

# Осадительно-фильтрующие центрифуги для обезвоживания угольных шламов — теория и практика применения



**КСЕНОФОНТОВ**  
**Всеволод Вадимович**  
Генеральный директор  
ТД «ЭЛЕМЕТ»,  
г. Электрогорск, Россия,  
e-mail: xenofontov@elemet.ru



**МАКЕЕВ Игорь Иванович**  
Начальник цеха  
по производству и ремонту ОФЦ  
Электрогорского Металлического  
Завода «ЭЛЕМЕТ»,  
г. Электрогорск, Россия

В статье подробно рассматривается устройство осадительно-фильтрующей центрифуги производства Электрогорского металлического завода «ЭЛЕМЕТ», приводится график изменения влажности осадка в зависимости от содержания тонких шламов в питании центрифуги, и кратко описываются основные моменты технического обслуживания центрифуги.

**Ключевые слова:** обезвоживание, угольный шлам, пульпа, центрифуга, осаждение, фильтрация, фугат, влага, зольность.

Осадительно-фильтрующие центрифуги (ОФЦ) в настоящее время являются наиболее эффективным и популярным в мире оборудованием для механического обезвоживания угольного шлама. Широкое использование этих центрифуг в большей степени обусловлено надежностью в работе и способностью достижения более низкой влаги осадка (концентрата) по сравнению с конкурирующим оборудованием, таким как вакуум-фильтры и гипербарфильтры. Все новые обогатительные фабрики, построенные в России за последние 10 лет, используют в своих схемах ОФЦ, позволившие отказаться от термической сушки угля. На рис. 1 приведена фотография осадительно-фильтрующей центрифуги производства «ЭЛЕМЕТ».

ОФЦ предназначены для обезвоживания шлама крупностью 0x1(3) мм. Они достигают влаги осадка на 4-6 %

ниже, чем фильтры, извлекают 100% материала крупностью более 44 микрон и удаляют в фугат осадительной секции значительную часть (более 50%) ультратонких частиц размером менее 0,044 мм, которые обычно имеют высокую зольность. Например, при обезвоживании шлама в фильтрующих центрифугах со шнековой разгрузкой осадка в фугат уходят частицы крупностью 0x0,2 мм, как правило, имеющие низкую зольность, что создает проблемы по их улавливанию далее в конце водно-шламовой схемы фабрики.

Для защиты центрифуги от повреждения при возможном попадании крупных частиц угля или посторонних предметов применяются ограждающие устройства (например, сито с щелью 13 мм) в линии питания.

Осадительно-фильтрующая центрифуга была впервые произведена в 1969 г. компанией «Bird Machine Company» для угольной промышленности Германии, с тех пор ее конструкция у разных производителей мало изменилась.

ОФЦ является непрерывно действующей машиной и имеет две последовательные стадии отделения твердого от жидкого. Первая стадия включает центробежный отжим твердого в сплошном цилиндрическом роторе, вторая стадия включает центробежную фильтрацию на щелевом сите цилиндрической формы. Как показано на рис. 2, пульпа в центрифугу вводится через конец стационарно установленной трубы питания.

Пульпе придается вращательная скорость в разгонной камере, и она распределяется через питающие порты в осадительную часть ротора.

Твердые частицы из пульпы осаждаются на сплошной стенке ротора благодаря большой центробежной силе. Это осадительное действие служит как первая стадия обезвоживания в центрифуге. Отжатая вода к оси вращения центрифуги образует слой осветленной жидкости (бассейн), которая содержит небольшое количество тонкого твердого (15-50 г/л), и сливается переливом через регулируемые перегородки, расположенные в торце ротора центрифуги со стороны ввода питающей трубы. Этот слив называется фугатом осадительной секции и обычно направляется в отходы из-за низкого содержания твердого (крупность частиц менее 44 мкм) и высокой его зольности, так как в этом классе крупности в основном присутствуют илистые частицы размокшей породы.

