

ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

УДК 630*363.7

А. В. Вавилов, А. Л. Дашко, А. А. Замула
Белорусский национальный технический университет

О ПРИМЕНЕНИИ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ

Внутрихозяйственные дороги входят в состав местных автомобильных дорог и соединяют центры в основном агропромышленных и лесопромышленных предприятий с подчиненными им подразделениями. Преимущественно это гравийные или грунтовые дороги. Такие дороги для улучшения функционирования народнохозяйственного комплекса нуждаются в твердом покрытии. Работая в условиях стесненного финансирования такие покрытия предлагается создавать из битумосодержащих отходов строительства и отходов минерального происхождения.

Ключевые слова: асфальтогранулят, дороги внутрихозяйственные, отходы строительства, твердое покрытие, щебень.

Для цитирования: Вавилов А. В., Дашко А. Л., Замула А. А. О применении отходов строительства для устройства покрытий внутрихозяйственных дорог // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 1 (240). С. 107–112.

A. V. Vavilov, A. L. Dashko, A. A. Zamula
Belarusian National Technical University

ABOUT THE USE OF CONSTRUCTION WASTE FOR COATING ON-FARM ROADS

On-farm roads are part of the system of local roads and connect the centers, mainly of agro-industrial and timber-processing enterprises, with their subordinate units. These are mainly gravel or dirt roads. Such roads for the normal functioning of the national economic complex require a hard surface. In the context of limited funding, such proposals should be generated from bitumen-containing construction waste and mineral waste.

Key words: asphalt granulates, on-farm roads, construction waste, hard surface, crushed stone.

For citation: Vavilov A. V., Dashko A. L., Zamula A. A. About the use of construction waste for coating on-farm roads. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 1 (240), pp. 107–112 (In Russian).

Введение. Внутрихозяйственные дороги входят в состав местных автомобильных дорог и соединяют в основном центры агропромышленных и лесных предприятий с подчиненными им подразделениями. Преимущественно это гравийные или грунтовые дороги категорий VI-а и VI-б в соответствии с ТКП 45-3.03-96-2008. Такие дороги для улучшения функционирования народнохозяйственного комплекса нуждаются в твердом покрытии. В условиях недостаточного финансирования такие покрытия предлагается создавать из битумосодержащих отходов строительства и отходов минерального происхождения.

Основная часть. В современных условиях развития хозяйств в сельской местности перевозкам различных грузов и пассажиров по внутрихозяйственным дорогам придается большое значе-

ние. Однако транспортно-эксплуатационное состояние внутрихозяйственных дорог не в полной мере удовлетворяет потребностям хозяйств в автомобильных перевозках [1]. Содержание таких дорог в надлежащем состоянии – сложный процесс, требующий немалых затрат труда, денежных и материальных средств. Чтобы эти работы выполнялись своевременно, качественно и с наименьшими затратами, необходима хорошо налаженная система дорожного строительства и служб эксплуатации.

Сеть внутрихозяйственных дорог должна отвечать требованиям принятой технологии и организации работ конкретного хозяйства [2].

Общие требования, предъявляемые к внутрихозяйственным дорогам, сводятся прежде всего к обеспечению безопасности движения с необходимой

скоростью на всем их протяжении, включая подъемы, спуски, повороты, независимо от времени года и погодных условий. При проектировании внутрихозяйственных дорог большое внимание следует уделять их экономичности (минимум затрат на строительство и эксплуатацию, снижение себестоимости перевозок и т. д.) при соблюдении высоких технических показателей [3].

Сеть благоустроенных внутрихозяйственных дорог имеет чрезвычайно важное не только экономическое, но и социальное значение. Хорошая дорога способствует целесообразному размещению и укрупнению населенных пунктов, приближая условия жизни сельских жителей к городским, что позволяет лучше организовать бытовое обслуживание населения и доставку сельских жителей к месту работы в экономически оправданные сроки [2, 3]. Кроме того, благоустроенные дороги будут способствовать подъему интереса к туристическим базам и заповедникам у туристических потоков. Улучше-

ние внутрихозяйственных дорог – важный фактор интенсификации производства, улучшения уровня жизни населения и туристической привлекательности региона.

