

# ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПРИ СЕЗОННОМ ПРОМЕРЗАНИИ И ОТТАИВАНИИ КОНСТРУКЦИИ

С. П. Санников<sup>1</sup>, А. В. Мармур<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

<sup>2</sup> АО «Мостострой-11», Тюмень, Россия

## CHANGES IN PAVEMENT STRENGTH DURING SEASONAL FREEZING AND THAWING OF THE STRUCTURE

Sergey P. Sannikov<sup>1</sup>, Anna V. Marmur<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

<sup>2</sup> JSC "Mostostroy-11", Tyumen, Russia

**Аннотация.** В работе приведен анализ существующего оборудования для оценки прочности дорожных одежд на автомобильных дорогах. Выполнена оценка прочности на отдельных улицах в городе Тюмени в осенне-зимне-весенний период. Для этого использовался метод статического нагружения с применением прогибомера, а также применялся переносной портативный прибор. Была получена функциональная зависимость, позволяющая оценивать модуль упругости с помощью портативного прибора, и установлены закономерные изменения прочности при сезонном промерзании и оттаивании конструкции.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, дорожная одежда, прочность, модуль упругости

**Abstract.** The paper presents an analysis of existing equipment for assessing the strength of road pavements on highways. The strength assessment on some streets in the city of Tyumen in the autumn-winter-spring period was performed. For this purpose, the method of static loading with a deflectometer was used, as well as a portable device. A functional dependence that makes it possible to estimate the modulus of elasticity using a portable device was obtained, and regular changes in strength during seasonal freezing and thawing of the structure were established.

**Key words:** highway, road pavement, strength, elastic modulus

### Введение

В настоящее время при развитии транспортной инфраструктуры особенно важен выбор рационального варианта восстановления и реконструкции сети автомобильных дорог. Оценка состояния должна основываться в первую оче-

редь на данных диагностики эксплуатируемой автомобильной дороги. Значительное внимание следует уделять оценке состояния дорожного покрытия во время эксплуатации. Решающим фактором при назначении мероприятия является фактическая прочность конструкции дорожной одежды.

Прочность определяется исходя из несущей способности дорожной конструкции, которая, в свою очередь, оценивается по показателю общего модуля упругости<sup>1</sup>. Элементы дорожной конструкции (покрытие, основание, грунт земляного полотна) в течение срока службы испытывают различные воздействия, вызванные природно-климатическими условиями, нагрузкой от транспортных средств, вследствие чего со временем снижается ее прочность [1].

В настоящее время для оценки прочности дорожной одежды нежесткого типа применяется большое количество современного как крупногабаритного, так и малогабаритного оборудования, принципы действия которого основаны на статических и динамических методах испытания [2, 3].

В качестве основного оборудования можно отметить:

- длиннобазовый рычажный прогибомер различных производителей (рис. 1а)<sup>2</sup>;
- установка динамического нагружения типа «Дина-3М» или «Дина-4» (производитель – Саратовский научно-производственный центр РОСДОРТЕХ) (рис. 1б);
- установка «ДИП Импульс» (производитель – научно-производственное объединение «Регион»<sup>3</sup>) (рис. 1в);
- универсальный диагностический комплекс «УДК-4» или «УДК-6» (разработчик – МАДИ) (рис. 1г);
- переносной портативный прибор РОСДОРНИИ «Микродин» (рис. 2) [4–6].

С помощью длиннобазового рычажного прогибомера производятся штамповые испытания конструкции. При этом требуется наличие груженого автомобиля. Данные испытания являются трудоемкими видами работ, связанными с перемещением установки. Использование различных передвижных диагностических лабораторий и крупных установок трудозатратно и невозможно на малодоступных участках.

### Объект и методы исследования

Объектом исследования является дорожная одежда, предметом – ее прочность, а также изменения в процессе сезонного промерзания и оттаивания дорожной конструкции. В ходе работы был использован эмпирический метод исследования, который включал изучение разнообразных источников информации и анализ полученных сведений, проведение и описание эксперимента в рамках классической теории упругости.

