

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 622.331.002.5

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ СОПЛА ТОРФЯНОЙ ПНЕВМОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ НАД ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗАЛЕЖИ

А.Л. ЯБЛОНЕВ, д-р техн. наук, Д.М. ЩЕРБАКОВА, аспирант

Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: alvovich@mail.ru

© Яблонев А.Л., Щербакова Д.М., 2021

Перечислены параметры, влияющие на эффективность всасывания торфяной крошки пневмоуборочными машинами. Среди них – высота расположения сопла над подстилающей поверхностью залежи и угол установки сопла. Поскольку сведений и рекомендаций о рациональных значениях этих параметров крайне мало, с помощью специально созданной установки был проведен лабораторный эксперимент по оценке скорости воздушного потока в зависимости от удаления от сопла, угла установки сопла и высоты расположения сопла над подстилающей поверхностью залежи. Представлены результаты эксперимента. Показано, что воспроизвести нулевое расстояние от сопла до подстилающей поверхности на практике невозможно, поэтому рекомендовано ограничиться высотой 25 мм, равной максимальному размеру кондиционной торфяной крошки. Отмечено, что для более точных результатов необходимо провести еще одну серию экспериментальных работ по оценке параметров всасывания соплом торфяной крошки с конкретными физико-механическими характеристиками.

Ключевые слова: торфяная пневмоуборочная машина, всасывающее сопло, скорость воздушного потока, анемометр, торфяная крошка, высота расположения сопла над подстилающей поверхностью залежи.

DOI: 10.46573/2658-5030-2021-4-38-46

ВВЕДЕНИЕ

Добыча торфа пневмоуборочным комплексом машин имеет ряд неоспоримых преимуществ перед механической уборкой. Основные из них – сокращение продолжительности цикла и номенклатуры оборудования, возможность сохранения естественной волокнистой структуры торфа, необходимой для производства удобрений [1, 2]. Интенсификация добычи фрезерного торфа пневмомашинami во многом зависит от их надежности, правильного выбора параметров настройки и установки всасывающего сопла [3]. Угол установки сопла в сочетании с высотой его расположения над подстилающей поверхностью определяет длину и интенсивность всасывающего факела. Очевидно, что для уменьшения потерь энергии воздушной струи и торфа при уборке высота установки сопла над подстилающей поверхностью должна быть минимально возможной и находиться в пределах 0–25 мм, т.е. не должна превышать размер самой крупной фракции добываемого кондиционного торфа. Вместе с тем сопло ни в коем случае не должно оказывать вертикального давления на расстил,

так как в противном случае возникают эффекты придавливания и перемешивания расстила [4]. Каких-либо точных данных и рекомендаций по выбору угла установки сопла на сегодняшний день нет, за исключением положения о том, что он не может превышать угла внутреннего трения добываемой породы [5], поскольку попавший в сопло под действием струи воздуха фрезерный торф не должен самопроизвольно скатываться вниз [6, 7]. Для фрезерного торфа угол естественного откоса (трения в покое) составляет $32\text{--}45^\circ$ [8]. Поскольку угол внутреннего трения сыпучего материала в движении составляет, как правило, 70 % от угла естественного откоса в покое, то рекомендуемый угол установки сопла должен быть $22,4\text{--}31,5^\circ$. Канадские торфоуборочные машины SA-200, производимые компанией «Premier Tech», выпускаются с вертикально установленными соплами (угол установки сопла близок к 90°). Однако опыт эксплуатации таких машин показал, что вертикальные сопла плохо вписываются в рельеф поверхности торфяных полей и образуют большие потери торфа при сборе [9]. Разброс параметров установки сопла, как видно, весьма большой, поэтому было принято решение о проведении серии лабораторных экспериментальных работ, целью которых является определение скорости воздушного потока, всасываемого соплом, в зависимости от параметров установки сопла относительно подстилающей поверхности залежи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработанная и созданная экспериментальная лабораторная установка для определения скоростей и параметров всасывания и витания торфяной крошки состоит из источника постоянного тока 1, электродвигателя постоянного тока 2, вентилятора 3, спрямляющей решетки 4, витательной трубы 5, рамы витательной трубы 6, пульта управления 7, микроманометра 8, гофрированной алюминиевой трубы 9, штатива 10, экспериментального сопла 11, конвейерной ленты из двухслойного прорезиненного брезента 12, стоек 13 и рамы установки 14 (рис. 1).

