

УДК/UDC 624.131.439

DOI: <https://doi.org/10.25206/1813-8225-2026-198-96-101>

EDN: JSXBKC

Научная статья/Original article

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УВЛАЖНЕНИЯ ГРУНТА В ПРОСТРАНСТВЕ

М. И. Гильдебрандт✉, Л. Б. Серкова

Омский государственный технический университет,
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11

✉ migildebrandt@mail.ru

Актуальной задачей строительства оснований и фундаментов является совершенствование технологий подготовки используемых грунтов, которые должны соответствовать требованиям нормативной документации. Это позволит не только обеспечить эксплуатационную надежность грунтовых оснований, но и снизить материальные затраты на этапе подготовки.

Важным условием обеспечения надежности оснований является рациональное увлажнение на этапе подготовки. Проведение лабораторных исследований по изучению показателей увлажнения грунтовых оснований помогает совершенствовать технологии и добиваться наиболее высоких результатов.

Основная цель данной работы заключается в разработке конструкции устройства для контроля увлажнения грунта в пространстве с применением эмпирических методов исследования. Под термином «в пространстве» подразумевается возможность получения информации о влажности не только в одной точке, но и, потенциально, с определенной пространственной разрешающей способностью, что может быть полезно для анализа неоднородности увлажнения на определенной территории.

В работе представлены результаты разработки конструкции устройства для контроля увлажнения грунта в пространстве, которое позволит в ходе лабораторных исследований установить характер увлажнения каждого слоя песчаного грунта при заданном количестве воды. Полученные данные позволят разработать математическую модель послойного увлажнения грунта.

Ключевые слова: грунт, устройство, влажность, контроль увлажнения, основания, фундаменты

Для цитирования: Гильдебрандт М. И., Серкова Л. Б. Разработка конструкции устройства для контроля увлажнения грунта в пространстве. *Омский научный вестник*. 2026. № 2 (198). С. 96–101. <https://doi.org/10.25206/1813-8225-2026-198-96-101>. EDN: JSXBKC.



© Гильдебрандт М. И., Серкова Л. Б., 2026.
Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

DEVELOPMENT OF THE DEVICE FOR MONITORING SOIL MOISTURE IN SPACE

M. I. Gildebrandt✉, L. B. Serkova

Omsk State Technical University, Mira Ave., 11, Omsk, 644050, Russia

✉ migildebrandt@mail.ru

The urgent task in the construction of foundations and bases is to improve the technologies for preparing the soils, which should meet the requirements of regulatory documentation. It not only ensures the operational reliability of the soil bases, but also reduces the material costs at the preparation stage.

An important condition for ensuring the reliability of the bases is the rational moistening at the preparation stage. Conducting laboratory research to investigate the moisture indicators of the soil bases helps to improve the technologies and achieve the best results.

Therefore, the aim of the research is to develop the device design for monitoring soil moisture in space using empirical research methods. The term in space means the ability to obtain information about moisture not only at a single point, but potentially with a certain spatial resolution, which can be useful for analysing the heterogeneity of moisture distribution in a specific area.

The paper presents the results of developing the device design for monitoring soil moisture in space, which allows determining the moisture content of each layer of the sandy soil with a given amount of water by laboratory studies. The obtained data allows developing a mathematical model of layer-by-layer soil moisture.

Keywords: soil, device, humidity, moisture control, bases, foundations

For citation: Gildebrandt M. I., Serkova L. B. Development of the device for monitoring soil moisture in space. *Omsk Scientific Bulletin*. 2026;2(198):96–101. <https://doi.org/10.25206/1813-8225-2026-198-96-101>. EDN: JSXBKC. (In Russ.).



© Gildebrandt M. I., Serkova L. B., 2026.
The content is available under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Введение

Важным фактором, обеспечивающим бесперебойность работы системы транспорта и хранения углеводородов, является надежность строительства и эксплуатации резервуаров, в том числе и устройство их грунтовых оснований [1, 2]. Бесперебойность функционирования системы напрямую зависит от надежности ключевых элементов, и одним из таких, зачастую недооцененных, является устройство грунтовых оснований резервуаров. Именно на них ложится колоссальная нагрузка, и от их состояния зависит целостность и безопасность всей системы.