В проектах внутрихозяйственного землеустройства большинства хозяйств, предприятий и туристических баз обоснованно определены расположения всех дорог, соединяющих современные крупные предприятия с районными центрами и центральными усадьбами, заповедниками, туристическими базами и др. [3].

На рис. 1 приведена типичная схема размещения внутрихозяйственных дорог. На сеть местных и внутрихозяйственных дорог обычно приходится основная доля перевозок [2].

В связи с тем, что внутрихозяйственные дороги входят в состав местных автомобильных дорог, в 2017 г. протяженность последних составила 70 977 км, из них с твердым покрытием 59 436 км (или 83,7% от общей протяженности) (рис. 2) [1].

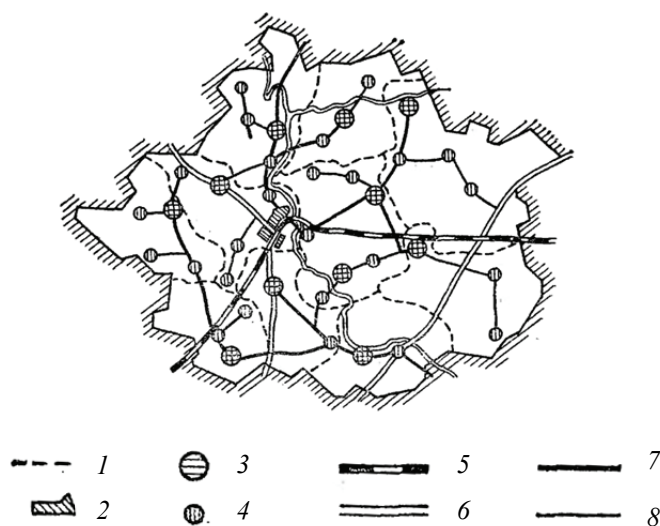


Рис. 1. Схема размещения внутрихозяйственных дорог в сельскохозяйственном районе:

- 1 – граница хозяйства; 2 – районный центр; 3 – центральный поселок хозяйства;
4 – поселок производственного участка; 5 – железная дорога;
6 – автомобильная дорога областного значения;
7 – дорога районного значения; 8 – внутрихозяйственные дороги

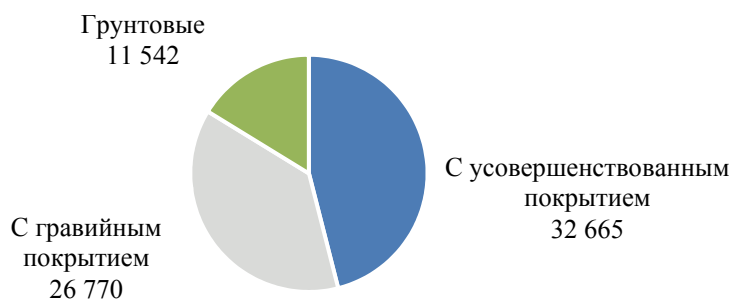


Рис. 2. Протяженность сети местных и внутрихозяйственных автомобильных дорог (в километрах)

Протяженность грунтовых автомобильных дорог возросла за счет принятия в сеть местных автомобильных дорог внутрихозяйственных дорог и подъездов к садоводческим кооперативам и составила 11 542 км (11 435 км на 1 января 2020 г.), или 16,3% [1].

Протяженность местных и внутрихозяйственных автомобильных дорог, требующих ремонта, составляет более 21 тыс. км (свыше 30%). С ограничением несущей способности дорожного покрытия до 6 т на ось эксплуатируется 60,6 тыс. км местных автомобильных дорог (85,4%) [1].

