

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ FOOTINGS AND FOUNDATIONS, SUBSURFACE STRUCTURES



УДК 624.1

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-2-26-32>

К вопросу определения изменения влажности при замачивании котлована в лессовых толщах

И.Ю. Дежина  

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 irdezhina@yandex.ru



EDN: JXIEIF

Аннотация

Введение. В связи с интенсификацией строительства в районах распространения лессовых просадочных грунтов вопросы прогнозирования развития процессов подтопления являются актуальной задачей, т.к. могут привести к аварийному замачиванию, неравномерному подъему горизонта грунтовых вод, изменению напряженно-деформированного состояния грунтов и, соответственно, к потере пригодности эксплуатации здания или сооружения. Лессовый грунт обладает ярко выраженной фильтрационной анизотропией. Просадка, фильтрация воды происходят в условиях неполного водонасыщения. Появление новых компьютерных технологий позволяет совершенствовать методы математического моделирования и разрабатывать математические модели численными методами, достоверно отражающими внутрисочвенные процессы. Настоящая статья посвящена совершенствованию математической модели задачи влагопереноса для неоднородных фильтрационно-анизотропных лессовых грунтов с учетом их структурных особенностей.

Материалы и методы. Исследование включает:

- механико-математическое моделирование процессов фильтрации и влагопереноса в лессовых просадочных грунтах, в которых скорость фильтрации определяется согласно закону Дарси; всасывающее давление, водопроницаемость — заданные функции насыщенности;
- анализ физико-механических и структурных характеристик лессовых грунтов;
- рассмотрение постановок и решения начально-краевых задач по замачиванию лессовых толщ;
- численные эксперименты по прогнозированию замачивания котлована;
- сопоставление результатов с данными экспериментов.

Результаты исследования. Установлено, что существующие методики расчета не всегда достоверно отражают процесс фильтрации и влагопереноса в лессовых грунтах. Сформулировано определяющее уравнение влагопереноса. Предложена математическая модель задачи влагопереноса в неоднородных фильтрационно-анизотропных средах, учитывающая структурные характеристики лессового грунта. Решение начально-краевой задачи получено итерационными методами с линеаризацией решения на достаточно малых отрезках времени. Для практической реализации теоретического решения разработана блок-схема алгоритма программы, включающая вычисление физико-механических характеристик конечных элементов и геометрических размеров расчетной области, разбиение расчетной области на узлы и треугольные элементы, определение коэффициентов фильтрации и диффузии, формирование параметров уравнения по схеме Кранка-Николсона, решение системы уравнения методом компактного исключения и формирование вектора влажности. Разработан алгоритм решения осесимметричной задачи влагопереноса в условиях неполного водонасыщения, особенностью которого является применение устойчивой схемы прямого интегрирования уравнения влагопереноса. Сопоставлены результаты численного эксперимента и полевого испытания при замачивании круглого котлована. Результаты численных экспериментов представлены в виде кривых равных значений объемной влажности в разные периоды времени. Установлено, что результаты решения хорошо согласуются с опытными данными.

Обсуждение и заключение. Результаты теоретических исследований задачи влагопереноса в ненасыщенных лессовых грунтах обосновали постановку и конечно-элементное решение задачи влагопереноса для ненасыщенных

сред без учета напряженно-деформированного состояния. На основе экспериментальных данных по замачиванию опытного котлована выполнена проверка методики расчета, показавшая совпадение результатов расчета и эксперимента по замачиванию опытного котлована. Предлагаемую методику расчета рекомендуется использовать при расчете по второй группе предельных состояний — по деформациям.