Резервуары для хранения углеводородов — это не просто емкости, а сложные инженерные сооружения, рассчитанные на хранение огромных объемов легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ. Любая, даже незначительная деформация или просадка основания может привести к катастрофическим последствиям: утечкам, пожарам, экологическим катастрофам и, как следствие, остановке поставок и колоссальным экономическим убыткам. Под основанием резервуара принято понимать массив грунта, который взаимодействует с резервуаром¹. В качестве оснований используется послойно уплотненный песчаный грунт, имеющий оптимальные значения влажности^{2,3} [3]. Важность увлажнения грунтовых оснований для различного типа сооружений отмечается многими авторами, в том числе зарубежными [4–9].

Процесс увлажнения — это не только изменение одного параметра. Он включает в себя множество

взаимосвязанных факторов, которые развиваются во времени и пространстве. Влажность грунта оказывает существенное влияние на его уплотнение. В течение всего срока эксплуатации грунтовые основания резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов подвергаются циклическим нагрузкам, возникающим при их заполнении и последующем опорожнении. Вследствие чего в основании резервуара имеют место деформации, величина которых в процессе эксплуатации не должна превышать расчётных значений⁴.

Для обеспечения контроля увлажнения грунта в лабораторных условиях⁵ известна установка, которая предназначена для определения фильтрационной способности грунта. Конструктивно установка представляет собой секцию трубы с отверстием, в которую помещается образец песчаного грунта. В этой секции имеется эластичная оболочка, которая не пропускает воду. В оболочке выполнено отверстие, совпадающее с отверстием в секции трубы. К данному отверстию подключен водосливной шланг, образующий герметичное соединение. В эластичную оболочку выше уровня водосливного шланга помещается дренирующий материал, поверх которого располагается нижний фильтр с нулевым сопротивлением. Далее на него помещается образец грунта, на который также располагают верхний фильтр с нулевым сопротивлением. Сверху находится шланг, подающий воду. Сток водоподающего шланга с эластичной оболочкой загерметизирован при помощи как минимум одной резиновой манжеты. В свою очередь шланг подключается к расши-

¹ ГОСТ 31385 — 2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. Введ. 2017–03–01. Москва: Стандартинформ, 2016. 90 с.

² Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ 2023682416 Российская Федерация. Информационная модель грунта / Грузин А. В. № 2023681286; заявл. 17.10.2023; опубл. 25.10.2023. EDN: PZCYBC.

³ Патент 2707112 С1 Российская Федерация, МПК Е 02 D 1/02. Способ регулирования характеристик физических и механических свойств дисперсного несвязного грунта методом гранулометрического синтеза / Грузин А. В. № 2019107907; заявл. 20.03.2019; опубл. 22.11.2019. EDN: JEILKM.

⁴ Патент 2551088 С1 Российская Федерация, МПК Е 02 В 1/00, Е 02 D 1/00, G 01 N 1/00, Е 02 В 7/06. Способ оценки качества послойного уплотнения возведенных земляных насыпей автомобильных, железных дорог и плотин гидротехнических сооружений / Музафаров А. А. № 2013155650/13; заявл. 16.12.2013; опубл. 20.05.2015. EDN: ZLMWZQ.

⁵ Патент 93151 U1 Российская Федерация, МПК G 01 N 15/08. Установка для определения фильтрационной способности грунта / Пронозин Я. А., Уфуков П. П., Порошин О. С. № 2009110141/22; заявл. 20.03.2009; опубл. 20.04.2010. EDN: PNGDWL.