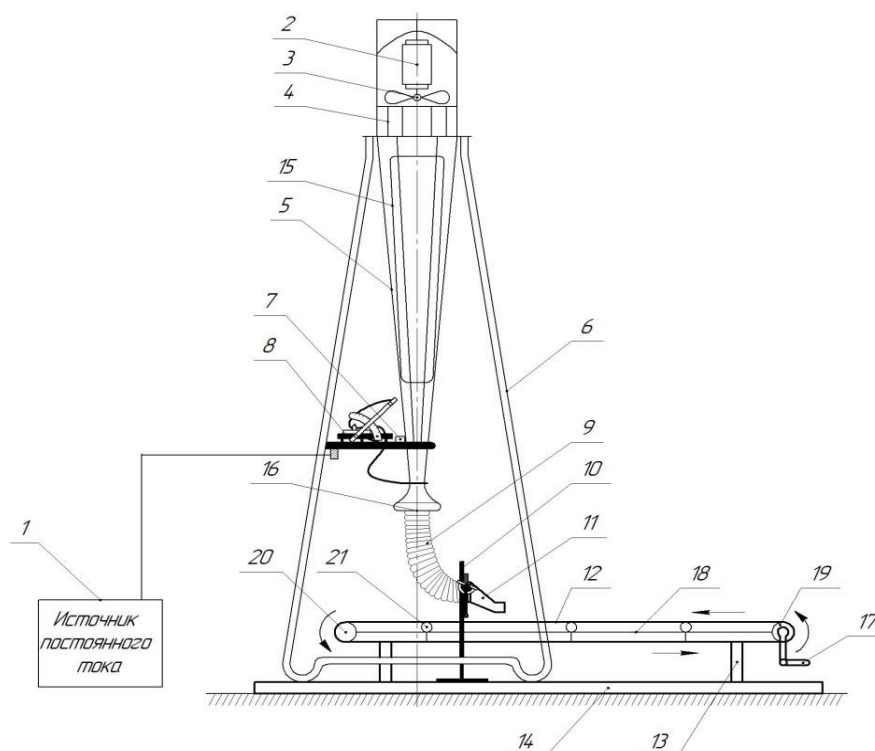


Рис. 1. Общий вид лабораторной установки

От источника постоянного тока 1 (см. рис. 1) через пульт управления 7 подается напряжение на двигатель 2, который приводит во вращение крыльчатку вентилятора 3. Одновременно с пульта управления 7 включается и вертикальная подсветка 15. Перед вентилятором 3 установлена спрямляющая решетка 4, необходимая для стабилизации движения воздушной смеси через витательную трубу 5. К коллектору 16 витательной трубы 5 присоединен микроманометр 8 для измерения вакуумметрического давления в коллекторе 16 трубы. Через экспериментальное сопло 11, присоединенное к коллектору витательной трубы 5 гофрированной алюминиевой трубой 9, может засасываться торфяная крошка фракцией $d = 0-40$ мм, движущаяся по конвейерной ленте 12. Конвейерная лента 12 механически (при помощи приводной рукоятки 17) приводится в движение навстречу экспериментальному соплу 11. Конвейер состоит из стоек 13, жестко закрепленных к раме установки 14, рамы конвейерной ленты 18, ведущего 19 и натяжного ведомого 20 барабанов, опорных роликов 21.

