

Научная статья
УДК 625.088

Определение оптимального способа нагрева выглаживающей плиты асфальтоукладчика

Игорь Васильевич Иванов¹, Вадим Дмитриевич Довгань²,
Никита Витальевич Логанов³, Егор Евгеньевич Будин⁴

^{1,2,3,4}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹lanigoriv@yandex.ru

²vadimii-dovgan@mail.ru

³nikita.loganov.2001@yandex.ru

⁴budin.egorevgen@mail.ru

Аннотация. В данной работе авторы рассматривают проблемы температурной сегрегации асфальтобетонной смеси. Работа является актуальной потому, что неравномерный нагрев асфальтобетонной смеси сказывается на качестве вновь укладываемого дорожного покрытия. Целью работы является определение температурных параметров модернизируемого рабочего оборудования асфальтоукладчика. В работе был выполнен обзор существующего оборудования дорожно-строительных машин и выявлены их преимущества и недостатки. На основании этого авторами разработана модернизированная конструкция рабочего оборудования асфальтоукладчика, моделирующая процесс нагрева асфальтобетонной смеси, и проведен эксперимент. В ходе исследования опытным путём были определены параметры модернизированного оборудования и проведено сравнение их с параметрами существующего оборудования. Опыт проводился в реальных условиях с использованием комплекта измерительного оборудования. Было проведено три серии эксперимента по десять замеров.

Ключевые слова: выглаживающая плита, газовый нагрев, асфальтобетонная смесь, строительство дорожных покрытий, нагрев, асфальтоукладчик, сегрегация, дорожные машины.

Для цитирования: Иванов И.В., Довгань В.Д., Логанов Н.В., Будин Е.Е.
Определение оптимального способа нагрева выглаживающей плиты асфальтоукладчика // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №1(35).

Original article

Determining the Best Way to Heat Your Paver Screed

№ 1(35)
март 2023

Igor V. Ivanov¹, Vadim D. Dovgan², Nikita V. Loganov³, Egor E. Budin⁴

^{1,2,3,4}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),

Moscow, Russia

¹lanigoriv@yandex.ru

²vadimii-dovgan@mail.ru

³nikita.loganov.2001@yandex.ru

⁴budin.egorevgen@mail.ru

Abstract. In this paper, the authors consider the problem of temperature segregation of the asphalt mix. The work is relevant because the uneven heating of the asphalt concrete mixture affects the quality of the newly laid road surface. The aim of the work is to determine the temperature parameters of the modernized working equipment of the asphalt paver. The paper reviewed the existing equipment of road-building machines and identified their advantages and disadvantages. Based on this, the authors developed a modernized design of the working equipment of the asphalt paver, simulating the heating process of the asphalt concrete mixture, and conducted an experiment.

In the course of the study, the parameters of the modernized equipment were experimentally determined and compared with the parameters of the existing equipment. The experiment was carried out in real conditions using a set of measuring equipment. Three series of experiments with ten measurements were carried out.

Keywords: screed, gas heating, asphalt mix, paving construction, heating, paver, segregation, road machines.

For citation: Ivanov I.V., Dovgan V.D., Loganov N.V., Budin E.E. Determining the Best Way to Heat Your Paver Screed. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №1 (35).

Введение

В связи с тем, что отрасль дорожного строительства непрерывно развивается, наиболее острой проблемой является качество устройства верхнего слоя асфальтобетона. Качество покрытия дороги зависит от применяемой дорожно-строительной техники.

Основная часть

1. Анализ существующих методов нагрева

Рассмотрим газовый метод нагрева и выявим его преимущества и недостатки.



Рис. 1. Плита с газовым способом нагрева

К недостаткам относятся:

- своевременная доставка баллонов с газом;
- требования к качеству газа;
- обучение персонала для работы с газом;
- неравномерность нагрева выглаживающей плиты;
- необходимость демонтажа баллонов при транспортировке

укладчика;

- застывание смеси газа при низких температурах.

К преимуществам относятся:

- начальная цена асфальтоукладчика;
- независимость от силовой установки укладчика;
- сравнительно невысокая цена газа.

Далее необходимо рассмотреть электрический метод нагрева и выявить его преимущества и недостатки.

