

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.131.1:[622.23.054.5:519.872]

О. О. БОРИСОВ^{1*}, І. М. БАБІЙ², С. В. КИРИЛЮК³, Л. Е. ЛУКАШЕНКО⁴

^{1*} Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029, тел. +38 (094) 949 20 83, ел. пошта etinvest@gmail.com, ORCID 0000-0001-6930-3243

² Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029, тел. +38 (094) 997 09 69, ел. пошта igor7617@gmail.com, ORCID 0000-0001-8650-1751

³ Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029, тел. +38 (095) 202 48 07, ел. пошта kirilstani@ukr.net, ORCID 0000-0002-8871-8302

⁴ Кафедра технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029, тел. +38 (048) 723 61 51, ел. пошта larysa.od1946@gmail.com, ORCID 0000-0001-8232-1245

ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАХИСНОГО ЕКРАНУ

Мета. Метою даної роботи є складання методики досліджень, на основі якої можливо виконати підбір складу розчину з визначенням фізико-механічних характеристик як тиксотропного, так і затверділого розчину, а також визначення впливу кількості окремих складових на властивості розчинної суміші і захисного екрану на її основі. **Методика.** Методика дослідження полягає в використанні адаптованого плану в експериментально-статистичному моделюванні для вирішення конкретних задач, а саме при створенні всередині піщаного масиву міцного протифільтраційного екрану з ухилом в умовах, коли змінюються технологічні параметри. Метод проведення технологічних досліджень: аналітично-експериментальний. **Результати.** Для вирішення завдань аналізу та оптимізації досліджуваних факторних систем в роботі використана теорія математичного моделювання. При цьому розглянуті експериментально-статистичні регресивні моделі, що показують, як змінюється досліджуваний показник (Y) при зміні відповідних факторів. **Наукова новизна та практична значимість.** За результатами роботи отримано методику, яка дозволяє при мінімальній кількості матеріалів та експериментів отримувати фізико-механічні показники розчинів та захисного ґрунтобетонного екрану на їх основі.

Ключові слова: захист підземного простору; шнекове буріння; цемент; водопроникність; експериментально-статистичне моделювання

Вступ

Аналізуючи технологію улаштування горизонтального захисного екрана потрібно відзначити, що основними процесами є: процес утворення розущільненої зони в ґрунті, який відбувається в результаті переміщення шнекового обладнання в замкнутому ґрунтовому середовищі і процес заповнення утвореної розущільненої області твердіючим розчином.

Складність завдання створення технології улаштування такого екрану, полягає в тому, що необхідно підібрати такий матеріал, який володіє би технологічними властивостями, що дозволяють його перемішати з ґрунтом і, при цьому, після перемішування забезпечувати суцільність екрану і необхідний протифільтраційний захист.

Попередніми дослідженнями, проведеними на лабораторній установці [1-2], встановлено, що з технологічної точки зору застосування твердіючих безпіщаних розчинів виявилось складнішим, ніж застосування цементно-піщаних розчинів. Основна складність полягає в тому, що безпіщані розчини мають значно більшу водовіддачу. Додавання піску і бентоніту в розчинну суміш значно підвищує її водотримуючу здатність.

Подальші дослідження спрямовані на створення бентоніто-цементно-піщаних розчинів з різними добавками, що забезпечують реалізацію шнекової технології улаштування горизонтальних екранів.

Аналіз досліджень, проведених О. М. Галинським і О. М. Чорнухіним [3, 4], М. І. Смородиновим [5], Б. А. Ржаніциним [6], В. Л. Міхеє-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

вим [7] і рядом зарубіжних фахівців [8-11] показує, що з технологічної точки зору, твердіючий розчин для екрану повинен володіти різними, а іноді і суперечливими властивостями.

На першому етапі приготування і подачі твердіючого розчину до робочого органу, розчин повинен володіти тиксотропними властивостями – бути дуже рухливим і не розшаровуватися в системі подачі розчину до місця укладання.