На рис. 2 показано подключение микроманометра к коллектору 16 витательной трубы 5 (А-А) и взаимное расположение мест установки пульта управления 7, реостата регулирования постоянного напряжения 22 и микроманометра 8 (Б-Б). К раме витательной трубы 6 закреплен стол 23, на котором установлены пульт управления 7, предназначенный для включения двигателя постоянного тока и подсветки в витательной трубе 5, реостат для регулировки напряжения 22, влияющего на скорость всасывания витательной установки, и микроманометр 8. Микроманометр 8 подключен к коллектору 16 витательной трубы 5 при помощи гибкого шланга 24, прикрепленного к штуцеру 25 кольцевого трубопровода 26, установленного вокруг коллектора 16 и соединенного с ним ортогонально расположенными четырьмя патрубками 27, необходимыми для выравнивания показаний давления.

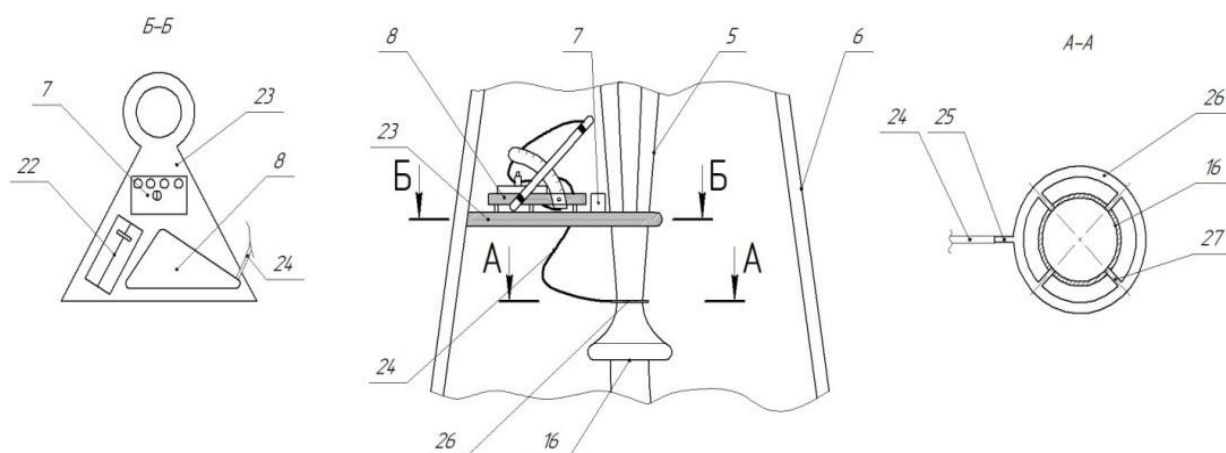


Рис. 2. Схема расположения приборов контроля

На рис. 3 показано крепление экспериментального сопла 11 к стойке 10. Сопло и алюминиевая гофрированная труба 9 соединены между собой муфтой 28, которая закреплена на подвижной штанге 29 и позволяет регулировать угол наклона сопла и расстояния между соплом и поверхностью конвейерной ленты. Для измерения угла наклона сопла установлены угломерная шкала 30 и стрелка с грузом 31. Сопло может поворачиваться на угол $0-90^\circ$ и подниматься над конвейерной лентой на расстояние $0-400$ мм.

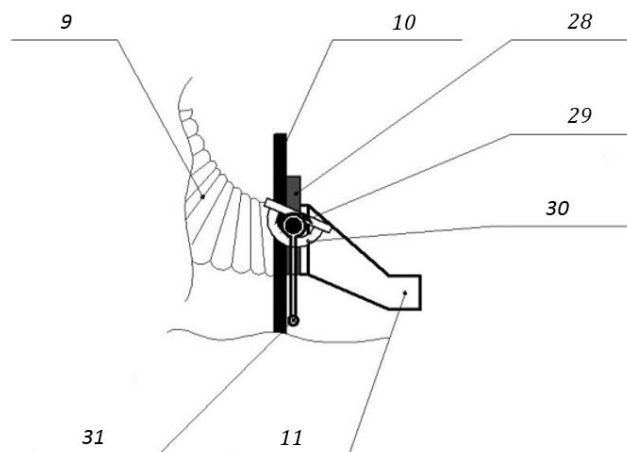


Рис. 3. Крепление всасывающего сопла

Для измерения скорости воздушного потока на различном расстоянии от нижнего края всасывающего сопла по координатной сетке размещается выносной щуп портативного цифрового термоанемометра GM8903 (рис. 4). Методика измерений и прибор описаны в работе [10].



