

Для цитирования: Ю.Г. Жеглова, Б.П. Титаренко. Методика оценки проектных решений ограждений котлованов. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020; 47 (1): 86-92 DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-86-92

For citation: Yu.G. Zheglova, B.P. Titarenko. Method for evaluating excavation shoring design concepts. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2020; 47 (1): 86-92. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-86-92

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 532.517.4 : 536.24

DOI: 10.21822/2073-6185-2020-47-1-86-92

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ОГРАЖДЕНИЙ КОТЛОВАНОВ

Ю.Г. Жеглова, Б.П. Титаренко

Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет,
1129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, Россия

Резюме. Цель. При проведении инженерно-геологических изысканий на концептуальном этапе технико-экономического обоснования необходимо создание автоматизированной системы, позволяющей проектировщику учесть все возможные факторы и выбрать наиболее оптимальное проектное решение ограждения котлована. **Метод.** Исследование основано на методах динамического программирования, базирующихся на принципе оптимальности Беллмана. Применены матрицы логической свертки и метод дихотомии. **Результат.** В результате логической свертки агрегированных критериев параметров среды K12 с параметрами окружающей застройки K34, получается комплексная оценка проектного решения ограждения котлована, которая обеспечивает технические характеристики и безопасность зоны застройки. Однако очень большое влияние на выбор проектного решения ограждающей конструкции влияет стоимость ее возведения. Поэтому показатель комплексной оценки ограждения котлована с учетом экономической эффективности КОЭ получается в результате объединения показателя комплексной оценки ограждения котлована КО с критерием экономической эффективности проектного решения K5. **Вывод.** В работе проведен анализ методов решения задач оптимизации, который показывает, что для задачи оценки проектных решений ограждений котлованов лучше всего применять метод комплексных оценок на основе теории активных систем.

Ключевые слова: методы решения задач оптимизации, проектные решения ограждений котлованов, метод комплексных оценок, матрица логической свертки, теория активных систем

COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT
METHOD FOR EVALUATING EXCAVATION SHORING DESIGN CONCEPTS

Yu.G. Zheglova, B.P. Titarenko

National Research Moscow State University of Civil Engineering,
26 Yaroslavl Highway, Moscow 129337, Russia

Abstract. Aim. When conducting engineering and geological surveys at the conceptual stage of the feasibility study, it is necessary to create an automated system that allows the designer to take all possible factors into account and choose the most optimal design solution for the shoring of excavations. **Method.** The study is based on dynamic programming methods based on the principle of Bellman optimality. Logical convolution matrices are applied according to the dichotomy method. **Results.** As a result of the logical convolution of the aggregated criteria of the environmental parameters K12 along with the parameters of the surrounding buildings K34, a comprehensive assessment of the design solution for a foundation shoring fence is obtained such as to ensure the technical characteristics and safety of the development zone. However, a considerable influence on the choice of the design solution for the building envelope is exerted by the cost of its construction. Therefore, the indicator of a comprehensive assessment of the shoring fence considering the economic efficiency of the KOE is obtained by combining the indicator of a comprehensive assessment of the foundation shoring fence KO with the criterion of economic efficiency of the design decision K5. **Conclusion.** The analysis of methods for solving optimisation problems demonstrates that the method of complex estimates based on the theory of active systems is optimal for the task of evaluating design solutions for foundation shoring fences.

Keywords: methods for solving optimisation problems, design solutions for foundation shoring fences, complex estimates method, logical convolution matrix, theory of active systems

Введение. В современных условиях в качестве одного из наиболее значимых и активно развивающихся направлений строительства - промышленного, гражданского - выступает освоение подземного пространства. Существенное значение деятельность, связанная с освоением указанного пространства, имеет и в Российской Федерации. Интенсивное строительство сооружений, являющихся заглубленными, подземными, осуществляется в мегаполисах, крупных городах.

