

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 622.331.002.5

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МУНДШТУКА ДЛЯ ВСАСЫВАЮЩЕГО СОПЛА ТОРФЯНОЙ ПНЕВМОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

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

Тверской государственной технической университет, 170026, Тверь,
наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: alvovich@mail.ru

© Яблонев А.Л., Щербакова Д.М., 2022

Эффективность всасывания фрезерной крошки пневматическими торфоуборочными машинами во многом определяется высотой расположения и углом установки всасывающего сопла по отношению к подстилающей поверхности. Однако вопрос повышения эффективности работы машины при неизменной скорости всасывания этим не ограничивается. Для улучшения показателей работы пневмоуборочной машины предложено оснащать всасывающие сопла мундштуками. В проведенном исследовании было доказано, что максимальную эффективность по критерию длины оси активной зоны всасывающего факела имеет сопло, установленное под углом $30...35^\circ$ и оснащенное мундштуком с углом активации расстила $50...55^\circ$. Сравнение эффективности работы сопла без мундштука и с мундштуком показало, что его наличие позволяет увеличить более чем в два раза длину оси активной зоны всасывающего факела, а следовательно, повысить эффективность работы машины.

Ключевые слова: торф, торфяная пневмоуборочная машина, всасывающее сопло, скорость воздушного потока, анемометр, торфяная крошка, мундштук, угол активизации расстила, угол атаки расстила.

DOI: 10.46573/2658-5030-2022-1-46-56

ВВЕДЕНИЕ

Об интенсификации процесса всасывания фрезерной крошки торфяной пневматической машиной за счет установки мундштуков (насадков) на сопло было известно и ранее. Так, например, в статье [1] описано применение на пневматических валкователях торфа ПВП-10 так называемого активизатора струи в виде козырька (рис. 1).

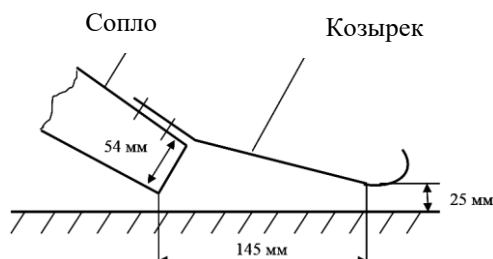


Рис. 1. Активизатор торфяного расстила в виде козырька

*Вестник Тверского государственного технического университета.
Серия «Технические науки». № 1 (13), 2022*

Передняя часть козырька (см. рис. 1) выполнена по лемнискате, сильно снижающей сопротивление воздушному потоку. Подтверждение работоспособности и необходимости козырька можно найти в работе [2].

Исследованию и обоснованию параметров всасывающего сопла с усиленным козырьком посвящен ряд работ белорусских ученых [3–5]. Эксперименты проводились ими на модели сопла, имеющего входное отверстие размером 400×40 мм. Длина козырька L принималась в опытах от 0 до 175 мм, а угол установки сопла α не превышал 35°. Лабораторная установка позволяла изменять среднюю скорость воздуха во входной щели от 22 до 39 м/с. На основе опытных данных были построены спектры всасывания различных по конструкции всасывающих сопел. Схема сопла с козырьком представлена на рис. 2. В результате исследования было определено, что максимальная длина козырька не должна превышать 175 мм.

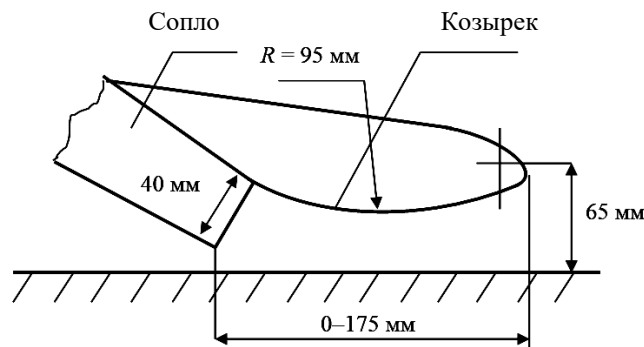


Рис. 2. Входная часть сопла с усиленным козырьком

Следует выделить работу [6], в которой рассматриваются процессы обеспыливания и описывается насадка в форме, представленной на рис. 3.

