

Разработанные и освоенные специалистами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» транзисторные преобразователи частоты мощностью до 150 кВт и частотой генерации 2,4–10,0 кГц позволяют не только увеличить скорость нагрева детали и добиться снижения затрат труда, но и уменьшить энергопотребление при внедрении преобразователя по сравнению с используемыми в данный момент на предприятиях Республики Беларусь электромашинными генераторами до 16 500 кВт·ч за год при двухсменной работе.

15.10.10.

Литература

1. Бабат, Г.И. Индуцированный нагрев металлов и его промышленное применение / Г.И. Бабат. – М.: Энергия, 1965. – 552 с.
2. Беркович, Е.И. Тиристорные преобразователи повышенной частоты для электротехнологических установок / Е.И. Беркович. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
3. Шамов, А.Н. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок / А.Н. Шамов, В.А. Бодажков. – Л.: Машиностроение, 1974. – 280 с.

УДК 621.928.37

А.В. Пашкевич

(УО «БГСХА»,

г. Горки, Республика Беларусь)

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ТРЕХПРОДУКТОВОГО ГИДРОЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИСТКИ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ

Введение

На ремонтных предприятиях для очистки поверхностей изделий от загрязнений используются моющие растворы и моченные воды. При работе они насыщаются смываемыми твердыми загрязнениями и нефтепродуктами, что приводит к потере моющей способности раствора. В большинстве случаев предприятия сливают загрязненный моющий раствор в канализацию, что наносит значительный ущерб окружающей среде. Авторы многих работ [1, 2] считают, что для сокращения объемов сточных вод предприятия и уменьшения наносимого окружающей среде ущерба необходима технологическая очистка моющего раствора в процессе его использования.

Основная часть

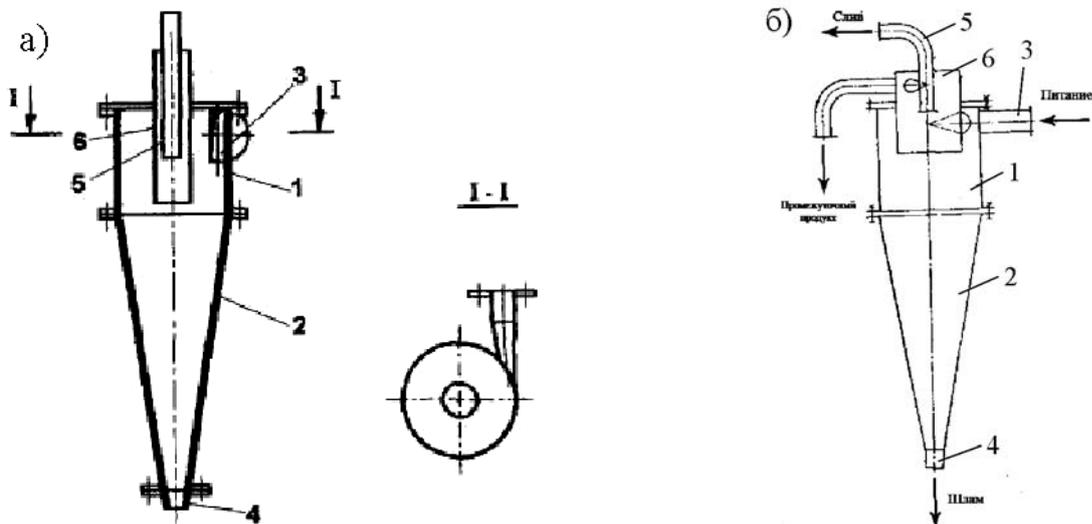
Проведенные многими авторами исследования по применению различных методов очистки моющих средств показывают, что механическая очистка в поле центробежных сил является наиболее перспективной, так как позволяет очищать моющие растворы, не изменяя их физико-химических свойств. Наиболее простыми и эффективными аппаратами, обеспечивающими создание мощных центробежных полей, являются напорные гидроциклоны. Впервые конструкция гидроциклона была предложена А.И. Востоковым в 1926 году.

Для очистки моющих растворов от накапливаемых загрязнений – твердых частиц и нефтепродуктов, применяются трехпродуктовые гидроциклоны.

Трехпродуктовый гидроциклон традиционной конструкции [1] состоит из цилиндрической 1 и конической 2 частей, соединенных между собой фланцами (рисунок 53а).