Уплотненное твердое после осаждения на сплошную стенку цилиндрической секции ротора транспортируется спиральным шнеком, который вращается с немного меньшей скоростью, чем ротор. Шнек перемещает твердое из



Рис. 1. Осадительно-фильтрующая центрифуга производства завода «ЭЛЕМЕТ»

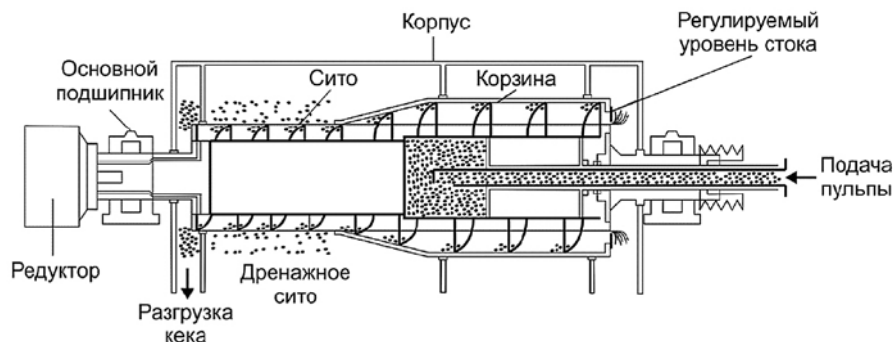


Рис. 2. Схема осадительно-фильтрующей центрифуги

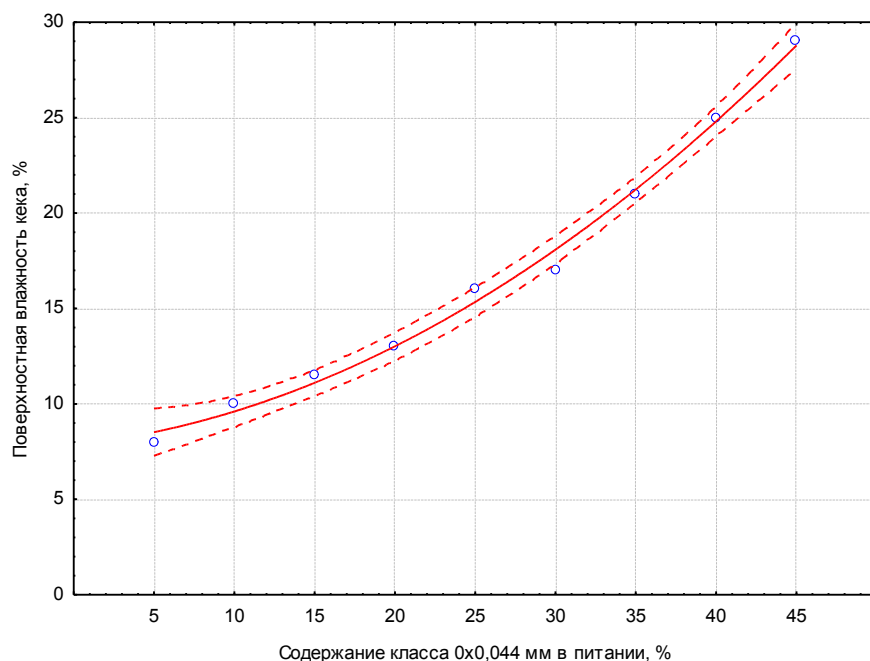


Рис. 3. Зависимость поверхностной влаги угольного осадка от содержания ультратонкого класса — 0,044 мм в питании центрифуги

цилиндрической секции в коническую — «пляж», который формируется на уменьшающейся в диаметре конусной части сплошного ротора, где осадок выходит выше зеркала слоя жидкости.

Далее осадок транспортируется в фильтрующую секцию, в стенках которой имеются продольные прорезы. Через эти прорезы под действием центробежной силы фильтруется остаток воды, который образует фугат фильтрующей секции. Действие центробежной фильтрации является второй стадией обезвоживания в ОФЦ.

В большинстве случаев материал, который дренировал через ситовую секцию (фугат фильтрующей секции), содержит ценный низкозольный уголь, и поэтому его возвращают обратно в питание на дополнительное извлечение. Эта циркуляция является стандартным и необходимым условием работы центрифуги. Фугат фильтрующей секции в центрифуге постоянно обновляется и не накапливается.

