



РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Научная статья
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.014

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КППН

Михаил Михайлович Копырин ¹, Айтал Еремеевич Марков ²,
Афанасий Нюргунович Иванов ³

¹ Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН», Якутск, Россия
mkopyrin91@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6018-6391>

^{2,3} Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск, Россия

² aital.markov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6853-6758>

³ differeo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9009-3778>

Аннотация. В настоящее время наблюдается кризис в сфере тепло- и водоснабжения ЖКХ, вызванный «старением» металлических труб. Данные трубы подвержены коррозии, обладают низкой устойчивостью к истиранию и имеют низкий срок эксплуатации: приблизительно 12–15 лет. Для замены металла в системах тепло- и водоснабжения особый интерес вызывает применение труб на основе полимерных композиционных материалов, обладающих устойчивостью к истиранию, коррозионной стойкостью и имеющих высокие упруго-прочностные характеристики. В работе были исследованы прочностные характеристики базальто- и стеклотекстолитовых листов толщиной 5 мм. Было установлено, что прочностные характеристики на растяжение и трехточечный изгиб у стеклотекстолита и базальтотекстолита находятся на одном уровне. Исследование упруго-прочностных характеристик полученных базальтопластиковых труб разной толщины (6 и 12 мм) показало, что они обладают высоким пределом прочности на трехточечный изгиб (514 и 446 МПа соответственно) и обладают высокой герметичностью и прочностью на гидростатическое нагружение в диапазоне давления от 9 до 12 МПа.

Ключевые слова: базальтопластик, стеклопластик, базальтовые трубы, изгиб, гидростатическое нагружение, упруго-прочностные свойства.

Для цитирования: Копырин, М. М., Марков, А. Е., Иванов, А. Н. Исследование упруго-прочностных характеристик базальтопластиковых труб, полученных методом КППН // Ползуновский вестник. 2021. № 4. С. 104–109. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.014.

Original article

INVESTIGATION OF THE ELASTIC-STRENGTH CHARACTERISTICS OF BASALT-PLASTIC PIPES, OBTAINED BY THE OLTW METHOD

Mikhail M. Kopyrin ¹, Aital E. Markov ², Afanasii N. Ivanov ³

¹ Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS", Yakutsk, Russia
mkopyrin91@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6018-6391>

^{2,3} V.P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

² aital.markov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6853-6758>

³ differeo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9009-3778>

Annotation. *In this work, the strength characteristics of basalt and glass fiber sheets with a thickness of 5 mm were investigated. It was found that the tensile strength characteristics and three-point bending of fiberglass and basalt textolite are at the same level. The study of the elastic-strength characteristics of basalt-plastic pipes of different thicknesses (6 and 12 mm) showed that they have a high tensile strength in three-point bending (514 and 446 MPa, respectively) and have high tightness and strength to hydrostatic loading in the pressure range from 9 to 12 MPa.*

Keywords: *basalt-plastic, fiberglass, basalt pipes, bending, hydrostatic loading, elastic-strength properties.*

For citation: Kopyrin, M. M., Markov, A. E. & Ivanov, A. N. (2021). Investigation of the elastic-strength characteristics of basalt-plastic pipes, obtained by the OLTW method. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 104-109. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.04.014.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сфере тепло- и водоснабжения ЖКХ предъявляются высокие требования к качеству материала эксплуатируемых труб: коррозионная стойкость, прочность, долгий срок службы и пр. Металлические трубы, которые применялись ранее и применяются до сих пор, имеют короткий срок службы (не более 12 лет [1]) и низкую коррозионную устойчивость [2]. Дополнительными факторами раннего разрушения металлических труб водоснабжения и теплосетей являются: нарушения условий хранения, проведение сварных работ в «полевых» условиях и погодно-климатические факторы [3].

На замену металла используются полимерные материалы, обладающие высоким сроком службы, прочностными характеристиками и не подвергающиеся коррозионному разрушению. Особый интерес вызывают базальто- и стекловолокна при создании полимерных композиционных материалов (ПКМ) в связи с их высокими эксплуатационными характеристиками и стойкостью к агрессивным средам. [4–6]. Срок эксплуатации труб на основе таких материалов составляет в среднем от 30 лет и выше.