Вращение жидкости в гидроциклоне вызывается подачей исходной жидкости через тангенциальный патрубок 3, расположенный вверху цилиндрической части. Коническая часть гидроциклона оканчивается шламовой насадкой 4, через которую отводятся выделяемые из обрабатываемой жидкости твердые частицы. Для вывода жидких фракций используются два concentрических патрубка: внутренний 5 предназначен для вывода нефтепродуктов, наружный 6 – для очищенной жидкости.

Для снижения потерь очищаемой жидкости вместе с выводимыми нефтепродуктами была предложена конструкция трехпродуктового гидроциклона [3, 4], снабженного двумя concentрично расположенными сливными патрубками: внутренним 3 и наружным 4 (рисунок 53б).



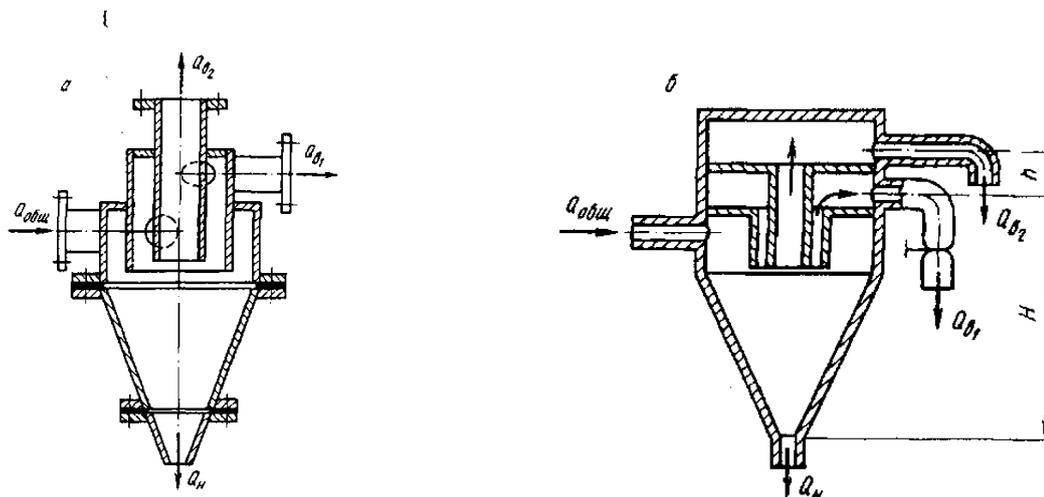
1 – цилиндрическая часть; 2 – коническая часть; 3 – впускной патрубок; 4 – шламовая насадка; 5 – отводной патрубок для вывода нефтепродуктов; 6 – отводной патрубок для вывода очищенной жидкости

Рисунок 53 – Трехпродуктовые гидроциклоны традиционной конструкции

Из гидроциклона часть слива выходит через кольцевое пространство между патрубками, а остальное количество осветленного продукта – через внутренний патрубок. Вследствие вращательного движения слива более тяжелая его фаза концентрируется у внутренней стенки наружного сливного патрубка, более легкая – ближе к оси.

При этом через кольцевое пространство выносятся более тяжелые частицы, чем через внутренний патрубок, что дает возможность точнее разделять верхний слив на два продукта.

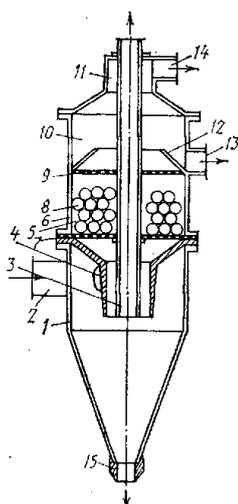
Конструкции трехпродуктовых гидроциклонов, сходных по схеме вывода нефтепродуктов с вышеописанными, представлены на рисунке 54 [5].



а – с зонной разгрузкой осветленных продуктов; б – с камерной разгрузкой осветленных продуктов с регулировкой промежуточного слива

Рисунок 54 – Трехпродуктовые противоточные гидроциклоны

Также известен гидроциклон с коалесцирующей камерой [4], предназначенный для осветления шламовых вод, содержащих эмульсионные нефтепродукты (рисунок 55).