Ключевые слова: лессовые грунты, влагоперенос, вариационные уравнения, метод конечных элементов, ненасыщенные среды, круглый котлован

Для цитирования. Дежина И.Ю. К вопросу определения изменения влажности при замачивании котлована в лессовых толщах. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2024;3(2):26–32. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-2-26-32>

Original Empirical Research

About Determination of Moisture Changes during Presoaking an Excavation Pit in Loess Strata

Irina Yu. Dezhina  

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 irdezhina@yandex.ru

Abstract

Introduction. Due to intensified construction in the areas of loess subsiding soils, the issue of forecasting the evolvement of underflooding processes is becoming a relevant objective, since these processes can cause the emergency seepage, uneven groundwater surge, change of the soil stress-strain state and, as a result, impossibility to operate the buildings or structures. Loess soils are attributed with the distinct anisotropic permeability. Subsidence and water infiltration take place in condition of incomplete water saturation. Emergence of the advanced computer technologies makes it possible to improve the mathematical modeling and develop the mathematical models by means of numerical computation, which reliably reflects the intra-soil processes. The article strives to improve a mathematical model of the moisture transfer problem in nonhomogeneous loess soils with anisotropic permeability, taking into account their structural features.

Materials and Methods. The research includes:

- mechanical and mathematical modeling the infiltration and moisture transfer processes in loess subsiding soils, in which the percolation rate is determined according to Darcy's law; suction pressure, water permeability are the given functions of saturation;
- analysis of the physical and mechanical and structural properties of loess soils;
- study of the formulations and solutions of initial value and boundary value problems during presoaking the loess strata;
- numerical experiments on the forecast of excavation pit presoaking;
- comparing the results with the experimental data.

Results. It has been acknowledged that the existing calculation methodologies do not always reliably reflect the process of infiltration and moisture transfer in loess soils. An equation determining the moisture transfer was formulated. A mathematical model of the moisture transfer problem in nonhomogeneous media with anisotropic permeability was proposed, which took into account the structural properties of loess soils. The initial value and boundary value problems were solved by the iterative methods with linearization of the solution over sufficiently small time spans. For practical implementation of the theoretical solution, a flow chart of the program algorithm was developed, which included the calculation of the physical and mechanical properties of finite elements and the computational domain dimensions, as well as partitioning the computational domain into the units and triangular elements, determination of the permeability and diffusion coefficients, formation of the parameters of an equation according to the Krank-Nicholson scheme, solution of the system of equations by the compact elimination method and constructing a vector of moisture. An algorithm for solving the axisymmetric problem of moisture transfer in condition of incomplete water saturation has been developed, which is characterised by stability of direct integration of the moisture transfer equation. The results of the numerical experiments and field tests on presoaking a circular-shaped excavation pit have been compared. The results of the numerical experiments have been presented in the curves of the volume moisture values in different periods of time. It has been found that the results of the solution are well cohered with the experimental data.

Discussion and Conclusion. The results of the theoretical research of the problem of moisture transfer in unsaturated loess soils have justified the formulation and the finite element solution of the problem of moisture transfer in unsaturated media, without taking into account the stress-strain state. Based on the experimental data on test excavation pit presoaking, the calculation methodology was verified, and showed the coherence of calculated and experimental results. The proposed methodology is recommended for calculation of the second group of limit states — the deformations.

Keywords: loess soils, moisture transfer, variational equations, finite element method, unsaturated media, circular-shaped excavation pit

For citation. Dezhina IYu. About Determination of Moisture Changes during Presoaking an Excavation Pit in Loess Strata. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2024;3(2):26–32. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-2-26-32>

Введение. В связи с интенсификацией строительства в районах распространения лессовых просадочных грунтов в условиях возможного замачивания в результате хозяйственной деятельности человека вопросы прогнозирования напряженно-деформированного состояния в основании приобретают существенное значение. Лессовые просадочные грунты — пылевато-глинистые макропористые грунты, размер частиц 0,05–0,005 мм. При замачивании они дают просадку, степень влажности $S_r < 0,8$, пористость $n = 44–53 \%$, плотность скелета просадочного грунта $\rho_d = 1,2–1,6 \text{ т/м}^3$. Лессовые грунты различаются по минералогическому составу, по структурным характеристикам, имеют различный солевой состав, величину относительной просадочности.