В данной работе при оценке прочности на отдельных улицах в городе Тюмени использовался переносной портативный прибор «Микродин» конструкции РОСДОРНИИ. Работы по определению несущей способности дорожных одежд выполнялись в осенний, зимний и весенний периоды с целью установления закономерности изменений прочности при сезонном промерзании и оттаивании конструкции в рамках обоснования возможности повышения предельно допустимой нагрузки на дорожную одежду в зимний период [7, 8].

<sup>1</sup> ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд : отраслевые дорожные нормы : издание официальное : утверждены и введены распоряжением Государственной службы дорожного хозяйства (Росавтодор) Министерства транспорта Российской Федерации от 20 декабря 2000 г. N ОС-35-Р : дата введения 2001-01-01. – Москва : Информавтодор, 2001. – 148 с. – Текст : непосредственный.

<sup>2</sup> ОДН 218.1.052-2002 Оценка прочности нежестких дорожных одежд : отраслевые дорожные нормы : издание официальное : утверждены и введены распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 19 ноября 2002 г. N ОС-1040-р : дата введения 2002-11-19. – Москва : Росавтодор, 2003. – 27 с. – Текст : непосредственный.

<sup>3</sup> ГОСТ 32729-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности (с Поправками) = Automobile roads of general use. The method of measuring elastic deflection to determine the strength of non-rigid pavement : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 25 июня 2014 г. N 45) : дата введения 2015-02-01 / разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТСК»), Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 418 «Дорожное хозяйство». – Москва : Стандартинформ, 2017. – 29 с. – Текст : непосредственный.

«Микродин» представляет собой прибор ударного нагружения дорожной конструкции, характеризующийся параметрами, представленными в таблице. Общая схема переносного портативного прибора представлена на рис. 3. Работа с прибором «Микродин» не требует боль-

ших трудозатрат и включает в себя следующие действия:

- очистку покрытия дорожной одежды на контрольной точке;
- установку прибора на контрольную точку;
- отцентровку измерительного датчика (за



Рис. 1. Оборудование для оценки прочности дорожных одежд автомобильных дорог:  
а) длиннорычажный прогибомер; б) установка динамического нагружения «Дина-4»;  
в) установка «ДИП Импульс»; г) универсальный диагностический комплекс типа «УДК»



Рис. 2. Портативный прибор «Микродин»

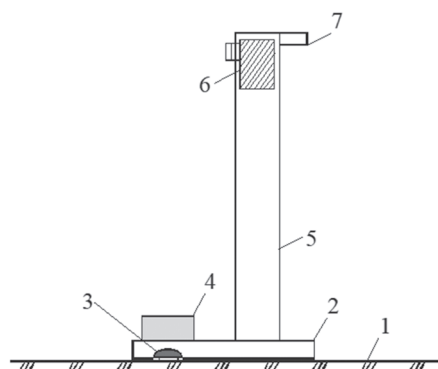


Рис. 3. Конструкция прибора «Микродин»:  
1) поверхность покрытия; 2) опорная площадка, с прорезиненной поверхностью; 3) измерительный датчик; 4) устройство обработки данных;  
5) направляющая штанга; 6) груз; 7) удерживающая рукоятка



удерживающую рукоять (7) прибор отклоняется в сторону путем поднятия края опорной плиты с измерительным датчиком (3) так, чтобы датчик отцентрировался, затем прибор возвращается в исходное положение);

- обнуление индикатора измерительного датчика;
- подъем груза (6) до упора, при этом прибор удерживается за верхнюю часть, чтобы основание с датчиком не сместилось, а оставалось прижатым к дорожному покрытию;
- сброс груза;
- фиксация результата с индикатора в журнал.

В одной точке покрытия производится не менее девяти измерений в зависимости от сходимости результатов. Разброс показаний не должен превышать 10–15 %.