1 – корпус; 2 – питающий патрубок; 3 – сливной патрубок для отвода нефтепродуктов; 4 – сливной патрубок для отвода осветленной жидкости с эмульгированными нефтепродуктами; 5 – коалесцирующая камера; 6 – цилиндр; 7 – нижняя решетка; 8 – твердая загрузка (фторопластовая крошка); 9 – верхняя решетка; 10 – сливная камера; 11 – колпак; 12 – конфузор; 13, 14 – патрубки для вывода очищенной жидкости и нефтепродуктов соответственно; 15 – шламовая насадка

Рисунок 55 – Гидроциклон для очистки нефтесодержащих шламовых вод

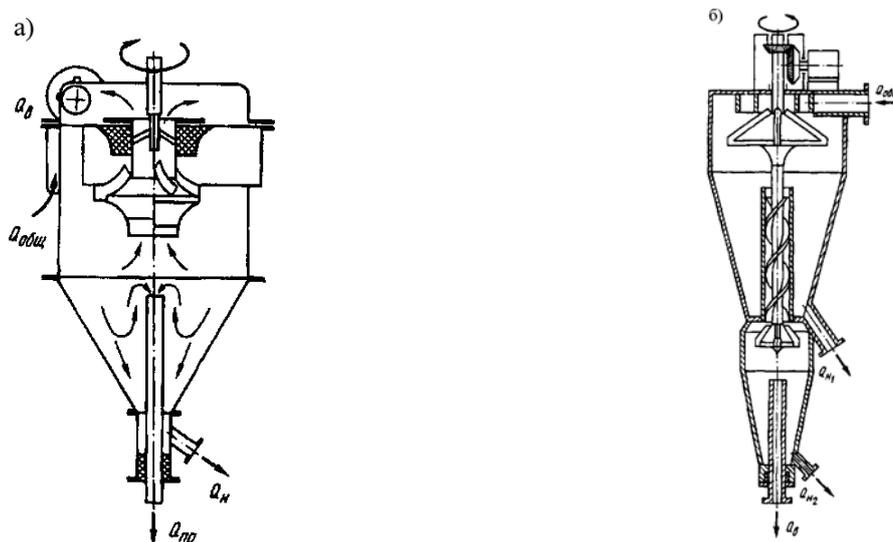
Гидроциклон работает следующим образом. Исходная шламовая вода, загрязненная нефтепродуктами, под давлением поступает через питающий патрубок 2 в рабочую полость корпуса. Тангенциальный ввод воды обеспечивает создание интенсивного вращательного движения, в результате чего под действием центробежных сил взвешенные частицы движутся по спиральной траектории к стенкам аппарата во внешнем нисходящем потоке и выводятся из него через шламовую насадку 15. Наиболее легкая фаза, состоящая из крупных включений нефтепродуктов, концентрируется у оси гидроциклона и удаляется

через сливной патрубок 3. Осветленная жидкость с эмульгированной частью нефтепродуктов, двигаясь во внутреннем восходящем потоке, поступает через сливной патрубок 4 в коалесцирующую камеру 5, загруженную фторопластовой крошкой 8. Осветленная вода, освобожденная от эмульгированных включений благодаря хорошей их смачиваемости, к материалу загрузки 8 камеры 5 проходит через верхнюю решетку 9, огибает конфузур 12 и удаляется из аппарата через патрубок 13. Накапливаемые на фторопластовой крошке 8 тонкодисперсные эмульгированные включения нефтепродуктов укрупняются и смываются восходящим потоком. В виде капель они всплывают под колпак 11 камеры 10 и затем выводятся через патрубок 14.

Недостатком такого гидроциклона является необходимость использования дополнительных материалов, в данном случае фторопластовых крошек.

Существует еще одна группа гидроциклонов – турбоциклоны (гидроциклон с турбинкой). В них в верхней части гидроциклона установлена турбинка, которая позволяет увеличить значение фактора разделения [5].

На рисунке 56 показаны конструкции трехпродуктовых турбоциклонов.



а – трехпродуктовый; б – прямоточный трехпродуктовый двухступенчатый со шнековой разгрузкой промежуточного продукта и плоскими разгонными лопастями

Рисунок 56 – Трехпродуктовые турбоциклоны

Вращательное движение обрабатываемой суспензии в таких аппаратах создается не с помощью тангенциального ее ввода, как в гидроциклонах, а турбинкой, закручивающей поступающий поток. Разделение в центробежном поле, созданном турбинкой, происходит, как и в гидроциклонах, под действием центробежных сил инерции, сил сопротивления (вязкости), архимедовой силы и силы тяжести. Сгущенный продукт (пески) удаляется, как и в обычном цилиндрическом гидроциклоне – через нижнее разгрузочное отверстие, а осветленный продукт (нефтепродукты) – через полый вал турбинки.