При создании труб на основе базальто- и стеклоткани применяются различные виды намотки: продольно-поперечная намотка (ППН), спирально-продольная намотка (СПН), косослойно продольно-поперечная намотка (КППН) и пр. [7]. Последний метод намотки вызывает наибольший интерес для применения. Это связано с рядом его достоинств: высокая производительность, возможность намотки труб больших диаметров, возможность непрерывной намотки; очень высокая плотность укладки волокон, возможность варьирования в широких пределах соотношения кольцевого и осевого армирования, обеспечения равномерного распределения продольно-поперечной нагрузки и пр. [8–11].

На основании вышеизложенного, интерес вызывает изучение физико-механических и упруго-прочностных характеристик базальтопластиковых труб, полученных методом КППН.

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ И ОБРАЗЦЫ

Для исследования прочностных характеристик труб были получены образцы из комбинированного базальтового материала диаметром $D = 315$ мм с разными толщинами стенок: 6 и 12 мм.

Также были получены трубы из стеклопластика $D = 315$ мм (с толщиной стенки 4 мм) двух видов – не эксплуатируемых и эксплуатируемых в системе теплоснабжения в г. Тикси РС(Я) в течение трех лет.

Испытание образцов труб на изгиб проводилось по методике ГОСТ 25.604-82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах» [12].

Проведение испытаний нагружением внутренним гидростатическим давлением производилось на гидравлическом стенде АЛТ 536.00 (инвентаризационный номер № 0000390, аттестат № 081 от 02.04.2013 года, выдан ФБУ «Алтайским ЦСМ» (Бийский отдел).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе [13] авторами были изучены прочностные характеристики базальто- и стеклотекстолитовых материалов и получены следующие результаты: предел прочности при трехточечном изгибе – $238,5 \pm 15$ МПа у стеклотекстолитов и $233,5 \pm 15$ МПа у базальтопластиков; предел прочности при испытании на растяжение – $488,15 \pm 15$ МПа и $503,05 \pm 15$ МПа у стеклотекстолитов и базальтотекстолитов соответственно.

С учетом погрешности доверительного интервала измерений прочностные показатели базальтопластика и стеклопластика приблизительно одинаковы.

Методом КППН были получены базальтопластиковые трубы с диаметром 315 мм и с толщиной стенок 6 мм и 12 мм. При этом состав эпоксидного связующего состоял из следующих компонентов: эпоксидная смола (ЭД-22) – 57 %, отвердитель (Изо-МТГФА) – 42 % и ускоритель (Аргидол 53) – 1 %.

Для сравнения были взяты 2 вида стеклопластиковых труб диаметром $D = 315$ мм и с толщиной стенки 4 мм: эксплуатируемые и не эксплуатируемые. Данные трубы были получены методом линейной непрерывной намотки, состав эпоксидного связующего, следующий: эпоксидная смола (ЭД-20) – 58 %, отвердитель (ЭТАЛ-370) – 41 % и ускоритель (Аргидол 53) – 1 %. Срок эксплуатируемых труб составляет 3 года. Труба была использована в системе теплоснабжения непрерывно в течение 3 лет, при температуре $80-100$ °С и при давлении внутри трубы $p = 0,1 - 0,15$ МПа.

Для проведения испытаний на изгиб бы-

ли изготовлены по 6 образцов из труб разной толщины и материала. Предварительная нагрузка составила 50 Н, скорость предварительной нагрузки 10 мм/мин, скорость нагружения 10 мм/мин. Расстояние между опорами для материала толщиной 6 мм составило 46 мм. Для материала толщиной 12 мм расстояние между опорами составило 57 мм.

В таблице 1 приведены результаты испытаний на трехточечный изгиб для базальтопластиковых образцов с толщиной 6 мм и 12 мм.

Таблица 1 – Пределы прочности при статическом изгибе образцов толщиной 6 и 12 мм

Table 1 - Static bending strengths for specimens 6 and 12 mm thick

№ образца / толщина	Предел прочности при статическом изгибе $\delta_{проч}$, МПа	
	6 мм	12 мм
1	506,0	458,0
2	468,0	458,5
3	425,0	458,0
4	517,0	452,0
5	579,0	393,0
6	500,0	408,0

Среднее значение предела прочности образцов толщиной 6 мм составил – $514 \pm 25,5$ МПа, при толщине 12 мм – $447 \pm 22,5$ МПа.

В таблице 2 приведены значения предела прочности образцов не эксплуатируемой стеклопластиковой трубы.