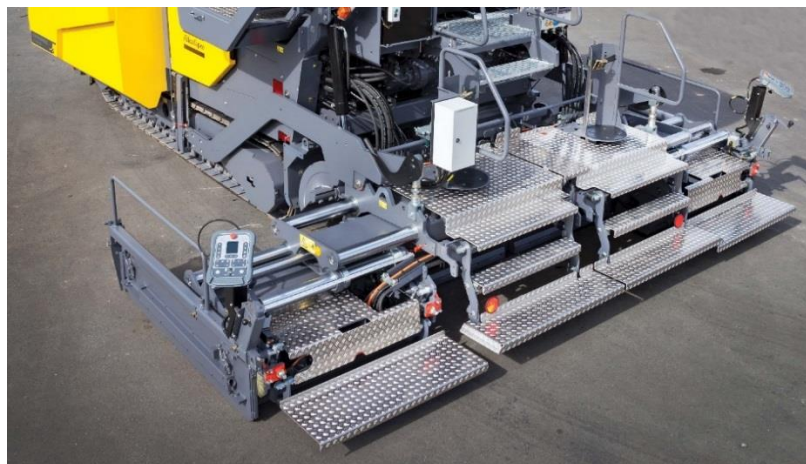


Рис. 2. Плита с электрическим способом нагрева

К недостаткам относятся:

- наличие генератора;
- необходимость в большей мощности силовой установки

укладчика;

- неравномерность нагрева выглаживающей плиты;
- увеличение габаритов машины.

К преимуществам относятся:

- более экологичный способ;
- отсутствие необходимости двух видов топлива, так как

используется только дизельное;

- безопасность.

В настоящее время существуют инфракрасные нагреватели рабочего оборудования асфальтоукладчика.



Рис. 3. Плита с инфракрасным нагревателем

Основные преимущества разогрева асфальтобетона инфракрасными установками:

- Высокая скорость нагревания – от 2 до 10 минут (в зависимости от толщины слоя, типа асфальтобетона и мощности установки).
- Обеспечение прочного и герметичного соединения.
- Экономия материалов – в некоторых случаях расход снижается в несколько раз, в сравнении с классическими методами.
- Сокращение перечня необходимых работ (например, может быть исключена нарезка швов при ямочном ремонте).
- Снижение затрат на проведение работ – до 50%, в сравнении с обычным отжигом асфальта.
- Возможность легко разогревать участки разной формы и площади.
- Высокая мобильность инфракрасных газовых установок.
- Повышение безопасности за счет отсутствия открытого пламени.
- Возможность эксплуатации в различных погодных условиях, в том числе при высокой ветренности.

К недостаткам относят высокую стоимость оборудования.

2. Модернизация газового метода нагрева выглаживающей плиты асфальтоукладчика

Анализ существующих способов нагрева показал, что неравномерность нагрева выглаживающей плиты характерна для каждого из методов. В связи с вышеуказанным фактом проведена модернизация газового способа нагрева путём изменения конструкции нагревательного элемента. Была разработана модель.

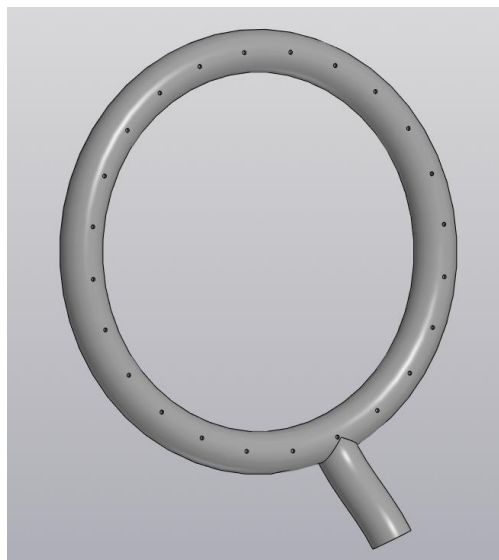


Рис. 4. Модель газового нагревательного устройства

Размеры и материалы модели:

1. Трубка медная, тонкостенная.
2. Наружный диаметр трубки - 13мм., толщина стенки - 1мм.
3. Диаметр получившийся модели - 140мм.
4. Диаметр 1-го сопла - 1,5мм. Всего 24 шт.