Однако, по мнению авторов [6], турбоциклоны не имеют существенных преимуществ, а по многим основным показателям уступают обычным цилиндрическим гидроциклонам.

Конструкция трехпродуктового гидроциклона, в котором производится автоматический вывод нефтепродуктов по мере их накопления, представлена на рисунке 57а [7].



- 1 – цилиндрическая часть; 2 – крышка; 3 – впускной патрубок; 4 – коническая часть;
 5 – шламовая насадка; 6 – патрубок для вывода очищенной жидкости;
 7 – патрубок для вывода нефтепродуктов; 8 – стакан; 9 – поплавок;
 10 – расширенная часть внутреннего патрубка;
 11 – цилиндрическая насадка; 12 – радиальные отверстия

Рисунок 57 – Трехпродуктовые гидроциклоны с автоматическим выводом нефтепродуктов

Гидроциклон работает следующим образом. Загрязненная нефтепродуктами и твердыми частицами жидкость под давлением подается в гидроциклон по входному патрубку 3 в цилиндрическую часть 1 и заполняет внутреннее пространство гидроциклона. При отсутствии подачи жидкости в гидроциклон запорный поплавок 9 лежит на дне стакана 8. После заполнения гидроциклона очищаемой жидкостью запорный поплавок 9 всплывает и перекрывает выход очищаемой жидкости через отводной внутренний патрубок 7.

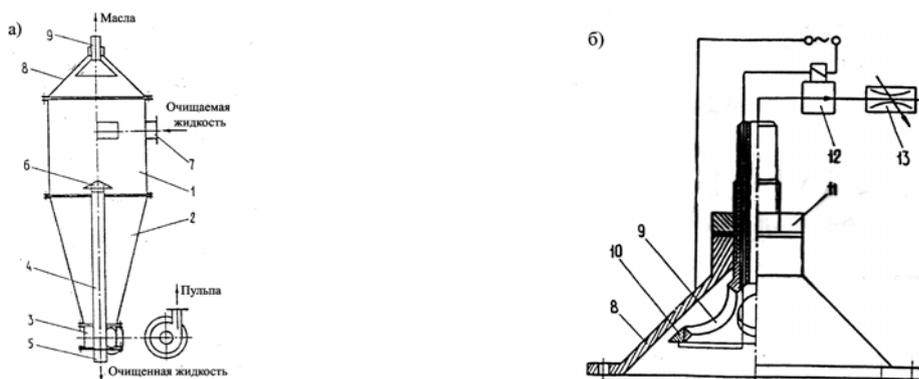
Благодаря тангенциальной установке входного патрубка 3, жидкость в цилиндрической части 1 приобретает вращательное движение, вследствие чего твердые частицы отбрасываются к стенкам цилиндрической части гидроциклона, а капельки нефтепродуктов перемещаются к его оси. После этого они всплывают вверх, накапливаются в расширенной части внутреннего патрубка 7 и в стакане 8 и коалесцируют там.

Очищенная от нефтепродуктов и твердых частиц жидкость по зазору между крышкой 2 и расширенной частью отводного внутреннего патрубка 7 поступает к отводному наружному патрубку 6 и выводится из гидроциклона. Вывод нефтепродуктов из гидроциклона через патрубок 7 начнется после того, как в расширенной части последнего скопится количество их, достаточное для того, чтобы запорный поплавок 9 начал в них тонуть. После того как скопившиеся в расширенной части отводного патрубка 7 нефтепродукты будут вытеснены из гидроциклона, запорный поплавок 9 всплывет и перекроет патрубок 7. При стабильном протекании процесса поступления нефтепродуктов в зону расположения запорного поплавка 9 он будет находиться в промежуточном положении неустойчивого равновесия, обеспечивающем постоянный вывод нефтепродуктов в зазор между запорным поплавком 9 и расширенной частью отводного патрубка 7. При их отсутствии в очищаемой жидкости поплавок 9 находится в верхнем положении, постоянно во время работы перекрывая патрубок 7.

Недостатком гидроциклона такой конструкции является то, что при подаче очищаемой жидкости в гидроциклон на запорный поплавок наряду с архимедовой силой действует сила давления жидкости в гидроциклоне, прижимающая запорный поплавок к расширенной части внутреннего отводного патрубка и тем самым снижающая надежность работы запорного поплавка, происходит это вследствие того, что даже при условии заполнения расширенной части отводного патрубка нефтепродуктами поплавок не в состоянии опуститься и открыть отводной патрубок из-за действующего на него давления.