Деформационные и прочностные характеристики зависят от влажности. Особенностью лессовых грунтов является появление просадочных деформаций при обводнении. При этом снижаются прочностные и деформационные характеристики грунта, возникают неравномерные деформации зданий и сооружений (повышение влажности в связи с нарушением условий нормальной аэрации застроенных территорий, утечкой воды из водонесущих коммуникаций, колебаниями горизонта грунтовых вод).

Изучение влияния обводнения на изменение физико-механических и структурных характеристик лессовых оснований и напряженно-деформированное состояние в основании фундаментов является актуальной задачей. Исследованию процессов фильтрации лессовых просадочных грунтов посвящены работы Li Y., Shi W., Audin A. [1], Королева В.А. [2], Ситникова А.Б. [4], Доржиева А.А. [6], Черного Б.И. [11], Мажиева Х.Н. [12] и др.

В соответствии с действующими нормативными документами определение просадки от собственного веса или дополнительной нагрузки от сооружения рассчитывают, исходя из полного водонасыщения грунта. Однако просадка начинается значительно раньше. Скорость нарастания деформаций также имеет существенное значение и зависит от процесса влагопереноса, фильтрационных особенностей грунта.

Материалы и методы. Автором представлены основные разрешающие уравнения нестационарной задачи фильтрации в грунтах при неполном водонасыщении [5]. Давление, коэффициент водопроницаемости, коэффициент диффузии принимаются зависящими от насыщенности.

При выводе уравнения движения влаги исходим из уравнения Полубариновой-Кочиной П.Я. для неполного водонасыщения, закона Дарси и формулы Аверьянова [3]:

$$K(w) = K_1 \left[\frac{w - w_0}{m - w_0} \right]^{3.56}, \quad (1)$$

где K_1 — коэффициент фильтрации при полном водонасыщении; m — пористость грунта; w_0 — количество связанной воды в единице объема грунта (объемная влажность связанной воды).

$$P_w = - \frac{P_0 \cdot w_0}{w} \cdot \frac{w_n^3 - w}{w_n^3 - w_0^3}, \quad (2)$$

где P_0 — давление при влажности w_0 связанной воды; w_n — влажность полного водонасыщения.

Значение влажности связанной воды w_0 :

$$w_0 = w_{vs} + w_{rs}, \quad (3)$$

где w_{vs} соответствует влажности воздушно-сухого (количеству влаги в образце при относительной влажности 55 % и температуре 19–20 °C).

Использование вместо формул Аверьянова С.Ф. эмпирической зависимости для всасывающего давления [6] позволяет более полно учесть свойства лессовых грунтов.

Начально-краевая задача влагопереноса имеет вид:

$$-B^T kJ - B^T DBw + \dot{w} = 0, \quad \in V;$$

$$-B_S^T kJ - B_S^T DBw - V_S = 0, \quad \in S_3;$$

$$w - w_S = 0; \quad \in S_4;$$

$$w - w_0 = 0; \quad \in V, S, t = 0, \quad (4)$$

где B — матрица операций дифференцирования; D — матрица коэффициентов диффузии; V — скорость фильтрации; w — скорость изменения содержания влаги.

При неполном водонасыщении имеет место закон Дарси:

$$V = -DBw - kJ, \quad \in V. \quad (5)$$

Коэффициенты фильтрации k и давление жидкости P определялись по формулам (1) и (2).

Для получения решения последовательно на достаточно малых отрезках $\tau \in [0, \Delta t]$ считаем, что коэффициент диффузии на $[0, \Delta t]$ постоянен и равен D^n , который вычисляется по w^n в начале временного этапа. Система уравнений (3) на произвольном интервале линеаризуется. Используем вариационное уравнение в свертках [8] и метод конечных элементов¹ для построения решения на произвольном временном интервале.