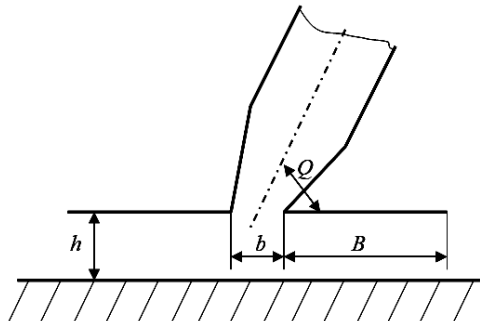


Рис. 3. Форма насадки коллекторного типа, предложенного для сбора древесной пыли

Автором работы [6] исследованы параметры такого насадка в диапазоне: $b = 0,005; 0,02; 0,035$ м – ширина щели; $B = 0,03; 0,1; 0,17$ – ширина полки; $h = 0,005; 0,008; 0,011$ – высота расположения насадка над поверхностью. В ходе исследования изучалось взаимодействие насадка с древесной шлифовальной пылью лиственных и хвойных пород влажностью $w = 8 \pm 2$ %, лежащей на различных поверхностях слоем толщиной 3 мм при температуре и влажности воздуха $t = 20$ °С и $w = 60$ % соответственно. С помощью метода математического программирования автор определил оптимальные размеры пылеуборочных насадков коллекторного типа для удаления древесной пыли с горизонтальных поверхностей: $b = 0,018$ м; $B = 0,13$ м; $h = 0,005$ м.

Анализируя вышеприведенные примеры, можно сделать вывод, что ученые в различных отраслях промышленности видели резервы увеличения производительности пневматических машин именно в рациональной форме насадка на сопло. Причем во всех работах подчеркивается, что насадок «вытягивает» всасывающий факел из сопла, удлиняя зону всасывания. Однако односторонний козырек (см. рис. 1) или полка (см. рис. 3) не могут являться окончательным решением проблемы повышения эффективности всасывания из-за непродуктивного движения воздушного потока через боковые поверхности, где щель явно больше, чем перед закруглением козырька. Кроме того, вопрос о длине козырька, или насадка, никак не привязанной к скорости воздушного потока и высоте входной щели сопла, нам представляется весьма дискуссионным. В связи с этим было решено исследовать работу мундштуков, имеющих верхнюю и боковые грани.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с вышеизложенными соображениями нами было проведено исследование эффективности работы ряда спроектированных и созданных физических моделей мундштуков на сопла, принципиальная схема которых представлена на рис. 4.

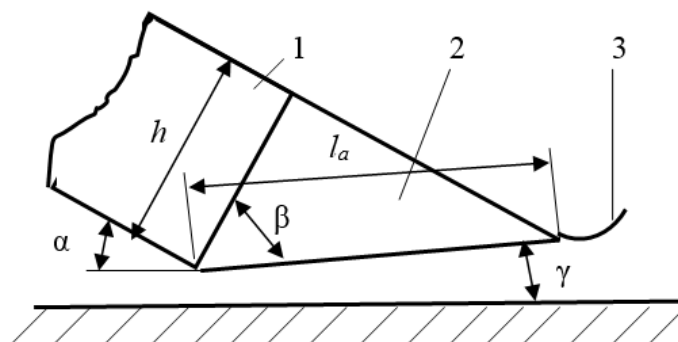


Рис. 4. Принципиальная схема и углы установки сопла и мундштука:
 1 – всасывающее сопло; 2 – мундштук; 3 – козырек перед входом в мундштук;
 α – угол установки всасывающего сопла; β – угол активации расстила;
 γ – задний угол мундштука; l_a – активная длина мундштука;
 h – высота входной щели сопла

Следует отметить, что козырек перед входом в мундштук, как и передняя часть козырька, выполненная по лемнискате (см. рис. 1), был спроектирован для снижения сопротивления движению воздушного потока. Угол β , являющийся передним углом мундштука, был назван нами углом активации расстила, поскольку именно этот угол, по нашему мнению, влияет на эффективность работы мундштука. Угол θ , представляющий собой сумму углов установки сопла и активации расстила ($\theta = \alpha + \beta$), назван нами углом атаки расстила. Подобная «геометрическая» трактовка позволяет увязать все параметры мундштука с высотой входной щели всасывающего сопла h .

Всего было спроектировано и изготовлено 4 модели мундштуков с углами активации расстила $\beta = 15, 30, 45$ и 60° (рис. 5).