Потребность в использовании подземного пространства урбанизированных территорий обуславливается, в первую очередь, ограниченностью свободных площадей, на которых возможно возведение новых объектов, с учетом наличия застройки, сформировавшейся исторически, а также требованиями развития инфраструктуры. В городах в подземном пространстве размещаются объекты транспортной инфраструктуры, инженерные коммуникации, заглубленные части зданий (офисного, жилого назначения), общественно-бытовые комплексы, торговые площади, многоэтажные стоянки и гаражи.

Временные и финансовые ограничения на проектирование и устройство котлованов в большинстве случаев являются весьма строгими. В этой связи основные средства в процессе разработки проектной документации отводятся на возведение наземной части зданий, тогда как финансирование подземной производится по остаточному принципу. Следствием недостаточно детальной проработки подземного строительства в условиях цейтнота и финансовых ограничений является причинение ущерба строениям, находящимся рядом с местом проведения строительных работ. Согласно результатам статистического анализа страховых случаев, в пятидесяти процентах подобных ситуаций причины причинения ущерба связаны с просчетами в процессе проектирования, и в двадцати пяти процентах - с просчетами в процессе выполнения строительных работ.

Постановка задачи. Проектирование котлованов без учета инженерно-геологических

условий и состояния территории застройки может послужить причиной аварийных ситуаций, связанных как непосредственно с ограждениями котлованов, так и с окружающей застройкой. Поэтому при проведении инженерно-геологических изысканий на концептуальном этапе технико-экономического обоснования необходимо создание автоматизированной системы, позволяющей проектировщику учесть все возможные факторы и выбрать наиболее оптимальное проектное решение ограждения котлована.

Методы исследования. Анализ существующих методов решения задач оптимизации. Существует сравнительно широкий арсенал методов, применяемых для того, чтобы решать задачи, связанные с получением оптимальных решений в строительстве.

Задачи дискретного программирования решаются посредством: приближенных методов; комбинаторных методов; метода отсечения, применяемого в задачах целочисленного линейного программирования.

Метод отсечения основывается на предложенном Гомори [1] подходе, предполагающем необходимость сводить нерегулярную задачу к решению последовательности задач, являющихся регулярными. При этом последовательность данных задач является конечной.

Практическая реализация указанного подхода предполагает необходимость:

- противодействия избыточному увеличению размерности задач, обусловленному добавлением ограничений;
- доказывания конечности процедуры отсечений;
- выявления универсального правила, согласно которому следует формировать отсечения.

Следует отметить ряд причин, обусловивших ограниченность использования методов отсечения в процессе решения задач прикладного характера:

- отсутствие возможности использовать данные методы для того, чтобы решать задачи при наличии слабо заполненной матрицы;
- применимость данных методов преимущественно для того, чтобы решать задачи, являющиеся целочисленными;
- существенные вычислительные сложности при определении наиболее сильного отсечения.

Комбинаторные методы основываются на следующих положениях - множество допустимых решений конечно, полный перебор следует заменять на сокращенный.

Данные методы представлены:

- аппроксимационно-комбинаторными методами;
- методом динамического программирования;
- методом ветвей и границ.

Применительно к решению таких задач математического программирования, как аддитивные, используется метод динамического программирования, базирующийся на принципе оптимальности Беллмана.

Указанный принцип подразумевает следующее: стратегия, являющаяся оптимальной, в условиях любого первоначального состояния и любого первоначального решения предусматривает необходимость оптимальности последующих решений в отношении состояния, которое получено по результатам предыдущего решения.

Полный перебор вариантов обеспечивается посредством метода ветвей и границ. Особенность данного метода в следующем - исключение из рассмотрения определенных вариантов до вычисления для соответствующих вариантов критерия оценки проекта осуществляется за счет определения границ критерия оценки.

Вследствие этого возможности применения указанного метода для выявления оптимальных решений являются весьма ограниченными. Указанный метод достаточно детально отражен в [2, 9].

Формирование моделей программирования (целочисленного, динамического) и их анализ предусматривают методы математического программирования. Ограничение данных методов состоит в значительной размерности задач, и, соответственно, затруднительности получения точного решения в течение приемлемого времени. Для того, чтобы выявлять приближенное решение, в [3] предложено не использовать условие целочисленности переменных с дальнейшим округлением решения.