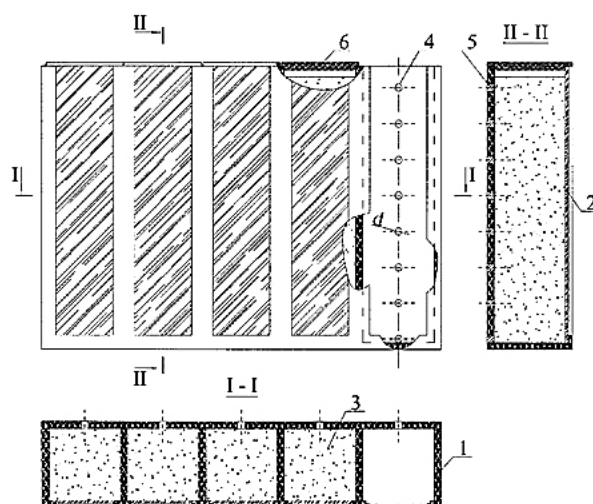


Рис. 1. Устройство для контроля увлажнения грунта:
1 — корпус прямоугольной формы; 2 — передняя стенка секций корпуса выполнена из прозрачного материала (поликарбонат или стекло); 3 — грунт; 4 — отверстия d; 5 — пробка; 6 — крышка

Fig. 1. Device for monitoring soil moisture:
1 — rectangular-shaped housing; 2 — front wall of housing sections made of transparent material (polycarbonate or glass); 3 — soil; 4 — d-holes; 5 — plug; 6 — cover

Источник / Source: разработано авторами / compiled by the authors

нительному баку. Водосливной шланг находится над сосудом, установленным на электронных весах. Для изменения напряженно-деформируемого состояния образца грунта установка имеет поршень и загружающий шток⁶. Однако данное устройство имеет низкую точность определяемых значений.

Также известно устройство для контроля увлажнения грунта⁷ (рис. 1).

Установка содержит n-секций с отверстиями, в которые засыпается грунт. Корпус устройства представляет собой параллелепипед, разделенный на отдельные секции, при этом передняя стенка выполнена из прозрачного материала, которая позволяет зрительно контролировать лабораторное исследование, а верхняя часть открывается для заправки и извлечения грунта, добавления воды. Необходимость крышки обосновывается отсутствием испарений во время проведения эксперимента. В противоположной стенке устройства для контроля увлажнения выполнены отверстия для извлечения проб грунта, которые при необходимости открываются и закрываются специальными пробками.

Извлеченные пробы исследуются в соответствии с ГОСТ 5180—2015⁸.

Полезная модель позволяет в лабораторных условиях обеспечить возможность контроля во времени и по глубине процесса увлажнения грунта в зависимости от его состава. Однако устройство позволяет контролировать процесс увлажнения только в одной точке в слое.

Известна и более совершенная конструкция описанного выше устройства⁹, отличающаяся тем, что в отверстия помещаются датчики контроля влажности грунта, что позволяет автоматизировать процесс. В конструкции предлагается извлечение грунта из нижней части устройства¹⁰. Основным недостатком рассмотренных конструкций является отсутствие возможности изучения распространения влажности грунта в пространстве. В связи с чем была предложена новая конструкция устройства для моделирования процесса увлажнения грунта¹¹.

Известна также полезная модель¹², включающая в себя цилиндрическую жесткую инфильтрационную колонку с одним датчиком измерения влажности, установленным у стенки (датчик 5, рис. 3 и 4 патента), предназначенную для испытания крупнозернистого грунта.

Недостатком рассмотренной полезной модели является цилиндрическая форма её жесткой инфильтрационной колонки (рис. 3 и 4 патента). Поскольку трудоёмкость изготовления цилиндрического корпуса из прозрачного материала, рассчитанного на перепад давлений в процессе эксплуатации, в лабораторных условиях выше, чем, например, у корпуса кубической формы. Для этой цели необходимо использовать трубы, изготовленные в заводских условиях. В свою очередь, использование труб заводского изготовления накладывает ограничения на доступный размерный ряд их диаметров и толщин.