Рис. 5. Разработанные и изготовленные модели мундштуков на всасывающее сопло

Представленные на рис. 5 мундштуки поочередно устанавливались на всасывающее сопло лабораторной установки по методикам, описанным ранее [7–9]. Определялись скорость воздушного потока на расстоянии от нижней кромки сопла и эффективность всасывания по критерию максимальной длины оси всасывающего факела. Скорость воздушного потока на входе в сопло поддерживалась постоянной (26,69 м/с), близкой к скорости в реальных условиях (26,74 м/с). В ходе опытов изменялся угол установки сопла α от 10 до 45° с шагом 5°. Высота расположения сопла над поверхностью ленты была принята постоянной (25 мм). Для измерения скорости воздушного потока в зоне всасывания применялся термоанемометр GM8903. В качестве исследуемого материала для всасывания использовалась искусственно приготовленная торфяная крошка максимальной кондиционной фракции (25 мм) из отобранного и привезенного с месторождения «Заплюские мхи» [10] торфа верхового и переходного типов. После сушки в мягком теневом режиме крошка имела характеристики для верхового и переходного торфа соответственно: влажность 44 и 48,45 %; плотность 0,355 и 0,518 г/см³; скорость витания 10,79 и 14,41 м/с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате обработки серии экспериментальных данных получены 8 групп кривых, представляющих собой зависимости скорости воздушного потока v_x от расстояния от сопла x , угла установки сопла α и угла активации расстила β (рис. 6, 7). Привести их все полностью в рамках данной статьи не представляется возможным. Попытка аппроксимировать полученные кривые по критерию максимального коэффициента детерминации (R^2) привела к полиномиальной зависимости со степенью не менее 5.

Практически во всех случаях скорость воздушного потока значительно (в 1,5...3 раза) снижается на расстоянии 10...15 см от нижнего края сопла. Скорость воздушного потока менее 1 м/с в подавляющем большинстве случаев наблюдается на расстоянии 20 см от нижнего края сопла. Закономерность уменьшения скорости воздушного потока на расстоянии 20...40 см от нижнего края сопла можно считать линейной ввиду незначительности колебаний.

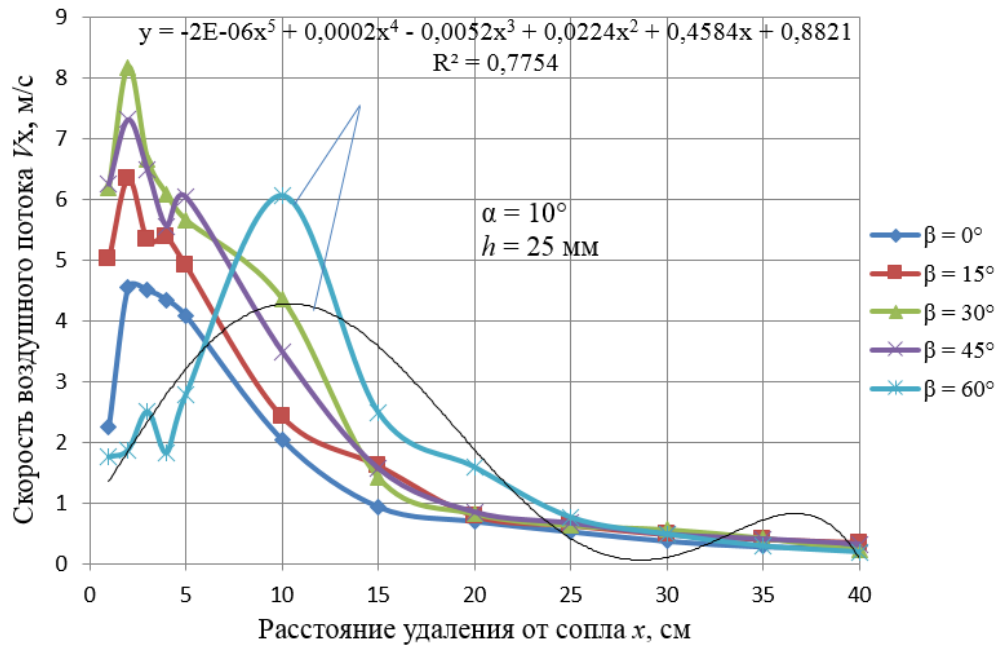


Рис. 6. Зависимость скорости воздушного потока от расстояния до сопла x и угла активации расстила β при угле установки сопла $\alpha = 10^\circ$

