

УДК 674.055

**П. В. Рудак<sup>1</sup>, П. Бир<sup>2</sup>, А. Балтрушайтис<sup>3</sup>, О. Г. Рудак<sup>1</sup>, Е. Ю. Разумов<sup>4</sup>, Е. А. Зборин<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет<sup>2</sup>Варшавский университет естественных наук<sup>3</sup>Каунасский технологический университет<sup>4</sup>Поволжский государственный технологический университет**АСПИРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ ГРУПП  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ  
С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

В статье приводятся результаты разработки и испытания эффективного устройства удаления стружки и пыли из области резания при фрезеровании плитных древесных материалов на деревообрабатывающих станках с числовым программным управлением в условиях выполнения обработки при различных направлениях вектора подачи инструмента.

Вытяжное устройство поворачивают относительно оси вращения инструмента и устанавливают разрывом ограждения по ходу движения подачи инструмента так, чтобы проекция вектора скорости подачи и проекция разрыва гибкой юбки-ограждения на плоскость обрабатываемого плитного материала были взаимно перпендикулярны, и в процессе фрезерования при повороте вектора подачи инструмента на некоторый угол одновременно на такой же угол поворачивают вытяжное устройство.

В процессе работы в вытяжном колпаке-стружкоприемнике формируется воздушный поток благоприятного с точки зрения удаления отходов обработки направления – в результате прохождения воздуха в колпак-стружкоприемник через широкий разрыв гибкой юбки-ограждения и отвода воздуха через щелевидный воздухозаборник, оканчивающийся патрубком, соединенным с источником пониженного давления.

В результате экспериментальных исследований установлено, что применение разработанной системы удаления отходов из зоны резания позволило достигнуть эффективности удаления стружки и пыли до 99,6% без увеличения мощности привода вентилятора. Величины результирующих скоростей по трем взаимно перпендикулярным направлениям для исследованных точек внутри разработанного стружкоприемника по сравнению с величинами результирующих скоростей для исследованных точек в стружкоприемнике обрабатываемого центра ROVER B 4.35 выше на 11,4–17,3%.

**Ключевые слова:** аспирация, деревообрабатывающий станок, фрезерование, плитные материалы, стружка, кинетическая энергия.

**P. V. Rudak<sup>1</sup>, P. Beer<sup>2</sup>, A. Baltrusaitis<sup>3</sup>, O. G. Rudak<sup>1</sup>, E. Yu. Razumov<sup>4</sup>, E. A. Zborin<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Belarusian State Technological University<sup>2</sup>Warsaw University of Life Sciences<sup>3</sup>Kaunas University of Technology<sup>4</sup>Volga State University of Technology**ASPIRATION DEVICE FOR MILLING GROUPS  
OF WOODWORKING MACHINES WITH NUMERICAL PROGRAM CONTROL**

The article presents the results of the design and testing of an effective device for chip and dust evacuation from the cutting zone during wood materials milling. The aspiration device can be used for woodworking CNC machines during complex curvilinear trajectories of milling.

The device uses chips and dust kinetic energy for their capture. Inside the device creates an air stream that passes through the cutting zone. The aspiration device may be rotated around its axis and airflow is constantly directed along the trajectory of chip movement.

In the result of experiments it is found that device captures chips and dust in milling 99.6% better. The power of the fan drive is not increased.

Comparison of air flow velocities was made in different directions inside our aspiration device and inside aspiration device of woodworking CNC machine ROVER B 4.35 of «BIESSE Group». It was found that the air velocity in the new device was 17.3% higher.

The highest efficiency of the device appear when using the mill, which reduces chips and dust output speed. Such a tool directs toward each other dense streams of chips, which are cut from the external surfaces of plate wood materials.

**Key words:** aspiration, woodworking machine, milling, board materials, chips, kinetic energy.

**Введение.** На сегодняшний день широкое распространение получили деревообрабатывающие станки с числовым программным управлением (ЧПУ) на которых за одну установку заготовки на рабочем столе реализуют поочередно различные операции.