Для того, чтобы находить приближенное решение в задачах дискретной оптимизации применяется метод Удзавы [5, 6]. В качестве одного из ключевых ограничений указанного метода выступает значительный (и увеличивающийся по мере увеличения размерности задачи) объем вычислений на каждой из итераций. Данный метод не во всех случаях обеспечивает возможность получить за приемлемое время решение, являющееся оптимальным (монотонная сходимость отсутствует).

Для того, чтобы автоматизировать выбор типа ограничений котлованов, необходимо описать территорию застройки, выявить гидрогеологические и геологические факторы, являющиеся существенными, произвести их оценку, сформировать механизмы оценки проектных решений и эффективности соответствующих решений в экономическом отношении.

Присущие объекту особенности обуславливают затруднения при решении подобных задач. К числу ключевых затруднений относятся следующие:

1. Для проектируемого здания с учетом конкретных инженерно-геологических условий существует значительное число проектных решений ограждений котлована, которые удовлетворяют расчетам по предельным состояниям.

2. Показатели, определяющие уровень принятого решения, могут иметь не только количественное, но и качественное выражение (конструктивные, функциональные, архитектурные и иные показатели).

Оценка возможности использования конкретной ограждающей конструкции может производиться посредством рейтинговой либо интегральной оценки.

Обсуждение результатов. Модель построения комплексных оценок ограждений котлованов на основе матриц логической свертки.

Существует множество сфер хозяйственной деятельности, в которых имеется необходимость решения задач, связанных с комплексным оцениванием, переходом к агрегированной характеристике сложных систем. Подобные задачи возникают в случаях, когда требуется оценивать экологическую безопасность [7, 11], приоритетные научные и технические направления (формировать иерархию приоритетов) [14], оценивать функционирование трудовых коллективов (определять лучший) [10].

Методология формирования комплексной оценки разработана в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Она интегрирует различные подходы к комплексному оцениванию, представленные в значительном числе сфер хозяйственной деятельности [4, 8, 12, 13].

Данный подход основывается на следующей идее - применительно к оцениваемому объекту следует определить комплекс параметров. Используя матрицы свертки, параметры следует попарно сопоставлять друг с другом. Далее, также посредством матриц свертки, для следующего уровня необходимо осуществлять попарное сравнение полученных характеристик. Следует повторять указанную процедуру до момента, когда останется единственная характеристика. Полученная характеристика будет являться комплексной оценкой объекта.

Решение задачи выбора проектного решения ограждения котлована предполагает реализацию противоречивых целей в рамках существующих ресурсных ограничений.

Для определения комплексной оценки ограждения котлована построим бинарное дерево свертки (рис. 1).

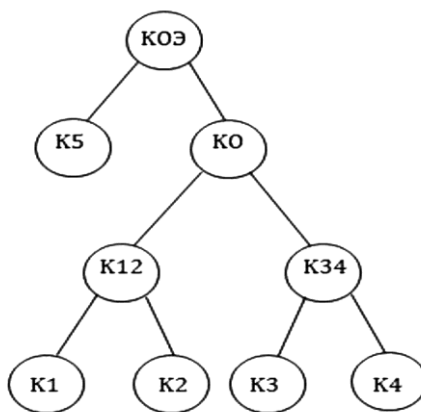


Рис. 1. Бинарная структура для пяти групп критериев
Fig. 1. Binary structure for five groups of criteria

Для оценки влияния отдельных параметров и характеристик, влияющих на выбор проектного решения ограждения котлована, определяют частные критерии, которые объединяют в укрупненные группы:

- K1 – геологические условия;
- K2 – гидрогеологические условия;
- K3 – расстояние от существующих зданий до котлована;
- K4 – категория существующих зданий по техническому состоянию;
- K5 – экономическая эффективность проектного решения.

Тип ограждающей конструкции следует рассматривать в качестве системы, сложной в техническом отношении. Необходимо выделять комплекс факторов (критериев), определяющих состояние указанной системы.

В этом случае систему можно описать исходя из определенного комплекса критериев в виде вектора $K=(K_1, \dots, K_i, \dots, K_n)$, где K_i является значением i -ого критерия.

