УДК 614.842.6:621.878.27
doi: 10.33622/0869-7019.2024.04.83-88

Строительство минерализованных полос для ограждения поселений от лесных пожаров

Мухамед Нургалиевич КОКОЕВ, доктор технических наук, профессор, советник РААСН, академик РИА, kbagrostroy@yandex.ru

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, Кабардино-Балкарская Республика, 360004 Нальчик, ул. Чернышевского, 173

***Аннотация**. Ежегодно в России сгорают миллионы гектаров леса. Сгоревшего леса хватило бы для строительства миллионов жилых домов, поэтому борьба с пожарами остается актуальной задачей. Меры противопожарного обустройства лесов включают в себя строительство противопожарных минерализованных полос. Сейчас скорость прокладки трактором минерализованной полосы шириной до 4 м составляет 4–5 километров в час. Можно вдвое повысить скорость прокладки огнезащитных полос и значительно увеличить ширину полосы. Для этого предложено использовать известное повторно-взрывное устройство с узким V-образным перфорированным отвалом, навешанным на колесный трактор. С целью снижения тягового усилия и увеличения скорости прокладки огнезащитной полосы грунт отбрасывается от отвала вперед и в сторону на несколько метров. Для этого бульдозерное оборудование трактора дополнено камерой, продукты сгорания распыленного топлива из которой выбрасываются под давлением через перфорацию отвала. Благодаря профилю V-образного отвала грунт отбрасывается вперед и вверх по направлению движения и под углом вправо и влево. Таким образом, минерализованная полоса состоит из выемки, равной ширине отвала, и двух полос справа и слева набросанного на поверхность почвы грунта.*

***Ключевые слова:** лесной пожар, минерализованная полоса, бульдозер, V-образный перфорированный отвал, повторно-взрывное устройство, сгорание распыленного топлива*

***Для цитирования**: Кокоев М. Н.* Строительство минерализованных полос для ограждения поселений от лесных пожаров // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 4. С. 83–88. doi: 10.33622/0869-7019.2024.04.83-88

CONSTRUCTION OF MINERALIZED STRIPS TO PROTECT SETTLEMENTS FROM FOREST FIRES

Muhamed N. KOKOEV, kbagrostroy@yandex.ru

Kabardino-Balkar State University named after H. M. Berbekov, ul. Chernyshevskogo, 173, Nalchik 360004, Kabardino-Balkarian Republic, Russian Federation

***Abstract**. Millions of hectares of forest are burned in Russia every year. The burned forest would be enough to build millions of residential buildings, so fighting fires remains an urgent task. Fire protection measures for forests include the construction of fire-fighting mineralized strips. Now the speed of laying a mineralized strip with a width of up to 4 m by a tractor is 4-5 kilometers per hour. It is possible to double the speed of laying fire-resistant strips and significantly increase the width of the strip. To do this, it is proposed to use a well-known re-explosive device with a narrow V-shaped perforated blade mounted on a wheeled tractor. In order to reduce the traction force and increase the speed of laying the fire-retardant strip, the soil is thrown forward and to the side from the blade by several meters. To do this, the tractor's bulldozer equipment is supplemented with a chamber, the combustion products of the sprayed fuel of which are ejected under pressure through the perforation of the blade. Due to the profile of the V-shaped blade, the soil is thrown forward and upward in the direction of movement and at an angle to the right and left. Thus, the mineralized strip consists of a recess equal to the width of the dump, and two strips on the right and left of the soil thrown on the surface of the soil*

***Keywords**: forest fire, mineralized strip, bulldozer, V-shaped perforated blade, re-explosive device, combustion of sprayed fuel*

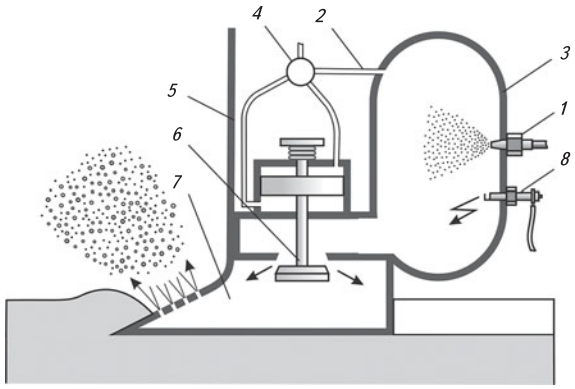
***For citation**:* Kokoev M. N. Construction of Mineralized Strips to Protect Settlements From Forest Fires. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2024, no. 4, pp. 83–88. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2024.04.83-88