Таблица

**Основные параметры портативного прибора «Микродин»**

| Параметр                         | Ед. изм. | Значение |
|----------------------------------|----------|----------|
| Масса груза                      | кг       | 15       |
| Высота падения груза             | см       | 70       |
| Время контактного взаимодействия | с        | 0,005    |

#### Экспериментальная часть

Для оценки прочности дорожной одежды была разработана методика проведения испытания. Она базируется на применении рычажного прогибомера и прибора «Микродин» для определения упругого прогиба; термометра ТЕМП-3.1 для контроля температуры покрытия дорожной одежды. Методикой была предусмотрена последовательная оценка прочности на одних и тех же контрольных точках покрытия с применением прогибомера и «Микродина» с целью дальнейшей тарировки портативного переносного прибора.

Изменения прочности дорожных одежд при сезонном промерзании и оттаивании наблюдались в течение осенне-зимне-весеннего периода на протяжении трех лет. В первый год проводи-

лись испытания методом статического и динамического нагружения согласно нормативно-технической документации и разработанной методике. На протяжении последующих двух лет испытания на контрольных точках проводились только с применением переносного портативного прибора.

В процессе оценки прочности статическим и динамическим методом в течение первого года была получена зависимость, позволяющая оценивать прочность дорожной одежды с определением модуля упругости по данным прибора «Микродин» (рис. 4):

$$E_y = 5308,8e^{-9,503m},$$

где  $E_y$  – модуль упругости, МПа;

$m$  – показания индикатора прибора «Микродин».

Фрагмент полученных результатов за последний год измерений представлен на рис. 5.

#### Результаты

На основе анализа полученных данных отмечается, что при понижении температуры воздуха и наступлении зимнего периода наблюдается стремительный рост модуля упругости, следовательно, дорожная одежда способна воспринимать большие усилия, а это дает основание предположить, что допустимо снятие предельно допустимых ограничений по нагрузке в этот период с учетом промерзания дорожной конструкции. На стадии весенней эксплуатации наблюдается снижение прочности дорожной конструкции. При этом максимальный модуль упругости наблюдается в период с начала января до начала марта.

Полученные результаты подтверждают максимальное повышение модуля упругости на поверхности покрытия в период устойчивых отрицательных температур, следовательно, можно сделать вывод, что в этот период сохранность и целостность дорожной одежды будут обеспечены даже при превышении нагрузок, установленных Постановлением правительства РФ<sup>4</sup> [9]. Возможно, нормативно допустимые ограничения нагрузки

<sup>4</sup> Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации : Постановление Правительства РФ от 21.12.2020 г. № 2200. – Консультант-Плюс : справочно-правовая система : [сайт]. – URL : <http://consultant.ru>. – Текст : электронный (дата обращения: 01.03.2022).