У зв'язку з тим, що розчин в ґрунт передбачається подавати через отвори, розташовані в направляючій штанзі шнека, розчин повинен мати властивості ін'єкційного розчину, який повинен вільно пройти через систему різноспрямованих отворів.

Коли рідкий ін'єкційний розчин потрапляє в розсуцільненого піщаний ґрунт, він, як правило, починає інтенсивно поглинати воду з розчину. В зовнішніх умовах, при втраті значної кількості води твердіючий розчин ущільнюється, набуваючи властивості будівельного розчину, залишкове водо-цементне відношення якого значно менше початкового [12].

Мета

Метою даного дослідження є складання методики досліджень та підбір складу розчину з визначенням фізико-механічних показників як тиксотропного, так і затверділого розчину, а також визначення впливу кількості окремих складових (добавок) на властивості розчинної суміші і розчину в затверділому стані.

Методика

Створення всередині піщаного масиву міцного криволінійного екрану в умовах, коли змінюються технологічні параметри. Метод проведення технологічних досліджень: аналітично-експериментальний.

Результати

Для створення якісного захисного екрану, важливим завданням є правильний підбір усіх компонентів твердіючого розчину.

Виходячи з вищесказаного, склади твердіючих розчинів розроблялися на основі цементно-глинистих композицій з включенням тонкодисперсного наповнювача:

- портландцемент ПЦ II / А-Ш-400;

- бентонітовий глинопорошок;
- пісок;
- вода.

Для вирішення завдання підбору складу твердіючого глино-цементно-піщаного розчину визначалися фізико-механічні характеристики, і контролювалося якість вихідних матеріалів на спеціалізованому обладнанні відповідно до діючих стандартів.

В роботах авторів О. М. Галинського [13], О. М. Чорнухіна [14], О. І. Менейлюка та А. Ф. Петровського [15] зазначена велика кількість показників, які досліджуються при роботі з такими типами розчинів. Однак, проаналізувавши ці роботи, нами були обрані тільки ті, які на нашу думку найбільш характеризують параметри якості та надійності конструкції екрану.

Для розчинної суміші в тиксотропному стані (рідкий розчин) визначалися:

- щільність, г/см³;
- рухливість по конусу АЗНП, мм;
- термін збереження рухливості розчину, хв.;
- водовідділення, %.

Для затверділого розчину:

- міцність на стиск, кгс/см²;
- міцність на розтяг при вигині, кгс/см²;
- щільність, г/см³;
- водопоглинання за масою, %;
- коефіцієнт фільтрації, див/с.

Для вирішення завдань аналізу та оптимізації досліджуваних факторних систем в роботі використана теорія математичного моделювання. При цьому розглянуті експериментально-статистичні регресивні моделі. Кожна модель – це функція. Вона показує, як змінюється досліджуваний показник (Y) при зміні відповідних факторів (X_i). Форма моделі – поліном (відривок Тейлора), в який розкладається невідома дослідникові функція, що зв'язує в межах $X_{i \min} \leq X_i \leq X_{i \max}$ k -факторів $X_i = (X_1, \dots, X_k)$ і вихід (відгук системи – Y) [16].

Матеріали попередніх досліджень за технологією улаштування захисного екрану дозволили встановити технологічно розумні межі, в яких можуть змінюватися чинники, і вибрати нульовий рівень і інтервали варіювання факторів. Зазначені величини досить близько характеризують сферу застосування кожного фактору, яка відображає передбачувані технологічні

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

умови влаштування горизонтального захисного екрана. Обрані для планування експерименту фактори – витрати фібри (X_1), бентонітового глинопорошку (X_2), гідросіліката натрію (X_3), відповідають основним вимогам, що пред'являються до змінних величин. Фактори є керованими, кількісними, сумісними і незалежними один від одного.