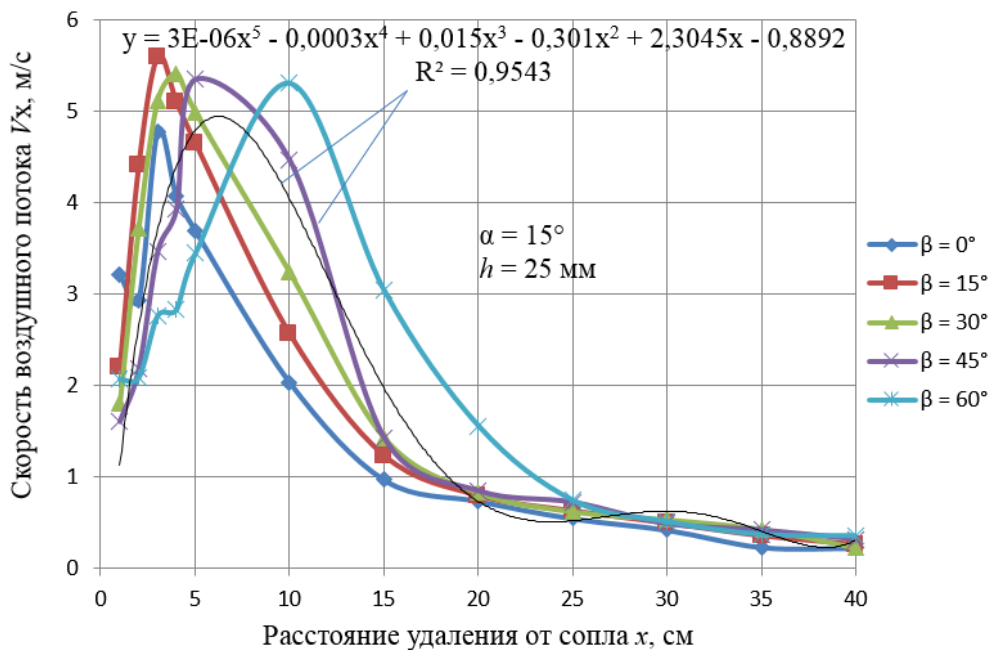


Рис. 7. Зависимость скорости воздушного потока от расстояния до сопла x и угла активации расстила β при угле установки сопла $\alpha = 15^\circ$

Во всех исследованных случаях на графиках присутствуют характерные «пики», свидетельствующие о сильно выраженной турбулентности воздушного потока, причем речь здесь идет об изменении не только модуля, но и направления скорости. Наиболее сильные «пики» наблюдаются при угле атаки расстила θ , приближающемся к 90° , что реализуется одновременно углом установки сопла α и передним углом мундштука β (углом активации расстила). Понижение скорости воздушного потока на входе в сопло и при углах атаки расстила, близких к 90° , свидетельствует о перераспределении

энергии в зоне всасывания: удельная кинетическая энергия воздушного потока понижается, а удельная потенциальная (энергия давления) – возрастает.

Выявлены точки максимальных значений скоростей воздушного потока, координаты которых в форме расстояния от сопла x сведены в таблицу.

Зависимость расстояния от сопла x ,
на котором наблюдается максимальная скорость воздушного потока,
от угла установки сопла α и угла активации расстила β
при высоте расположения сопла над подстилающей поверхностью 25 мм

β , град	Угол установки сопла α , град							
	10	15	20	25	30	35	40	45
	Расстояние от нижней кромки сопла x , на котором наблюдается максимальная скорость воздушного потока, см							
0	2	3	2	3	3	4	3	5
15	4	4	3	4	4	5	4	5
30	4	4	4	4	4	4	5	5
45	5	5	5	5	5	5	10	–
60	10	10	10	10	–	–	–	–

Анализ данных таблицы позволяет сделать следующий вывод: характерные «пики» на графических зависимостях имеют достаточно четкую дислокацию и зависят от угла активации расстила. Так, для $\beta = 0^\circ$ (мундштук отсутствует) максимальные значения скоростей воздушного потока наблюдаются в основном на расстоянии $x = 2...4$ см; для $\beta = 15^\circ$ $x = 3...4$ см; для $\beta = 30^\circ$ $x = 4...5$ см; для $\beta = 45^\circ$ $x = 5...10$ см, для $\beta = 60^\circ$ $x = 10$ см.

