УДК 624.1

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-98-102

© Д. С. Скворцов, магистр

© D. S. Skvortsov, MSci

© Ан. Н. Краев, канд. техн. наук, доцент

© An. N. Kraev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© Ал. Н. Краев, канд. техн. наук, доцент

© Al. N. Kraev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Тюменский индустриальный университет)

(Industrial University of Tyumen)

E-mail: tmn.skvorcov@mail.ru, kraev-an@mail.ru,

E-mail: tmn.skvorcov@mail.ru, kraev-an@mail.ru,

kraev_aln@mail.ru

kraev_aln@mail.ru

© П. И. Васенин, ведущий конструктор

© P. I. Vasenin, Design Project Leader

(ООО «НПО «ТюмГАСУ»)

(LLC «NPO «TyumGASU»)

E-mail: tgasu72@bk.ru

E-mail: tgasu72@bk.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕСЧАНОЙ ПОДУШКИ С КОНТУРНЫМ АРМИРОВАНИЕМ В СЕЗОННОПРОМЕРЗАЮЩИХ ПУЧИНИСТЫХ ГРУНТАХ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SAND CUSHION WITH CONTOUR REINFORCEMENT IN SEASONALLY FREEZING HEAVING SOILS

Представлена схема экспериментальной установки для определения эффективности контурного армирования песчаной подушки в условиях сезоннопромерзающих пучинистых грунтов, приведены результаты экспериментов.

Ключевые слова: морозное пучение грунтов, песчаная подушка, армирование.

The paper presents a scheme of the experimental installation for determining the effectiveness of the contour reinforcement of sand cushion under the conditions of seasonally freezing heaving soil. The results of the tests carried out are submitted.

Keywords: frost heaving of soils, sand cushion, reinforcement.

На территории России мощность деятельного слоя грунта находится в пределах от 0,5 до 3 м и более. Фундаменты малоэтажных зданий и сооружений не всегда целесообразно размещать ниже глубины промерзания грунта. В связи с этим для обеспечения надежной работы фундамента на пучинистых грунтах требуются мероприятия для снижения влияния морозного пучения на фундамент.

Одним из таких мероприятий является использование песчаных подушек [1]. Авторами предлагается устройство песчаной армированной по контуру подушки в сезоннопромерзающих грунтах для снижения деформаций пучения. Эффективность применения армированных по контуру песчаных подушек в талых грунтах подтверждена исследованиями А. Н. Краева [2, 3].

Для изучения эффективности применения песчаных подушек с контурным армированием в сезоннопромерзающих грунтах с целью сни-

жения деформаций морозного пучения грунта в центральной научно-исследовательской лаборатории инженерного мерзлотоведения Тюменского индустриального университета была создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

Экспериментальная установка представляет собой грунтовый лоток с жесткими стенками и дном с габаритными размерами в плане 925×725 мм и высотой 610 мм. Для исключения промерзания грунта через дно и боковые стенки лотка их поверхности оклеивались утеплителем. Для снижения касательных сил трения между грунтом и утеплителем укладывалось два слоя полиэтиленовой пленки с заполнением солидолом между слоями.

В качестве грунтового основания использовался среднепучинистый водонасыщенный суглинок нарушенной структуры, который послойно, с уплотнением укладывался в лоток.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — утеплитель ППС-10, $t = 50$ мм; 2 — каркас бака; 3 — песчаная армированная подушка; 4 — индикаторы часового типа; 5 — пол морозильной камеры; 6 — штамп; 7 — датчик температуры воды; 8 — греющий кабель; 9 — полипропиленовые трубы

В грунтовом основании устраивалась песчаная подушка трапецевидного очертания, армированная по контуру геосинтетическим материалом (Геоспан ТН 80). Размеры песчаной подушки в плане (по верху) составляли 250×650 мм, высота песчаной подушки 50 мм. На песчаную армированную подушку устанавливался штамп, имитирующий фундамент, с размерами в плане 150×450 мм.

Для моделирования уровня подземных вод в лотке размещалась магистральная система, состоящая из перфорированных полипропиленовых труб с установленным внутри греющим кабелем.

Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 2.

Экспериментальная установка помещалась в морозильную камеру, где поддерживалась температура -4 °С. В процессе эксперимента фиксировались деформации морозного пучения, а также температура грунта. Температура испытания выбрана с учетом методики определения степени пучинистости грунта [4].