© КОКОЕВ М. Н., 2024

Введение

Россия занимает первое место в мире по обеспеченности лесами – это около 20 % мировых запасов древесины, около 82 млрд м^3 [1]. Однако большое количество леса теряется во время многочисленных лесных пожаров. По данным природоохранных организаций, в 2021 г. в России сгорело более 18 млн га леса [2]. Для сравнения: это площадь Краснодарского и Ставропольского краев, плюс три площади Кабардино-Балкарии. Сгоревше-

Рис 1. ***Строительство минерализованной полосы колесным трактором с лесопожарным плугом (http: / /www.trkzelenogorsk.ru /news /item / 15487-gorodskoj-leskhozobustraivaet-v-lesakh-mineralizovannye-polosy)***



1 — топливная форсунка; 2 — сопло подачи воздуха; 3 — камера сгорания; 4 — золотниковый клапан; 5 — лобовой лист отвала с перфорацией внизу; 6 — выпускной клапан; 7 — взрывная камера; 8 — электрическая свеча

Рис. 2. ***Схема бульдозера с рабочим органом повторно-взрывного действия***

го леса хватило бы для строительства миллионов жилых домов. Таким образом, борьба с пожарами остается актуальной задачей.

Предупреждение лесных пожаров нуждается в противопожарном обустройстве лесов и обеспечении средствами тушения лесных пожаров. Меры противопожарного обустройства лесов включают в себя, в частности, строительство противопожарных минерализованных полос.

Цель статьи — представить ускоренный метод строительства огнезащитных минерализованных полос для ограждения поселений от лесных пожаров. При подходящих условиях минерализованные полосы могут строиться предлагаемым методом и в лесу для предупреждения распространения низовых пожаров.

Методы строительства минерализованных полос

Минерализованная полоса обычно имеет ширину от 1,4 до 4 м, в особых случаях ее делают шириной до 9 м. Полосу очищают от сухой травы, лесных горючих материалов до минерализованного слоя лесной подстилки [3, 4]. Основное назначение этих полос — задерживать распространение низового пожара или служить опорной линией при пуске отжига и встречного огня. Минерализованные полосы устраивают в лесу, вокруг территорий, занятых лесом, вдоль дорог, проходящих в хвойных древостоях и в лиственных насаждениях. Строят минерализованные полосы вокруг поселений и деревообрабатывающих предприятий, расположенных в лесу или рядом с лесом. Заградительные полосы прокладывают вдоль полос отвода земель у железнодорожных и автомобильных дорог, нефте- и газопроводов, нефтебаз, линий электропередачи и других объектов.

В Правилах противопожарного режима в РФ, утвержденных постановлением правительства РФ от 16.09.2020 г. № 1479 (ред. от 24.10.2022 г.), предусмотрена с 2021 г. новая обязанность органов местного самоуправления [5]. Они должны до начала пожароопасного периода создать либо обновить противопожарные минерализованные полосы вокруг каждого населенного пункта. Прилегает он к лесу или нет, значения не имеет. До 2021 г. минерализованные полосы надо было обустраивать только вокруг населенных пунктов, прилегающих к лесам. Дело в том, что кроме лесных пожаров, бывают ландшафтные пожары, например, горит степь.

Противопожарные минерализованные полосы проводятся и обновляются бульдозерами, колесными и гусеничными тракторами с почвообрабатывающими орудиями *(рис. 1)*. В большинстве случаев это происходит механизированным способом с использованием специальной техники для прокладывания полос. Для обустройства полос применяются плуги лесопожарные комбинированные ПКЛ-70 и ПЛК-2,0 [6]. За один проход такая тракторная навеска обеспечивает вскрытие слоя почвы на ширину чаще всего от 1,4 до 2 м.

В экстренных случаях минерализованную полосу прокладывают вручную (лопата, кирка, мотыга и т. п.) или с помощью взрывчатых материалов, используя малые тротиловые шашки массой 75 г [7]. Шашки имеют запальное гнездо под капсюль-детонатор № 8. Место запального гнезда обозначено на торце шашки кружком темного цвета. Тротиловые шашки закладывают в грунт цепочкой, расстояние между шашками зависит от свойств грунта. Глубина за-

ложения шашек определяется расчетом «грунт на выброс» или опытным путем. При подрыве шашек образуется минерализованная полоса шириной несколько метров.