Для определения длины оси активной зоны всасывающего факела при использовании различных мундштуков было проведено экспериментальное исследование по оценке эффективности всасывания торфяной фрезерной крошки, методика которого подробно изложена в работе [9]. Лабораторная установка включалась, реостатом устанавливалась скорость всасывания, близкая к полученной в полевых условиях на машине КТТ-2 (26,69 м/с). Всасывающее сопло, установленное под определенными углами α , поочередно снабжалось той или иной моделью мундштука; на конвейерную ленту установки помещались образцы торфяной крошки верхового и переходного типов торфа; конвейерная лента приводилась в движение. В момент страгивания с места частицы торфа для последующего разгона и отрыва от поверхности ленты производился замер расстояния от нижнего края сопла до точки страгивания частицы с места. Опыты повторялись по 6 раз. Для сравнения указан случай использования сопла без мундштука, когда угол активации расстила $\beta = 0$. Графические зависимости, отражающие результаты опытов, представлены на рис. 8 и 9.

Из полученных зависимостей наиболее рациональными параметрами установки сопла и активации расстила можно считать те, которые обеспечивают наибольшую фактическую длину оси активной зоны всасывающего факела, так как максимально в этом случае и время воздействия воздушного потока на крошку. Такими параметрами (в случае как с верховым, так и с переходным торфом) являются угол установки сопла $\alpha = 30^\circ$; угол активации расстила $\beta \rightarrow 60^\circ$. Следовательно, угол атаки расстила $\theta = \alpha + \beta \rightarrow 90^\circ$. Однако тогда задний угол $\gamma \rightarrow 0^\circ$ (рис. 4). Технологически это

невозможно, поскольку при работе машины, особенно при ее движении задним ходом на разворотах и прочем маневрировании, высока вероятность повреждения мундштука с соплом (вплоть до их отрыва) из-за трения о подстилающую поверхность залежи. Таким образом, очевидно, что задний угол должен быть отличен от нуля и принимать значение $0^\circ < \gamma \leq 5^\circ$. Тогда угол атаки расстила $85^\circ \leq \theta < 90^\circ$, что обеспечивается за счет угла установки сопла $\alpha = 30^\circ$ и угла активации расстила $55^\circ \leq \beta < 60^\circ$. Данные параметры следует считать рациональными.

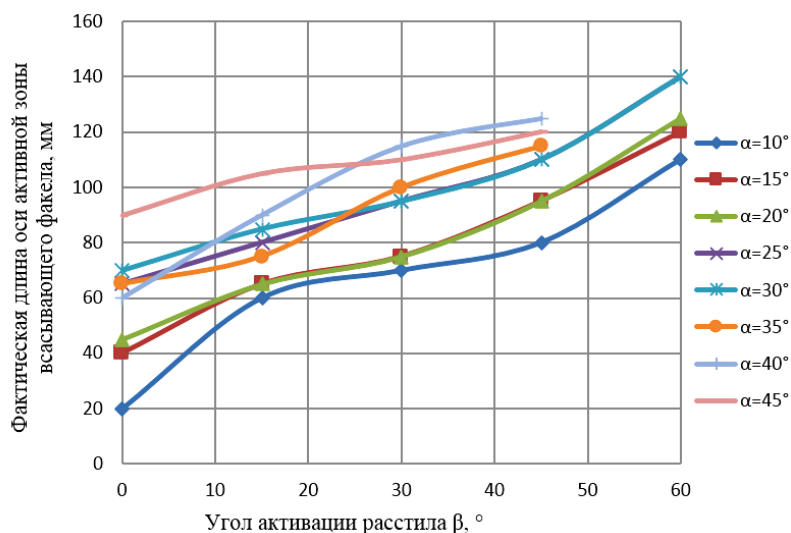


Рис. 8. Зависимость фактической длины оси активной зоны всасывающего факела от угла установки сопла α и переднего угла мундштука β (угла активации расстила) для верхового торфа: влажность $w = 44\%$; степень разложения $R = 5 \dots 10\%$