Рис. 4. Координатная сетка на ленте конвейера

Запись скоростей воздушного потока в различных точках всасывающего факела производилась при скорости воздуха на входе в сопло 26,69 м/с, соответствующей условиям реальной машины КТТ-2 [11], эксплуатируемой на предприятии ООО «Пиндstrup» [12]. Расстояние от конвейера до нижней кромки сопла принималось 0 и 25 мм. Угол установки сопла в ходе серии экспериментов изменялся от 10 до 45° с шагом 5°.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате обработки серии экспериментальных данных получены две группы кривых, представляющих собой зависимости скорости воздушного потока от удаления от сопла x , угла установки сопла α и высоты h расположения сопла над поверхностью конвейерной ленты 0 и 25 мм (рис. 5, 6).

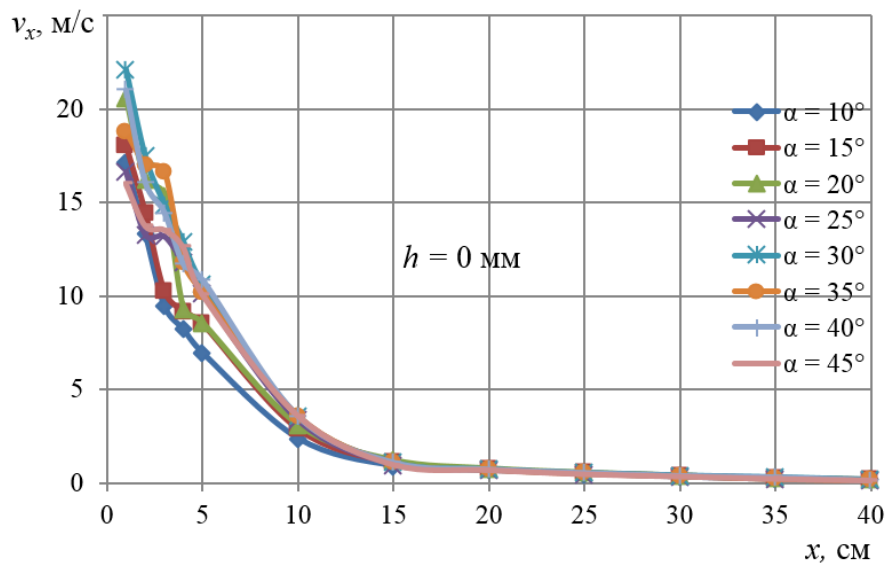


Рис. 5. Зависимость скорости воздушного потока v_x от удаления от сопла x при различных углах установки сопла α и расстоянии от сопла до подстилающей поверхности $h = 0$ мм