Для фиксации деформаций морозного пучения в грунтовый лоток были внедрены грунтовые марки, кроме этого при проведении эксперимента фиксировалось перемещение штампа.

Для фиксации перемещений использовались индикаторы часового типа с точностью измерения 0,01 мм. Температурное поле грунта фиксировалось при помощи датчиков температуры с точностью 0,1 °С. Схема расстановки грунтовых марок и датчиков температур представлена на рис. 3.

Для анализа влияния песчаной армированной подушки на уменьшение деформаций морозного пучения грунта были выполнены следующие эксперименты: № 1 — штамп на естественном основании; № 2 — штамп на основании с песчаной подушкой; № 3 — штамп на основании с песчаной армированной подушкой.

Результаты экспериментов представлены на сравнительном графике перемещений штампа при промерзании-оттаивании грунтового основания во времени (рис. 4).

По характеру угла наклона линий на графике видно, что интенсивность пучения и просадки грунтового основания с применением армированной песчаной подушки ниже, чем у грунтового основания с песчаной подушкой без армирования и естественного основания.

Характер вертикальных перемещений свободной поверхности грунта в процессе промерзания-оттаивания представлен в таблице.

Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

Рис. 3. Схема расстановки грунтовых марок и датчиков температуры: *a–e* — грунтовые марки; *f–i* — точки измерений перемещений штампа; 1–17 — номера датчиков температуры

По результатам лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

1) применение песчаной армированной подушки позволяет снизить деформации морозного пучения более чем в два раза по сравнению с естественным основанием;

2) применение контурного армирования песчаной подушки позволяет снизить деформации морозного пучения на 10–14 % по сравнению с песчаной подушкой без армирования;

3) армирующий элемент песчаной подушки позволяет исключить процесс смерзания глинистого грунта с песком, что уменьшает деформации морозного пучения;

4) применение песчаной армированной подушки снижает усадку грунтового основания в начальный период промерзания, а также уменьшает просадку грунта после оттаивания на 29 % по сравнению с песчаной подушкой без армирования.

Рис. 4. Перемещения штампа при промерзании-оттаивании грунтового основания во времени

Результаты экспериментов

Параметры	Эксперимент № 1 (естественное основание)	Эксперимент № 2 (песчаная подушка без армирования)	Эксперимент № 3 (песчаная армированная подушка)
Максимальные деформации пучения, мм	18,6	9,8	8,8
Усадка грунта в начальный период промораживания, мм	3,4	2,5	1,9
Просадка грунта после оттаивания, мм	5,5	3,8	2,7

Библиографический список

1. Карлов В. Д. Основания и фундаменты на сезоннопромерзающих пучинистых грунтах. СПб.: СПбГАСУ, 2007.
2. Краев А. Н. Экспериментальные исследования работы слабого глинистого основания, усиленного песчаной армированной подушкой с криволинейной подошвой // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 5. С. 221–224.
3. Бай В. Ф., Краев А. Н. Исследование работы песчаной армированной по контуру подушки с криволинейной подошвой в условиях слабых глинистых

грунтов // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 107–110.

4. ГОСТ 28622–2012. Метод лабораторного определения степени пучинистости.

References

1. Karlov V. D. *Osnovaniya i fundamenty na sezonopromerzayushchikh puchinistyykh gruntakh* [The bases and foundations on the seasonally freezing heaving soils]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2007.
2. Kraev A. N. *Ehksperimental'nye issledovaniya raboty slabogo glinistogo osnovaniya, usilennogo pescha-*

noy armirovannoy podushkoy s krivolineynoy podoshvoy [Pilot studies of the weak clay base strengthened by sandy reinforced cushion with a curvilinear sole]. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya – Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region*, 2013, no. 5, pp. 221–224.

3. Bay V. F., Kraev A. N. *Issledovanie raboty peschanoy armirovannoy po konturu podushki s krivolineynoy podoshvoy v usloviyakh slabykh glinistyykh gruntov* [Research

of performance of the sand pad reinforced on the contour with a curvilinear sole in the conditions of weak clay soil]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 3 (44), pp. 107–110.

4. GOST 28622–2012. *Metod laboratornogo opredeleniya stepeni puchinistosti* [State Standard 28622-2012. Laboratory method for determination of frost-heave degree]. Moscow, Standartinform Publ., 2013.