Определяющее уравнение влагопереноса в матричной форме на временном интервале Δt имеет вид:

$$(\theta \cdot \Delta t \cdot K^n \cdot 3 \cdot C) \cdot q^{n+1} + [(3 - \theta) \cdot \Delta t \cdot K^n - 3 \cdot C] \cdot q^n + [P^n \cdot (3 - \theta) + \theta \cdot P^{n+1}] = 0, \quad (6)$$

где θ — параметр устойчивости вычислительной схемы (принято $\theta = \frac{3}{2}$ по схеме Кранка-Николсона).

Матрица водопроницаемости:

$$K^n = \int_V \Phi^T D^n \Phi dV. \quad (7)$$

Матрица влагопереноса:

$$C = \int_V \varphi \cdot \varphi^T dV. \quad (8)$$

Вектор узловой скорости фильтрации:

$$P = \int_V \Phi^T K^n IdV + \int_V \varphi V_s dS, \quad (9)$$

где V_s — скорость фильтрации.

Для получения устойчивых схем прямого интегрирования уравнений влагопереноса использован метод точечного сохранения инвариантов (далее — МТСИ) [9]. Процесс решения нелинейных уравнений с помощью схемы прямого интегрирования состоит в последовательном продвижении по шагам вдоль временной оси.

Для консервативных задач влагопереноса сохраняемой величиной является суммарная влажность в рассматриваемом объеме пористой среды. Консервативность задачи обусловлена отсутствием узловых источников и стоков влаги в конечно-элементной модели.

$$g \cdot (Kq + C\dot{q}) = 0. \quad (10)$$

Представим решение уравнения (10) на $(n+1)$ временном отрезке в виде суммы консервативной и неконсервативной частей:

$$q^{n+1} = q_1^{n+1} + q_2^{n+1}. \quad (11)$$

Приближенное решение будем получать при помощи схемы Кранка-Николсона, элементы которой определяются по значениям узловой влажности $w^n(t = t^n)$:

Консервативная часть решения:

$$\left(K^n + \frac{2C}{\Delta t} \right) q_1^{n+1} = \left(-K^n + \frac{2C}{\Delta t} \right) q^n - 2P_1^n. \quad (12)$$

Неконсервативная часть решения:

$$\left(K^n + \frac{2C}{\Delta t} \right) q_2^n = -2P_2^n - 2P_2^{n+1}; \quad (13)$$

$$P_1^n = \int_V \Phi^T K^n IdV; \quad (14)$$

¹ Jeremic B. Nonlinear Finite Element Methods for Realistic Modeling and Simulation of Earthquakes and/or Soils and/or Structures and their Interaction. Davis, CA, USA: University of California; 2024. 16 p. URL: <http://sokocalo.engr.ucdavis.edu/~jeremic/LectureNotes/> (дата обращения: 29.03.2024).

$$P_2^n = \int_S \varphi V_s^m dS. \quad (15)$$

Решение q^{n+1} по физическому смыслу соответствует движению влаги в объеме V пористой среды с водонепроницаемыми границами.

Для конечно-элементной модели суммарная влажность:

$$W = \sum_{r=1}^m \int_{(v1)} W_r dV_r = const, \quad (16)$$

где V_r — объем конечного элемента r ; W_r — функция распределения влаги в r конечном элементе; m — общее число элементов дискретной модели.

Выражение (16) используем для построения устойчивой схемы прямого интегрирования.

Последовательность решения с применением метода МТСИ для решения задач влагопереноса следующая. Из уравнения (11) определяем q_1^{n+1} . Проверяем условие:

$$q_0 \leq \tilde{q}_1^{n+1} \leq q_0^{sat}. \quad (17)$$

Если условие (17) выполняется, то вычисляем вектор влажности для следующего временного интервала по формуле (11). Или подсчитываем корректирующий модуль:

$$\gamma = \frac{W(q_1^0)}{W(q_1^{n+1})_{const} + W(q_1^{n+1})}. \quad (18)$$

Уточняем вектор влажности по формуле:

$$\tilde{q}_1^{n+1} = \gamma \cdot q_1^{n+1}. \quad (19)$$

Достоверность прогнозирования процесса влагопереноса автором проверялась путем сопоставления результатов численного эксперимента с результатами крупномасштабных полевых испытаний с замачиванием основания по схемам «одной кривой» и двух кривых в г. Грозном [10, 11]. Анализ полученных результатов показывает, что устойчивость схемы прямого интегрирования, кроме параметра θ , зависит от временного интервала Δt , времени замачивания, объема введенной в грунт воды, физико-механических характеристик грунта.

Рассмотрена конечно-элементная дискретизация осесимметричной задачи в виде треугольных элементов.

Модель грунта представляется как неоднородная, фильтрационно-анизотропная среда в условиях неполного водонасыщения.

Исходными данными являются следующие величины: коэффициенты фильтрации в горизонтальном направлении k_f^g и вертикальном направлении k_f^v ; влажность при полном водонасыщении w_{sat} ; коэффициент пористости e ; начальная влажность w_{est} ; объемная влажность связанной воды w_0 ; давление влажности связанной воды P_0 ; временной интервал Δt ; параметры расчетной области. Алгоритм решения предусматривает формирование физико-механических характеристик конечных элементов и геометрических размеров расчетной области, разбиение расчетной области на узлы и треугольные элементы, определение коэффициентов фильтрации и диффузии, формирование параметров уравнения по схеме Кранка-Николсона, решение системы уравнения методом компактного исключения и формирование вектора влажности.

Результаты исследования. Требуется определить изменение влажности в пределах просадочного слоя при замачивании опытного круглого котлована диаметром 10 м, глубиной 0,4 м в г. Грозном (таблица 1).

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунта в г. Грозном

—	ρ	W	e	S_r	ρ_s	W_L	W_P
W_{est}	1,53	0,08	0,93	0,26	2,7	0,226	0,168
W_{sat}	1,88	0,33	0,93	0,97	2,7	0,226	0,1686

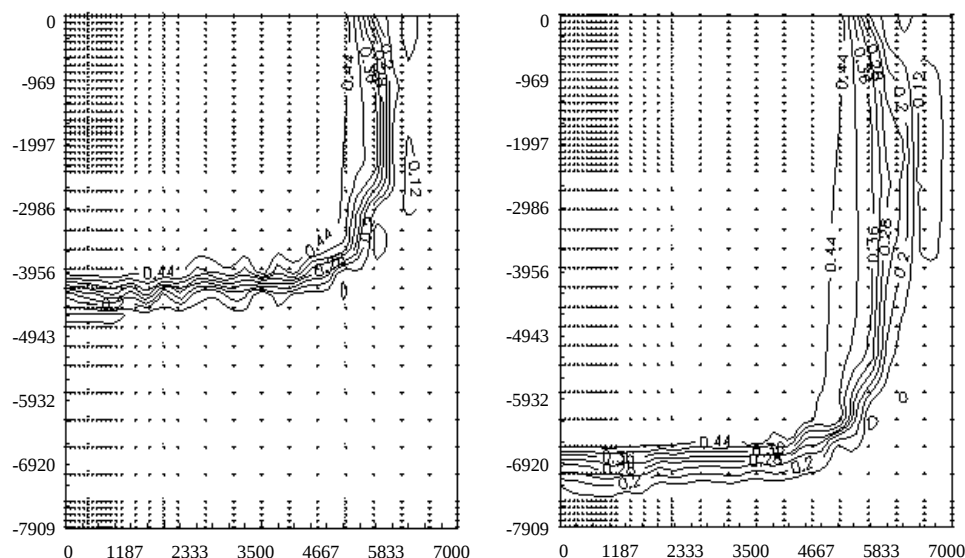
Опытная площадка сложена легкими лессовидными суглинками, переходящими в супесь. Просадочная толща имеет мощность 8–9 м и подстилается слоем песка. Относительная просадочность грунта при давлении 0,2–0,3 МПа достигает величины $\xi_{sl} = 0,11–0,12$, что является очень высоким значением, свидетельствующим о практически полном разрушении структуры грунта при увлажнении.