Для оптимізації складу, з його описом лінійним рівнянням, інтервал варіювання прийнятий середнім і становив не більше 30 % від області застосування по кожному фактору. Рівні факторів та інтервали їх варіювання наведені в таблиці 1, а планування в натуральних показниках приведено в таблиці 2.

Таблиця 1

Рівні факторів та інтервали їх варіювання

Рівень факторів і інтервал варіювання	Найменування факторів	Фібра	Глино-порошок	Гідросілікат натрію (Na_2SiO_3)
	Кодове позначення	X_1	X_2	X_3
Нульовий	X_0	6	10	12
Інтервал варіювання	δ_i	3	5	6
Верхній	$x_i = +1$	9	15	18
Нижній	$x_i = -1$	3	5	6

Таблиця 2

Планування експерименту в натуральних показниках

Точки плану V	Кодові позначення, X_0			Натуральні змінні			Портландцемент, кг $const$	Пісок, кг $const$	Вода, л $const$
	X_1	X_2	X_3	Фібра*, % X_1	Глино-порошок*, % X_2	Рідке скло*, % X_3			
1	-1	-1	-1	3	5	6	2	6	1,5
2	-1	-1	1	3	5	18	2	6	1,5
3	-1	0	0	3	10	12	2	6	1,5
4	-1	1	-1	3	15	6	2	6	1,5
5	-1	1	1	3	15	18	2	6	1,5
6	0	-1	0	6	5	12	2	6	1,5
7	0	0	-1	6	10	6	2	6	1,5
8	0	0	0	6	10	12	2	6	1,5
9	0	0	□	6	10	18	2	6	1,5
10	0	1	0	6	15	12	2	6	1,5
11	1	-1	-1	9	5	6	2	6	1,5
12	1	-1	1	9	5	18	2	6	1,5
13	1	0	0	9	10	12	2	6	1,5
14	1	1	-1	9	15	6	2	6	1,5
15	1	1	1	9	15	18	2	6	1,5

Наукова новизна та практична значимість

За результатами роботи отримано методичку, яка дозволяє при мінімальній кількості матеріалів та експериментів отримувати фізико-механічні показники розчинів та захисного ґрунтобетонного екрану на їх основі.

Висновки

1. Проведено дослідження з визначення складових компонентів розчину для захисного екрану та запропоновані основні його характеристики, що будуть відображати якісні та кількісні показники.

2. Запропонована методика полягає в використанні адаптованого плану в експериментально-статистичному моделюванні для вирішення конкретних задач, а саме при створенні всередині піщаного масиву міцного протифільтраційного екрану з ухилом в умовах, коли змінюються технологічні параметри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Петровський, А. Ф. Результати експериментів з підбору ін'єкційного розчину на основі бентонітового порошку [Текст] / А. Ф. Петровський, О. О. Борисов, І. М. Бабій // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». – Вінниця, 2016. – № 2 (21). – С. 5-9.
- Петровский, А. Ф. Разработка оборудования и проведение экспериментальных исследований инъекционной технологии [Текст] / А. Ф. Петровский // 36. наук. праць «Вісник ОДАБА». – Одеса : ОДАБА, 2016. Вип. 63. – С. 45-50.
- Галинський, О. М. Методичні рекомендації з улаштування горизонтальних екранів [Текст] / О. М. Галинський, О. М. Чернухін. – Київ : НДІБВ, 2011. – 20 с.
- Галинский, А. М. Подбор состава твердеющего раствора для устройства горизонтального противофильтрационного экрана [Текст] / А. М. Галинский // Строительные материалы и изделия. – Киев : НИИСМИ, 2015. – № 3-4. – С. 24-29.
- Основания и фундаменты. Изд. 3-е, доп. и перераб. [Текст] / М. И. Смородинов, Б. С. Федоров, Б. А. Вканицын и др.; под общ. ред. М. И. Смо-

