon_{fh} < 0,10$
V	Чрезмернопучинистый	$0,10 \leq \varepsilon_{fh}$

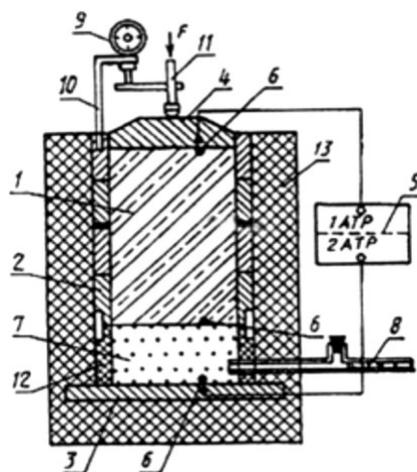


Рис. 1. Принципиальная схема установки для определения степени пучинистости грунтов:
 1 – образец грунта; 2 – обойма; 3 – нижняя термостатированная плита;
 4 – верхняя термостатированная плита; 5 – блок автоматического терморегулирования;
 6 – датчики температуры; 7 – капиллярно-пористый материал; 8 – устройство для подачи воды;
 9 – индикатор перемещения; 10 – кронштейн; 11 – шток механизма для нагружения образца грунта;
 12 – поддон обоймы; 13 – теплоизоляционный кожух

Значение деформации ϵ_{fh} определяют как средний арифметический результат испытаний не менее трех образцов размерами $d = 100 \text{ мм}$, $h=150\pm 5 \text{ мм}$, которые формируют под прессом. Образцы грунта помещают в обойму установки для испытаний. Предварительно их промораживают и оттаивают при подтоке воды в промерзающий грунт. Число циклов промораживания-оттаивания должно быть не менее двух.

Относительную деформацию морозного пучения образцов грунта определяют с точностью 0,01 по формуле:

$$e_{fh} = \frac{hf}{d_i}, \text{ где } hf - \text{вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм; } d_i -$$

фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

Принципиальная схема установки приведена на рис. 1.

Результаты определения степени пучинистости естественных и укрепленных грунтов приведены в табл. 3, из которой следует: естественный грунт (суглинок легкий пылеватый) относится к IV группе по степени пучинистости (сильнопучинистый). После укрепления грунт был оценен как непучинистый.

Таблица 3

№ п/п	Наименование грунта	Укрепляющая добавка	Вертикальная деформация пучения h_f , мм	Толщина промерзшего слоя d_i , мм	Относительная деформация пучения	Степень пучинистости
1	Естественный грунт	-	2,8	40	0,07	Сильнопучинистый
2	Укрепленный грунт	Порошок нефтешлама с известью – 25 % Цемент – 5,5 %	0,8	0	0	Непучинистый

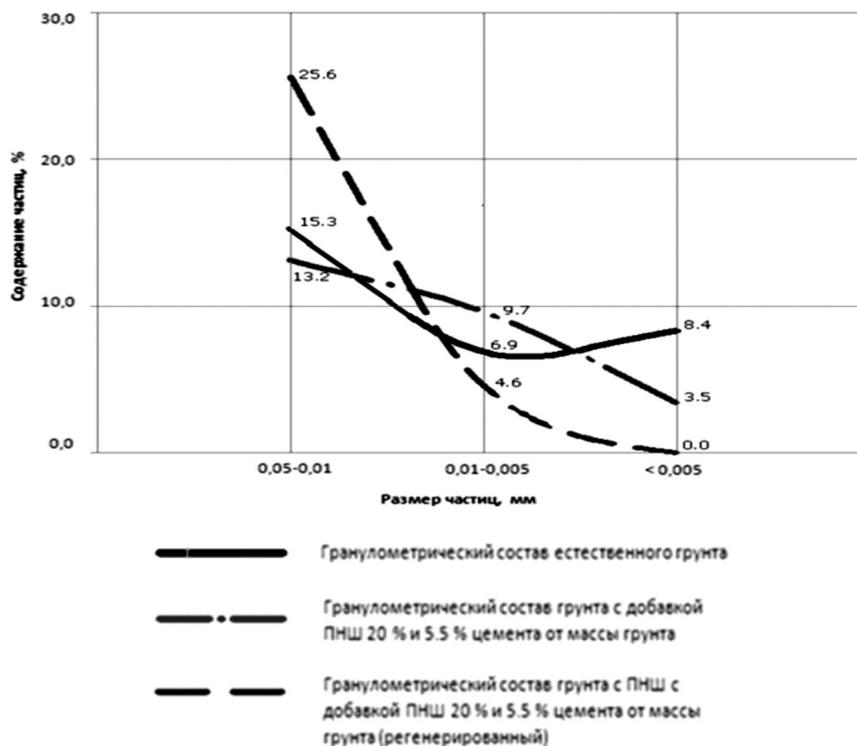


Рис. 2. Изменение гранулометрического состава пылеватой-глинистой фракции естественных и укрепленных грунтов

Одновременно с определением степени пучинистости был выполнен анализ гранулометрического состава пылевато-глинистой фракции естественных и укрепленных грунтов (рис. 2).

График изменения гранулометрического состава свидетельствует об укрупнении частиц пылевато-глинистых (ПГ) фракций и дальнейшем «опесчанивании» обработанных грунтов. При сравнении результатов анализа гранулометрического состава исходного грунта установлено: в регенерированном грунте процессы агрегации ПГ частиц проходят более интенсивно.

Таким образом, процесс пучинообразования как в земляном полотне, так и в основании дорожной одежды можно приостановить. Кроме того, устройство противопучинных слоев позволит снизить толщину дорожных одежд и улучшить водно-тепловой режим земляного полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шорин В.А., Каган Г.Л. и др. Совершенствование методики определения пучинистых свойств грунтов. // Современные научно-технические проблемы транспортного строительства: Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции. – Казань: КГАСУ, 2007. – 246 с.
2. Нерсесова З.А. Морозное пучение грунтов и способы защиты сооружений от его воздействия. – М.: Транспорт, 1967. – 187 с.

REFERENCES

1. Shorin V.A., Kagan G.L. et al. Improvement of methods for determining heaving properties of soil. // Modern scientific and technical problems of transport construction: Proceedings of the All-Russian scientific-technical conference. – Kazan: KGASU, 2007. – 246 p.
2. Nersesova Z.A. Frost heaving of soils and how to protect facilities from exposure. – Moscow: Transport, 1967. – 187 p.