Другим недостатком конструкции прибора является количество и место расположения датчика влажности. Наличие в приборе в исследуемом слое только одного датчика не позволяет учитывать стохастический характер состава грунта в поперечной плоскости и не позволяет корректно оценить величину влажности с помощью статистических методов. Расположение датчика у стенки прибора не исключает влияния на его показания так называемого краевого эффекта от материала самой стенки прибора, который (материал стенки) имеет отличные от грунта свойства смачиваемости.

Ещё одним недостатком конструкции прибора является возможность использования в нём только крупнозернистого грунта, что является следствием

⁶ Патент 239850 U1 Российская Федерация, МПК G 01 N 15/08. Устройство для контроля увлажнения грунта в пространстве / Грузин А. В., Гильдебрандт М. И., Серкова А. Б. № 2025116148; заявл. 11.06.2025; опубл. 17.12.2025. EDN: ZHSSFY.

⁷ Патент 147593 U1 Российская Федерация, МПК G 01 N 15/08. Устройство для контроля увлажнения грунта / Грузин А. В., Завьялов М. А., Антропова Л. Б., Коновалова А. Д. № 2014128104/28; заявл. 08.07.2014; опубл. 10.11.2014. EDN: MOQDCK.

⁸ ГОСТ 5180—2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Введ. 2016—04—01. Москва: Стандартинформ, 2016. 19 с.

⁹ Патент 178608 U1 Российская Федерация, МПК G 01 N 15/08, G 01 N 33/24, A 01 G 25/00. Устройство для контроля увлажнения грунта / Гильдебрандт М. И., Грузин А. В., Иванов Р. Н. № 2017127588; заявл. 01.08.2017; опубл. 11.04.2018. EDN: FFEDTH.

¹⁰ Патент 179559 U1 Российская Федерация, МПК G 01 N 15/08. Устройство для контроля увлажнения грунта / Гильдебрандт М. И., Грузин А. В., Иванов Р. Н. № 2018103982; заявл. 01.02.2018; опубл. 17.05.2018. EDN: KFSEYB.

¹¹ Патент 239850 U1 Российская Федерация, МПК G 01 N 15/08. Устройство для контроля увлажнения грунта в пространстве / Грузин А. В., Гильдебрандт М. И., Серкова А. Б. № 2025116148; заявл. 11.06.2025; опубл. 17.12.2025. EDN: ZHSSFY.

¹² Chen Zh., Wu J., In S., Wang H. Device for testing characteristic curves and permeability coefficients of unsaturated coarse-grained soils and water. CN patent 103308435 A; filed May 29th, 2013; published September 18th, 2013.

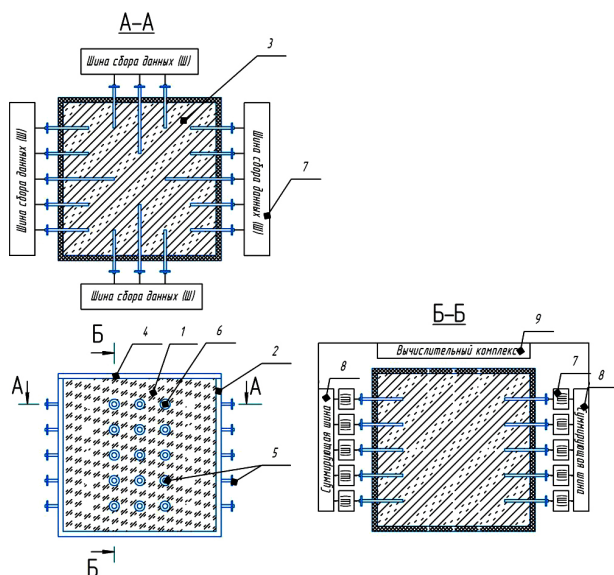


Рис. 2. Устройство для контроля увлажнения грунта в пространстве: 1 — ящик; 2 — корпус; 3 — образец грунта; 4 — крышка; 5 — датчики контроля влажности; 6 — отверстия; 7 — шина сбора данных; 8 — суммирующая шина; 9 — вычислительный комплекс
Fig. 2. Device for monitoring soil moisture in space: 1 — box; 2 — housing; 3 — soil sample; 4 — lid; 5 — moisture control sensors; 6 — holes; 7 — data collection bus; 8 — summation bus; 9 — computing complex
Источник / Source: разработано авторами / compiled by the authors

первого выше указанного недостатка (ограничения по диаметру и толщине стенки прибора).