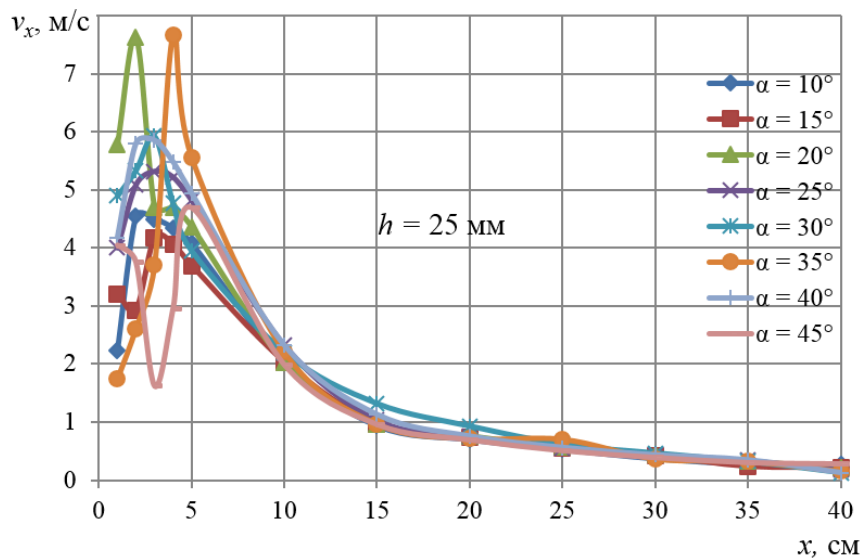


Рис. 6. Зависимость скорости воздушного потока v_x от удаления от сопла x при различных углах установки сопла α и расстоянии от сопла до подстилающей поверхности $h = 25$ мм

По результатам анализа рис. 5 можно отметить следующее. На расстоянии 10 см от нижнего края сопла скорость воздушного потока понижается в 4,5–7 раз по сравнению со скоростью на расстоянии в 1 см. Скорость воздушного потока менее 1 м/с наблюдается во всех случаях при удалении от сопла на 20 см. При удалении точки замера от сопла на расстояние более 15 см зависимость скорости от расстояния ввиду незначительных колебаний можно считать линейной. Отсутствие характерных «пиков» практически во всех случаях говорит о слабой турбулентности воздушного потока. В незначительной степени турбулентность проявляется возмущениями на кривых с $\alpha = 15\text{--}45^\circ$. Наибольшее значение скорости воздушного потока на расстоянии в 1 см от нижнего края сопла наблюдается для угла установки сопла $\alpha = 30^\circ$.

По результатам анализа рис. 6 можно отметить следующее. На расстоянии 10 см от нижнего края сопла скорость воздушного потока понижается в 1,5–2 раза по сравнению со скоростью на расстоянии в 1 см. Скорость воздушного потока менее 1 м/с наблюдается в подавляющем большинстве случаев при удалении от сопла на 20 см. Максимальная скорость всасывания наблюдается на расстоянии 2–5 см от нижнего края сопла (в зависимости от угла установки сопла). При удалении точки замера от сопла на расстояние более 20 см зависимость скорости от расстояния ввиду незначительных колебаний можно считать линейной. Наличие характерных «пиков» во всех случаях говорит о сильной турбулентности воздушного потока. Наиболее сильное турбулентное движение проявляется небольшими возмущениями на кривых с $\alpha = 20\text{--}35^\circ$. Наибольшее значение скорости воздушного потока на расстоянии в 1 см от нижнего края сопла наблюдаются для углов установки сопла $\alpha = 20\text{--}45^\circ$ [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной серии экспериментов можно сделать следующие выводы. Поскольку обеспечить нулевое расстояние между всасывающим соплом и поверхностью расстила торфяной крошки на практике невозможно, следует ограничиться расстоянием в 25 мм, равным максимальному размеру кондиционной торфяной крошки. К тому же слабая турбулентность воздушного потока для нулевого расстояния над подстилающей поверхностью говорит о сложных условиях создания подъемной силы для отрыва частицы от подстилающей поверхности. Предварительным рациональным углом установки сопла по факту значения скорости воздушного потока на данном этапе исследования можно считать $\alpha = 30 \pm 5^\circ$. Для более точного экспериментального обоснования рационального угла установки сопла необходимо провести серию экспериментальных работ по оценке всасывания торфяной крошки с заданными свойствами соплами, смонтированными под углами $10\text{--}45^\circ$. Такое исследование поможет окончательно сформулировать требования к параметрам установки всасывающего сопла, а следовательно, будет способствовать более рациональному хозяйствованию и бережному обращению с бесценным природным ресурсом, каковым, без сомнения, является торф [14, 15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев А.В., Корчунов С.С. Справочник по торфу. М.: Недра, 1982. 760 с.
2. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2017. № 5. С. 105–117.
3. Chertkova E., Sizova V. Production and Technological Parameters of Milled Peat Extraction Depending on Organization of Peat Machines Operations // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences. 2019. V. 105. P. 01002.
4. Прягаев Ю.В. Есть ли будущее у пневмовалкователя? // *Торф и бизнес*. 2007. № 2 (8). С. 23–26.
5. Горцакалян Л.О. Расчет и конструирование пневматических установок для уборки и транспортировки фрезерного торфа. Калинин: КПИ, 1973. 120 с.
6. Горцакалян Л.О., Чернышев В.В. Исследование скоростного поля всасывающего, нагнетательного и всасывающе-нагнетательного факелов активного сопла пневмоуборочной машины // *Технология и комплексная механизация торфяного производства: межвузовский тематический сборник*. Калинин: КПИ, 1977. С. 28–32.
7. Горцакалян Л.О. Влияние поступательной скорости пневмоуборочной машины на изменение концентрации аэросмеси. *Механизация процессов добычи и*