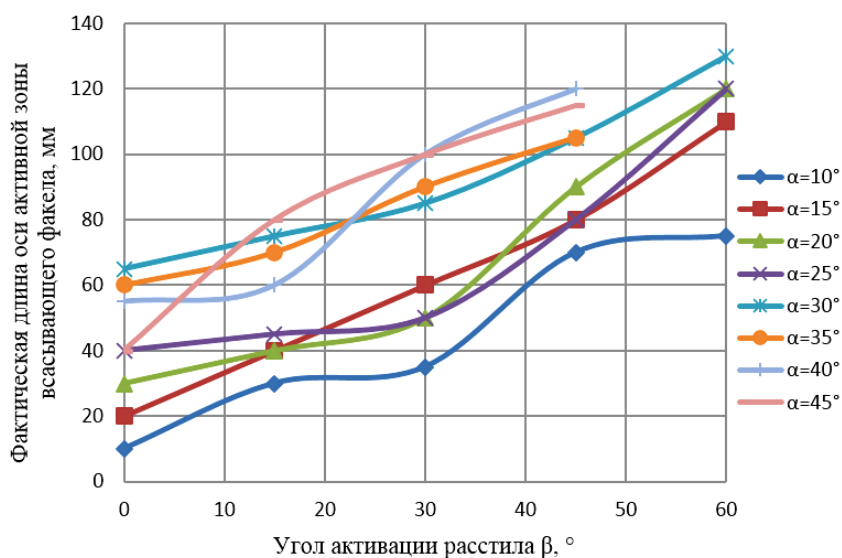


Рис. 9. Зависимость фактической длины оси активной зоны всасывающего факела от угла установки сопла α и переднего угла мундштука β (угла активации расстила) для переходного торфа: влажность $w = 48,45\%$; степень разложения $R = 35 \dots 40\%$

Для сравнения эффективности всасывания соплом с рациональным углом установки $\alpha = 30^\circ$ фрезерной крошки из верхового и переходного торфа по материалам исследования построены графики, позволившие получить уравнения зависимости

длины оси активной зоны всасывающего факела $L_{\text{фм}}$ (мм) от угла активации расстила β (рис. 10). Определены также и коэффициенты детерминации R^2 . Уравнения имеют следующий вид:

для верхового торфа:

$$L_{\text{фмв}} = 0,012\beta^2 + 0,304\beta + 65,7; R^2 = 0,99; \quad (1)$$

переходного торфа:

$$L_{\text{фмп}} = 0,004\beta^2 + 0,814\beta + 71,14; R^2 = 0,967. \quad (2)$$

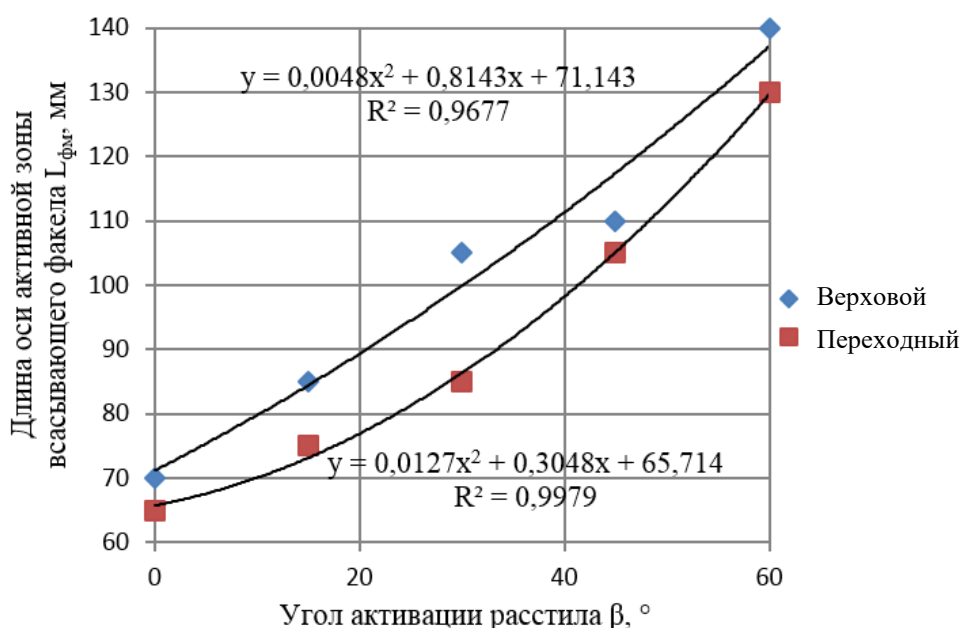


Рис. 10. Сравнение эффективности работы сопла, установленного под углом $\alpha = 30^\circ$ при всасывании верхового и переходного торфа и находящегося на расстоянии (высоте) от подстилающей поверхности $h = 25$ мм

Как видно из рис. 10, фактическая длина оси активной зоны всасывающего факела при работе с рациональным углом установки сопла $\alpha = 30^\circ$ на верховом торфе всегда выше, чем на переходном, на 5...23 %. При этом наибольшая разница между ними наблюдается при угле активации расстила $\beta = 30^\circ$.

