



УДК 621.9.014.8.62.24

А.Е. КОВАЛЕВ, аспирант, А.М. ТИХОНЦОВ, д.т.н., профессор

Днепродзержинский государственный технический университет (ДГТУ), г. Днепродзержинск

## РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУЖКИ

Проведенный технико-экономический анализ существующего в отечественной и зарубежной промышленности оборудования для выделения металлической стружки из потока пульпы и обезвоживания стружки при ее переработке позволил рекомендовать более эффективное оборудование. В результате предложены новые конструкции барабанного стружкоотделителя и центрифуги с импульсной выгрузкой осадка, обеспечивающие остаточную влажность стружки 1,5–2 %.

**стружка, смазочно-охлаждающая жидкость, центрифуга, фильтрация, комплексная система, лезвийная обработка, барабанный стружкоотделитель, импульсная выгрузка**

При работе металлорежущего оборудования механических цехов возникает необходимость безотходных экологически чистых технологий. Эта проблема связана с созданием комплексных систем, обслуживающих основное технологическое оборудование и оборудование для эксплуатации смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и переработки отходов механической обработки (стружки, шлама шлифовальных станков).

Анализ последних исследований показывает, что отсутствие специального оборудования для отделения стружки из потока пульпы и ее обезвоживания приводит к потерям металла, большим эксплуатационным расходам, загрязнению окружающей природной среды, снижению культуры производства. При работе металлорежущих станков с применением водной СОЖ со стружкой уносится большое количество смазочно-охлаждающих жидкостей, что создает экологическую опасность при транспортировке и временном хранении увлажненной стружки. В цехе при складировании и погрузке стружки большая часть эмульсии стекает на пол, разлагается, создавая антисанитарные условия. Еще большую экологическую опасность создает увлажненная стружка при транспортировке в вагонах, поскольку СОЖ стекает на железнодорожные пути и загрязняет окружающую природную среду. С экономической точки зрения целесообразно использование увлажненной стружки посредством отделения от СОЖ и переработки с целью возврата отходов в производство; регенерация СОЖ и использование в оборотной комплексной системе снижают затраты на металлообработку. Целью данной работы является проведение анализа теоретических и экспериментальных исследований оборудования для отделения

и обезвоживания металлической стружки. На основе обширного материала, полученного Днепродзержинским государственным техническим университетом (ДГТУ), предложены новые эффективные конструкции барабанного стружкоотделителя (БСО) и центрифуги с импульсной выгрузкой осадка (ЦИВ).

Создание комплексных экологически чистых и безотходных систем обеспечивает эффективное применение технологического оборудования механических цехов (металлорежущих станков и станочных приспособлений), вспомогательного оборудования для эксплуатации СОЖ, транспортировки и переработки отходов механических цехов (металлической стружки, шлама шлифовальных станков, окалины прокатных станов, обрезки заготовок) [1]. При лезвийной обработке с применением водных СОЖ комплексная система вспомогательных процессов должна быть наиболее универсальной, включать практически все существующие вспомогательные операции. На участках переработки стружки выполняются операции ее отделения, обезвоживания от СОЖ или моечного раствора, сушка и окучивание. Наиболее сложными и трудоемкими являются операции отделения СОЖ от стружки.