Из рис. 3 и 4 видно, что по сравнению с 2008 г. в 1,6 раза сократилась протяженность капитально отремонтированных в 2016 г. местных и внутрихозяйственных автомобильных дорог и в 2,1 раза протяженность дорог, на которых осуществлен текущий ремонт. Вследствие ограниченного финансирования 94% местных внутрихозяйственных автомобильных дорог эксплуатируется с превышением межремонтных сроков [1].

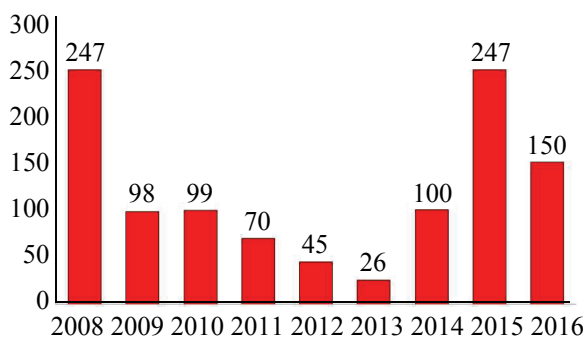


Рис. 3. Протяженность капитально отремонтированных местных и внутрихозяйственных автомобильных дорог в 2008–2016 гг. (в километрах)

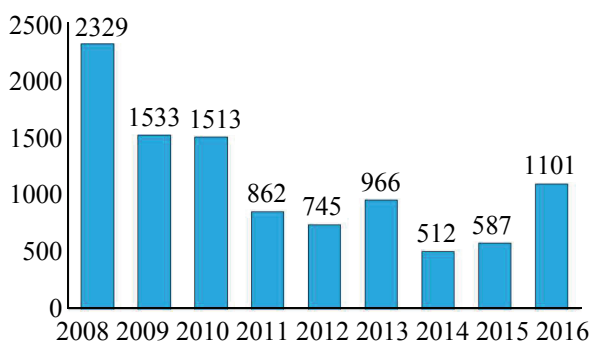


Рис. 4. Протяженность отремонтированных местных и внутрихозяйственных автомобильных дорог, на которых проведен текущий ремонт за 2008–2016 гг. (в километрах)

В ряде районов еще значительны потери от бездорожья, чтобы сократить их, в последние

годы намечены действенные меры по ускорению темпов ремонта и содержанию местных дорог. Эта задача имеет и большое социально-экономическое значение, так как в результате бездорожья во многих хозяйствах и на предприятиях наблюдается большая текучесть кадров и сокращается количество туристов в заповедники и туристические базы [3].

В засушливое время года на грунтовых и гравийных дорогах образуется пыль, возникающая при движении машин. По грунтовым дорогам затруднен проезд в дождливую погоду, а также весной и осенью. Из-за бездорожья хозяйства вынуждены в осенне-весенний период перевозить грузы с помощью тракторов, что снижает скорость перевозок и невыгодно экономически [3]. В зимний же период проезд значительно ухудшается из-за снежных заносов [2]. Транспортная нагрузка вызывает напряжения в дорожном покрытии в пределах 0,5–1,4 МПа, что существенно выше прочности грунтов, из которых отсыпано земляное полотно дороги. В результате на грунтовой дороге появляются пластические деформации в виде волн, гребенки, колеи [4].

Особенности внутрихозяйственных дорог изучены еще недостаточно. В результате в ряде случаев вновь построенные дороги уже в первые годы эксплуатации разрушаются и перестают удовлетворять требования движения по ним транспорта.

В то же время дорожная одежда внутрихозяйственных дорог должна соответствовать общим требованиям, предъявляемым к дорогам, и обеспечивать расчетную скорость, безопасность и комфортабельность движения транспортных средств в любое время года, прочность, долговечность и устойчивость к воздействию атмосферных факторов (температуры, влажности и т. д.), ровность покрытия, шероховатость – для хорошего сцепления с шинами, низкую стоимость строительства, возможность использования местных дорожно-строительных материалов, отсутствие пыления, возможность легко удалять пыль и грязь с поверхности, бесшумное движение и др. [3, 5]. Это достигается обоснованным выбором и проектированием дорожной одежды и покрытия проезжей части [5].