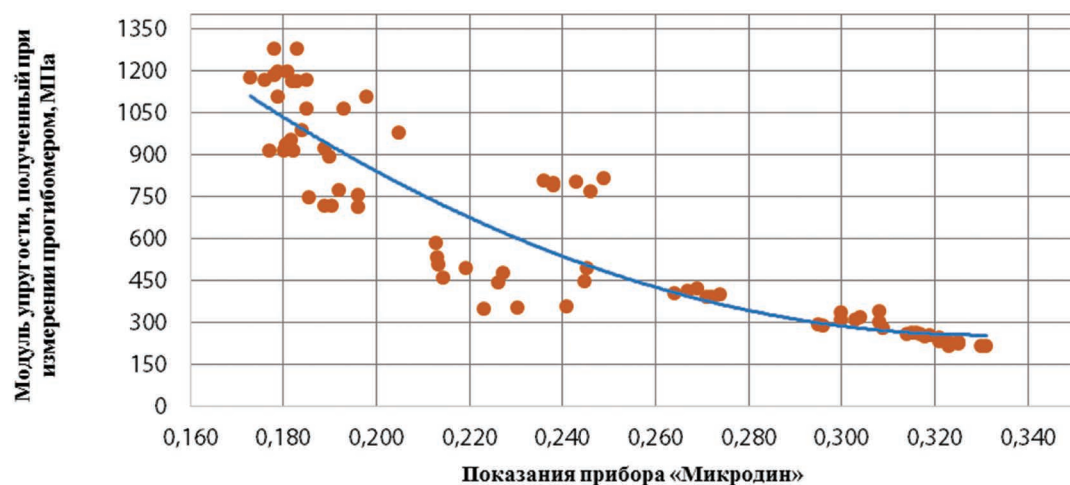


Рис. 4. Зависимость модуля упругости дорожной конструкции от показаний прибора «Микродин»