Одним из наиболее часто осуществляемых процессов является фрезерование по сложным криволинейным траекториям, которое сопровождается образованием большого количества отходов обработки – стружки и пыли. При этом пылестружкоприемники распространенных конструкций не всегда обеспечивают требуемый высокий уровень эффективности аспирации [1].

Разработано вытяжное устройство обрабатывающего центра, состоящее из колпака стружкоприемника со щелевидным воздухозаборником, и гибкой юбкой с широким разрывом со стороны колпака-стружкоприемника, противоположной щелевидному воздухозаборнику [2].

Данное вытяжное устройство наиболее эффективно в случае, когда широкий разрыв гибкой юбки-ограждения оказывается по ходу подачи инструмента (рис. 1, верхний левый угол). В этом случае сноп стружки выбрасывается инструментом в направлении воздухозаборника.

Во время иного положения разрыва юбки по отношению к вектору подачи инструмента полнота удаления стружки и пыли из зоны резания сокращается.

Целью работы является разработка и испытания устройства, обеспечивающего эффективную аспирацию в процессе фрезерования плитных древесных материалов при различных направлениях вектора подачи инструмента.

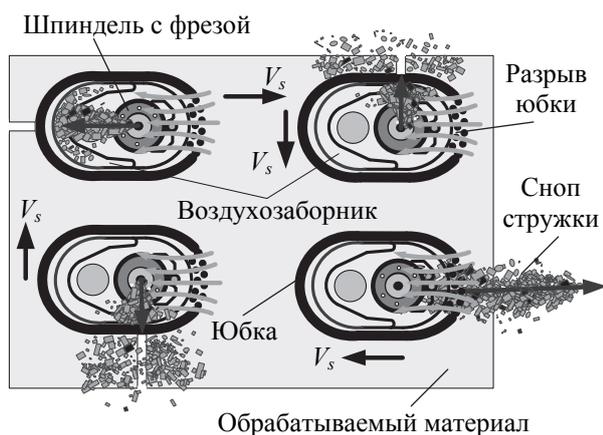


Рис. 1. Схема вытяжного устройства обрабатывающего центра, поясняющая влияние направления вектора подачи инструмента на эффективность аспирации стружки и пыли в процессе резания

**Основная часть.** Разработанная методика аспирации предполагает применение поворот-

ного вытяжного устройства, состоящего из колпака-стружкоприемника с прикрепленной к гофрированной юбке гибкой юбкой-ограждением с изогнутой образующей и с широким разрывом со стороны колпака-стружкоприемника, противоположной щелевидному воздухозаборнику, и несколькими рядами щеточных пучков, размещенными в разрыве в шахматном порядке, имеющего патрубок для соединения с источником пониженного давления (рис. 2).

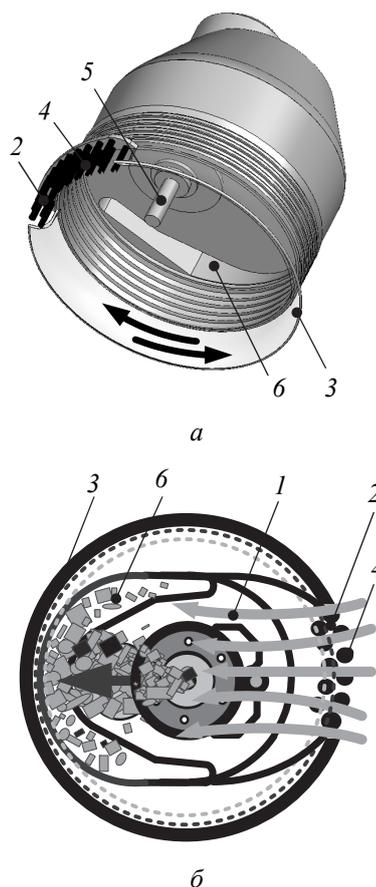


Рис. 2. Внешний вид (а) и схема (б) вытяжного устройства с возможностью поворота относительно оси вращения инструмента

В процессе работы в вытяжном колпаке-стружкоприемнике формируется воздушный поток 1 благоприятного с точки зрения удаления отходов обработки направления – в результате прохождения воздуха в колпак-стружкоприемник через широкий разрыв 2 гибкой юбки-ограждения 3, между щеточными пучками 4, инструмент 5 и отводом воздуха через щелевидный воздухозаборник 6, оканчивающийся патрубком, соединенным с источником пониженного давления.