Для устранения этого недостатка был предложен гидроциклон следующей конструкции (рисунок 57б) [8]. Отличие гидроциклона данной конструкции состоит в том, что внутренний отводной патрубок 7 дополнен насадкой 11 с радиальными отверстиями 12, установленной внутри расширенной части 10, а поплавок 9 охватывает цилиндрическую насадку 11 и во всплывшем положении перекрывает радиальные отверстия 12. Такая конструкция обеспечивает повышение надежности работы запорного поплавка за счет уравнивания силы давления жидкости, действующей на внешнюю поверхность последнего.

Однако загрязненные моющие растворы не являются смесями с постоянными характеристиками. В растворах в широких пределах меняются свойства и концентрация нефтепродуктов и твердых частиц. В зависимости от назначения гидроциклона могут изменяться требования и к качеству очистки. Поэтому возникает необходимость не только в автоматическом или саморегулирующемся выводе нефтепродуктов, но и в наличии возможности настройки гидроциклона на качество очистки. Описанные выше конструкции гидроциклонов такой возможностью не обладают. Наиболее полно отвечающим этим требованиям является трехпродуктовый гидроциклон, конструкция которого предложена Е.И. Мажугиным и А.Н. Карташевичем [9]. На рисунке 58 показан трехпродуктовый гидроциклон с автоматическим выводом нефтепродуктов.



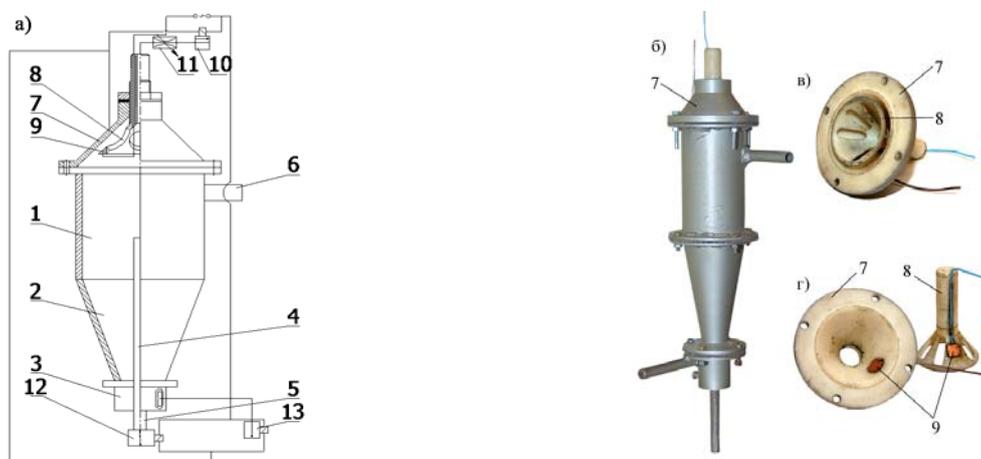
а – общий вид гидроциклона; б – крышка с электромагнитным клапаном
 1 – цилиндрическая часть; 2 – коническая часть; 3 – разгрузочный насадок; 4 – сливная трубка вывода очищенной жидкости; 5 – отводящий патрубок; 6 – колпак; 7 – впускной патрубок;
 8 – крышка; 9 – патрубок вывода нефтепродуктов; 10 – электроды; 11 – контргайка;
 12 – электромагнитный клапан; 13 – дрессель

Рисунок 58 – Трехпродуктовый гидроциклон с автоматическим выводом нефтепродуктов

Трехпродуктовый гидроциклон снабжен конической крышкой 8, на выходе которой установлен электромагнитный клапан 12. Сигналом для срабатывания электромагнитного клапана является изменение сопротивления жидкости в зоне выделения масел. Для этого в данной зоне устанавливаются два электрода 10. В случае протекания между ними очищаемой жидкости, являющейся хорошим проводником тока, электрическая цепь замкнута и клапан закрыт, а при накоплении достаточного количества масла сопротивление увеличивается, электромагнитный клапан открывается, при этом масла выводятся из гидроциклона.

Однако данный гидроциклон имеет низкую надежность работы вследствие нестабильного вывода нефтепродуктов.