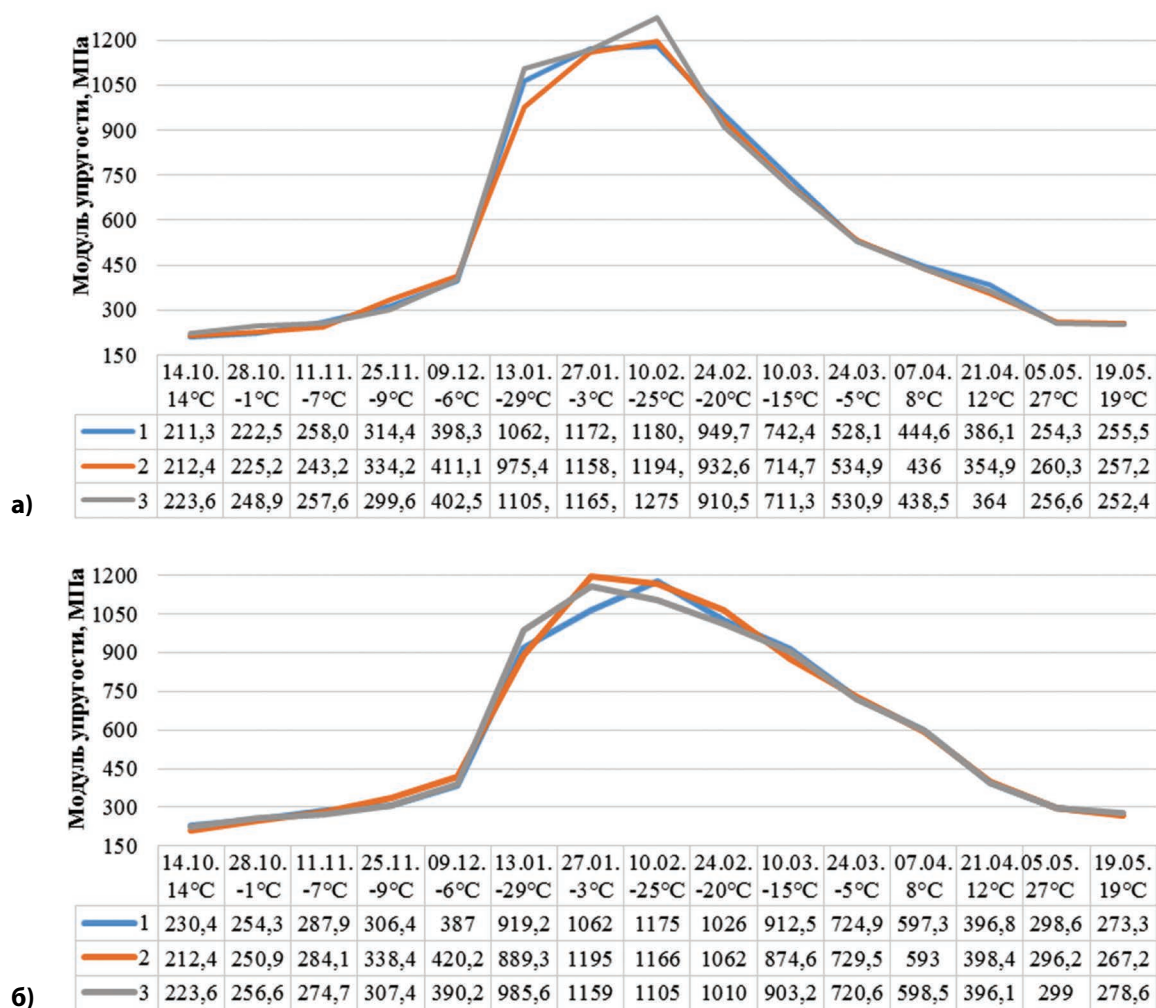


Рис. 5. Изменение модуля упругости в осенне-зимне-весенние периоды (2020–2021 год):

а) ул. Энергостроителей; б) бульвар Бориса Щербины

1, 2, 3 – контрольные точки

требуют корректировки и дифференцированного подхода с учетом разных периодов года.

### Выводы

В течение трех лет в осенне-зимне-весенние периоды проводилась оценка прочности дорожной одежды на экспериментальных участках отдельных улиц Тюмени. В процессе работы установлены закономерные изменения прочности при сезонном промерзании и оттаивании кон-

струкции, получена функциональная зависимость, позволяющая оценивать модуль упругости дорожной одежды с применением портативного переносного прибора «Микродин». Его использование для экспресс-оценки модуля упругости позволит повысить производительность работ по обследованию автодорог, применение прибора также можно включить в методику по вводу и снятию в различные периоды года ограничений осевых нагрузок на дорожную одежду.

### Библиографический список

1. Каменчуков, А. В. Оценка надежности работы нежестких дорожных одежд / А. В. Каменчуков. – Текст : непосредственный // Четвертый Всероссийский дорожный конгресс «Перспективные технологии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог» : сборник научных трудов. – Москва : МАДИ, 2015. – С. 127–131.
2. Каталог выпускаемой продукции ФГУП СНПЦ «Росдортех» / ФГУП СНПЦ «Росдортех». – Саратов : 2001. – 66 с. – Текст : непосредственный.
3. Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения : учебник для вузов / А. П. Васильев, В. М. Сиденко ; под ред. А. П. Васильева. – Москва : Транспорт, 1990. – 304 с. – Текст : непосредственный.
4. Лушников, П. А. Разработка экспресс-методов определения вязко-упругих свойств нежестких дорожных одежд с применением портативных приборов ударного действия : специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лушников Петр Александрович ; Российский дорожный научно-исследовательский институт. – Москва, 2009. – 142 с. – Место защиты : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – Текст : непосредственный.
5. Лескин, А. И. Сравнение значений фактического упругого прогиба нежесткой дорожной одежды, полученного методами статического и динамического нагружений / А. И. Лескин, М. В. Катасонов, А. А. Степанов. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия : Строительство и архитектура. – 2017. – № 47 (66). – С. 235–241.
6. Лушников, П. А. Обоснование применения портативных приборов для определения упругих прогибов дорожных конструкций / П. А. Лушников. – Текст : непосредственный // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2009. – № 2 (14). – С. 94–98.
7. Justification of the possibility of changing of a permissible axle load on the road / D. P. Luchinskiy, S. P. Sannikov, V. D. Timohovets, A. V. Marmur. – DOI: 10.1088/1757-899X/753/2/022088. – Direct text // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering : International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019", Vladivostok, Russky Island, October 01–04, 2019. – Vladivostok : Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 022088.
8. Assessment of contact pressure on the road pavement created by modern vehicles / D. P. Luchinskiy, S. P. Sannikov, V. D. Timohovets, A. V. Marmur. – DOI: 10.9734/bpi/naer/v4/9455D. – Direct text // New Approaches in Engineering Research. – 2021. – Vol. 4. – Pp. 95–101.
9. Батищев, И. И. Нормативное правовое регулирование автомобильных перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов / И. И. Батищев, И. А. Можайская. – Текст : непосредственный // Автотранспортное предприятие. – 2010. – № 4. – С. 11–15.