Внутрихозяйственные дороги относятся к VI-а и VI-б категориям. К основным видам покрытий для таких дорог можно рекомендовать щебеночные, из асфальтогранулята, из грунтов и местных малопрочных каменных материалов (марка по дробимости 400–600 для изверженных пород и 200–300 для осадочных), обработанных органическими и неорганическими вяжущими, из гравийно-эмульсионных смесей, а также из грунтов, укрепленных или улучшенных

различными местными материалами, отходами производства и строительства [6]. На последние обращается особое внимание как более дешевые и перспективные виды материалов для дорожных покрытий внутрихозяйственных дорог.

С учетом вышеизложенного изучались отходы строительства, которые можно успешно, после переработки, использовать для устройства покрытий внутрихозяйственных дорог.

По данным госстатотчетности по форме 1 – отходы (Минприроды) в 2017 г. образовалось 3,3 млн т строительных отходов (без учета вскрышных пород). Наибольшим объемом образования отличаются бой железобетонных изделий (759,1 тыс. т, или 23% общего объема образования строительных отходов), смешанные отходы строительства, сноса зданий и сооружений (627,6 тыс. т, или 19,0%), бой кирпича керамического (551,3 тыс. т, или 16,7%), бой бетонных изделий (424,5 тыс. т, или 12,86%), асфальтобетон от разборки асфальтовых покрытий (374,7 тыс. т, или 11,4%) [7].

Суммарная доля перечисленных отходов составляет 82,9% годового объема образования строительных отходов в Беларуси. Около 2,0% строительных отходов (67,2 тыс. т) в 2017 г. удалено на объекты захоронения, главным образом в виде смешанных отходов строительства, сноса зданий и сооружений и отходов от разборки зданий [7].

В зависимости от этого их следует подразделять на две группы:

I группа – отходы, образованные при реконструкции зданий и сооружений, ремонте, новом строительстве, производстве строительных материалов, деталей и конструкции; II группа – отходы, образованные при сносе и разборке зданий и сооружений [7].

Полученные после переработки строительных отходов вторичные материальные ресурсы многообразны по физико-механическим характеристикам и применению.

Вторичный щебень как раз и можно применять при строительстве внутрихозяйственных дорог, устройстве основания или покрытия пешеходных дорожек, автостоянок, прогулочных аллей и т. д.

Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона должны соответствовать требованиям ГОСТ 32495–2013 и изготавливаться по технологической документации, утвержденной предприятием-изготовителем.

Щебень из дробленого бетона (далее – щебень) характеризуют следующими показателями качества: зерновой состав; прочность; содержание пылевидных частиц; содержание слабых зерен прочностью менее 20 МПа; содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой

формы; морозостойкость; истираемость в полочном барабане; содержание вредных компонентов и примесей; содержание засоряющих примесей; насыпная плотность (по требованию потребителя).

Щебень может поставляться в виде отдельных фракций: от 5 до 10 мм; свыше 10 до 20 мм; свыше 20 до 40 мм; свыше 40 до 80 мм и смеси фракций от 5 до 20 мм, от 5 до 40 мм.

Полные остатки на контрольных ситах при расसेве щебня приведены в табл. 1, где d и D – наименьший и наибольший диаметры контрольных сит, соответствующие наименьшим и наибольшим номинальным размерам зерен.

Таблица 1

Полные остатки на контрольных ситах при рассеве щебня

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	d	$0,5(d+D)$	D	$1,25D$
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5

Прочность щебня характеризуется маркой, определяемой по дробимости щебня при сжатии (раздавливании) в цилиндре. Марки по дробимости в зависимости от потери массы при испытании щебня в насыщенном водой состоянии должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.