Для решения задачи методом конечных элементов массив грунта радиусом 16 м и глубиной 8 м делится на треугольные элементы. По результатам расчета построены изолинии влажности (рис. 1) в различные промежутки времени (0,2–5 суток) (таблица 2). В расчете принято $w_0 = 0,1$; $k_f^v = 0,7$ м/сут.; $k_f^g = 0,538$ м/сут.; $w_{vol}^{est} = 0,126$; $w_{vol}^{sat} = 0,48$.

Таблица 2

Глубина промачивания лессовой толщи в различные промежутки времени (от дна котлована)

T, дни	Эксперимент, м	Расчет, м
0,40	—	1,25
1,00	2,00	2,40
2,00	4,00	4,10
3,00	6,00	5,65
4,00	7,50	7,10

Рис. 1. Положение изолиний влажности (от поверхности грунта, мм) через 2 и 4 суток замачивания (котлован в г. Грозном); $\Delta t = 0,005$ сут.

Расчетом подтверждаются выводы о том, что при достаточно большой площади зеркала воды в высокопористых грунтах и отсутствии водоупора на пути движения фильтрационного потока фронт инфильтрации из котлована перемещается вниз практически плоскопараллельно, и растекание воды в стороны невелико.

Обсуждение и заключение. Разработана математическая модель задачи влагопереноса для ненасыщенно-насыщенных неоднородных фильтрационно-анизотропных лессовых толщ с учетом структурных характеристик грунта. Разработан алгоритм расчета и решена осесимметричная задача влагопереноса в условиях неполного водонасыщения. Сопоставлены результаты численных экспериментов и полевого испытания при замачивании круглого котлована. Установлено, что результаты решения хорошо согласуются с опытными данными. Предложенную методику рекомендуется использовать в расчетах по второй группе предельных состояний — по деформациям.

Список литературы / References

- Li Y, Shi W, Aydin A, Beroya-Eitner MA, Gao G. Loess Genesis and Worldwide Distribution. *Earth-Science Reviews*. 2020;201:102947. <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102947>
- Королев В.А., Федяева Е.А. Закономерности термовлагопереноса в лессовых грунтах. *Инженерная геология*. 2013;2:62–71. URL: <http://csl.isc.irk.ru/BD/Журналы/Инженерная%20геология%202013/№2/стр%2062-71.pdf> (дата обращения: 29.03.2024).
- Korolev VA, Fedyeva EA. Thermal Moisture Transfer Regularities in Loessial Soils. *Engineering Geology World*. 2013;2:62–71. URL: <http://csl.isc.irk.ru/BD/Журналы/Инженерная%20геология%202013/№2/стр%2062-71.pdf> (accessed: 29.03.2024). (In Russ.).
- Woessner WW, Poeter EP. *Hydrogeologic Properties of Earth Materials and Principles of Groundwater Flow*. Guelph, Ontario, Canada: The Groundwater Project; 2020. 205 p. URL: <https://www.un-igrac.org/sites/default/files/resources/files/hydrogeologic-properties-of-earth-materials-and-principles-of-groundwater-flow.pdf> (accessed: 29.03.2024).
- Ситников А.Б. Рекомендуемая методика математического моделирования нелинейного влагопереноса в ненасыщенно-насыщенных грунтах. *Геологический журнал*. 2009;(2):77–85. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20507486_74705026.pdf (дата обращения: 29.03.2024)
- Sitnikov AB. The Suggested Technique of Mathematical Modeling for the Non-Linear Moisture Transfer in Unsaturated-Saturated Soils. *Geologichnii zhurnal*. 2009;(2):77–85. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20507486_74705026.pdf (accessed: 29.03.2024). (In Russ.).