---

## References

1. Kamenchukov, A. V. (2015). Otsenka nadezhnosti raboty nezhestkikh dorozhnykh odezhd. Chetvertyy Vserossiyskiy dorozhnyy kongress «Perspektivnye tekhnologii v stroitel'stve i ekspluatatsii avtomobil'nykh dorog»: sbornik nauchnykh trudov. – Moscow, Moscow Automobile and Road Construction State University (MADI) Publ., pp. 127–131. (In Russian).
2. FGUP SNPTs «Rosdortekh». (2001). Katalog vypuskaemoy produktsii FGUP SNPTs «Rosdortekh». Saratov, 66 p. (In Russian).
3. Vasil'ev, A. P., & Sidenko, V. M. (1990). Ekspluatatsiya avtomobil'nykh dorog i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya. Moscow, Transport Publ., 304 p. (In Russian).
4. Lushnikov, P. A. (2009). Razrabotka ekspress-metodov opredeleniya vyazko-uprugikh svoystv nezhestkikh dorozhnykh odezhd s primeneniem portativnykh priborov udarnogo deystviya. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Moscow, 142 p. (In Russian).
5. Leskin, A. I., Katasonov, M. V., & Stepanov, A. A. (2017). Comparison of values of the actual banging motion of flexible road pavement received by the methods of static and dynamic loadings. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura (Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering Series: Civil Engineering and Architecture), 47(66), pp. 235–241. (In Russian).
6. Lushnikov, P. A. (2009). Reasoning of the application of portative devices for the definition of the rebound deflections of the road constructions. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture, 2(14), pp. 94–98. (In Russian).
7. Luchinskiy, D. P., Sannikov, S. P., Timohovets, V. D., & Marmur, A. V. (2020). Justification of the possibility of changing of a permissible axle load on the road. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019", Vladivostok, Russky Island, October 01–04, 2019. Vladivostok, Institute of Physics Publishing, pp. 022088. (In English). DOI : 10.1088/1757-899X/753/2/022088
8. Luchinskiy, D. P., Sannikov, S. P., Timohovets, V. D., & Marmur, A. V. (2021). Assessment of contact pressure on the road pavement created by modern vehicles. New Approaches in Engineering Research, (4), pp. 95–101. (In English). DOI: 10.9734/bpi/naer/v4/9455D
9. Batishchev, I. I., & Mozhayskaya, I. A. (2010). Normativnoe pravovoe regulirovanie avtomobil'nykh perevozok krupnogabaritnykh i tyazhelovesnykh грузов. Avtotransportnoe predpriyatie, (4), pp. 11–15. (In Russian).

### Сведения об авторах

Санников Сергей Павлович, к. т. н., доцент, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов, Тюменский индустриальный университет, e-mail: sannikovsp@tyuiu.ru

Мармур Анна Владиславовна, техник, АО «Мостострой-11», e-mail: anna.marmur@su.ms11.ru

### Information about the authors

Sergey P. Sannikov, Candidate in Engineering, Associate Professor, Head at the Department of Highways and Airfields, Industrial University of Tyumen, e-mail: sannikovsp@tyuiu.ru

Anna V. Marmur, technician, JSC "Mostostroy-11", e-mail: anna.marmur@su.ms11.ru

**Для цитирования:** Санников, С. П. Изменение прочности дорожной одежды при сезонном промерзании и оттаивании конструкции / С. П. Санников, А. В. Мармур. – DOI: 10.31660/2782-232X-2022-1-73-79. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 1 (99). – С. 73–79.

**For citation:** Sannikov, S. P., & Marmur, A. V. (2022). Changes in pavement strength during seasonal freezing and thawing of the structure. Architecture, construction, transport, (1), pp. 73–79. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2022-1-73-79.