Отходы обработки – стружка, пыль, мелкие частицы обрабатываемого материала в процессе резания отделяются от заготовки и выбрасываются из межзубых впадин инструмента 5.

В связи с выбросом отходов обработки в сторону благоприятно направленного воздушного потока  $I$  происходит их эффективное всасывание в щелевидный воздухозаборник  $b$ , находящийся на пути движения снопа отходов.

В процессе применения вытяжное устройство сервоприводом поворачивают относительно оси вращения инструмента и устанавливают разрыв гибкой юбки-ограждения по ходу подачи инструмента так, чтобы проекция вектора скорости подачи  $V_{sx}$  и проекция разрыва гибкой юбки-ограждения  $p_x$  на плоскость обрабатываемого плитного древесного материала были взаимно перпендикулярны, и в процессе фрезерования при повороте вектора подачи инструмента на угол  $\varphi$  одновременно на такой же угол  $\varphi$  поворачивают вытяжное устройство (рис. 3).

Эффективность разработанного вытяжного устройства оценивалась по проценту массы стружки, удаленной системой аспирации от массы стружки, отделенной от заготовки.

При этом масса стружки, удаленная системой аспирации, находилась как разность массы стружки, отделенной от заготовки и массы собранной стружки, оставшейся неуловленной. Масса стружки, отделенная от заготовки, находилась по объему обработанного материала и средней плотности плиты.

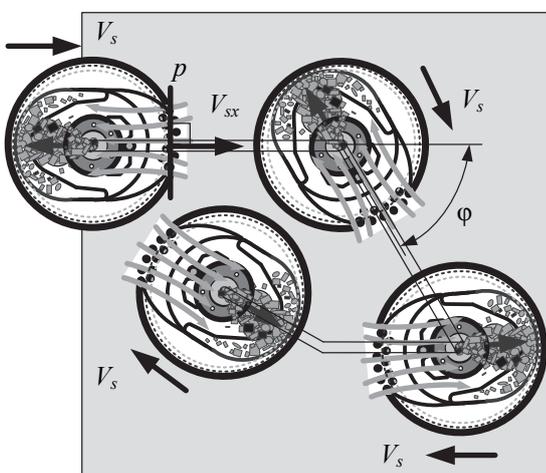


Рис. 3. Применение вытяжного устройства с возможностью поворота относительно оси вращения инструмента

Обрабатываемый материал – древесностружечная плита производства EGGER Eurospan (Румыния) с отделкой с двух сторон ламинатом. Толщина плиты – 18 мм. Средняя плотность –  $670 \text{ кг/м}^3$  – контролировалась определением средней массы 5 кубиков  $18 \times 18 \times 18 \text{ мм}$ , вырезанных с различных участков плиты. Процент связующего – 10%.

Эксперименты проводились для трех возможных схем обработки плиты (рис. 4).

Эксперимент по схемам 1 и 3 осуществлялся на участке обработки длиной 1500 мм; по схеме 2 – длиной 500 мм.

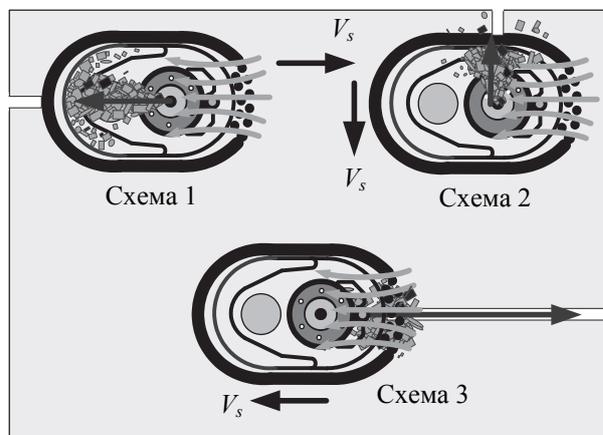


Рис. 4. Схемы обработки плиты в ходе экспериментальных исследований эффективности разработанного вытяжного устройства

Частота вращения фрезы в экспериментах  $16\,000 \text{ мин}^{-1}$ , скорость подачи 4 м/мин.

