**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 9, № 3, 2018
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>

DOI: 10.15593/2224-9826/2018.3.04

УДК 626/628: 691.1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОНАПОЛНЯЕМЫХ ОБОЛОЧЕК В ОСНОВАНИЯХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А.С. Глагольева, Т.П. Кашарина

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
Новочеркасск, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 12 марта 2018
Принята: 16 мая 2018
Опубликована: 28 сентября 2018

Ключевые слова:

грунтоармированная оболочка; заполнитель-песок; композитный материал; средства измерения; приборы; оборудование; графические, эмпирические зависимости; нагрузка; воздействия.

АННОТАЦИЯ

Применение оболочечных элементов в строительстве известно с середины XIX в. Одним из факторов использования их в настоящее время являются новые композитные материалы для их изготовления, обеспечивающие надежность и безопасность оснований и фундаментов. Главными условиями этого являются критерии устойчивости (прочности) и деформации, которые могут изменяться во времени при воздействии различных факторов природного и техногенного процесса в период строительства и эксплуатации. При укреплении грунтов основания грунтонаполняемыми оболочками необходимо определить их устойчивое состояние при воздействии и снятии нагрузки, распределение их по площади фундамента с учетом патента на изобретение «Способ создания грунтоармированных оснований и фундаментов зданий и сооружений и устройство для его осуществления». Исследования проводились несколькими сериями с одной, двумя и тремя грунтонаполняемыми оболочками при различной глубине заложения. В статье рассмотрены вопросы проведения экспериментальных исследований грунтонаполняемых оболочек под нагрузкой и после ее снятия, описаны приборы и методика проведения исследований. Приведены результаты экспериментальных исследований, представленные в графических и эмпирических зависимостях. Результаты исследования будут использованы при составлении рекомендаций по оценке напряженно-деформированного состояния грунтонаполняемых оболочек при усилении оснований на технических грунтах.

© ПНИПУ

© Глагольева Анна Сергеевна – аспирант, e-mail: glagoleva-anna@yandex.ru.

Кашарина Татьяна Петровна – доктор технических наук, профессор, e-mail: kasharina_tp@mail.ru.

Tat'iana P. Kasharina – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: kasharina_tp@mail.ru.

Anna S. Glagolieva – Postgraduate Student, email: alaaoleva-anna@yandex.ru.

EXPERIMENTAL STUDIES OF SOIL-FILLED SHELLS

A.S. Glagolieva, T.P. Kasharina

South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov,
Novocherkassk, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 12 March 2018

Accepted: 16 May 2018

Published: 28 September 2018

Keywords:

soil-reinforced shell; aggregate-sand;
composite material; measuring; de-
vices; equipment; empirical depend-
encies.

ABSTRACT

The use of shell elements in construction is known since the middle of the 19th century. One of the factors using them at the present time is new composite materials for their fabrication, which makes it possible to ensure the reliability and safety of foundations and foundations. The main conditions for this are the criteria of stability (strength) and deformation, which can vary with time under the influence of various factors of the natural and man-made process during construction and operation. When strengthening the foundation soils with soil-filled shells, it is necessary to determine their steady state under the influence and removal of the load, their distribution according to the area of the foundation, taking into account the patent for the invention «The method of creating soil-reinforced foundations and foundations of buildings and structures and the device for its implementation [4]. The investigations were carried out by several series with one, two and three primed-filled shells at different depths of deposition. In the article the questions of carrying out of experimental researches of soil-filled shells under loading and after its removal are considered, devices and a technique of realization of researches are described. The results of experimental studies presented in graphic and empirical relationships are presented. The results of the study will be used to draw up recommendations for assessing the stress-strain state of soil-filled shells when the bases are broadened on technical grounds.

© PNRPU

В современной строительной практике при усилении оснований зданий и сооружений (включая малоэтажное строительство, транспортные системы) предлагается использовать различные методы и технические решения, в том числе с грунтонаполняемыми элементами [1–8].