переработки торфа: труды Калининского политехнического института. М.: ЦНИИТЭСтроймаш, 1974. С. 20–24.

8. Горфин О.С., Фомин К.В. Конвейерный транспорт. Тверь: ТГТУ, 2008. 114 с.

9. Давыдов Л.Р., Селеннов В.Г. О пневматической уборке фрезерного торфа // *Торф и бизнес*. 2008. № 4 (14). С. 24–28.

10. Яблонев А.Л., Щербакова Д.М. Исследование работы всасывающего сопла торфяной пневмоуборочной машины // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2020. № 3 (7). С. 40–49.

11. Яблонев А.Л., Щербакова Д.М. Исследование всасывающего факела торфяной пневмоуборочной машины КТТ-2 // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 12 (S39). С. 47–58.

12. Гейлер В.Л., Дубовиков С.Л. Опыт работы ЗАО «Росторфинвест» // *Торф и бизнес*. 2006. № 1 (3). С. 18–21.

13. Yablonev A., Misnikov O., Scherbakova D., Goryachev V. Study of the dependence of the air flow velocity on the parameters of the suction nozzle installation of the peat pneumatic harvesting machine // *E3S Web of Conferences*. – *EDP Sciences*. 2021. V. 278. P. 01021.

14. Kremcheev E.A., Kremcheeva D.A. Technological Approaches to Reducing the Loss of Peat Raw Materials in Fields with Hydrological Regime // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. V. 9. № 12. P. 89525.

15. Singh K. Allocation and Sustainable Management of Peat Resources on Public Land // *AEP Public Land Management*. 2016. № 9. P. 1–14.

Для цитирования: Яблонев А.Л., Щербакова Д.М. Обоснование параметров установки сопла торфяной пневмоуборочной машины над подстилающей поверхностью залежи // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2021. № 4 (12). С. 38–45.

JUSTIFICATION OF PARAMETERS FOR INSTALLING THE NOZZLE OF A PEAT PNEUMATIC HARVESTER ABOVE THE UNDERLAYING SURFACE

A.L. YABLONEV, Dr. Sc., D.M. SCHERBAKOVA, Postgraduate

Tver State Technical University, 22, Af. Nikitin emb.,
170026, Tver, Russian Federation, e-mail: alvovich@mail.ru

The parameters affecting the efficiency of suction of peat crumb by pneumatic harvesters are listed. Among them are the height of the nozzle above the underlying surface of the deposit and the angle of the nozzle. Since there is very little information and recommendations on the rational values of these parameters, a laboratory experiment was carried out, using a specially created installation to assess the air flow rate, depending on the distance from the nozzle, the angle of the nozzle and the height of the nozzle above the underlying surface of the deposit. The results of the experiment are presented. It is shown, that it is impossible to reproduce the zero distance from the nozzle to the underlying surface in practice; therefore, it is recommended to limit the height of 25 mm, which is equal to the maximum size of the conditioned peat crumb. It is noted, that for more accurate results, it is necessary to carry out the following series of experimental works to assess the parameters of suction of peat chips with specific physical and mechanical characteristics by the nozzle.