Лесхозы редко привлекают гусеничные тракторы для прокладки противопожарной полосы. Колесные тракторы более доступны, более маневренны, производительность бульдозеров на базе колесных машин в определенных условиях в 1,5–2 раза выше, чем у гусеничных машин. Колесные машины не повреждают дороги общего пользования. Снижение тягового усилия при прокладке полос существенно для колесных тракторов. Обычно скорость прокладки минерализованной полосы – до 4–5 км/ч (полоса шириной до 4 м). Основательно модернизируя технику, можно повысить скорость прокладки противопожарных полос до 10 км/ч и увеличить ширину полосы до 6–9 м.

Повышение скорости строительства огнезащитной полосы

В конце 1960-х гг. был предложен и практически осуществлен на бульдозерах принцип разработки грунта активным отвалом с так называемым повторно-взрывным устройством [8, 9]. Принцип действия такого устройства *(рис. 2)* основан на том, что разрабатываемый грунт разрыхляется отвалом и отбрасывается с отвала бульдозера газами высокого давления. Газы образуются в камере сгорания при сжигании рабочей смеси – бензина (или дизельного топлива) и воздуха. Испытания бульдозера с отвалом, оборудованным таким устройством, в грунтах средней прочности показали, что его производительность более чем в 20 (!) раз выше производительности обычного бульдозера на аналогичной работе. Расход бензина при разработке глины высокой связности – около 0,1 л на 1 м^3 грунта.

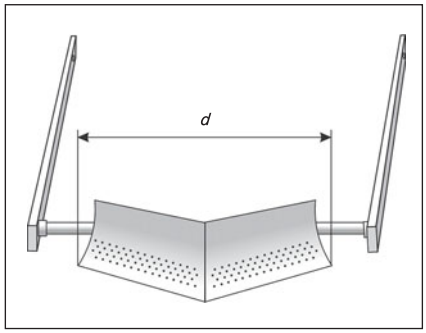


Рис. 3. ***Узкий V-образный перфорированный внизу лобового листа отвал бульдозера для строительства минерализованной противопожарной полосы (боковые щеки отвала не показаны)***

Модернизация этого решения с целью применения его для строительства минерализованных полос вокруг поселений состояла в снижении тягового усилия трактора и расширения минерализованной полосы. Это достигается благодаря применению узкого V-образного отвала. Форма его подобна кусторезному отвалу [10, 11]. Кроме того, отвал для прокладки минерализованной противопожарной полосы имеет перфорацию в нижней части лобового листа и меньшую ширину, например, в 2 раза меньше, чем ширина обычного отвала *(рис. 3)*.

Тяговое усилие трактора существенно снижается за счет двух факторов: а) вследствие сильного уменьшения объема призмы волочения грунта; б) из-за частоты регулирования выбросов продуктов сгорания таким образом, что призма волочения грунта не успевает сформироваться. Как только срезаемый грунт наползает на нижнюю часть отвала и закрывает всю перфорацию, так следует метание грунта с отвала под давлением продуктов сгорания во взрывной камере. Благодаря профилю V-образного отвала (*см. рис. 3*) метание грунта происходит под углами 30° вправо и влево по направлению движения и обеспечивает наброс грунта по бокам выемки.

В общем случае тяговые сопротивления при работе бульдозера определяют в момент окончания набора грунта перед отвалом. Общее тяговое сопротивление [12]:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4, \quad \textbf{(1)}$$

где F_1, F_2, F_3, F_4 – сопротивление соответственно: отделению грунта от массива, перемещению призмы волочения, трению при движении грунта по отвалу, движению тяговой машины с бульдозерным отвалом, Н.

В нашем случае (модернизированный отвал для прокладки минерализованных полос) сопротивлениями F_2 и F_3 можно пренебречь ввиду их малой величины, так что выражение (1) принимает вид:

$$F = F_1 + F_4. \quad \textbf{(2)}$$

На сопротивление F_1 влияют скорость резания, формы движения рабочих органов и т. д., поэтому существует много формул разных авторов для этой цели. Проф. Н. Г. Домбровский [13] для практических расчетов исследовал и рекомендовал следующую формулу для определения сил сопротивления резанию грунта:

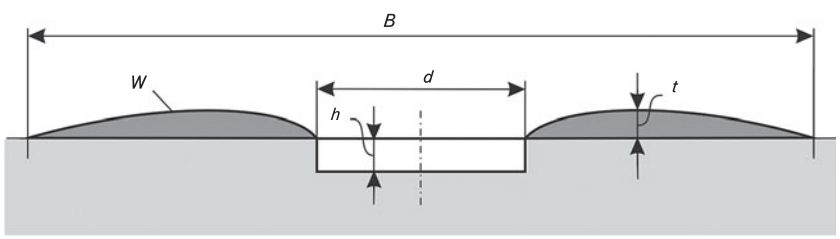
$$F_1 = k_\text{р} bh, \quad \textbf{(3)}$$

где $k_\text{р}$ – удельное сопротивление грунта резанию, кПа. Оно определяется опытным путем и зависит от вида и состояния грунта, геометрии режущего органа, сечения и формы срезаемой стружки. В нашем случае $k_\text{р}$ = (40...100) кПа [13]; b – ширина резания 1,5 м; h – глубина резания 0,25 м.

Сопротивление движению базовой машины с бульдозерным оборудованием:

$$F_4 = Gf, \quad \textbf{(4)}$$

где G – вес машины с бульдозерным оборудованием, Н; f = 0,1 – коэффициент сопротивления движению базовой машины.



B – общая ширина минерализованной противопожарной полосы; d – ширина выемки; h – глубина резания отвалом; W – набросанный грунт по бокам выемки; t – максимальная толщина слоя грунта

Рис. 4. ***Поперечное сечение минерализованной противопожарной полосы, построенной с помощью узкого V-образного отвала с перфорацией с использованием повторно-взрывного устройства***

По нашим расчетам, тяговое сопротивление трактора уменьшится от 35 до 50 %, в зависимости от вида грунта. Следовательно, можно снизить класс машины по весу. Чтобы устройство для снижения тягового усилия было компактным, камеру сгорания распыленного дизтоплива можно сделать с водяным или воздушным охлаждением.

Таким образом, минерализованная полоса шириной *B (рис. 4)* состоит из выемки глубиной h, равной ширине отвала d, и двух полос справа и слева набросанного на поверхность почвы грунта максимальной толщиной t.

Расход жидкого топлива на метание грунта из выемки при устройстве противопожарной полосы

Масса метаемого грунта M, кг, из выемки по бокам противопожарной полосы шириной 9 м с помощью отвала с перфорацией за 1 с составит:

$$M = bh\rho v, \qquad (5)$$

где b – ширина V-образного отвала (1,5 м); h – глубина резания (0,25 м); ρ – плотность грунта, в наших расчетах $\rho = 1900$ кг/м^3; v – скорость бульдозера на базе колесного трактора, $v = 2{,}8$ м/с (10 км/ч).

По выражению (5) получается, что $M = 2000$ кг. Произойдет метание грунта за 5 или 10 выбросов газа – не имеет значения. Главное, чтобы частота выбросов соответствовала скорости резания грунта отвалом. Частоту выбросов сгоревшего распыленного дизельного топлива можно регулировать многими способами.

Центральный угол при вершине отвала в плане равен 60° *(см. рис. 3)*, поэтому метание грунта V-образным отвалом происходит под углами 30° вправо и влево по направлению движения. Противопожарная полоса в плане и геометрическое соотношение показывают, что центр масс грунта должен метаться на расстояние 4,6 м, округляем до 5 м. Наибольшая дальность получается при метании грунта под углом 45° к горизонту (сопротивление воздуха не учитываем). Так что высота, на которую поднимется центр масс грунта, равна половине дальности, т. е. 2,5 м, что следует из формул:

$$V = [(Lg)/2]^{1/2}; \qquad (6)$$

$$L = (V\cos\alpha 2V\sin\alpha)/g, \qquad (7)$$

тогда $$H = (V^2\sin^2\alpha)/2g. \qquad (8)$$

Работу при метании грунта можно найти следующим образом:

$$A = GgH/\eta, \qquad (9)$$

где G – вес грунта, срезаемый и метаемый за 1 с при скорости трактора 10 км/ч; H – высота, которой достигает центр масс грунта; η – КПД устройства повторно-взрывного действия, примем его равным 20 %.

Расчет по формуле (9) дает 250 кДж.