Таблица 2 – Предел прочности образцов не эксплуатируемой стеклопластиковой трубы

Table 2 - Ultimate strength of non-exploited fiberglass pipe samples

№ образца	Предел прочности при статическом изгибе $\delta_{проч}$, МПа
1	722,1
2	662,2
3	570,1
4	780,2
5	622,2
6	870,8

Среднее значение прочности при изгибе стеклопластиковых труб составило $704,6 \pm 14$ МПа. При этом показатели предела прочности при статическом изгибе эксплуатируемых стеклопластиковых труб показали ухудшение прочностных характеристик в среднем на 29,3 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КППН

Предел прочности при трехточечном изгибе у комбинированных базальтопластиковых труб выше, чем у пропиленовых труб, и равен пределу прочности стальных труб, варьируемых от марки стали [14, 15]. Для дальнейшего изучения прочностных характеристик композиционных труб в качестве ровинга была выбрана базальтовая ткань. Это связано с её высокой стойкостью к агрессивным средам и устойчивостью к истиранию по сравнению со стекловолокном [16–19].

Для проведения испытаний нагружением внутренним гидростатическим давлением было изготовлено методом КППН 3 образца базальтопластиковых труб, длиной 1,5 м и толщиной стенки – 5 мм.

Проведение испытаний нагружением внутренним гидростатическим давлением производилось на гидравлическом стенде АЛТ 536.00 (инвентаризационный номер № 0000390, аттестат № 081 от 02.04.2013 года, выдан ФБУ «Алтайским ЦСМ» (Бийский отдел).

На первом этапе создавалось пробное давление, равное до 9,0 МПа. Далее производилось нагружение каждого из образцов ступенчато. Сначала создавалось пробное давление 1,6 МПа, осуществлялась выдержка под пробным давлением в течение 5 минут, после чего давление сбрасывалось до нуля. Затем аналогичным образом каждый из образцов нагружался давлением 2,5 МПа, 4,0 МПа и 6,3 МПа. В ходе данных нагружений разрушения базальтопластикового слоя не выявлено, протечки не обнаружены.

Затем каждый из образцов нагружался максимально возможным давлением (9,0 МПа). При проведении этих испытаний нарушений целостности базальтопластиковых оболочек (тел) труб всех трех образцов не выявлено. Образцы № 1 и № 3 были нагружены давлением 9,0 МПа и выдержаны под ним в течение 1 минуты. При нагружении образца № 2 разрушилась испытательная оснастка при давлении 8,3 МПа.

По такой же схеме проводили испытания комбинированной базальтопластиковой трубы с полиэтиленовой пленкой «Прален». Испытали по три образца трубы с толщиной стенки 6 мм (базальта 5 мм + полиэтилен 1 мм). При нагрузке до 10 МПа разрушений не обнаружили. При нагружении образца до максимума 12 МПа разрушений также не обнаружили.

ВЫВОДЫ

1. При создании труб на основе ПКМ особый интерес вызывает метод КППН. Данная технология включает в себя продольную,

поперечную, спиральную виды намотки и так называемую псевдоленту, которая состоит из параллельных пучков волокон, пропитанных связующим. К преимуществам данного типа намотки относятся: высокая производительность, создание труб с большим диаметром, возможность непрерывной намотки, высокая плотность укладки волокон, широкое варьирование соотношения кольцевого и осевого армирования, низкая горючесть полученных материалов.

2. Изучены образцы базальто- и стекло-текстолита с различным типом переплетения. Полученные результаты на прочностные характеристики показывают зависимость от типа переплетения тканей. Несмотря на то, что у стеклотекстолитов значения пределов прочности чуть выше, чем у базальтотекстолитов, с учетом погрешности доверительного интервала измерений показатели базальто-текстолита и стеклотекстолита находятся на одном уровне.

3. Получены образцы труб базальтопластика и комбинированной полиэтиленовой пленкой «Прален» базальтопластика. Изучение физико-механических свойств базальтопластиковой трубы выявило следующее: предел прочности при изгибе образца трубы с толщиной стенки 6 мм равен 514 МПа, что значительно превышает значение предела прочности стальных труб (в зависимости от марки стали: сталь 10, 20, 30 ...) от 350 МПа до 650 МПа, и значение предела прочности пропиленовых труб – 260–400 МПа. Проведение испытания гидростатическим нагружением показало, что трубы на основе базальтопластика обладают высокой герметичностью и прочностью. Трубы не разрушались под действием внутреннего гидростатического давления до 9–12 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветер В.В., Самойлов М.И., Ланин Л.А. Использование труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для прокладки теплопроводов с теплоносителем давлением до 1,6 МПа и температурой 150 °С // Теплоэнергетика. 1999. № 10. С. 59–60.
2. Ковылянский Я.А., Лось А.О. Некоторые пути совершенствования и повышения надежности труб тепловых сетей // Теплоэнергетика. 1990. № 9. С. 19–22.
3. Старикова, Е.Ю., Петрик, П.Т. Пути решения проблем защиты теплопроводов от коррозии // Вестник КузГТУ. 2003. № 6. С. 65–70.
4. Dhand V., Mittal G., Rhee K.Y., Hui D. A short review on basalt fiber reinforced polymer composites // Composites : Part B. 2015. Vol. 73. P. 166–180. DOI: 10.1016/j.compositesb.2014.12.011.