Используемое топливо – газ, состоящий из 74% изобутан, 16% бутан, 4% пропан;

Температура горения: от -20 до +35 °С

Температура окружающей среды: -5,3 °С;

Используемая нагреваемая поверхность: оцинкованный металлический лист, толщина 1мм.

Используемые приборы для измерения:



Рис. 5. Пирометр RGK PL-12

Проведение эксперимента

Начало работы.

Подготовка места проведения: открытая площадка, доступ к воздуху.

Подключение газового баллона.

Прогревание плиты:

- 1. Прогрев в течение 3-х мин., фиксация температуры в центре и в местах точечного нагрева.
- 2. Прогрев в течение 10-ти мин., фиксация температуры.
- 3. Прогрев в течение 15-ти мин., фиксация температуры.

Таблица 1

Условия, при которых проводился эксперимент

Температура окружающей среды, °С	-5,3
Влажность, %	88
Скорость ветра, м/с	4,6
Атмосферное давление, мм рт. ст.	763



Рис. 6. Экспериментальная установка

Прогрев в течение 3-х мин.:



Рис. 7. Показания пирометра спустя три минуты нагрева плиты

Таблица 2

Значения температуры спустя три минуты после начала эксперимента

Номер замера	1	2	3	4	5
Температура t, °C	109,8	113.9	114,6	117	108
Среднее значение t_{cp} , °C	112,7				

Температура металлической поверхности составляет $112,7^{\circ}\text{C}$ и максимальная температура, зафиксированная пирометром, составляет $114,6^{\circ}\text{C}$. Температура $114,6^{\circ}\text{C}$ в ближайшей точке к газовому соплу.

Прогрев в течение 10-ти мин.:



Рис. 8. Показания пирометра спустя 10 минут нагрева плиты

Таблица 3

Значения температуры спустя 10 минут после начала эксперимента

Номер замера	1	2	3	4	5
Температура t , $^{\circ}\text{C}$	131,5	128,1	159,6	147,5	118,5
Среднее значение $t_{\text{ср}}$, $^{\circ}\text{C}$	133,5				

Температура металлической поверхности составляет $133,5^{\circ}\text{C}$ и максимальная температура, зафиксированная пирометром, составляет $159,6^{\circ}\text{C}$. Температура $159,6^{\circ}\text{C}$ в ближайшей точке к газовому соплу.

Прогрев в течение 15-ти мин.:



Рис. 9. Показания пирометра спустя 15 минут нагрева плиты

Таблица 4

Значения температуры спустя 15 минут после начала эксперимента

Номер замера	1	2	3	4	5
Температура t , °C	160,1	145,4	166,8	150,2	151,4
Среднее значение $t_{\text{ср}}$, °C	155,3				

Температура металлической поверхности составляет 155,3°С и максимальная температура, зафиксированная пирометром, составляет 166,8°С. Температура 166,8°С в ближайшей точке к газовому соплу.

После проведения эксперимента была получена зависимость температуры нагрева плиты от времени, данные представлены на рис. 10.

Так же по результатам эксперимента получена температурная карта нагрева выглаживающей плиты до модернизации и после, на которой видна

наглядная разница участков нагрева, они представлены на рис. 11 и рис. 13 соответственно.

Площади поверхностей слабонагретых участков были рассчитаны с помощью программы Компас-3D, и результаты представлены на рис. 12 и рис. 14 соответственно для способа до модернизации и после модернизации.