Таким образом, целью работы является разработка конструкции для контроля увлажнения грунта в пространстве, предназначенного для исследования динамики пространственного характера увлажнения грунта в лабораторных условиях, что позволит провести ряд экспериментов, направленных на изучение свойств песчаного грунта, используемого при устройстве оснований зданий и сооружений нефтегазового комплекса, а также других отраслей строительства.

Основная часть

Устройство для контроля увлажнения грунта в пространстве предназначено для исследования динамики пространственного характера увлажнения грунта в лабораторных условиях, которое представляет собой кубический ящик. Корпус ящика выполнен из прозрачного материала (например, поликарбоната или стекла) для визуального контроля увлажнения грунта 3. На верхней части корпуса 2 ящика 1 расположена крышка 4, выполненная из того же материала, что и сам корпус 2, и предназначенная для предотвращения испарения воды. В ящике 1 на разных уровнях в разных точках осуществляется замер влажности с применением датчиков контроля влажности 5. В каждом уровне выполнены отверстия 6, в которые помещаются датчики контроля влажности (рис. 2). Оно представляет собой кубический ящик 1. Корпус 2 ящика выполнен из прозрачного материала (например, поликарбоната или стекла) для визуального контроля увлажнения грунта 3. На верхней части корпуса 2 ящика 1 расположена крышка 4, выполненная из того же материала, что и сам корпус 2, и предназначенная для предотвращения испарения воды. В ящике 1 на разных уровнях в разных точках осуществляется замер влажности с применением датчиков контроля влажности 5. В каждом уровне выполнены отверстия 6, в которые помещаются датчики контроля влажности 5, согласно рисунку. В каждом уровне

по каждой стороне куба датчики контроля влажности 5 подключены к шине сбора данных (Ш) 7, в свою очередь каждая из шин сбора данных (Ш) 7 подключается к суммирующим шинам 8, с которых общая информация передается на вычислительный комплекс 9. Он осуществляет обработку информации и составляет модель увлажнения грунта 3 по пространству.

Выбор типа грунта для основания играет не менее важную роль, чем его уплотнение. Согласно руководящим документам для сооружения основания резервуаров предпочтение отдается песчаному грунту средней крупности. Поэтому для проведения лабораторных исследований на стенде также используется грунт средней крупности [10–13].

Данный грунт обладает следующими характеристиками:

1. Хорошая дренирующая способность. Песчаные грунты хорошо пропускают воду, что предотвращает накопление влаги под резервуаром. Избыточная влага может привести к пучению грунта при замерзании или к снижению его несущей способности.

2. Высокая несущая способность. Песчаные грунты, особенно средней крупности, обладают хорошей способностью выдерживать нагрузки. При правильном уплотнении они формируют прочный и стабильный слой.

3. Устойчивость к деформациям. Песок средней крупности менее подвержен пластическим деформациям по сравнению с мелкозернистыми или глинистыми грунтами. Он лучше сохраняет свою форму под давлением резервуара.

4. Легкость уплотнения. Песчаные грунты средней крупности относительно легко поддаются уплотнению механическими способами, что позволяет достичь требуемой плотности и несущей способности.

Рассмотрим работу устройства. Образец грунта 3 заданной массы засыпают в ящик 1 корпуса 2 устройства для контроля увлажнения грунта 3 в пространстве (масса определяется в зависимости от объема ящика). Рассчитанное в зависимости от массы и исходной влажности образца грунта 3 количество воды заливают сверху в ящик и герметично закрывают его крышкой 4 для уменьшения потерь влаги через испарение во время проведения лабораторного исследования. Одновременно фиксируют время начала лабораторных исследований. В ящик 2 через отверстия 6 устанавливаются датчики контроля влажности 5 и подключаются к вычислительному комплексу 9. С течением времени датчики контроля влажности 5 фиксируют изменение влажности грунта 3.