Необходимо сформировать комплексный критерий, на основе которого будет выбираться проектное решение ограждения котлована $F(K)$.

Применяется метод дихотомии - каждая из вершин дерева, в т.ч. итоговая, может быть дезагрегирована с выделением двух подэлементов. Логические матрицы свертки обеспечивают возможность агрегировать каждую пару элементов с получением элемента верхнего (следующего) уровня.

Опишем математическую модель для комплексной оценки проектных решений ограждений котлованов.

Из рис.1 следует, что критерий «геологические условия» K1 и критерий «гидрогеологические условия» K2 объединяются в один агрегированный критерий параметры среды K12. То есть формируется матрица логической свертки в результате чего получается итоговая оценка параметров среды.

Аналогичным образом объединяются критерий «расстояние от существующих зданий до котлована» K3 с критерием категории «существующих зданий по техническому состоянию» K4 в один агрегированный критерий «параметры окружающей застройки» K34 и на основании их логической свертки формируется оценка параметров окружающей застройки.

В результате логической свертки агрегированных критериев параметров среды K12 с параметрами окружающей застройки K34, получается комплексная оценка проектного решения ограждения котлована, которая обеспечивает технические характеристики и безопасность зоны застройки.

Однако очень большое влияние на выбор проектного решения ограждающей конструкции влияет стоимость ее возведения.

Поэтому показатель комплексной оценки ограждения котлована с учетом экономиче-

ской эффективности КОЭ получается в результате объединения показателя комплексной оценки ограждения котлована КО с критерием экономической эффективности проектного решения К5. Подробно данная методика применительно к управлению проектами в дорожном строительстве описана в [2].

Вывод. Проектировщики, строители в современных условиях имеют возможность за счет новейших технологий обустраивать ограждающие конструкции котлованов с использованием многообразных способов, каждому из которых присущи собственные достоинства и ограничения.

Факторы, обуславливающие эффективность применения конкретного типа ограждения, следующие - наличие окружающих коммуникаций, сооружений, зданий, размеры и глубина котлована, гидрогеологические, грунтовые условия.

Поэтому реальная задача выбора проектного решения ограждения котлована является сложной, так как помимо экономичности применяемое проектное решение должно обеспечивать безопасность зоны застройки, надежность и долговечность проектируемого объекта.

Для этого предлагается разработать методику оценки проектных решений ограждений котлованов при проведении инженерно-геологических изысканий.

Библиографический список:

1. Авдеев Ю.А. Оперативное планирование в целевых программах // Одесса: Маяк. 1990. – 132 с.
2. Ануфриев И.К., Бурков В.Н., Вилкова Н.И., Рапакская С.Т. Модели и механизмы внутрифирменного управления // М.: ИПУ РАН. 1994. – 72 с.
3. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М., Семенов П.И. Минимизация упущенной выгоды в задачах управления проектами // М.: научное издание / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2001
4. Баркалов С.А. Модель комплексной оценки уровня безопасности / С.А. Баркалов, А.М. Котенко, А.И. Половинкина, А.В. Щепкин // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2005. - №7. – Т.1. – С. 28-34
5. Баскаков А.С., Глагольев А.В., Матвеев И.К. Моделирование конкурсных механизмов в корпоративных структурах управления // Современные сложные системы управления: Сб. науч. тр. междунар. конф. Т. 1/Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж. - 2005. – С. 104-109
6. Бир С. Мозг фирмы // М.: Радио и связь. 1993. – 416 с.
7. Бурков В.Н. Модели и механизмы управления безопасностью / В.Н. Бурков, Е.В. Грацианский, С.И. Дзюбо, А.В. Щепкин. – М.: СИНТЕГ - ГЕО, 2001. – 160 с.
8. Бурков В.Н. Задачи оптимального управления промышленной безопасностью / В.Н. Бурков, А.Ф. Грищенко, О.С. Кулик. – М.: ИПУ РАН. 2000. – 70 с.
9. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы стимулирования в вероятностных моделях социально-экономических систем // Автоматика и Телемеханика. - 1993. - №11. – С. 3-30
10. Бурков В.Н. Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев, В.В. Цыганков, А.М. Черкашин. – М. Наука. 1984. – 272 с.
11. Бурков В.Н. Экологическая безопасность / В.Н. Бурков, А.В. Щепкин. – М.: ИПУ РАН. 2003. – 92 с.
12. Кондратьев В.Д. Комплексная оценка уровня риска опасного объекта / В.Д. Кондратьев, А.В. Толстых, Б.К. Уандыков, А.В. Щепкин // Системы управления и информационные технологии. – 2004. - №3(15). – С. 53-57
13. Котенко А.М. Процедура построения комплексных оценок достижимости целей / А.М. Котенко, А.И. Половинкина // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – Воронеж: ВГТУ. 2002. – С. 41-47
14. Кузьмицкий А.А. Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники / А.А. Кузьмицкий, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН. 1993. – 67 с.