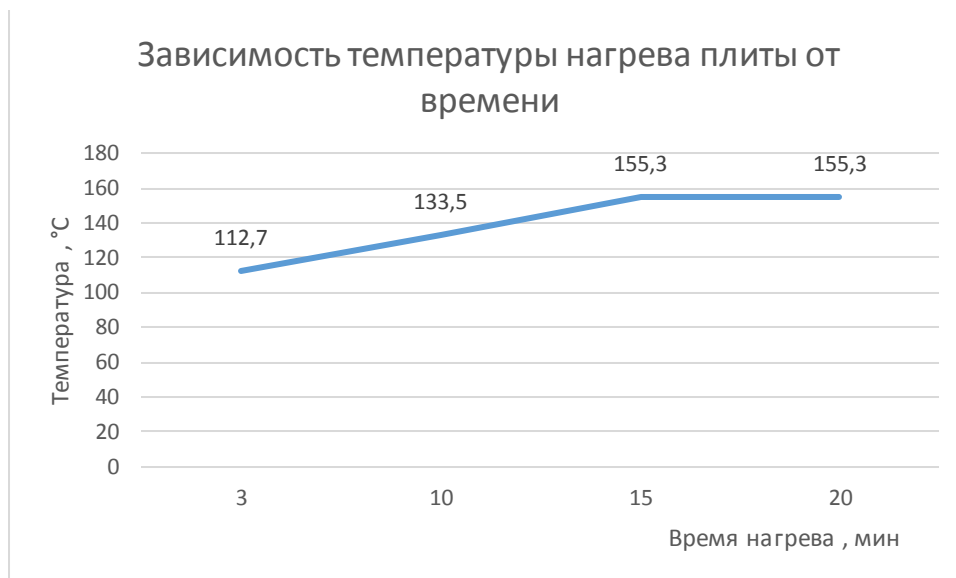


Рис. 10. График зависимости температуры нагрева плиты от времени

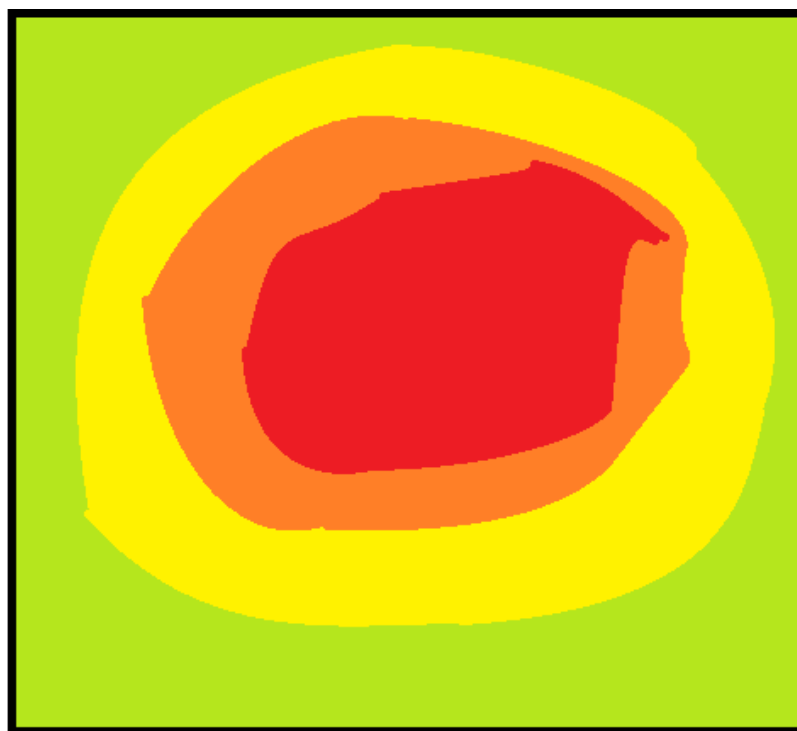


Рис. 11. Температурная карта нагрева плиты газовым способом до модернизации

Площадь

S1 = 5394.724090 мм2

Рис. 12. Площадь поверхности слабонагретых участков при немодернизированном способе нагрева