Наиболее важные параметры пульпы, которые влияют на обезвоживающее действие ОФЦ, — это размер частиц, норма твердого в питании и объем пульпы питания. Наиболее важные механические параметры центрифуги включают глубину слоя жидкости в бассейне, скорость вращения и передаточное число редуктора.

Конечная влага продукта ОФЦ сильно зависит от количества тонких частиц в питающей пульпе. В угольной промышленности количество тонкого материала определяется как содержание частиц класса минус 0,044 мм в питании центрифуги.

На рис. 3 показана типичная зависимость влаги осадка ОФЦ от величины содержания частиц класса минус 0,044 мм в питании.

Согласно графику, например материал, содержащий в питании 10% класса — 0,044 мм, даст влагу осадка около 10%.

ОФЦ имеет ограничение по двум параметрам — по твердому и объему потока пульпы, который может быть подан в машину. В таблице показаны рекомендуемые максимальные значения этих параметров для различного типоразмера машин, применяемых в угольной промышленности.

Высокая нагрузка по твердому в питании может превысить максимальный

**Гранулометрический состав продуктов осадительно-фильтрующей центрифуги**

Типоразмер центрифуг производства «ЭЛЕМЕТ»	Производительность по пульпе, м <sup>3</sup> /ч	Производительность по твердому, т/ч		Мощность электродвигателя, кВт
		Крупный шлам 0,15 × 1 мм*	Тонкий шлам 0 × 0,15 мм**	
40" × 72" (1000 × 1800)	113	41-59	23-27	186
44" × 132" (1100 × 3300)	180	73-91	55-59	373

\* — содержание твердого в питании 35-50 %;

\*\* — содержание твердого в питании 20-25 %

момент редуктора. Увеличение объема пульпы уменьшает время ее нахождения в осадительной секции. Обычно короткое время пребывания из-за чрезмерно большого объема пульпы увеличивает количество твердого в фугате и размер частиц, попавших в фугат. Объем пульпы в питании и нагрузка по твердому в питании регулируются для конкретной машины в процессе работы.

Нагрузка для ОФЦ контролируется датчиком крутящего момента и показаниями амперметра, который измеряет токовую нагрузку электродвигателя. Датчик крутящего момента используется для контроля максимальной нагрузки по твердому на приводе шнека. Значение тока двигателя на механизме привода отражает механическую нагрузку на шнеке. В случае превышения нагрузки, необходимо производить сброс питания в байпасную линию.

Управление центрифугами производится по показаниям влаги осадка, содержанию твердого в фугате осадительной секции и дренажу фильтрующей секции. Эти значения могут быть сверены с предыдущими данными эксплуатации, что в результате позволит определить любые проблемы, происходящие с машиной. Увеличение любых указанных значений может показывать, что центрифуга будет затоплена. Рекомендуется иногда добавлять небольшое количество воды к дренажу сита фильтрующей секции, чтобы предупредить забивку разгрузочной линии. Увеличение концентрации твердого (или увеличение в размере частиц) в дренаже сита может показать, что фильтрующая секция была повреждена и нуждается в ремонте с установкой накладок.

Необходимо отметить влияние центробежной силы, создаваемой в центрифуге, на производительность и влажность кека. Для удобства центробежная сила обыч-

но представляется в единицах земного гравитационного ускорения, отбрасывающего частицу от центрально-осевой линии. Это ускорение может быть вычислено по формуле:

$$G = (\pi n / 30) 2R / g,$$

где:  $n$  — скорость вращения ротора, об/мин;  $R$  — радиус ротора, м;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Таким образом, скорость вращения более важна в центробежной силе, чем радиус ротора, так как она имеет более высокую степень зависимости. Так, в угольной промышленности большие ОФЦ производят действие более 600G, которое предполагает скорость вращения до 1000 об./мин в зависимости от размера машины.

Оба параметра — центробежная сила и время пребывания твердого в центрифуге — влияют на итоговые характеристики по влаге продукта. Однако в большинстве исполнений для угля скорость вращения обычно фиксируется при выборе двигателя и размера шкива.