С помощью вычислительного комплекса 9 можно построить объемную модель распределения влажности в любой момент времени. После проведения лабораторного испытания грунт 3 извлекается из ящика 1.

По переданным на вычислительную машину данным можно построить трехмерное графическое изображение, использующее все три оси координат для визуализации процесса увлажнения. Данное графическое изображение даёт возможность в полной мере передать всю глубину и динамику процесса увлажнения.

Проведение лабораторных исследований на устройстве для контроля увлажнения грунта в пространстве позволят изучить характер увлажнения, а также уточнить время, необходимое для

достижения слоем грунта оптимальной влажности. Значения оптимальной влажности были определены в ходе ранее выполненных исследований [14, 15].

Данное устройство имеет ряд значительных преимуществ:

1. Пространственное изучение оптимальной влажности. Вместо точечного и периодического контроля влажности грунта, который может не отражать реальную картину по всей площади основания, пространственное изучение предполагает комплексный анализ влажностного состояния материала в трех измерениях. Это позволяет выявить даже незначительные отклонения от оптимальных параметров, которые могут привести к неравномерной усадке, деформации или даже к разрушению основания в будущем.

2. Отсутствие специального оборудования. Нет необходимости в приобретении и обслуживании дорогостоящих приборов для каждого этапа контроля, а также в транспортировке и установке громоздкого оборудования. Отсутствие данных этапов значительно упрощает организацию работ.

3. Сокращение материальных затрат и временных рамок проведения строительных работ по устройству оснований резервуаров.

Заключение

В дальнейшем планируется патентование разработанного устройства, его сборка и проведение ряда экспериментов, направленных на изучение распределения влажности в пространстве. Этап патентования устройства позволит защитить интеллектуальную собственность и обеспечить возможность дальнейшего коммерческого использования, а также стимулировать дальнейшие исследования и разработки в этой области. Процесс сборки устройства предполагает переход от теоретической модели к реальному функционирующему прототипу, который будет готов к проведению испытаний.

Помимо научных исследований данная установка обладает значительным образовательным потенциалом. Она может стать незаменимым инструментом при проведении практических и лабораторных занятий по изучению свойств грунта. Использование такого устройства в образовательном процессе позволит перейти от абстрактных теоретических знаний к практическому опыту, делая обучение более увлекательным, наглядным и эффективным. Студенты смогут не только наблюдать за процессами, но и самостоятельно проводить эксперименты, анализировать полученные данные и делать выводы, что способствовало формированию глубокого понимания изучаемых явлений.

Понимание того, как влажность распределяется и изменяется, имеет огромное значение для множества областей, таких как строительство, сельское хозяйство и экология.

Разработанное устройство открывает новые горизонты как в области научных исследований, так и в сфере образования. Потенциал для изучения распределения влажности и свойств грунта огромен.

Список источников / References

1. Гайсин Э. Ш., Гайсин М. Ш. Современное состояние проблем обеспечения надежности резервуаров для нефти и нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2016. № 2. С. 31–40. EDN: XAGIQL.

Gaysin E. Sh., Gaysin M. Sh. Current state of problems of oil tanks reliability. *Transport and Storage of Oil Products and Hydrocarbons*. 2016;2:31–40. EDN: XAGIQL. (In Russ.).

2. Золенкова К. А. Анализ аварийности и причин аварий вертикальных стальных резервуаров // Научный Лидер. 2022. № 20 (65). С. 60–62. EDN: VTUVZZ.

Zolenkova K. A. Analiz avariynosti i prichin avariyy vertikal'nykh stal'nykh rezervuarov. *Nauchnyy Lider*. 2022;20(65):60–62. EDN: VTUVZZ. (In Russ.).