References:

1. Avdeyev YU.A. Operativnoye planirovaniye v tselevykh programmakh//Odessa: Mayak.1990. 132 s. [AvdeevYu.A. Operational planning in targeted programs // Odessa: Lighthouse. 1990. 132 p. (In Russ.)]
2. Anufriyev I.K., Burkov V.N., Vilkova N.I., Rapatskaya S.T. Modeli i mekhanizmy vnutfirmen-nogo upravleniya // M.: IPU RAN. 1994. – 72 s. [Anufriyev I.K., Burkov V.N., Vilkova N.I., Rapatskaya S.T. Models and mechanisms of internal control // M.: IPU RAS. 1994. 72 p. (In Russ.)]
3. Barkalov S.A., Burkov V.N., Gilyazov N.M., Semenov P.I. Minimizatsiya upushchennoy vygody v za-dachakh upravleniya proyektami // M.: nauchnoye izdaniye / Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN. 2001 [Barkalov S. A., Burkov V. N., Gilyazov N. M., Semenov P. I. Minimization of lost profits in the tasks of project management // M.: Scientific publication / Institute of Management Problems. V.A. Trapeznikov RAS. 2001. (In Russ.)]
4. Barkalov S.A. Model' kompleksnoy otsenki urovnya bezopasnosti / S.A. Barkalov, A.M. Kotenko, A.I. Polovinkina, A.V. Shchepkin // Vestnik Voronezh.gos. tekhn. un-ta. – 2005. - №7. – Т.1. – С. 28-34 [Barkalov S.A. Model for a comprehensive assessment of the level of security / S.A. Barkalov, A.M. Kotenko, A.I. Polovinkina, A.V. Schepkin // Bul-

letin of Voronezh. State Tech. Un-that. 2005. No. 7. Vol.1. pp. 28-34(In Russ.)]

5. Baskakov A.S., Glagol'yev A.V., Matveyev I.K. Modelirovaniye konkursnykh mekhanizmov v korpora-tivnykh strukturakh upravleniya // Sovremennyye slozhnyye sistemy upravleniya: Sb. nauch. tr. mezhdunar. konf. T. 1/Voronezh. gos. arkh.-stroit. un-t. – Voronezh. - 2005. – S. 104-109 [Baskakov A.S., Glagoliev A.V., Matveev I.K. Modeling of competitive mechanisms in corporate governance structures // Modern complex management systems: Sat. scientific tr Int. conf. T. 1 / Voronezh. State arch. Un-t - Voronezh. 2005. pp. 104-109 (In Russ.)]

6. Bir S. Mozg firmy // M.: Radio i svyaz'. 1993. – 416 s. [Bir S. The brain of the company // M. : Radio and communications. 1993. 416 p. (In Russ.)]

7. Burkov V.N. Modeli i mekhanizmy upravleniya bezopasnost'yu / V.N. Burkov, Ye.V. Gratsianskiy, S.I. Dzyubko, A.V. Shchepkin. – M.: SINTEG - GEO, 2001. – 160 s. [Burkov V.N. Models and mechanisms of security management / V.N. Burkov, E.V. Graziansky, S.I. Dzyubko, A.V. Schepkin. M. : SINTEG - GEO, 2001. 160 p. (In Russ.)]