Большое значение имеет регулировка глубины бассейна. Уменьшение высоты перегородки уменьшает глубину бассейна, тем самым уменьшается время пребывания пульпы в центрифуге. Мелкий бассейн увеличивает количество твердого и крупность частиц в фугате. Увеличение длины «пляжа» выхода из бассейна способствует уменьшению влажности кека и увеличению уровня крутящего момента. Несмотря на то, что глубина бассейна не может регулироваться без остановки центрифуги, это важный параметр, изменение которого нуждается в обязательной регулировке. Для максимального сброса фугата необходима небольшая глубина бассейна до 50 мм и менее. Для максимального извлечения твердого в ОФЦ производят установку перегородки, которая дает бассейн с глубиной

90 мм для машины типоразмера 40" × 72" и глубиной 100-115 мм для машины типоразмера 44" × 132".

ОФЦ характеризуются длительным сроком службы и относительно низкими требованиями к техобслуживанию. Эти преимущества достигаются за счет точного изготовления и использования высококачественных материалов. Рабочая (режущая) часть спирали шнека защищена керамической плиткой (рис. 4), которая устанавливается индивидуально и гарантирует обеспечение желаемого допуска по зазорам. Керамическая плитка для футеровки также производится на заводе «ЭЛЕМЕТ».

Фильтрующая секция изготовлена с использованием специального карбид-вольфрамового шпальта. Все материалы имеют

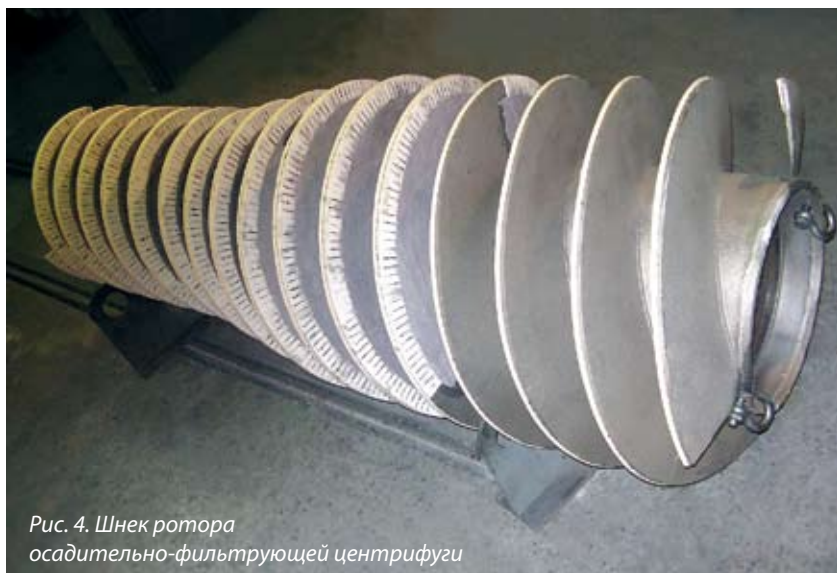


Рис. 4. Шнек ротора осадительно-фильтрующей центрифуги



**Электрогорский Металлический Завод «ЭЛЕМЕТ»** — это современное производственное предприятие, специализирующееся на проектировании, производстве, сервисном обслуживании и капитальном ремонте оборудования для горнодобывающей и углеобогатительной индустрии. Производство «ЭЛЕМЕТ» сертифицировано по системе менеджмента качества ISO 9001-2008.

На настоящий момент «ЭЛЕМЕТ» освоил производство, сервисное обслуживание, капитальный ремонт и поставку комплектующих следующего оборудования:

- осадительно-фильтрующие центрифуги и роторы к ним;
- вибрационные и шнековые центрифуги;
- ленточные фильтр-прессы и вакуум-фильтры;
- высокочастотные грохоты;
- флотомашин механические типа «Вемко», колонные флотомашин;
- дуговые сита;
- радиальные сгустители;
- системы приготовления и дозирования флокулянтов и флотореагентов;
- вибростолы;
- гидроклассификаторы (гидросайзеры);
- отсадочные машины;
- тяжелосредные и классификационные гидроциклоны.

Обладая более чем 10-летним опытом производства оборудования и реализации проектов в России и СНГ, «ЭЛЕМЕТ» гарантирует качество выпускаемой продукции и комплектующих, а наличие собственной производственной базы в России позволяет заводу вне зависимости от внешних факторов осуществлять поставки в сжатые сроки по стабильным ценам.