Энергосодержание C бензина равно 45,5 МДж/кг, а дизельного топлива – 42,6 МДж/кг [14]. Сейчас тракторы работают преимущественно на дизельном топливе, поэтому удобно использовать для работы устройства с камерой сгорания также дизельное топливо. Перевести устройство на газовоздушную смесь не рационально. По теплотворной способности природный газ зависит от месторождения, но не слишком отличается от бензина и дизельного топлива [15]. Если энергосодержание природного газа или смеси бутан–пропан измерять в мегаджоулях на метр кубический, а не в мегаджоулях на килограмм, то значения энергосодержания дизельного топлива и газа близки.

Определим мощность N и секундный расход дизельного топлива R устройства для генерации выбросов продуктов сгорания при скорости прокладки полосы 10 км/ч. При этом от скорости движения бульдозера зависит масса метаемого грунта в секунду:

$$R = 42{,}6/0{,}25 = 5{,}86 \text{ г/с} = 22 \text{ кг/ч}; \qquad (10)$$

$$N = A/t = 250 \text{ кДж/с} = 250 \text{ кВт}. \qquad (11)$$

Как уже было отмечено, частота следования выбросов продуктов сгорания регулируется так, что призма волочения грунта не успевает сформироваться.

Выводы

1. Меры противопожарного обустройства лесов и примыкающих к ним поселений включают в себя строительство противопожарных минерализованных полос. В настоящее время обычно скорость прокладки трактором минерализованной полосы со-

ставляет до 4–5 км/ч (полоса шириной до 4 м).

2. Тяговое усилие трактора существенно снижается из-за сильного уменьшения объема призмы волочения грунта, а также из-за того, что частота выбросов продуктов сгорания регулируется так, что призма волочения грунта не успевает сформироваться. Как только срезаемый грунт наползает на нижнюю часть отвала и закрывает всю перфорацию – следует метание грунта с отвала под давлением продуктов сгорания во взрывной камере. Благодаря профилю V-образного отвала *(см. рис. 3)* метание грунта происходит под углом 30° вправо и влево по направлению движения и обеспечивает наброс грунта по бокам выемки.

3. Тяговое сопротивление трактора с модернизированным бульдозерным оборудованием уменьшится от 35 до 50 %, в зависимости от вида грунта, вследствие чего можно снизить класс базовой машины по весу и повысить скорость прокладки противопожарных полос до 10 км/ч, а также увеличить ширину полосы до 9 м.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лесистость регионов России – 2022. URL: https://xn–80apggvco.xn–1ai/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%8B?id=253 (дата обращения: 20.06.2023).
2. 2021 год назван рекордным по площади лесных пожаров в России. URL: https://lenta.ru/news/2021/09/19/fire/ (дата обращения: 10.02.2022).
3. Противопожарные минерализованные полосы. URL: https://fireman.club/statyi-olzovateley/protivopozharnyie-mineralizovannyie-polosyi/ (дата обращения: 20.06.2023)
4. Необходимость обустройства минерализованной полосы. URL: https://82.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/rekomendacii-naseleniyu/neobhodimost-obustroystva-mineralizovannoy-polosy (дата обращения: 20.06.2023)
5. У органов местного самоуправления стало больше обязанностей по обеспечению пожарной безопасности. URL: http://cmokhv.ru/materials/mat20210218/ (дата обращения: 20.06.2023)
6. Городской лесхоз обустраивает в лесах минерализованные полосы. URL: http://www.trkzelenogorsk.ru/news/item/15487-gorodskoj-leskhoz-obustraivaet-v-lesakh-mineralizovannye-polosy (дата обращения: 20.06.2023)
7. *Светлов Б. Я., Яременко Н. Е.* Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. М. : Недра, 1973. 208 с.
8. *Гринкевич П. С.* Строительные машины. М. : Машиностроение, 1975. 486 с.
9. *Горский С. С., Мер И. И.* Современные мелиоративные и строительные машины. М. : Колос, 1970. 200 с.
10. *Троицкий С. Н.* Основное о бульдозерах. Рабочее оборудование бульдозеров. URL: https://exkavator.ru/articles/buldozer/10706_osnovnoe_o_buldozerah_rabochee_oborudovanie_buldozerov.html (дата обращения: 20.06.2023).
11. Основные и специальные типы отвалов для бульдозера. URL: https://exkavator.ru/articles/buldozer/~id=10704 (дата обращения: 20.06.2023)
12. *Тойгамбаев С. К., Теловов Н. К.* Уменьшение тягового сопротивления бульдозера с применением газовоздушного смазочного механизма // Агропродовольственная экономика. 2019. № 10. URL: http://apej.ru/article/08-10-19 (дата обращения: 20.06.2023)
13. *Гальперин М. И., Домбровский Н. Г.* Строительные машины. М. : Машиностроение, 1971. 408 с.
14. Тепловые и атомные электрические станции / под ред. *В. А. Григорьева и В. М. Зорина*. М. : Энергоиздат, 1982. 624 с.
15. *Кокоев М. Н., Федоров В.Т.* Обрушение аварийных зданий методом локального объемного взрыва // Механизация строительства. 1998. № 6. С. 9–12.