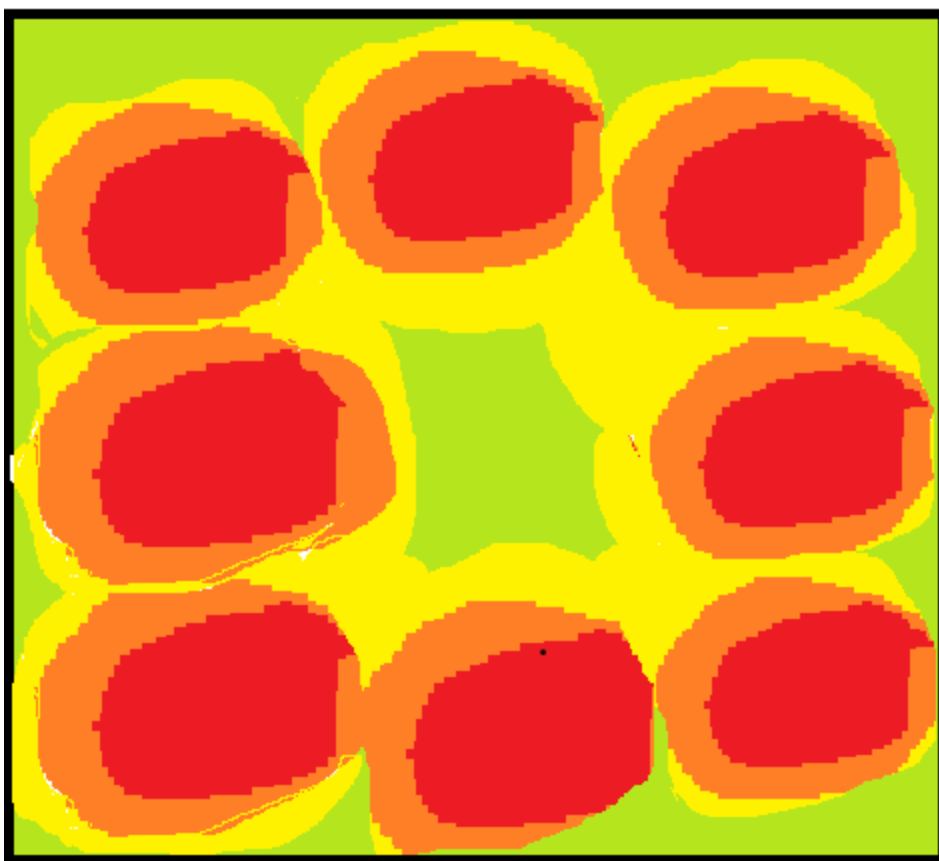


Рис. 13. Температурная карта нагрева плиты газовым способом после модернизации

Площадь	
S1	= 604.952455 мм2
S2	= 588.901166 мм2
S3	= 704.912537 мм2
S4	= 59.706529 мм2
S5	= 21.807836 мм2
S6	= 71.496060 мм2
S7	= 368.116647 мм2
S8	= 73.586607 мм2
Сумма = 2493.479837 мм2	

Рис. 14. Площадь поверхности слабонагретых участков при модернизированном способе нагрева

По температурным картам была замерена площадь слабонагретых участков выглаживающей плиты и получены следующие данные:

Площадь слабонагретых участков равняется:

- до модернизации: 5394 мм²;
- после модернизации: 2493 мм².

Расчёт изменения площади слабонагретых участков равен

$$\Delta S = \frac{S_2}{S_1} * 100\% = 46,2\% \quad (1)$$

где S₁- площадь поверхности слабонагретых участков при не модернизированном способе нагрева, мм² ; S₂- площадь поверхности слабонагретых участков при модернизированном способе нагрева, мм².

Выводы

- после проведения и фиксации температуры сделан вывод о том, что, при сравнении способов до и после модернизации, температура в центре нагреваемой поверхности и в ближайших точках к соплам увеличивается на 2-5°С при нагреве модернизированным способом;
- время нагрева выглаживающей плиты после модернизации сократилось на 37 секунд относительно времени нагрева плиты до модернизации, что позволяет уменьшить время подготовки выглаживающей плиты к началу работы;

- площадь слабонагретых участков уменьшилась на 46,2 % при использовании модернизированного способа нагрева выглаживающей плиты, что положительно влияет на равномерность нагрева асфальтобетонной смеси.