Корреляционный анализ указанных выше зависимостей, проведенный по стандартной методике [11, 12], показал, что связь между длиной оси активной зоны всасывающего факела и углом активации расстила практически функциональная (коэффициенты корреляции в обоих случаях больше 0,94).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. При анализе скорости воздушного потока по оси всасывающего факела отмечено, что наиболее сильные «пики», свидетельствующие о сильной турбулентности потока, наблюдаются при угле атаки расстила θ , приближающемся к 90° , что реализуется одновременно углом установки сопла α и углом активации расстила β .

2. Предложенные формы мундштуков позволяют увеличить интенсивность всасывания, оцениваемую по критерию максимальной длины оси активной зоны всасывающего факела. Наибольшей эффективностью всасывания отличается система с углом установки сопла $\alpha = 30^\circ$, углом активации расстила $55^\circ \leq \beta < 60^\circ$ и углом атаки расстила $85^\circ \leq \theta < 90^\circ$. Данные параметры следует считать рациональными. При этом длина оси активной зоны всасывающего факела при использовании мундштука увеличивается более чем в 2 раза по сравнению с «безмундштучной» работой сопла.

3. Для условий всасывания фрезерной торфяной крошки из верхового и переходного типов торфа и установки сопла под рациональным углом всасывания $\alpha = 30^\circ$ получены математические модели, позволяющие определить длину оси активной зоны всасывающего факела в зависимости от угла активации расстила.

4. Проведенный корреляционный анализ позволил сделать вывод о тесной, практически функциональной связи между длиной оси активной зоны всасывающего факела и углом активации расстила.

Таким образом, использование мундштуков на всасывающих соплах с обоснованными рациональными параметрами позволит значительно повысить эффективность уборочно-транспортных операций при добыче торфа [13] и сократить потери торфа [14], а следовательно, способствовать более рациональному хозяйствованию и бережному обращению с бесценным природным ресурсом, каковым, без сомнения, торф и является [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Прягаев Ю.В. Есть ли будущее у пневмовалкователя? // *Торф и Бизнес*. 2007. № 2 (8). С. 23–26.
2. Горцакалян Л.О. Расчет и конструирование пневматических установок для уборки и транспортировки фрезерного торфа. Калинин: КПИ. 1973. 120 с.
3. Волкус С.П., Кислов Н.В. Исследование аэродинамики пневмоуборочного сопла // *Технология торфяного производства и торфяные машины*. Вып. 2. Минск: Вышэйшая школа. 1973. С. 23–29.
4. Волкус С.П., Кислов Н.В. Результаты определения потерь давления в пневмоуборочном сопле при работе на чистом воздухе // *Технология торфяного производства и торфяные машины*. Вып. 2. Минск: Вышэйшая школа. 1973. С. 78–91.
5. Кислов Н.В., Волкус С.П. Исследование работы пневматических сопел на торфовоздушной смеси // *Технология торфяного производства и торфяные машины*. Вып. 2. Минск: Вышэйшая школа. 1973. С. 92–102.
6. Рогов В.А. Влияние состава и свойств древесной пыли на режим работы и параметры централизованной пылеуборочной установки. Дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск. 1983. 225 с.
7. 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*. V. 278. The Second Interregional Conference «Sustainable Development of Eurasian Mining Regions (SDEMR-2021)». Electronic Edition. 2021. Article No. 01021.
8. Яблонев А.Л., Щербакова Д.М. Зависимость фактической длины оси всасывающего факела от угла установки сопла торфяной пневмоуборочной машины // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 11 (113). Ч. 1. С. 79–85.

9. 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.

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

11. Богатов Б.А., Копенкин В.Д. Математические методы в торфяном производстве. М.: Недра. 1991. 240 с.

12. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука. 1988. 480 с.