На кафедре ПГСГиФ Южно-Российского государственного политехнического университета проводились экспериментальные исследования оболочечных элементов из композитных материалов. Испытательный стенд представляет собой лоток, изготовленный из органического стекла толщиной 6 мм и металлического уголка толщиной 40 мм. Его параметры следующие: $b = 0,8$ м; $l = 1,0$ м; $H = 1,0$ м. Для усиления стенок лотка устанавливались ребра жесткости через 0,4 м по ширине лотка и 0,35 м по его длине. Задаваемая нагрузка P от 0,1 до 120 кПа передается штампом площадью $0,4 \times 0,6 = 0,24$ м² через шток, а его устойчивость обеспечивается втулкой. В качестве регистрирующего прибора перемещений модели грунтонаполняемой оболочки использовались стандартные индикаторы часового типа ИЧ-10, а градуировка стенда осуществлялась стандартным динамометром ДС-200, имеющим предел измерения до 200 кН (приборы метрологически аттестованы). Грунтом основания служил среднезернистый воздушно-сухой песок, который имеет следующие физико-механические характеристики: угол естественного откоса $\beta = 33^\circ$, угол внутреннего трения $\varphi = 43^\circ$, плотность $\rho = 16,5$ кПа, сцепление $c = 0,0052$ МПа, коэффициент пористости $e = 0,53$. Для измерения плотности грунта применялся иглоплотномер, разработанный Ю.Н. Мурзенко. Материал грунтонаполняемой оболочки в модели приняли как Unisol 630. Схема установки представлена на рис. 1. Для наблюдения за осадками основания дополнительно укладывали цветной песок [3, 4].

Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1 – лоток; 2 – штамп; 3 – шток; 4 – индикаторы часового типа ИЧ-10; 5 – сектор; 6 – ось сектора; 7 – рама; 8 – цветной грунт; 9, 10 – регулировочные винты; 11 – грузы; 12 – траверса; 13 – стопорные винты; 14 – прижимные винты; 15 – продольный шарнир; 16 – измерительная рейка; 17 – стрелка; 18 – траверса ИЧ-10

Fig. 1. The experimental setup: 1 – tray; 2 – stamp; 3 – rod; 4 – indicating gages ICH-10; 5 – sector; 6 – sector axis; 7 – frame; 8 – colored ground; 9, 10 – setting screws; 11 – loads; 12 – cross-member; 13 – bolts; 14 – clamping screws; 15 – longitudinal hinge; 16 – a measuring-rod; 17 – arrow; 18 – traverse ICH-10

Было проведено четыре серии по пять опытов с различными нагрузками – сухой песок с естественным уплотнением, с нагрузкой от каркасного одноэтажного здания; с уплотнением сухого песка и нагрузкой от каменного (кирпичного одноэтажного и трехэтажного) здания.

На рис. 2, а представлена лабораторная установка (стенд), а на рис. 2, б – непосредственно выполнение эксперимента, при этом следует отметить, что промежуток между опытами составил 30–40 мин.

а

б

Рис. 2. а) Общий вид экспериментальной установки (стена): 1 – испытательный стенд; 2 – грунтонаполняемая оболочка; 3 – грунт основания; 4 – индикатор часового типа ИЧ-10; б) Проведение экспериментальных исследований грунтонаполняемой оболочки аспиранткой Глаголевой А.С.: 1 – испытательный стенд; 2 – грунтонаполняемая оболочка; 3 – грунт основания; 5 – динамометр

Fig. 2. а) General view of experimental installation (wall): 1 – test stand; 2 – grout-filled shell; 3 – ground; 4 – dial gauge ICH-10; б) experimental research of grout-filled shell by graduate student Glagoleva A.S.: 1 – test stand; 2 – grout-filled shell; 3 – ground; 5 – dynamometer

В результате проведенных экспериментальных исследований получены графические и эмпирические зависимости, представленные на рис. 3.

Приведенные графические и эмпирические зависимости на рис. 3 показали, что при нагрузке от 0,1 до 120 кПа перемещение (деформация) грунтонаполняемой оболочки составляет до 0,3 мм, после постепенного снятия нагрузки – от 10 до 15 %.

Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований:
а – поперечное очертание; б – изменения по длине оболочки

Fig. 3. The results of experimental studies:

а – cross outline; б – changes in the length of the shell

Теоретические исследования проводились с учетом работы К.М. Хуберяна, в которой используется гипотеза о применении широкой и неглубокой засыпки (в нашем случае – от 0,6 до 2 м), при этом интенсивность в данной точке поверхности засыпки принимается равной весу столба над этой точкой, а интенсивность горизонтального давления засыпки – пропорциональной интенсивности вертикального давления [7]. Тогда сила натяжения в грунтонаполняемой оболочке, кН/м,

$$T = \frac{T_0}{\gamma_H \cdot b}, \quad (1)$$

где T_0 – давление засыпки, кН/м; γ_H – объемный вес грунта, наполняющего оболочку; b – размер выделенного участка оболочки. На основании этого исследования составлена программа для расчета грунтонаполняемой оболочки под нагрузкой [3, 5, 8, 9].

На основании анализа существующих теоретических и экспериментальных данных, проведенных экспериментальных и теоретических исследований составлена программа расчета и разработаны рекомендации по их применению в проектной строительной прак-

тике при уплотнении грунтов основания грунтонаполняемыми элементами (малоэтажное строительство, транспортная инфраструктура) [1–15].

Данная статья выполнена по заданию № 13.1236.2017/ПЧ по теме: «Разработка энергоэффективных и экологически безопасных систем децентрализованного водоэнергоснабжения рекреационных объектов в условиях Южного региона Российской Федерации».

Библиографический список

1. Кашарина Т.П. Совершенствования конструкций, методов научного обоснования, проектирования и технологии возведения облегченных гидротехнических сооружений: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2000. – 56 с.
2. Кашарина Т.П., Жмайлова О.В., Глагольева А.С. Рекомендации по применению в малоэтажном строительстве грунтонаполняемых элементов при усилении оснований на техногенных грунтах. – Ростов н/Д: Южводопроект, 2010. – 23 с.
3. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. Применение оболочечных конструкций из композиционных наноматериалов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 3. – С. 34–40.
4. Создание защитных монооболочечных систем искусственных оснований и фундаментов зданий и сооружений и устройство для его осуществления / Кашарина Т. [и др.]. – Заявка № 2012108682 от 6.03.2012, гос. рег. 3.03.2014.
5. Грунтонаполняемая оболочка: свид. ПрЭВМ 2010610995 / Кашарина Т.П., Жмайлова О.В., Глаголева О.С. – № 2009616940; заявл. 4.12.2009.
6. Хуберян К.М. Рациональные формы трубопроводов, резервуаров и напорных перекрытий. – М.: Госстройиздат, 1956. – 206 с.
7. Кашарина Т.П., Кашарин Д.В. Использование грунтонаполняемых оснований из композиционных материалов для водоудерживающих структур // Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства: материалы междунар. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – С. 395–401.
8. Кашарина Т.П., Жмайлова О.В., Глаголева А.С. Анализ теоретических зависимостей для расчета грунтонаполняемых оболочек // Наука, техника и технология XXI века. – 2009. – С. 346–350.
9. Ingold T.S. Soil reinforcing systems in the United Kingdom // Highways and Public Works. – 1981. – Vol. 49, № 1858. – P. 1620.
10. Floss R., Thamm B.R. Bewehrte Erde – Ein neues Bauverfahren im Erd – und Grundbau // Bautechnik. – 1976. – Vol. 53, № 7. – S. 217–226.
11. Vidal H. The development and future of reinforced earth // Proceedings of Symposium on Earth Reinforcement, Geotechnical Engineering Division of American Society of Civil Engineers, Pittsburgh, April 27, 1978. – Pittsburgh, 1978. – P. 1.
12. Rudov-Clark S., Lomov S.V., Bannister M.K. Geometric and mechanical modelling of 3D woven composites // Materials of the 14th International Conference on Composite Materials, San Diego, USA, 14–18 July. – San Diego, 2003.
13. Full scale experiment on reinforced earth abutment in Lille / I. Juran, F. Schlosser, N. Long, G. Legeay // Proceedings, Symposium on Earth Reinforcement, ASCE Annual Convention, April 27, 1978. – Pittsburgh, 1978. – P. 586–584.
14. Matthews F.L., Rawlings R.D. Composite materials: engineering and science. – Oxford: Alden Press, 1999. – 470 p.