Список источников

1. Угай, С. М. Проектирование асфальтоукладчиков / С. М. Угай. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 65 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1978.
3. Дорожные машины. Ч.II: Машины для устройства дорожных покрытий / К.А. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 316 с.
4. Борисов С.М. Фрикционные муфты и тормоза строительных и дорожных машин / С.М. Борисов. – М.: Машиностроение, 1973. – 169 с.
5. Варганов, С.А. Машины для укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси / С.А. Варганов, П.И. Марков, Б.М. Шереметьев. – М.: Высш. шк., 1979. – 207 с.
6. Кабанов, В.В. Устройство дорожных покрытий асфальтоукладчиками и бетоноукладочными комплексами / В.В. Кабанов, Л.М. Кириллова. – М.: Транспорт, 1990. – 262 с.
7. Кабанов, В.В. Параметрический ряд асфальтоукладчиков для строительства автомобильных дорог / В.В. Кабанов, Л.Б. Сковорода // Создание и совершенствование дорожных машин: Научные труды ВНИИстройдормаша. – 1985. – 102с.
8. Каверзин С.В. Гидропривод строительных и дорожных машин / С.В. Каверзин. – Красноярск, 1975. – 126 с.
9. Каптюшин, Г.К. Конструкция, основы теории, расчет и испытание тракторов / Г.К. Каптюшин, С.П. Баженов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 511 с.
10. Кизряков, А.Н. Определение параметров виброуплотняющих органов асфальтоукладчиков / А.Н. Кизряков, В.В. Кабанов, П.А. Фруктов // Повышение эффективности ударных машин: Научные труды ВНИИстройдормаша. – 1986. – 107 с.

References

1. Ugay S.M. *Proektirovanie asfal'toukladchikov* (Design of asphalt pavers), Vladivostok, Izd-vo DVG TU, 2009, 70 p.
2. Anur'ev V.I. *Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ya* (Handbook of the designer-machine builder), Moscow, Mashinostroenie, 1978.
3. Artem'ev K.A., Alekseeva T.V., Belokrylov V.G. and oth. *Dorozhnye mashiny. CH.II. Mashiny dlya ustrojstva dorozhnyh pokrytij* (Road cars. Part II: Machines for the device of road surfaces), Moscow, Mashinostroenie, 1982, 316 p.

4. Borisov S.M. *Frikcionnye mufty i tormoza stroitel'nyh i dorozhnyh mashin* (Friction clutches and brakes for construction and road machines), Moscow, Mashinostroenie, 1973, 169 p.
5. Varganov S.A., Markov P.I., SHeremet'ev B.M. *Mashiny dlya ukladki i uplotneniya asfal'tobetonnoj smesi* (Machines for laying and compacting asphalt mixes), Moscow, Vyssh. shk., 1979, 207 p.
6. Kabanov V.V., Kirillova L.M. *Ustrojstvo dorozhnyh pokrytij asfal'toukladchikami i betonoukladochnymi kompleksami* (Construction of road surfaces with asphalt pavers and concrete-laying complexes), Moscow, Transport, 1990, 262 p.
7. Kabanov V.V., Skvorcova L.B. *Sozdanie i sovershenstvovanie dorozhnyh mashin: Nauchnye trudy VNIIsrojdormasha*, 1985, 102 p.
8. Kaverzin S.V. *Gidroprivod stroitel'nyh i dorozhnyh mashin* (Hydraulic drive of construction and road machines), Krasnoyarsk, 1975, 126 p.
9. Kaptyushin G.K., Bazhenov S.P. *Konstrukciya, osnovy teorii, raschet i ispytanie traktorov* (Construction, fundamentals of theory, calculation and testing of tractors), Moscow, Agropromizdat, 1990, 511 p.
10. Kizryakov A.N., Kabanov V.V., Frukto P.A. *Povyshenie effektivnosti udarnykh mashin: Nauchnye trudy VNIIsrojdormasha*, 1986, 107 p.

Рецензент: А.Г. Савельев, д-р техн. наук, проф., МАДИ

Информация об авторах

Иванов Игорь Васильевич, студент, МАДИ.
Довгань Вадим Дмитриевич, студент, МАДИ.
Логанов Никита Витальевич, студент, МАДИ.
Будин Егор Евгеньевич, студент, МАДИ.

Information about the authors

Ivanov Igor V., student, MADI.
Dovgan Vadim D., student, MADI.
Loganov Nikita V., student, MADI.
Budin Egor E., student, MADI.

Статья поступила в редакцию 08.02.2023; одобрена после рецензирования 09.02.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was submitted 08.02.2023; approved after reviewing 09.02.2023; accepted for publication 21.03.2023.