3. Антропова Л. Б., Гильдебрандт М. И., Грузин А. В. Изменение характеристик деформируемости несвязных дисперсных грунтов оснований резервуаров для хранения нефти и продуктов её переработки // Россия молодая: передовые технологии — в промышленность. 2015. № 2. С. 94–98. EDN: VBERXN.

Antropova L. B., Gil'debrandt M. I., Gruzin A. V. Izmeneniye kharakteristik deformiruyemosti nesvyaznykh dispersnykh gruntov osnovaniy rezervuarov dlya khraneniya nefiti i produktov ee pererabotki. *Rossiya Molodaya: Peredovyye Tekhnologii v Promyshlennost'*. 2015;2:94–98. EDN: VBERXN. (In Russ.).

4. Lima C., Motta L. [et al.]. Mechanical Characterization of Fine-Grained Lateritic Soils for Mechanistic-Empirical Flexible Pavement Design. *Journal of Testing and Evaluation*. 2020;48(1):1–17. <https://doi.org/10.1520/JTE20180890>.

5. Bayomy F. M., Al-Sanad H. A. Deformation Characteristics of Subgrade Soils in Kuwait. *Transportation Research Record*. 1993;1406:77–87.

6. Агаханов Э. К., Агаханов С. А., Агаханов Г. Э. Моделирование влажностных напряжений в грунтовом полупространстве // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023. Т. 50, № 2. С. 160–168. <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2023-50-2-160-168>. EDN: SYTPMG.

Agakhanov E. K., Agakhanov S. A., Agakhanov G. E. Modeling of humidity stresses in a soil half-space. *Herald of Daghestan State Technical University. Technical Science*. 2023;50(2):160–168. <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2023-50-2-160-168>. EDN: SYTPMG. (In Russ.).

7. Салямова К. Д., Руми Д. Ф. Трансформация напряженно-деформированного состояния основания сооружения при неравномерном увлажнении грунта // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2016. № 5. С. 94–99. EDN: VTKBJT.

Salyamova K. D., Rumi D. F. Transformation of stress-strain state of structure foundation under non-uniform moisturing of soil. *Bulletin of Belgorod State Technological University Named after. V. G. Shukhov*. 2016;5:94–99. EDN: VTKBJT. (In Russ.).

8. Агаханов Г. Э. Математическое моделирование влажностных напряжений в грунтовом полупространстве // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7, № 3 (28). С. 86. <https://doi.org/10.15862/12TVN315>. EDN: SLACTF.

Agakhanov G. E. Mathematical modeling of humidity stresses in a soil half-space. *Internet-Zhurnal Naukovedeniye*. 2015;7(3):86. <https://doi.org/10.15862/12TVN315>. EDN: SLACTF. (In Russ.).

9. Мещерякова А. М., Ловцов А. Д. Влияние пониженных характеристик грунта на напряженно-деформированное состояние здания // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2013. № 1. С. 201–205. EDN: RHJAXD.

Mesherjakova A., Lovtsov A. Effect of reduced soil conditions on the building stress-strain state. *Dal'niy Vostok: Problemy Razvitiya Arkhitekturno-Stroitel'nogo Kompleksa*. 2013;1:201–205. EDN: RHJAXD. (In Russ.).

10. Грузин А. В., Антропова Л. Б. Особенности подготовки песчаного основания резервуара РВС-50000 // Управление инновациями: теория, методология, практика. 2014. № 11. С. 96–99. EDN: SZTQBZ.

Gruzin A. V., Antropova L. B. Osobennosti podgotovki peschanogo osnovaniya rezervuara RVS-50000. *Upravleniye*

Innovatsiyami: Teoriya, Metodologiya, Praktika. 2014;11:96–99. EDN: SZTQIBZ. (In Russ.).

11. Горелов А. С. Неоднородные грунтовые основания и их влияние на работу вертикальных стальных резервуаров: монография. Санкт-Петербург: Недра, 2009. 220 с. ISBN 9785940891308.

Gorelov A. S. Neodnorodnyye gruntovyye osnovaniya i ikh vliyaniye na rabotu vertikal'nykh stal'nykh rezervuarov. Saint Petersburg, 2009. 220 p. ISBN 9785940891308. (In Russ.).