References

1. Kasharina T.P. Sovershenstvovaniya konstruktsij, metodov nauchnogo obosnovaniya, proektirovaniya i tekhnologii vozvedeniya oblegchennykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij [Perfection of structures, methods of scientific justification, design and technology of erection of lightweight hydraulic structures]. Abstract of Doctor's degree dissertation. Moscow, 2000, 56 p.
2. Kasharina T.P., Zhmaylova O.V., Glagolieva A.S. Rekomendatsii po primeneniyu v maloehtazhnom stroitel'stve gruntonapolnyaemykh ehlementov pri usilenii osnovanij na tekhnogennykh gruntakh [Recommendations for use in low-rise construction of soil-filled elements with reinforcement of foundations on technogenic soils]. Rostov on Don, Yuzhvodoproekt, 2010, 23 p.
3. Kasharina T.P., Kasharin D.V. Primenenie obolocheknykh konstruktsij iz kompozitsionnykh nanomaterialov [Application of shell structures made of composite nanomaterials]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2017, vol. 8, no. 3, pp. 34-40. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.3.04.
4. Kasharina T. at all. Sozдание zashhitnykh monogoobolocheknykh sistem iskusstvennykh osnovanij i fundamentov zdaniy i sooruzhenij i ustrojstvo dlya ego osushhestvleniya [Creation of protective mono-envelope systems of artificial bases and foundations of buildings and structures and a device for its implementation]. Application No. 2012108682 of March 6, 2012, state registration number. Reg. 03/03/2014.
5. Kasharina T.P., Zhmailova O.V., Glagoleva O.S. Gruntonapolnyaemaya obolochka [Ground-filled shell]. Computer program 2010610995 (No. 2009616940), 2009.
6. Khuberian K.M. Ratsional'nye formy truboprovodov, rezervuarov i napornykh perekrytij [Rational forms of pipelines, reservoirs and pressure transitions]. Moscow, Gosstroyizdat, 1956, 206 p.
7. Kasharina T.P., Kasharin D.V. Ispol'zovanie gruntonapolnyaemykh osnovanij iz kompozitsionnykh materialov dlya vodouderzhivayushhih struktur [Use of soil-filled bases from composite materials for water-retaining structures]. *Fundamenty glubokogo zalozeniya i problemy osvoeniya podzemnogo prostranstva. Materialy mezhdunarodnoj konferentsii*. Perm., 2011, pp. 395-401.
8. Kasharina T.P., Zhmailova O.V., Glagoleva A.S. Analiz teoreticheskikh zavisimostej dlya rascheta gruntonapolnyaemykh obolochek [Analysis of theoretical dependencies for calculating soil-filled shells]. *Science, Technology and Technology of the 21st Century*, 2009, pp. 346-350.
9. Ingold T.S. Soil reinforcing systems in the United Kingdom. *Highways and Public Works*, 1981, vol. 49, no. 1858, pp. 1620.
10. Floss R., Thamm B.R. Bewehrte Erde - Ein neues Bauverfahren im Erd - und Grundbau. *Bautechnik*, 1976, vol. 53, no. 7, pp. 217-226.
11. Vidal H. The development and future of reinforced earth. *Proceedings of Symposium on Earth Reinforcement, Geotechnical Engineering Division of American Society of Civil Engineers*, Pittsburgh, April 27, 1978. pp. 1.
12. Rudov-Clark S., Lomov S.V., Bannister M.K. Geometric and mechanical modelling of 3D woven composites. *Materials of the 14th International Conference on Composite Materials*, San Diego, USA, 14-18 July, 2003.
13. Juran I., Schlosser F., Long N., Legeay G. Full scale experiment on reinforced earth abutment in Lille. *Proceedings, Symposium on Earth Reinforcement, ASCE Annual Convention*, Pittsburg, April 27, 1978, pp. 586-584.
14. Matthews F.L., Rawlings R.D. Composite materials: engineering and science. Oxford, Alden Press, 1999, 470 p.