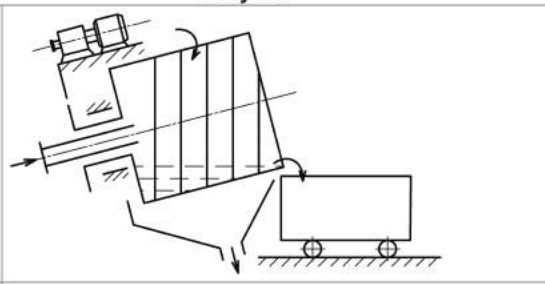
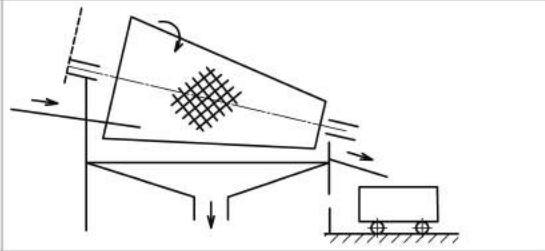
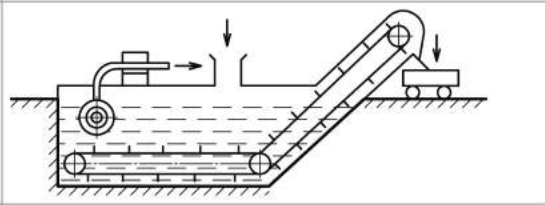
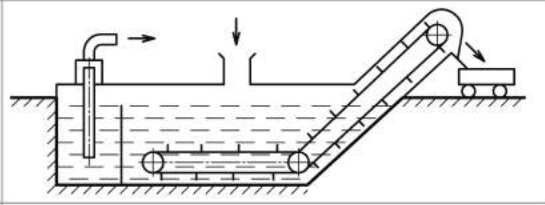
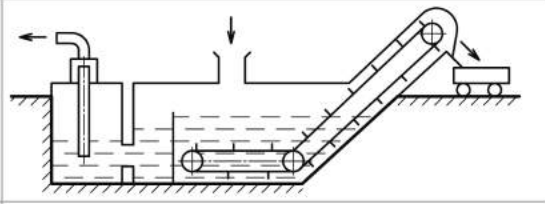
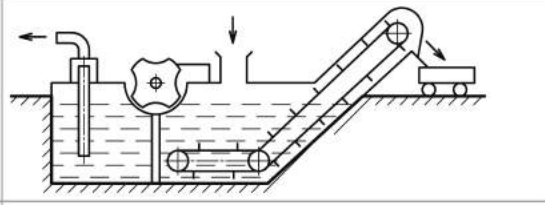
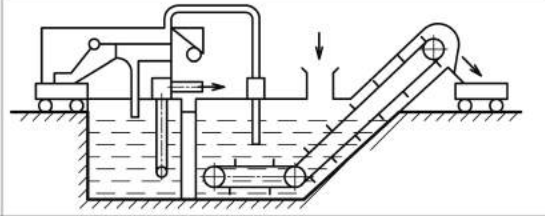
Обзор отечественной и зарубежной литературы, а также анализ работы металлообрабатывающих цехов показали, что наиболее распространены два способа отделения стружки от водных растворов СОЖ: в БСО и в гравитационных баках-отстойниках [2]. В БСО (табл. 1, а, б) вначале стружку отделяют от СОЖ, а затем поток пульпы попадает внутрь вращающегося барабана, боковая поверхность которого покрыта сеткой, при этом большая часть эмульсии фильтруется через сетку. Стружка, перемещаемая прину-

дительно или под действием силы тяжести по внутренней поверхности барабана, дополнительно обезвоживается в результате разрушения капиллярной системы и разгружается в короб. В баках-отстойниках под действием гравитационных сил твердые частицы оседают на дно емкости (табл. 1, в, г, д, е, ж). Скребковыми конвейерами осевшую

стружку удаляют со дна бака и по наклонной поверхности выгружают в короб. СОЖ, пройдя дополнительную очистку через фильтрующую перегородку, магнитный сепаратор или полосовой фильтр, подается опять на обработку.

В отечественной промышленности для отделения стружки от СОЖ используют в основном баки-отстойники

Таблица 1 – Установки для сбора и отделения стружки от эмульсии

	Рисунок	Тип	Разработчик
а)		БСО	Германия
б)		БСО	Гипромедпром, Днепродзержинский индустриальный институт (СССР)
в)		Бак-отстойник с фильтрующим барабаном	США
г)		Бак-отстойник с фильтрующей перегородкой	Проектно-конструкторский технологический институт, г. Горький (СССР)
д)		Бак с каскадной системой отстойников	–
е)		Бак-отстойник с магнитным сепаратором	–
ж)		Бак-отстойник с полосовым фильтром	Фирмы РЕНО, САК (Германия)



с фильтрующей перегородкой. При больших расходах пульпы эти баки не обеспечивают качественного отделения стружки, так как некоторые твердые частицы из-за большой скорости потока не достигают дна и выносятся в нагнетательную линию. Унос СОЖ со стружкой на этих устройствах составляет 8–12 %.