8. Burkov V.N. Zadachi optimal'nogo upravleniya promyshlennoy bezopasnost'yu / V.N. Burkov, A.F. Grishchenko, O.S. Kulik. – M.: IPU RAN. 2000. – 70 s. [Burkov V.N. Tasks of optimal management of industrial safety / V.N. Burkov, A.F. Grishchenko, O.S. Sandpiper. - M.: IPU RAS. 2000. 70 p. (In Russ.)]

9. Burkov V.N., Yenaleyev A.K., Novikov D.A. Mekhanizmy stimulirovaniya v veroyatnostnykh modelyakh sotsial'no-ekonomicheskikh sistem // Avtomatika i Telemekhanika. - 1993. - №11. – S. 3-30 [Burkov V.N., Enaleev A.K., Novikov D.A. Incentive mechanisms in probabilistic models of socio-economic systems // Automation and Telemechanics. 1993. No. 11. pp. 3-30]

10. Burkov V.N. Teoriya aktivnykh sistem i sovershenstvovaniye khozyaystvennogo mekhanizma / V.N. Burkov, V.V. Kondrat'yev, V.V. Tsygankov, A.M. Cherkashin. – M. Nauka. 1984. – 272 s. [Burkov V.N. The theory of active systems and the improvement of the economic mechanism / V.N. Burkov, V.V. Kondratiev, V.V. Tsygankov, A.M. Cherkashin. M. Science. 1984. 272 p. (In Russ.)]

11. Burkov V.N. Ekologicheskaya bezopasnost' / V.N. Burkov, A.V. Shchepkin. – M.: IPU RAN. 2003. – 92 s. [Burkov V.N. Ecological safety / V.N. Burkov, A.V. Schepkin. M.: IPU RAS. 2003. 92 p. (In Russ.)]

12. Kondrat'yev V.D. Kompleksnaya otsenka urovnya riska opasnogo ob'yekta / V.D. Kondrat'yev, A.V. Tolstykh, B.K. Uandykov, A.V. Shchepkin // Sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii. – 2004. - №3(15). – S. 53-57 [Kondratiev V.D. Comprehensive assessment of the risk level of a hazardous facility / V.D. Kondratiev, A.V. Tolstoy, B.K. Uandykov, A.V. Shchepkin // Control systems and information technology. 2004. No. 3 (15). - pp. 53-57 (In Russ.)]

13. Kotenko A.M. Protsedura postroyeniya kompleksnykh otsenok dostizhimosti tseley / A.M. Kotenko, A.I. Polovinkina // Vestnik Voronezh.gos. tekhn. un-ta. – Voronezh: VGTU. 2002. – S. 41-47 [Kotenko A.M. The procedure for constructing comprehensive assessments of the attainability of goals / A.M. Kotenko, A.I. Polovinkina // Bulletin of Voronezh. State Tech. Un-that. Voronezh: VSTU. 2002. pp. 41-47 (In Russ.)]

14. Kuz'mitskiy A.A. Organizatsionnyye mekhanizmy upravleniya razvitiyem prioritetnykh napravleniy nauki i tekhniki / A.A. Kuz'mitskiy, D.A. Novikov. – M.: IPU RAN. 1993. – 67 s. [Kuzmitsky A.A. Organizational mechanisms for managing the development of priority areas of science and technology / A.A. Kuzmitsky, D.A. Novikov. M.: IPU RAS. 1993. 67 p. (In Russ.)]

Сведения об авторах:

Жеглова Юлия Германовна, преподаватель кафедры прикладной математики; e-mail: uliagermanovna@yandex.ru

Титаренко Борис Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной математики; e-mail: boristitarenko@mail.ru

Information about the authors:

Julia G. Zheglova, Lecturer, Department of Applied Mathematics; e-mail: uliagermanovna@yandex.ru

Boris P. Titarenko, Dr. Sci. (Technical), Prof., Prof., Department of Applied Mathematics; e-mail: boristitarenko@mail.ru

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила в редакцию 25.02.2020.

Принята в печать 10.03.2020.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 25.02.2020.

Accepted for publication 10.03.2020.