репутацию благодаря высокой надежности и значительно меньшей себестоимости обезвоживания шламов по сравнению с альтернативными технологиями. Без преувеличения, на сегодняшний день это самая эффективная в мире машина по обезвоживанию угля угольного концентрата крупностью 0,04-1 мм, позволяющая достигать влажности продукта 10-12 % механическим способом.

В дополнение к типичным комплектациями ОФЦ завод «ЭЛЕМЕТ» предлагает опции, которых нет у американских и немецких аналогов: система воздушного охлаждения вместо водяного, исполнение из нержавеющей стали для фабрик с агрессивной оборотной водой, комплектная система локальной автоматизации. Для клиентов завода работает программа подменных роторов, то есть можно сдать свой изношенный ротор и немедленно получить другой отремонтированный с заводской гарантией.

большой срок эксплуатации и способны проработать более 10-15 тыс. ч до восстановительного ремонта. Есть примеры работы до 20 тыс. ч.

Несмотря на то, что ОФЦ действительно не требуют ухода и надежно защищены системами контроля параметров работы (вибрация, момент, уровень масла, температура подшипников и т.д.), для поддержания эффективной работоспособности узлов необходимо выполнять основные шаги обслуживания. Каждую смену обслуживающий персонал должен внимательно осматривать поверхность машины, прослушивать необычные шумы и определять ненормальную вибрацию. Корпус и бункеры проверяют на момент течи и забивки. Также необходимо проверять уровень и давление масла, шланги, арматуру и соединения на отсутствие течи.

Редуктор ОФЦ 40" × 72" является автономным, и масло в нем меняется раз в шесть месяцев (в зависимости от пробега). Редуктор ОФЦ 44" × 132", являющийся циркуляционным (то есть масло во время работы постоянно циркулирует), подшипники скольжения (бронзовые втулки), упорные осевые подшипники и главный приводной двигатель проверяются и смазываются еженедельно. Ежемесячно проверяются скребки, прутья сита и шнек на факт износа, наличия дефектов, поломки и браковки частей. Масло в циркуляционной масляной системе лубрикатора заменяется каждые шесть месяцев. Эти простые шаги техобслуживания помогают обеспечить эффективную работу ОФЦ в течение десятилетий.

В заключение можно сказать, что с тех пор как в 1960-х гг. были произведены первые в угольной промышленности ОФЦ, они стали наиболее распространенными машинами для обезвоживания тонкого угля и заслужили хорошую

В России и Украине за последние пятнадцать лет было установлено более 60 единиц осадительно-фильтрующих центрифуг, в том числе 18 центрифуг производства «ЭЛЕМЕТ». Заводом было поставлено 25 новых роторов и 12 планетарных редукторов, а ремонтный цех «ЭЛЕМЕТ» выполнил более 40 восстановительных ремонтов роторов и планетарных редукторов ОФЦ разных производителей.

УДК 622.794.252 © V.V. Ksenofontov, I.I. Makeev, 2014  
ISSN 0041-5790 • UGOL №12-2014 /1065/

**Title**  
**SETTLING AND FILTERING CENTRIFUGE FOR DEWATERING OF COAL SLACK — THEORY AND PRACTICE**

**Authors**  
**Ksenofontov V.V., Makeev I.I.**

**Authors' Information**  
**Ksenofontov V.V.**, general director of TD "ELEMET", Elektrogorsk, Russia, e-mail: xenofontov@elemet.ru  
**Makeev I.I.**, foreman on production and repair of OFTS of Elektrogorsk Metal plant "ELEMET", Elektrogorsk, Russia

**Abstract**  
The paper describes in details the construction of settling and filtering centrifuge made by Elektrogorsk Metal Plant "ELEMET"; it also shows the schedule of humidity changing in sediment depending on the content of thin sludge in centrifuge supply; the main points of centrifuge maintenance are described.

**Keywords**  
Dehydration, Coal Sludge, Pulp, Centrifuge, Precipitation, Filtration, Centrate, Humidity, Ash Content.