REFERENCES

1. *Lesistost' regionov Rossii – 2022* [Forest cover of Russian regions – 2022]. Available at: https://xn–80apggvco.xn–p1ai/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%8B?id=253 (accessed 20.06.2023) (In Russ.)
2. *2021 god nazvan rekordnym po ploshchadi lesnyh pozharov v Rossii* [2021 is named a record year for the area of forest fires in Russia]. Available at: https://lenta.ru/news/2021/09/19/fire/ (accessed 10.02.2022). (In Russ.).
3. *Protivopozharnye mineralizovannye polosy* [Fire-prevention mineralized strips]. Availabe at: https://fireman.club/statyi-polzovateley/protivopozharnyie-mineralizovannyie-polosyi/ (accessed 20.06.2023). (In Russ.)
4. *Neobhodimost' obustrojstva mineralizovannoj polosy* [The need to equip a mineralized strip]. Available at: https://82.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/rekomendacii-aseleniyu/neobhodimost-obustroystva-mineralizovannoy-polosy (accessed 20.06.2023). (In Russ.)
5. *U organov mestnogo samoupravleniya stalo bol'she*

obyazannostej po obespecheniyu pozharnoj bezopasnosti [Local governments have more responsibilities to ensure fire safety].
Available at: http://cmokhv.ru/materials/mat20210218/ (accessed 20.06.2023). (In Russ.).

6. *Gorodskoj leskhoz obustraivaet v lesah mineralizovannye polosy* [The city leskhoz equips mineralized strips in the forests].
Available at: http://www.trkzelenogorsk.ru/news/item/15487-gorodskoj-leskhoz-obustraivaet-v-lesakh-mineralizovannye-polosy
(accessed 20.06.2023). (In Russ.).
7. Svetlov B. Ya., Yaremenko N. E. *Teoriya i svojstva promyshlennyh vzryvchatyh veshchestv* [Theory and properties of industrial explosives]. Moscow, Nedra Publ., 1973. 208 p. (In Russ.).
8. Grinkevich P. S. *Stroitel'nye mashiny* [Construction vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1975. 486 p. (In Russ.).
9. Gorskij S. S., Mer I. I. *Sovremennye meliorativnye i stroitel'nye mashiny* [Modern reclamation and construction machines]. Moscow, Kolos Publ., 1970. 200 p. (In Russ.).
10. Troickij S. N. *Osnovnoe o bul'dozerah. Rabochee oborudovanie bul'dozerov* [Basic information about bulldozers. Working equipment of bulldozers].
Available at: https://exkavator.ru/articles/buldozer/10706_osnovnoe_o_buldozerah_rabochee_oborudovanie_ buldozerov.html
(accessed 20.06.2023). (In Russ.).
11. *Osnovnye i special'nye tipy otvalov dlya bul'dozera* [Basic and special types of dozer blades].
Available at: https://exkavator.ru/articles/buldozer/~id=10704 (accessed 20.06.2023).
(In Russ.).
12. Tojgambaev S. K., Telovov N. K. Reducing the traction resistance of a bulldozer using a gas-air lubricating mechanism. *Agroprodovol'stvennaya ekonomika*, 2019, no.10.
Available at: http://apej.ru/article/08-10-19
(accessed 20.06.2023). (In Russ.).
13. Gal'perin M. I., Dombrovskij N. G. *Stroitel'nye mashiny* [Construction vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1971. 408 p. (In Russ.).
14. *Teplovye i atomnye elektricheskie stancii* [Thermal and nuclear power plants]. Moscow, Energoizdat Publ.,1982. 624 p. (In Russ.).
15. Kokoev M. N., Fedorov V. T. Collapse of emergency buildings by the method of local. *Mekhanizaciya stroitel'stva*, 1998, no. 6, pp. 9–12. (In Russ.). ■