5. Artemenko S.E., Kadykova Y.A. Polymer composite materials based on carbon, basalt, and glass fibres // *Fibre Chem.* 2008. Vol. 40. P. 37–39. DOI: doi.org/10.1007/s10692-008-9010-0.

6. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2018. № 5–1. С. 245–256.

7. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий. М. : Теплоэнергетик, 2002. 412 с.

8. Русских Г.И., Башара В.А., Блазнов А.Н. Технология непрерывного формирования стеклопластиков. М. : Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, 2016. 178 с.

9. Аношкин А.Н. Теория и технология намотки конструкций из полимерных композиционных материалов. М. : Перм. гос. техн. ун-т, 2003. 118 с.

10. Карандашов О.Г., Авраменко В.Л., Подгорная Л.Ф. Исследование технологических параметров косослойной продольно-поперечной намотки периодическим способом при производстве стеклопластиковых изделий с повышенными эксплуатационными характеристиками // *Norwegian Journal of Development of the International Science.* – 2020. № 39–1. P. 32–37.

11. Ходакова Н.Н., Блазнов А.Н., Самойленко, В.В. Влияние схемы намотки на формирование механических свойств изделий из композитов в продольном и поперечном направлении // *Южно-Сибирский научный вестник.* 2016. № 4 (16). С. 17–25.

12. ГОСТ 25.604. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах. М. : Стандартинформ, 1984. 7 с.

13. Лукачевская И.Г., Лебедев М.П., Кычкин А.К. Исследование прочностных свойств текстолита, армированного тканями с прямым переплетением пучков базальтового ровинга // *Труды VIII Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата EURASTRENCOLD-2018.* Якутск : Цумори Пресс. 2018. С. 557–560.

14. Циммерман Р., Гюнтер К. *Металлургия и материаловедение* : Справ. изд. ; пер. с нем. М. : *Металлургия*, 1982. 480 с.

15. Перепёлкин В.П. Полипропилен, его свойства и методы переработки. Л. : ЛДНТП, 1963. – 256 с.

16. Егоров Д.А. Использование труб из полимерных материалов // *Евразийский научный журнал.* 2016. № 6. С. 317–328.

17. Полимерные композиты на основе химических волокон, их основные виды, свойства и применение. 2007. URL : <https://plastinfo.ru/information/articles/27/> (дата обращения 21.05.2021).

18. Militký J., Kovačič V., Rubnerová J. Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt

fibers // *Engineering Fracture Mechanics* – 2002. – Vol. 69 (9). P. 1025–1033. DOI:10.1016/s0013-7944(01)00119-9.

19. Sharma V., Meena M.L., Kumar M., Patnaik A. Mechanical and three-body abrasive wear behavior analysis of glass and basalt fiber-reinforced epoxy composites // *Polymer Composites* 2020. Vol. 41(9). P. 3717–3731. DOI:10.1002/pc.25670.

Информация об авторах

М. М. Копырин – младший научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН», аспирант 3-го курса ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН».

А. Е. Марков – инженер первой категории Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН.

А. Н. Иванов – инженер первой категории Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН.

REFERENCES

1. Veter, V.V., Samoilov, M.I. & Lanin, L.A. (1999). The use of pipes made of ductile cast iron with spheroidal graphite for laying heat conductors with a coolant pressure up to 1.6 MPa and a temperature of 150 °C. *Теплоэнергетика.* (10). 59-60. (In Russ.).

2. Kovyliansky, Ya.A., Los, A.O. (1990). Some ways to improve and increase the reliability of pipes of heating networks. *Теплоэнергетика.* (9), 19-22. (In Russ.).