Для оценки эффективности разработанной системы на том же режиме проводилась обработка заготовки с применением стружкоприемника распространенной конструкции (стружкоприемник обрабатывающего центра ROVER В 4.35, концерн «BIESSE Group»). Выполнялось трехкратное дублирование опытов.

В таблице представлены средние по результатам дублированных экспериментов данные по массе стружки, отделенной от заготовки  $m_{ct}$ , массе стружки  $m_c$ , уловленной стружкоприемником станка и проценту улавливания стружки  $\Pi_c$  при обработке инструментом распространенной конструкции, массе стружки  $m_{cb}$ , уловленной разработанной системой и проценту улавливания стружки  $\Pi_{cb}$  разработанной системой, а также данные по повышению процента уловленной стружки разработанной системой  $\Pi_s$ .

Применение разработанной системы удаления отходов позволило достигнуть эффективности удаления стружки и пыли до 99,6% без увеличения мощности привода вентилятора.

В разработанном стружкоприемнике и стружкоприемнике обрабатывающего центра ROVER В 4.35 выполнены замеры скоростей ( $V_1, V_2, V_3$ ) аспирирующих воздушных потоков в трех взаимно перпендикулярных направлениях для четырех точек внутри стружкоприемников на высоте середины инструмента, установленного в шпиндель станка (рис. 5).

Для каждой точки на основе замера скоростей воздушных потоков  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$  определяли результирующую скорость.

#### Результаты экспериментальных исследований эффективности аспирации разработанного вытяжного устройства

Схема	Длина обработки, мм	$m_{ст}$ , г	$m_c$ , г	$m_{п}$ , г	$\Pi_c$ , %	$\Pi_{п}$ , %	$\Pi_{э}$ , %
1	1500	361,3	301,3	359,8	83,4	99,6	16,2
2	500	120,1	98,1	115,8	81,7	96,4	14,7
3	1500	361,3	288,7	331,3	79,9	91,7	11,8

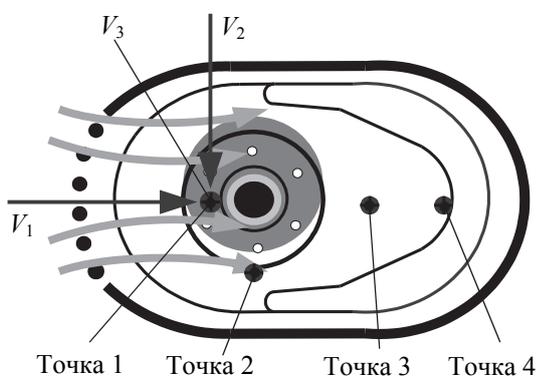


Рис. 5. Схема расположения точек замера скоростей воздушных потоков в стружкоприемниках

Исследования показали, что величины результирующих скоростей для четырех исследованных точек в разработанном стружкоприемнике по сравнению с величинами результирующих скоростей для четырех исследованных точек в стружкоприемнике обрабатывающего центра ROVER B 4.35 выше на 11,4–17,3%.

Для обеспечения достигнутого увеличения скоростей аспирирующих воздушных потоков до 17,3% при исходных площади сечения стружкоприемника и потере давления потребо-

валось бы увеличить мощность привода вентилятора на такой же процент.

Таким образом, разработанная система удаления отходов обработки из зоны фрезерования является энергосберегающей и эффективной.

**Заключение.** Разработаны методика и устройство эффективного энергосберегающего улавливания стружки и пыли при фрезеровании древесностружечных плит, позволяющие по сравнению с методикой и устройством концерна BIESSE Group повысить эффективность улавливания стружки и пыли до 99,6% при повышении скоростей воздушных потоков в стружкоприемнике до 17,3% без увеличения мощности привода системы аспирации, благодаря чему обеспечивается энергосбережение.