В ДГТУ разработана и доведена до промышленного образца эффективная конструкция БСО, представленная на рис. 1.

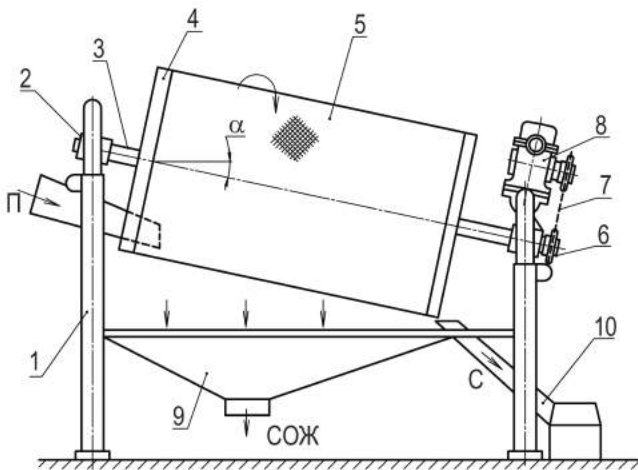


Рисунок 1 – Барабанный стружкоотделитель

Стружкоотделитель имеет раму 1, на которую в подшипниках 2 на валу 3 установлен барабан 4 цилиндрической формы. Боковая поверхность барабана покрыта металлической сеткой 5 с ячейками размером 0,5–1,5 мм; нижняя образующая барабана наклонена к горизонту под углом  $\alpha$ . Вращение на вал барабана 6 передается через цепь 7 от редуктора 8. Пульпа (П) через загрузочное устройство подается во вращающийся барабан. СОЖ стекает сквозь сетку вниз на поддон 9, а затем – в бак. Стружка (С) многократно перемешивается и через разгрузочное устройство 10 выгружается в короб. Перемешивание позволяет разрушить капиллярную систему, которая удерживает СОЖ между отдельными частицами стружки. Отделенная таким образом жидкость стекает через сетку в поддон. Как уже указывалось, все устройства для разделения пульпы на составляющие фазы имеют общий недостаток: со стружкой уносится 8–12 % СОЖ. Если учесть ее высокую стоимость, то можно сделать вывод о значительных экономических потерях, связанных с безвозвратным уносом СОЖ. Увлажненная стружка создает также ряд экологических проблем, связанных с ее транспортировкой и временным складированием, ценность полученных из нее брикетов значительно снижается.

Дальнейшее обезвоживание стружки может производиться с помощью центрифуг, обеспечивая остаточ-