13. 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.

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 мундштука для всасывающего сопла торфяной пневмоуборочной машины // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2022. № 1 (13). С. 46–56.

JUSTIFICATION OF MOUTHPIECE PARAMETERS FOR A SUCTION NOZZLE OF A PEAT PNEUMATIC HARVESTER

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 efficiency of suction of milling chips by pneumatic peat harvesters is largely determined by the height and angle of installation of the suction nozzle in relation to the underlying surface. However, the issue of increasing the efficiency of the machine with a constant suction speed is not limited to this. To increase the efficiency of the pneumatic harvester, it is proposed to equip the suction nozzles with mouthpieces. The study has proved, that the maximum efficiency, according to the criterion of the length of the axis of the active zone of the suction flare, has a nozzle, installed at an angle of 30...35°, equipped with a mouthpiece with an activation angle of 50...55°. Comparison of the efficiency of the nozzle without a mouthpiece and with a mouthpiece showed that the proposed mouthpiece is able to more, than double the length of the axis of the active zone of the suction plume, and, consequently, to increase the efficiency of the machine.

Keywords: peat, pneumatic peat harvester, suction nozzle, air speed, anemometer, peat crumb, mouthpiece, spread activation angle, spread angle of attack.

REFERENCES

1. Priagayev Yu.V. Does the pneumatic roller have a future? *Torf i Biznes*. 2007. No. 2 (8), pp. 23–26. (In Russian).
2. Gortsakalyan L.O. Raschet i konstruirovaniye pnevmaticheskoy ustanovki dlia uborki i transportirovki frezernogo torfa [Calculation and design of pneumatic installations for harvesting and transporting milled peat]. Kalinin: KPI, 1973. 120 p.
3. Volkus S.P., Kislov N.V. Study of the aerodynamics of a pneumatic harvesting nozzle. *Peat Production Technology and Peat Machines. Issue 2*. Minsk: Visheishaya shkola. 1973, pp. 23–29. (In Russian).
4. Volkus S.P., Kislov N.V. The results of determining the pressure loss in the pneumatic harvesting nozzle when working in clean air. *Peat Production Technology and Peat Machines. Issue 2*. Minsk: Visheishaya shkola. 1973, pp. 78–91. (In Russian).
5. Kislov N.V., Volkus S.P. Study of the operation of pneumatic nozzles on a peat-air mixture. *Peat Production Technology and Peat Machines. Issue 2*. Minsk: Visheishaya shkola, 1973. pp. 92–102. (In Russian).
6. Rogov V.A. Influence of the composition and properties of wood dust on the operating mode and parameters of a centralized dust extraction plant. Cand. Diss. (Engineering). Krasnoyarsk. 1983. 225 p. (In Russian).
7. 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. V. 278. The Second Interregional Conference «Sustainable Development of Eurasian Mining Regions (SDEMR-2021)»*. Electronic Edition. 2021. Article No. 01021.
8. Yablonev A.L., Scherbakova D.M. Dependence of the actual length of the axis of the suction flare on the angle of installation of the nozzle of the peat pneumatic harvester. *Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2021. No. 11 (113). Part 1, pp. 79–85. (In Russian).
9. Yablonev A.L., Scherbakova D.M. Substantiation of the parameters of the installation of the nozzle of the peat pneumatic harvester over the underlying surface of the deposit. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Tekhnicheskiye nauki»*. 2021. No. 4 (12), pp. 38–45. (In Russian).
10. Geiler V.L., Dubovikov S.L. Experience of CJSC «Rostorfinvest». *Torf i Biznes*. 2006. No. 1 (3), pp. 18–21. (In Russian).
11. Bogatov B.A., Kopenkin V.D. Matematicheskiye metodi v torfianom proizvodstve [Mathematical methods in peat production]. Moscow: Nedra. 1991. 240 p.
12. Ventcel E.S., Ovcharov L.A. Teoriya veroyatnostei i yeye ingenerniye prilogeniya [Probability theory and its engineering applications]. Moscow: Nauka. 1988. 480 p.
13. Panov V.V., Misnikov O.S., Kuporova A.V. Problems and prospects for the development of peat production in the Russian Federation. *Gorniy Informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2017. No. 5, pp. 105–117. (In Russian).
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: 18.12.2021; после рецензирования/revised: 27.12.2021;
принята/accepted: 30.12.2021