5. Dezhina IYu. On Calculation Method for Dangerously Hydrated Loess Soil with Consideration for Elastic-Plastic Soil Properties. In: *Proceedings of the International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2018), 26–28 September 2018, South Ural State University, Russian Federation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 451.* IOP Publishing; 2018. 012106. <http://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012106>

6. Доржиев А.А., Скибин Г.М., Доржиев А.Г. Определение структурной прочности грунтов на застроенных территориях в процессе эксплуатации. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и Архитектура.* 2014;(3):148–157. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21615062> (дата обращения: 29.03.2024).

Dordzhiev AA, Skibin GM, Dordzhiev AG. Determination of the Structural Strength of Soil on the Built-Up Areas during Operation. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i Arkhitektura.* 2014;(3):148-157. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21615062> (accessed: 29.03.2024). (In Russ.).

7. Cline D. *Variational Principles in Classical Mechanics.* Rochester: University of Rochester; 2017. 565 p.

8. Kostin GV, Saurin VV. Variational Approach to Static and Dynamic Elasticity Problems. In book: *Recent Advances in Mechanics.* Kounadis AN, Gdoutos EE (eds.). Dordrecht: Springer; 2011. P. 131–158. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0557-9_8

9. Васильков Г.В. *Эволюционная теория жизненного цикла механических систем: теория сооружений.* М.: Издательство ЛКИ; 2008. 320 с.

Vasilkov G.V. *Evolutionary Theory of the Life Cycle of Mechanical Systems: Theory of Structures.* Moscow: LKI Publishing House; 2008. 320 p. (In Russ.).

10. Черный Б.И. Расчет режима увлажнения лессового основания. В книге: *Механические свойства грунтов и строительства на увлажненных лессовых основаниях.* Ломизе Г.М. (ред.). Грозный: Чечено-Ингушское книжное издательство; 1968;157–162. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006346787/?ysclid=ltxmi8a8xr403583985 (дата обращения: 29.03.2024).

Chernyi BI. Calculation of the Moisture Regime of the Loess Soil Base. In book: *Mechanical Properties of Soils and Construction on Moistened Loess Soil Bases.* Lomize GM (ed.). Grozny: Chechen-Ingush Publishing House; 1968;157–162. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006346787/?ysclid=ltxmi8a8xr403583985 (accessed: 29.03.2024). (In Russ.).

11. Мажиев Х.Н., Пшеничкина В.А., Габова В.В., Кузнецов Д.Г., Мажиев К.Х., Мажиев А.Х. Применение метода организованного увлажнения лессовых оснований после возведения коробки зданий на просадочных грунтах в г. Грозном. В: *Труды международной конференции «Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения».* Курск: Курский государственный университет; 2021. С. 99–111. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_47478164_78634011.pdf (дата обращения: 29.03.2024).

Mazhiev KhN, Pshenichkina VA, Gabova VV, Kuznetsov DG, Mazhiev K.Kh, Mazhiev AKh. Application of the Method of Organised Moistening of Loess Soil Bases after the Construction of a Building Frameworks on Subsident Soils in Grozny. In: *Proceedings of the International Academic Readings “Safety of the Russian Construction Fund. Problems and Solutions”.* Kursk: Kursk State University; 2021. P. 99–111. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_47478164_78634011.pdf (accessed: 29.03.2024). (In Russ.).

Об авторе:

Дежина Ирина Юрьевна, доцент кафедры «Технология строительного производства» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, [ScopusID](#), [ORCID](#), irdezhina@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Поступила в редакцию 29.03.2024

Поступила после рецензирования 10.04.2024

Принята к публикации 22.04.2024

About the Author:

Irina Yu. Dezhina, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Construction Technology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ScopusID](#), [ORCID](#), irdezhina@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the author does not have any conflict of interest.

All author has read and approved the final manuscript.

Received 29.03.2024

Revised 10.04.2024

Accepted 22.04.2024