12. Awwad T., Gruzin A., Gruzin V. Upgrading of the Technologies of Soil Preparation and Construction of Foundations for Structures of Oil and Gas Industry. *Proceedings of the 2nd GeoMEast International Congress and Exhibition on Sustainable Civil Infrastructures*. Egypt, 2019. P. 64–72. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01923-5_6.

13. Ухов С. Б., Семенов В. В., Знаменский В. В. [и др.]. Механика грунтов, основания и фундаменты. Москва: Высшая школа, 2007. 566 с. ISBN 978-5-06-003868-2. EDN: QNMXGT.

Ukhov S. B., Semenov V. V., Znamenskiy V. V. [et al.]. *Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenti*. Moscow, 2007. 566 p. ISBN 978-5-06-003868-2. EDN: QNMXGT. (In Russ.).

14. Гильдебрандт М. И., Антропова Л. Б., Щипкова Ю. В. [и др.]. Обработка результатов лабораторных исследований увлажнения грунтов оснований резервуаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2018. № 5(131). С. 121–125. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2018-5-121-125>. EDN: VLSMXA.

Gildebrandt M. I., Antropova L. B., Shchipkova Yu. V. [et al.]. Processing the results of laboratory studies of moisture ground mounting of tank bases. *Oil and Gas Studies*. 2018;5(131):121–125. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2018-5-121-125>. EDN: VLSMXA. (In Russ.).

15. Кононова М. И., Серкова Л. Б., Медкова Э. Ю. [и др.]. Изменение деформационных характеристик оснований резервуарного парка в составе транспортной системы // Транспортное дело России. 2019. № 4. С. 145–148. EDN: KBHYUP.

Kononova M. I., Serkova L. B., Medkova E. Yu. [et al.]. Change of deformation characteristics of the foundations of the reservoir park in the transport system. *Transport Business in Russia*. 2019;4:145–148. EDN: KBHYUP. (In Russ.).

Вклад авторов:

М. И. Гильдебрандт. Постановка цели и задач исследования, анализ состояния вопроса, оценка результатов разработанной конструкции, формулирование выводов, подготовка текста статьи.

Л. Б. Серкова. Проведение обзора, проведение лабораторных исследований на устройстве для контроля увлажнения грунта в пространстве и анализ результатов.

Authors' contribution:

Margarita I. Gildebrandt. Setting research aim and objectives, analysing the problem, evaluating the results of the developed design, formulating conclusions and preparing the text of the article.

Lyubov B. Serkova. Conducting a review and laboratory tests on a device for monitoring soil moisture in space, analysing the results.

Информация об авторах:

ГИЛЬДЕБРАНДТ Маргарита Ивановна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск.

SPIN-код: 8369-6750

AuthorID (РИНЦ): 829999

AuthorID (SCOPUS): 57201776013

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3334-9888>

e-mail: migildebrandt@mail.ru

СЕРКОВА Любовь Борисовна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 1236-8615

AuthorID (РИНЦ): 829575

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5918-2476>

e-mail: lbserkova@omgtu.ru

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 22.10.2025; одобрена после рецензирования 05.03.2026; принята к публикации 10.06.2026.

Information about the authors:

GILDEBRANDT Margarita Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Oil and Gas Storage, Standardization and Certification Department, Omsk State Technical University, Omsk.

SPIN-code: 8369-6750

AuthorID (RSCI): 829999

AuthorID (SCOPUS): 57201776013

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3334-9888>

e-mail: migildebrandt@mail.ru

SERKOVA Lyubov Borisovna, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Oil and Gas Storage, Standardization and Certification Department, Omsk State Technical University, Omsk.

SPIN-code: 1236-8615

AuthorID (RSCI): 829575

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5918-2476>

e-mail: lbserkova@omgtu.ru

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

The authors have read and approved the final manuscript.

The article was submitted 22.10.2025; approved after reviewing 05.03.2026; accepted for publication 10.06.2026.