- родинава. / Справочник строителя. – Москва : Стройиздат, 1983. – 367 с.
- Ржаницын, Б. А. Тампонажные растворы для создания противофильтрационных завес [Текст] / Б. А. Ржаницын // Материалы к совещанию по закреплению и уплотнению грунтов. – Новосибирск, 1966. – С. 470-474.
 - Михеев, В. Л. Технологические свойства буровых растворов [Текст] / В. Л. Михеев. – Москва : Недра, 1979. – 239 с.
 - Lorenz, H. Erfahrungen mit thixotropen Flüssigkeiten in Grundbau / H. Lorenz. – Die Bautechnik, 1953. – n. 8 – pp. 232-236.
 - Lorenz H. Über die Verwendung thixotroper Flüssigkeiten in Grundbau [Текст] / Lorenz H. – Bautechnik, 1950.
 - Slurry-trench cutoff wall pierces land-slide debris to keep site dry [Текст]. – Engineering News-Record, 1975. – v. 195. – No. 20. – 53 p.
 - Winter, C. P. Slurry Trench Construction. The Military Engineer [Текст] / Winter C. P. – Vol. 68. – No 446. – Nov. 1976. – pp. 437- 440.
 - Соколович, В. Е. О взаимодействии глинисто-силикатных растворов с поверхностью пространства закрепляемых песков [Текст] / В. Е. Соколович, Е. Л. Арджеванидзе // Материалы УН Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов. – Ленинград : Энергия, 1971. – С. 200-204.
 - Галинский, О. М. Наукові основи створення технологій улаштування протифільтраційних екранів в ґрунті плоским робочим органом [Текст] : автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.23.08 / Галинский О. М. ; ОДАБА. – Одеса, 2016. – 48 с.
 - Чернухін, О. М. Дослідження процесу укладки тампонажних матеріалів у порожнину для створення горизонтального екрану під спорудою [Текст] / О. М. Чернухін, О. М. Галинський, І. О. Мандзюк // Нові технології в будівництві. – Київ : НДІБВ, 2002. – № 1 (3). – С. 44-49.
 - Петровський, А. Ф. Ін'єкційна технологія захисту підземного простору [Текст] : автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.23.08 / Петровський А. Ф. ; ОДАБА. – Одеса, 2017. – 44 с.
 - Вознесенский, В. А. Численные методы решения строительного-технологических задач на ЭВМ [Текст] / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Б. Л. Огарков. – Київ : Вища школа, 1989. – 327 с.

А. А. БОРИСОВ^{1*}, И. Н. БАБИЙ², С. В. КИРИЛЮК³, Л. Э. ЛУКАШЕНКО⁴

^{1*} Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры,

ул. Дидрихсона, 4, Одесса, Украина, 65029, тел. +38 (094) 949 20 83, эл. почта etinvest@gmail.com, ORCID 0000-0001-6930-3243

² Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, Одесса, Украина, 65029, тел. +38 (094) 994 09 69, эл. почта igor7617@gmail.com, ORCID 0000-0001-8650-1751

³ Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, Одесса, Украина, 65029, тел. +38 (095) 202 48 07, эл. почта kirilstani@ukr.net, ORCID 0000-0002-8871-8302

⁴ Кафедра технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, Одесса, Украина, 65029, тел. +38 (048) 723 61 51, эл. почта larysa.od1946@gmail.com, ORCID 0000-0001-8232-1245

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА

Цель. Целью данной работы является составление методики исследований, на основе которой возможно выполнить подбор состава раствора с определением физико-механических характеристик как тиксотропного, так и затвердевшего раствора, а также определить влияние количества отдельных составляющих на свойства растворной смеси и защитного экрана на ее основе. **Методика.** Методика исследования заключается в использовании адаптированного плана экспериментально-статистического моделирования для решения конкретных задач, а именно при создании внутри песчаного массива надежного, наклонного противотифтрационного экрана в условиях, когда меняются технологические параметры. **Метод проведения технологических исследований:** аналитически-экспериментальный. **Результаты.** Для решения задач анализа и оптимизации исследуемых факторных систем в работе использована теория математического моделирования. При этом рассмотрены экспериментально-статистические регрессионные модели, которые показывают, как меняется исследуемый показатель (Y) при изменении соответствующих факторов. **Научная новизна.** По результатам работы получена методика, которая позволяет при минимальном количестве материалов и экспериментов, получать физико-механические показатели растворов и защитного грунтобетонного экрана на их основе.