Нами была предложена конструкция трехпродуктового гидроциклона, позволяющая устранить данный недостаток (рисунок 59а) [10].



- а – схема гидроциклона; б – общий вид гидроциклона; в – коническая крышка в сборе; г – расположение электродов
 1 – цилиндрическая часть; 2 – коническая часть; 3 – разгрузочный насадок; 4 – сливная трубка вывода очищенной жидкости; 5 – отводящий патрубок; 6 – впускной патрубок; 7 – конусная крышка; 8 – патрубок вывода нефтепродуктов; 9 – электроды; 10, 12 и 13 – электромагнитные клапаны; 11 – дроссель

Рисунок 59 – Трехпродуктовый гидроциклон с электрическим автоматизированным процессом вывода нефтепродуктов

Электромагнитный клапан 10 гидроциклона электрически связан с электромагнитными клапанами 12 и 13. При подаче в гидроциклон жидкости, являющейся проводником электрического тока, зазор между контактами 9 замыкается и электромагнитный клапан 10 закрывается. При этом клапаны на сливной трубке вывода очищенной жидкости 5 и на разгрузочном насадке 3 открыты.

Выделяемые в процессе очистки масла скапливаются под крышкой 7 и, являясь диэлектриком, разрывают электрическую цепь, что приводит к открытию электромагнитного клапана 10. При этом электромагнитные клапаны 12 и 13 закрываются, что приводит к увеличению давления внутри гидроциклона. При повышении давления скопившиеся масла вытесняются через открытый электромагнитный клапан 10.

При полном выводе нефтепродуктов электрическая цепь замыкается, электромагнитный клапан 10 закрывается, а электромагнитные клапаны 12 и 13 открываются.

По данной схеме для проведения дальнейших исследований по очистке моющих растворов был изготовлен трехпродуктовый гидроциклон. Общий вид гидроциклона представлен на рисунке 59б.

В результате проведения дополнительных исследований были определены оптимальные параметры гидроциклона: площадь поперечного сечения электродов $A_3 = 1,0 \text{ см}^2$, зазор между ними $\Delta = 4 \text{ мм}$.

Заключение

Данный гидроциклон позволяет в автоматическом режиме управлять процессом выведения из него выделенных в нем нефтепродуктов, тем самым сводя к минимуму потери моющего раствора с потоком выводимого масла. К тому же в зависимости от предъявляемых требований возможна его настройка на определенное качество очистки.

14.07.10.

Литература

1. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н.Ф. Тельнов. – 2-е изд. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
2. Дегтерев, Г.П. Применение моющих средств / Г.П. Дегтерев. – М.: Колос, 1981. – 239 с.
3. Поваров, А.И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках / А.И. Поваров. – М.: Недра, 1978. – 232 с.
4. Кислов, Н.В. Гидроциклонное осветление воды / Н.В. Кислов, Ф.М. Санюкевич; под ред. М.А. Гатиха. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 128 с.
5. Терновский, И.Г. Гидроциклонирование / И.Г. Терновский, А.М. Кутепов. – М.: Наука, 1994. – 350 с.
6. Поваров, А.И. Сравнение гидроциклонов различных конструкций / А.И. Поваров, Л.Е. Иванова // Обогащение руд. – 1958. – № 5. – С. 22-31.
7. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 3231 Респ. Беларусь, МПК С 02F 1/00, В 04С 11/00. / Е.И. Мажугин, А.Н. Карташевич. С.В. Глаз; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № 19980898; заявл. 29.09.1998; опубл. 30.03.2000 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2000. – № 2. – С.86.
8. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 3660 Респ. Беларусь, МПК В 04С 5/00, С 02F 1/00. / Е.И. Мажугин, А.Л. Казаков, А.В. Пашкевич; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № u20060632; заявл. 04.10.2006; опубл. 02.04.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 2. – С. 86.
9. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 3323 Респ. Беларусь, МПК В 04С 5/00, В 04С 5/12. / Е.И. Мажугин, А.Н. Карташевич; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № 960452; заявл. 03.09.1996; опубл. 30.06.2000 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2000. – № 1. – С. 150-151.
10. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 5479 Респ. Беларусь, МПК В 04С 5/00. / Е.И. Мажугин, А.В. Пашкевич, А.Л. Казаков, М.В. Левкин; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № u20080838; заявл. 11.11.2008; опубл. 30.08.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – С. 187.