Таблица 2

Марка по дробимости щебня

Марка по дробимости щебня	Потеря массы при испытании щебня в насыщенном водой состоянии, %
600	Свыше 15 до 20
400	>> 20 >> 28
300	>> 28 >> 38

Содержание пылевидных частиц (размером менее 0,05 мм) в щебне марки по дробимости 600 не должно быть более 2% по массе, марки 400 – более 3% по массе, марки 300 – более 4% по массе.

Содержание слабых зерен прочностью менее 20 МПа в щебне марки по дробимости 300 не должно быть более 15%, марки 400 – 10%, марки 600 – 5% по массе.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы не должно превышать 35% по массе.

Марка по морозостойкости щебня должна быть в диапазоне от F15 до F50 в зависимости

от климатического района строительства и условий его применения [8, 9].

Марка по истираемости щебня, определяемая в полочном барабане, должна быть И3 или И4.

Щебень в составе песчано-щебеночной смеси из дробленого бетона характеризуется следующими показателями качества: содержание вредных компонентов и примесей; содержание слабых зерен прочностью менее 20 МПа; содержание зерен пластинчатой (лещадной) и иглообразной формы; истираемость в полочном барабане; морозостойкость; водостойкость; пластичность.

Содержание в щебне слабых зерен прочностью менее 20 МПа не должно превышать 10% по массе для марки щебня по дробимости 400 и 5% по массе – для марки щебня по дробимости 600.

Щебень марок по дробимости 400 и 600 в составе смеси характеризуется показателями пластичности и водостойкости.

Марка по пластичности щебня должна быть Пл2 или Пл3, по водостойкости – В1 или В2 [8]. Таким образом, при минимальных затратах на получение основного дорожно-строительного материала – щебня из строительных отходов

можно решить важную проблему строительства и ремонта внутрихозяйственных дорог республики [10, 11].

Лом асфальта также применим при строительстве внутрихозяйственных дорог предварительного превращения его в асфальтогранулят [12], рис. 5.



Рис. 5. Внутрихозяйственная дорога с покрытием из асфальтогранулята

Заключение. Из отходов строительства путем переработки можно получать щебень и асфальтогранулят, которые целесообразно использовать при устройстве твердых покрытий внутрихозяйственных дорог.

Список литературы

1. Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2017–2020 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 18 сентября 2017 г., № 699 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21700699> (дата обращения: 25.10.2020).
2. Славуцкий А. К., Носов В. П. Сельскохозяйственные дороги и площадки. М.: Агропромиздат, 1986. 447 с.
3. Дороги местного значения / Г. А. Кузнецов [и др.]; под ред. Г. А. Кузнецова. М.: Агропромиздат, 1986. 351 с.
4. Бабаскин Ю. Г., Вербило И. Н. Технология дорожного строительства. Минск: БНТУ, 2003. 202 с.
5. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). Введ. 01.07.2006. Минск: Белгипродор, 2006. 47 с.
6. Автомобильные дороги низших технических категорий. Правила проектирования: ТКП 45-3.03-96-2008 (02250). Введ. 01.11.2008. Минск: Белгипродор, 2008. 21 с.
7. Мисюченко В. М. Переработка промышленных отходов и разработка документов для предприятия. Минск: ИВЦ Минфина, 2018. 99 с.
8. Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия: ГОСТ 32495–2013. Введ. Респ. Беларусь 01.03.2016. Минск: Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2016. 12 с.
9. Строительные материалы / В. Г. Микульский [и др.]; под ред. В. Г. Микульского. М.: АСВ, 1996. 488 с.
10. Указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд (ВСН 52-89). М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1982. 77 с.
11. Мытько Л. Р. Оценка транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог. Минск: ВУЗ-ЮНИТИ, 2001. 200 с.
12. Вавилов А. В., Бугрим К. В. Совершенствование технических средств для проведения текущего ремонта автодорог // Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 30–31 мая 2013 г. Минск, 2013. С. 39–42.