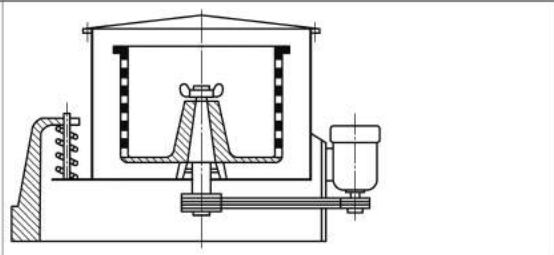
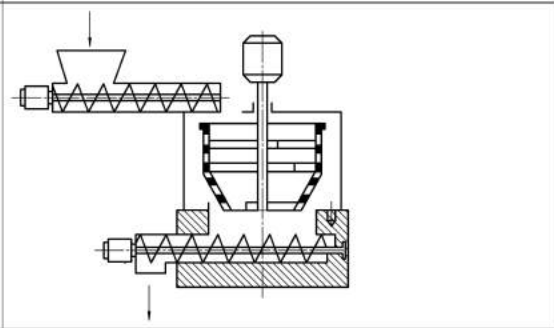
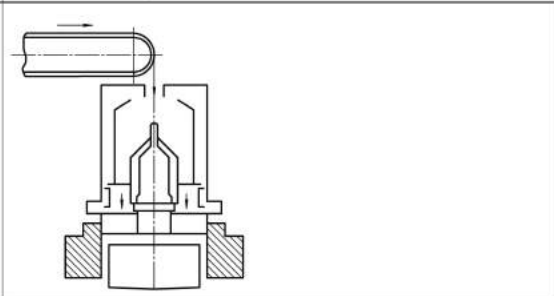
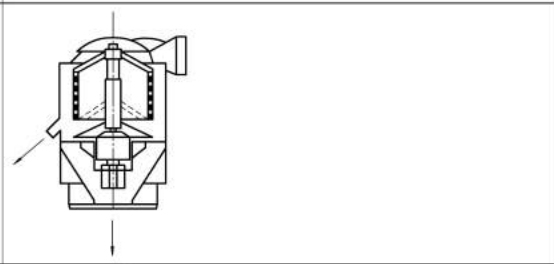
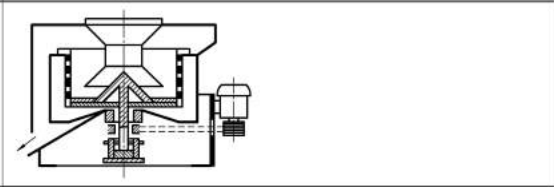
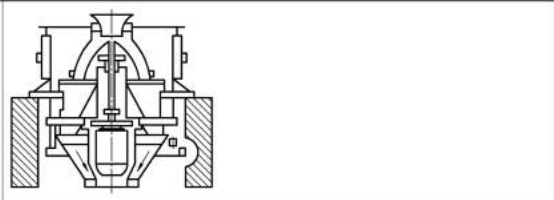
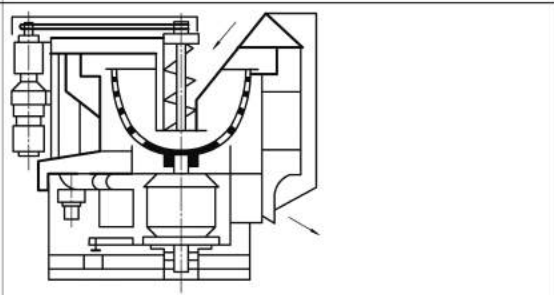
ную влажность 1,5–2 % [3]. Для обезвоживания стружки и шламов шлифовальных станков существует ряд конструкций центрифуг (табл. 2), которые можно разделить на три группы: периодического, циклического и непрерывного действия.

В центрифуге периодического действия на подвеске (табл. 2, а), состоящей из фундаментной рамы и опорных колонок, – станина, на которой монтируются все основные узлы и детали центрифуги. К недостаткам данной конструкции относятся небольшая производительность, трудоемкость процесса обслуживания, затраты времени на разгон и остановку ротора. В центрифугах циклического действия (табл. 2, б, в, г) обрабатываемая стружка загружается в ротор, вращающийся с частотой 400 мин<sup>-1</sup>. После окончания загрузки частота вращения увеличивается до 800 мин<sup>-1</sup>, и происходит процесс обезвоживания. При торможении ротора скорость вращения падает, и под действием силы тяжести стружка выгружается через открытое днище. Жидкость, отделенная от стружки, фильтруется через перфорированную поверхность ротора и отводится через штуцер. По окончании цикла ротор набирает начальную скорость вращения, и процесс повторяется. К недостаткам данного вида центрифуги следует отнести высокую потребляемую мощность, сложность конструкции, трудоемкость обслуживания, работу на постоянном токе.