Разработанное аспирационное устройство наиболее эффективно в сочетании с фрезерным инструментом, обеспечивающим уменьшение скорости выхода стружки из зоны резания [2].

Благодаря использованию кинетической энергии стружки и пыли, обеспечиваемому расположением воздухозаборника на пути выхода отходов обработки из зоны резания, организации в вытяжном устройстве воздушного потока благоприятного направления, частичной герметизации зоны аспирации достигается повышение эффективности и сокращение энергетических затрат на аспирацию.

Описанный способ аспирации при фрезеровании плитных древесных материалов можно использовать при обработке древесностружечных плит, древесноволокнистых плит, плит MDF и других плитных древесных материалов на станках с ЧПУ с верхним расположением фрезерного шпинделя на деревообрабатывающих, мебельных, столярно-строительных предприятиях, а также в производствах музыкальных инструментов, авиа- и вагоностроении, сельхоз-машиностроении, автостроении, при конструировании и модернизации дереворежущих станков; проектировании пылестружкоприемников, систем аспирации.

#### Литература

1. Рудак П. В., Куис Д. В. Снижение шумовых характеристик и повышение эффективности удаления стружки из зоны резания при эксплуатации дереворежущих машин // Труды БГТУ. 2011. № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 245–247.
2. Совершенствование систем аспирации в деревообработке / П. В. Рудак [и др.] // Энергоэффективность. 2013. № 6. С. 24–27.

#### References

1. Rudak P. V., Kuis D. V. Noise characteristics reduction and increased efficiency of chip evacuation from the cutting zone in the woodcutting machines operation. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2011, no. 2, Forest and Woodworking Industry, pp. 245–247 (in Russian).
2. Rudak P. V., Rudak O. G., Baltrusaitis A., Kyaturakis G. Improvement of aspiration in the wood-working. *Energoeffektivnost'* [Energy Efficiency], 2013, no. 6, pp. 24–27 (in Russian).

### Информация об авторах

**Рудак Павел Викторович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения и технологии металлов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: RudakPV@belstu.by

**Бир Петр** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и предпринимательства в деревообрабатывающей промышленности. Варшавский университет естественных наук (02-787, г. Варшава, ул. Новоурсиновская, 166, Республика Польша). E-mail: piotr\_beer@sggw.pl

**Балтрушайтис Антанас** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии деревообработки. Каунасский технологический университет (44249, г. Каунас, ул. К. Донилайтиса, 73, Республика Литва). E-mail: antanas.baltrusaitis@ktu.lt

**Рудак Оксана Геннадьевна** – магистр технических наук, ассистент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: RudakOG@belstu.by

**Разумов Евгений Юрьевич** – доктор технических наук, доцент, доцент кафедры деревообрабатывающей промышленности. Поволжский государственный технологический университет (424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, Республика Марий Эл). E-mail: evgeny.razumov2011@yandex.ru

**Зборин Евгений Александрович** – студент. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ZborinEA@tut.by

### Information about the authors

**Rudak Pavel Viktorovich** – Ph. D. Engineering, assistant professor, assistant professor, Department of Materials Science and Metal Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: RudakPV@belstu.by

**Beer Piotr** – D. Sc. Engineering, professor, head of the Department of Technology and Entrepreneurship in Woodworking Industry. Warsaw University of Life Sciences (166, Nowoursynowska str., 02-787, Warsaw, Republic of Poland). E-mail: piotr\_beer@sggw.pl

**Baltrusaitis Antanas** – Ph. D. Engineering, assistant professor, head of the Department of Wood Technology. Kaunas University of Technology (73, K. Donelaicio str., 44249, Kaunas, Republic of Lithuania). E-mail: antanas.baltrusaitis@ktu.lt

**Rudak Oksana Genadievna** – master of Engineering, assistant, Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: RudakOG@belstu.by

**Razumov Evgeny Yurievich** – D. Sc. Engineering, assistant professor, assistant professor, Department of Wood Processing Industry. Volga State University of Technology (3, Lenin sq., 424000, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russian Federation). E-mail: evgeny.razumov2011@yandex.ru

**Zborin Evgeny Aleksandrovich** – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Zborin@tut.by

*Поступила 20.02.2015*