3. Starikova, E.Yu., Petrik. P.T. (2003). Ways of solving the problems of protection of heat pipelines from corrosion. *Bulletin of KuzGTU.* (6). 65-70. (In Russ.).

4. Dhand, V., Mittal, G., Rhee, K.Y. & Hui, D., (2015). A short review on basalt fiber reinforced polymer composites. *Composites: Part B,* (73), 166-180. DOI: 10.1016/j.compositesb.2014.12.011. (In Russ.).

5. Artemenko, S.E. & Kadykova, Y.A. (2008). Polymer composite materials based on carbon, basalt, and glass fibers. *Fiber Chem.* (40). 37-39. DOI: doi.org/10.1007/s10692-008-9010-0. (In Russ.).

6. Kolosov, A.S., Sokolskaya, M.K., Vitkalova, I.A., Torlova, A.S. & Pikalov, E.S. (2018). Modern polymer composite materials and their application. *International Journal of Applied and Fundamental Research.* (5-1). 245-256. (In Russ.).

7. Dzhigiris, D.D. & Makhova, M.F. (2002). Basics of production of basalt fibers and products. Moscow: *Теплоэнергетик.* (In Russ.).

8. Russians, G.I., Bashara, V.A. & Blaznov, A.N. (2016). Technology of continuous molding of glass-plastics. Barnaul : Polzunov Altai State Technical University. (In Russ.).

9. Anoshkin, A.N. (2003). Theory and technology of winding structures made of polymer composite materials : Moscow: Perm State. tehn. un-t. (In Russ.).

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАЗАЛТОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КППН

10. Karandashov, O.G., Avramenko, V.L. & Podgornaya, L.F. (2020). Investigation of technological parameters of oblique longitudinal-transverse winding by a periodic method in the production of fiberglass products with increased operational characteristics. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. (39-1). 32-37.
11. Khodakova, N.N., Blaznov, A.N. & Samoilenko, V.V. (2016). The influence of the winding scheme on the formation of mechanical properties of products from composites in the longitudinal and transverse directions. *Yuzhno-Siberian Scientific Bulletin*. 4(16). 17-25. (In Russ.).
12. Design calculation and strength testings. Methods of Mechanical testing of Polymeric Composite Materials. Test for Bending Properties at normal, elevated and low temperatures. (1984). *HOST 25.604-82 from 1 Jan 1984*. Moscow : Standardinform. (In Russ.).
13. Lukachevskaya, I.G., Lebedev, M.P. & Kychkin, A.K. (2018). Investigation of the strength properties of tectolite reinforced with fabrics with direct interweaving of basalt roving beams. *Proceedings of the VIII Eurasian Symposium on the Problems of Strength of Materials and Machines for Cold Climate Regions EURASTRENCOLD-2018*. Yakutsk : Tsumori Press. (In Russ.).
14. Zimmerman, R., Gunther, K. (1982). Metallurgy and materials science. Ref. ed. Per. with him. Moscow: Metallurgy. (In Russ.).
15. Perepyolkin, V.P. (1963). Polypropylene, its properties and processing methods. Leningrad: LDNTP. (In Russ.).
16. Egorov, D.A. (2016). The use of pipes made of polymer materials. *Eurasian Scientific Journal*. (6). 317-328. (In Russ.).
17. Polymer composites based on chemical fibers, their main types, properties and applications (2007). Received from <https://plastinfo.ru/information/articles/27/>. (In Russ.).
18. Militký, J., Kovačič, V. & Rubnerová, J. (2002). Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt fibers. *Engineering Fracture Mechanics* 69(9). 1025-1033. DOI: 10.1016/s0013-7944 (01) 00119-9.
19. Sharma, V., Meena, M.L., Kumar, M. & Patnaik, A. (2020). Mechanical and three-body abrasive wear behavior analysis of glass and basalt fiber-reinforced epoxy composites. *Polymer Composites*. 41(9). 3717-3731. Doi: 10.1002/pc.25670.

Information about the authors

M. M. Kopyrin - Junior Researcher, Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS", 3rd year post-graduate student of the "V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS".

A. E. Markov - engineer of the first category of the Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.I. V.P. Larionov SB RAS.

A. N. Ivanov - engineer of the first category of the Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.I. V.P. Larionov SB RAS.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 20.09.2021; одобрена после рецензирования 15.11.2021; принята к публикации 26.11.2021.

The article was received by the editorial board on 20 Sep 21; approved after reviewing on 15 Nov 21; accepted for publication on 26 Nov 21.