Принцип работы центрифуг непрерывного действия (табл. 2, д, е, ж) следующий: стружка подается во вращающийся ротор с толкателем и под действием центробежной силы попадает в нижнюю зону ротора. Пульсирующий толкатель при передвижении вверх перемещает стружку вдоль ротора, при обратном движении толкателя освобождается место для новой порции. По мере прохождения стружки вдоль стенок ротора происходит отделение жидкости, которая поступает в сборник и насосом откачивается на очистку. Сухая стружка поднимается по поверхности ротора, доходит до края и выгружается из него. Основным недостатком данной конструкции является принудительная выгрузка стружки, что создает дополнительные нагрузки на узлы центрифуги и увеличивает их износ.

Известные способы удаления СОЖ с поверхности стружки малоэффективны, так как используется оборудование других отраслей промышленности. Недостаточно решающих экологические проблемы. Отсутствие теоретических и экспериментальных исследований в данной области определяет низкую эффективность существующего в отечественной промышленности оборудования. Эта проблема может быть решена путем использования экологически эффективного оборудования иностранных фирм. Однако отечественные производители, как правило, не могут приобрести оборудование иностранно-

Таблица 2 – Центрифуги для обезвоживания стружки

Рисунок	Тип	Производительность, т/час	Разработчик
<p>а)</p> 	<p>TK-1200-2 Периодического действия</p>	<p>2,5</p>	<p>НИИ ХИММАШ</p>
<p>б)</p> 	<p>Циклического действия</p>	<p>5,0</p>	<p>США</p>
<p>в)</p> 	<p>VZ-5 Циклического действия</p>	<p>1,0</p>	<p>Германия</p>
<p>г)</p> 	<p>Циклического действия полуавтоматическая</p>	<p>1,5</p>	<p>Фирма «Ellerwerk» (Германия)</p>
<p>д)</p> 	<p>SZ-11 Непрерывного действия</p>	<p>4,0</p>	<p>Фирма «Ellerwerk» (Германия)</p>
<p>е)</p> 	<p>Непрерывного действия</p>	<p>4,0</p>	<p>Фирма «Mayfran» (Германия)</p>
<p>ж)</p> 	<p>Непрерывного действия</p>	<p>7,5</p>	<p>Фирма «Steimel» (Голландия)</p>



го производства из-за его высокой стоимости и поэтому предпочитают не решать экологические проблемы.

Авторами разработана новая конструкция ЦИВ [4].

В предлагаемой центрифуге (рис. 2) к приводному валу 1, установленному в подшипниках 2, прикреплен фильтрующий барабан 3, внутри которого установлен перфорированный ротор 4 с распределительным конусом 5. Фильтрующий барабан 3 и перфорированный ротор 4 выполнены в виде усеченных конусов и установлены коаксиально, большим основанием в сторону выгрузки осадка. Загрузка увлажненной стружки осуществляется через наклонный желоб 6, выгрузка обезвоженной – в зазор между стенками 7. С помощью тяг 8 и пружин 9 перфорированный ротор 4 прижимается ко дну фильтрующего барабана 3. В подшипнике 10 установлен толкатель 11, упирающийся в дно перфорированного ротора 4. Пространственный кулачок 12 посредством ролика 13 контактирует со шлицевым валом 14, установленным в подшипниках скольжения 15 в корпусе привода 16. Корпус привода 16 соединен с корпусом центрифуги 17.

Увлажненная стружка через наклонный желоб 6 поступает во вращающийся перфорированный ротор 4 и под действием центробежной силы отбрасывается к его стенкам, где отделившаяся СОЖ фильтруется через перфорированные стенки ротора 4 и фильтрующего барабана 3, приводимого во вращение через приводной вал 1 электродвигателем (на рисунке не показан). Затем происходит отжим жидкости из образовавшегося осадка, сопровождающийся уплотнением. Выгрузка обезвоженной стружки обеспечивается благодаря тому, что перфорированный ротор 4, кроме вращательного движения, совершает также импульсное движение в горизонтальном направлении внутри барабана, сообщаемое толкателем 11. При вращении имеющего индивидуальный привод пространственного кулачка 12 контактирующий с ним ролик 13 приводит в поступательное движение шлицевый вал 14, импульсное движение от которого через толкатель 11, установленный в подшипнике 10, передается перфорированному ротору 4 центрифуги.