Ключевые слова: защита подземного пространства; шнековое бурение; цемент; водопроницаемость; экспериментально-статистическое моделирование

A. BORISOV^{1*}, I. BABIJ², S. KYRYLIUK³, L. LUKASHENKO⁴

^{1*} Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona st., 4, Odessa, Ukraine, 65029, тел. +38 (094) 949 20 83, e-mail etinvest@gmail.com, ORCID 0000-0001-6930-3243

² Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona st., 4, Odessa, Ukraine, 65029, тел. +38 (094) 997 09 69, e-mail igor_babiy76@mail.ru, ORCID 0000-0001-8650-1751

³ Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona st., 4, Odessa, Ukraine, 65029, тел. +38 (095) 202 48 07, e-mail kirilstani@ukr.net, ORCID 0000-0002-8871-8302

⁴ Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Didrihsona st., 4, Odessa, Ukraine, 65029, тел. +38 (048) 723 61 51, e-mail larysa.od1946@gmail.com, ORCID 0000-0001-8232-1245

PLANNING OF EXPERIMENTAL RESEARCHES ON DETERMINATION OF PROTECTIVE SCREEN CHARACTERISTICS

Purpose. The purpose of this work is to develop a research methodology, on the basis of which it is possible to perform the selection of the composition of the solution with the determination of the physicomachanical characteristics of both the thixotropic and hardened solution, as well as to determine the effect of the number of individual components on the properties of the mortar mixture and the protective screen based on it. **Methodology.** The research method is to use an adapted plan of experimental-statistical modeling to solve specific problems, namely when creating a reliable, inclined filtering screen inside the sand massif under conditions when technological parameters change. **Technological research method:** analytical and experimental. **Findings.** To solve the problems of analysis and optimization of the factor systems under study, the theory of mathematical modeling was used in the work. At the same time, experimental-statistical regression models are considered, which show how the indicator under study (y) changes as the relevant factors change. **Originality.** According to the results of the work, a tech-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

nique has been obtained that allows, with a minimum amount of materials and experiments, to obtain the physico-mechanical indicators of solutions and a protective soil-concrete screen based on them.

Keywords: protection of underground space; auger drilling; cement; permeability; experimental statistical modeling