Keywords: peat, pneumatic peat harvester, suction nozzle, air flow velocity, anemometer, peat crumb, height of the nozzle above the underlying surface of the deposit.

*Вестник Тверского государственного технического университета.
Серия «Технические науки». № 4 (12), 2021*

REFERENCES

1. Lazarev A.V., Korchunov S.S. Spravochnik po torfu [Peat handbook]. Moscow: Nedra, 1982. 760 p.
2. Panov V.V., Misnikov O.S., Kuporova A.V. Problems and prospects for the development of peat production in the Russian Federation. *Gorniy Informatsionno-analitichesky byulleten (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*. 2017. No. 5, pp. 105–117. (In Russian).
3. Chertkova E., Sizova V. Production and Technological Parameters of Milled Peat Extraction Depending on Organization of Peat Machines Operations. *E3S Web of Conferences*. – *EDP Sciences*. 2019. V. 105. P. 01002.
4. Priagayev Yu.V. Does the pneumatic roller have a future? *Torf i biznes*. 2007. No. 2 (8), pp. 23–26. (In Russian).
5. Gortsakalyan L.O. Raschet i konstruirovaniye pnevmaticheskoy ustanovki dlya uborki i transportirovki frezernogo torfa [Calculation and design of pneumatic installations for harvesting and transporting milled peat]. Kalinin: KPI, 1973. 120 p.
6. Gortsakalyan L.O., Chernishov V.V. Study of the Speed Field of the Suction, Pumping and Suction-Pumping Torches of the Active Nozzle of the Pneumatic Harvester. *Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya torfyanogo proizvodstva: mezhvuzovskiy tematicheskiy sbornik*. Kalinin: KPI, 1977, pp. 28–32. (In Russian).
7. Gortsakalyan L.O. Effect of the Progressive Speed of the Pneumatic Harvester on the Change in the Concentration of the Aircraft Mix. *Mekhanizatsiya protsessov dobychi i pererabotki torfa: trudy Kalininskogo politekhnicheskogo instituta*. Moscow: TSNIITestroy mash, 1974, pp. 20–24. (In Russian).
8. Gorfin O.S., Fomin K.V. Konveyernyi transport [Conveyor transport]. Tver: TSTU, 2008. 114 p.
9. Davidov L.R., Selenov V.G. About pneumatic harvesting of milled peat. *Torf i biznes*. 2008. No. 4 (14), pp. 24–28. (In Russian).
10. Yablonev A.L., Scherbakova D.M. Study of the operation of the suction nozzle of a peat pneumatic harvester. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Tekhnicheskiye nauki»*. 2020. No. 3 (7), pp. 40–49. (In Russian).
11. Yablonev A.L., Scherbakova D.M. Investigation of the suction torch of the KTT-2 peat pneumatic harvester. *Gorniy Informatsionno-analitichesky byulleten (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*. 2019. No. 12 (S39), pp. 47–58. (In Russian).
12. Geiler V.L., Dubovikov S.L. Experience of CJSC «Rostorfinvest». *Torf i biznes*. 2006. No. 1 (3), pp. 18–21. (In Russian).
13. Yablonev A., Misnikov O., Scherbakova D., Goryachev V. Study of the dependence of the air flow velocity on the parameters of the suction nozzle installation of the peat pneumatic harvesting machine. *E3S Web of Conferences*. – *EDP Sciences*, 2021. V. 278. P. 01021.
14. Kremcheev E.A., Kremcheeva D.A. Technological Approaches to Reducing the Loss of Peat Raw Materials in Fields with Hydrological Regime. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. V. 9. No. 12, p. 89525.
15. Singh K. Allocation and Sustainable Management of Peat Resources on Public Land. *AEP Public Land Management*. 2016. No. 9, pp. 1–14.

Поступила в редакцию/received: 12.07.2021; после рецензирования/revised: 24.09.2021;
принята/accepted: 30.09.2021