References

1. *Gosudarstvennaya programma po razvitiyu i soderzhaniyu avtomobil'nykh dorog v Respublike Belarus' na 2017–2020 gody: postanovleniye Soveta Ministrov Respubliki Belarus', 18 sentyabrya 2017 goda,*

№ 699 [State program for the development and maintenance of highways in Belarus for 2017–2020: resolution of the Council of Ministers of the Republic Belarus, September 18, 2017, No. 699]. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21700699> (accessed 10.25.2020).

2. Slavutsky A. K., Nosov V. P. *Sel'skokhozyaystvennyye dorogi i ploshchadki* [Agricultural roads and sites]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 447 p.

3. *Dorogi mestnogo znacheniya* [Roads of local importance] / G. A. Kuznetsov [et al.]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 351 p.

4. Babaskin Yu. G., Verbilo I. N. *Tekhnologiya dorozhnogo stroitel'stva* [Technology of road construction]. Minsk, BNTU Publ., 2003. 202 p.

5. ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). Car roads. Design standards. Minsk, Belgiprodor Publ., 2006. 47 p.

6. ТКП 45-3.03-96-2008 (02250). Highways of lower technical categories. Design rules. Minsk, Belgiprodor Publ., 2008. 21 p.

7. Misyuchenko V. M. *Pererabotka promyshlennykh otkhodov i razrabotka dokumentov dlya predpriyatiya* [Industrial waste processing and development of documents for an enterprise: study guide. allowance]. Minsk, IVTs Minfina Publ., 2018. 99 p.

8. GOST 32495-2013. Crushed stone, sand and sand-crushed stone mixtures from crushed concrete and reinforced concrete. Specifications. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus' Publ., 2016. 12 p.

9. Mikulsky V. G. [et al.]. *Stroitel'nyye materialy* [Building materials]. Moscow, ASV Publ., 1996. 488 p.

10. *Ukazaniya po otsenke prochnosti i raschetu usileniya nezhestkikh dorozhnykh odezhd (VSN 52-89)* [Instructions for assessing the strength and calculating the reinforcement of non-rigid road pavements (VSN 52-89)]. Moscow, TsBNTI Minavtodora RSFSR Publ., 1982. 77 p.

11. Mytko L. R. *Otsenka transportno-ekspluatatsionnykh kharakteristik avtomobil'nykh dorog* [Assessment of transport and operational characteristics of highways]. Minsk, VUZ-YUNITI Publ., 2001. 200 p.

12. Vavilov A. V., Bugrim K. V. *Sovershenstvovaniye tekhnicheskikh sredstv dlya provedeniya tekushchego remonta avtodorog. Problemy povysheniya kachestva i resursosberezheniya v dorozhnoy ot-rasli: sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Improvement of technical means for the current repair of roads. Problems of improving the quality and resource conservation in the road industry: a collection of proceedings of the international scientific and technical conference]. Minsk, 2013, pp. 39–42 (In Russian).

Информация об авторах

Вавилов Антон Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механизации и автоматизации дорожно-строительного комплекса. Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, пр-т. Независимости, 65, Республика Беларусь). E-mail: ftkcdm@bntu.by

Дашко Андрей Леонидович – аспирант, старший преподаватель кафедры механизации и автоматизации дорожно-строительного комплекса. Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, пр-т. Независимости, 65, Республика Беларусь). E-mail: dashkinz7@gmail.com

Замула Андрей Анатольевич – аспирант, старший преподаватель кафедры механизации и автоматизации дорожно-строительного комплекса. Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, пр-т. Независимости, 65, Республика Беларусь). E-mail: andreizml@gmail.com

Information about the author

Vavilov Anton Vladimirovich – DS (Engineering), Professor, Head of the Department of Mechanization and Automation of the Road Construction Complex. Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ftkcdm@bntu.by

Dashko Andrey Leonidovich – PhD student, Senior Lecturer, the Department of Mechanization and Automation of the Road Construction Complex. Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dashkinz7@gmail.com

Zamula Andrey Anatol'yevich – PhD student, Senior Lecturer, the Department of Mechanization and Automation of the Road Construction Complex. Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: andreizml@gmail.com

Поступила 01.10.2020