Выполнение фильтрующего барабана и перфорированного ротора в виде усеченных конусов позволяет уменьшить силу трения стружки о ротор, что приводит к снижению износа и уменьшению необходимой для разгрузки мощности привода. Связь ротора с автономным импульсным приводом от кулачкового механизма позволяет, изменяя частоту вращения кулачка, регулировать амплитуду импульсных колебаний ротора в горизонтальной плоскости, а следовательно, вре-

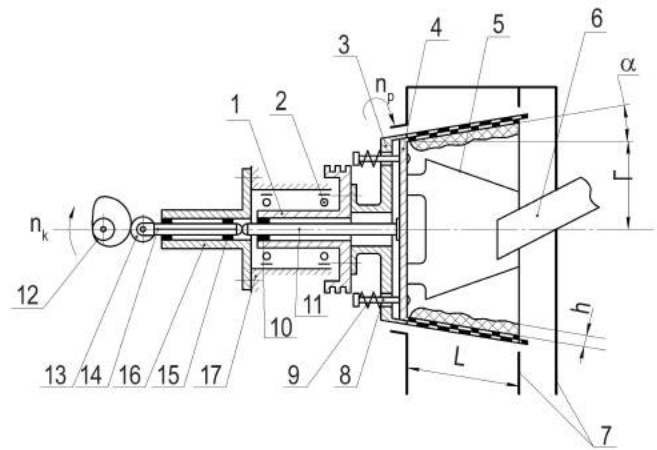


Рисунок 2 – Центрифуга с импульсной выгрузкой осадка

мя нахождения твердых частиц в полости ротора, что обеспечивает эффективное обезвоживание различных видов стружки.

## ВЫВОДЫ

1. Предложенные конструкции БСО и ЦИВ являются эффективными и могут использоваться при создании безотходных технологий переработки металлической стружки.

2. В связи с развитием машиностроения в Украине целесообразно продолжить исследования в данной области с привлечением научно-исследовательских и проектно-конструкторских технологических институтов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонцов, А.М. Разработка комплексных систем и вспомогательного оборудования для транспортирования и переработки отходов механических цехов [Текст] / А.М. Тихонцов, А.Е. Ковалев // Экология и промышленность. – 2007. – № 2. – С. 57–62.
2. Тихонцов, А.М. Вспомогательное оборудование механических цехов [Текст] / А.М. Тихонцов // Монография. – К., Донецк : Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 168 с.
3. Тихонцов, А.М. Техничко-экономическая целесообразность центрифугирования стружки [Текст] / А.М. Тихонцов, А.А. Афанасьев // Вестник машиностроения. – 1978. – № 9. – С. 81–83.
4. Тихонцов, А.М. Решение одной из экологических задач в машиностроении [Текст] / А.М. Тихонцов, А.Е. Ковалев // Сборник научных статей XIV Международной научно-практической конференции в 2 т. Т. 1. УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков : Райдер, 2006. – 416 с.

Проведений техніко-економічний аналіз обладнання вітчизняної та зарубіжної промисловості, який дозволив рекомендувати більш ефективні конструкції обладнання для виділення металевої стружки з потоку пульпи та зневоднення стружки при переробці. У результаті запропоновано нові конструкції барабанного стружководдільника та центрифуги з імпульсним вивантаженням осаду, що забезпечують залишкову вологість стружки 1,5–2%.

Technical and economic analysis of the existing domestic and foreign equipment for swarf separation from pulp flow and swarf dewatering during its processing enables recommending more effective equipment designs. New designs of a drum-type swarf-separation unit and a centrifuge with impulse sediment unloading providing 1.5 – 2% swarf residual humidity are proposed.

*Поступила в редакцію 25.12.2007*