REFERENCES

1. Petrovskiy A.F., Borisov O.O., Babiy I.M. Rezultati eksperimentiv z pidboru in'ektsiynogo rozchinu na osnovi bentonitovogo poroshku [Results of experimentation with the en'ektsiynogo rotsinom rosti on the basis of bentonitovogo powder]. *Naukovo-tehnichniy zbirnik «Suchasni tehnologiyi, materialy i konstruktivni v budivnitstvi» – Scientific and technical collection «Modern technologies, materials and constructions in construction»*, Vinnitsya, 2016. no. 2 (21), pp. 5-9.
2. Petrovskiy A. F. Razrabotka oborudovaniya i provedenie eksperimentalnykh issledovaniy in'ektsionnoy tehnologii [Development of equipment and conducting experimental studies of injection technology]. *Zbirnik nauk. prats «Visnik ODABA» – Collection of sciences. Works of the «ODABA Bulletin»*. Odesa, ODABA, 2016, issue 63. pp.45-50.
3. Ghalinskiy O. M., Chernukhin O. M. *Metodychni rekomendacii z ulashtuvannya ghoryzontal'nykh ekraniv* [Methodical recommendations on the arrangement of horizontal screens]. Kyjiv, NDIBV Publ., 2011. 20 p.
4. Galinskiy A. M. Podbor sostava tverdeyuschego rastvora dlya ustroystva gorizontalnogo protivofiltratsionnogo ekrana [Selection of the composition of the hardening solution for the device of the horizontal impervious screen]. *Stroitelnye materialy i izdeliya – Building materials and products*. Kyjiv, NIISMI, 2015. no. 3-4, pp. 24-29.
5. Smorodinov M. I., Fedorov B. S., Vkanitsyn B. A. i dr. *Osnovaniya i fundamenty. Spravochnik stroitelya* [Bases and foundations. Builder's Guide]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1983. 367 p.
6. Rzhantsyn B. A. Tamponazhnyie rastvoryi dlya sozdaniya protivofiltratsionnykh zaves [Cement backing solutions for creating impervious screens]. *Materialy k soveschaniyu po zakrepleniyu i uplotneniyu gruntov* [Materials for the meeting on the consolidation and compaction of soils]. Novosibirsk, 1966. pp. 470-474.
7. Miheev V. L. *Tehnologicheskie svoystva burovnykh rastvorov* [Technological properties of drilling fluids]. Moscow, Nedra Publ., 1979. 239 p.
8. Lorenz H. Erfahrungen mit thixotropen Flüssigkeiten in Grundbau - Die Bautechnik, 1953. n. 8. pp. 232-236.
9. Lorenz H. Über die Verwendung thixotroper Flüssigkeiten in Grundbau - Bautechnik, 1950.
10. Slurry-trench cutoff wall pierces land-slide debris to keep site dry. *Engineering News-Record*, 1975. v. 195. No. 20. 53 p.
11. Winter C. P. Slurry Trench Construction. *The Military Engineer*, Vol. 68. No 446. Nov. 1976. pp. 437-440.
12. Sokolovich V. E., Ardzhevanidze E. L. O vzaimodeystvii glinisto-silikatnykh rastvorov s poverhnostyu prostranstva zakreplyaemykh peskov [On the interaction of clay-silicate solutions with the surface space of fixed sands]. *Materialy Vsesoyuznogo soveschaniya po zakrepleniyu i uplotneniyu gruntov* [Materials of the All-Union Conference on the consolidation and compaction of soils]. Leningrad, Energiya, 1971. pp. 200-204.
13. Galinskiy O. M. Naukovi osnovi stvorenniya tehnologiy ulashtuvannya protifiltratsiynih ekraniv v grunti ploskim robochim organom: avtoreferat dis. doktora tehnicnih nauk: 05.23.08 [The foundations of the foundational technology of the extension of propagation of scaffolding in the ground by a flat working body: author. dis. Dr. Techn. Sciences: 05.23.08]. Odesa, ODABA, 2016. 48 p.
14. Chernukhin O. M., Galinskiy O. M., Mandzyuk I. O. Doslidzhennya protsesu ukladki tamponazhnykh materialiv u porozhninu dlya stvorenniya gorizontalnogo ekranu pid sporudoyu [Investigation of the laying of tampon materials into the cavity to create a horizontal screen under construction]. *Novi tehnologiyi v budivnitstvi – New technologies in construction*. Kyjiv, NDIBV, 2002. no. 1 (3). pp. 44-49.
15. Petrovskiy A. F. In'ektsiyna tehnologiya zahistu pidzemnogo prostoru: avtoreferat dis. doktora tehnicnih nauk: 05.23.08 [Injection technology for protecting underground space: author. dis. Dr. Techn. Sciences: 05.23.08]. Odesa, ODABA, 2017. 44 p.
16. Voznesenskiy V. A., Lyashenko T. V., Ogarkov B. L. *Chislennyye metodyi resheniya stroitelno-tehnologicheskikh zadach na EVM* [Numerical methods for solving construction and technological problems on a computer]. Kyjiv, Vischa shkola Publ., 1989. 327 p.

Надійшла до редколегії 04.09.2017

Прийнята до друку 18.09.2017