

Сравнительный анализ эксплуатационных затрат на обезвоживание осадков малых и средних очистных сооружений

А.П. Кривень¹,
ВЕДУЩИЙ ИНЖЕНЕР
ПРОМЫШЛЕННОЙ
ГРУППЫ ЭКОТОН

В статье представлен всесторонний анализ затрат на эксплуатацию обезвоживающего оборудования, выполненный на основе информации, полученной от муниципальных и промышленных предприятий, эксплуатирующих на ОСК оборудование различных производителей.

Информация адресована специалистам, принимающим решение о приобретении обезвоживающего оборудования, позволяет взвесить риски и оценить скрытые затраты, связанные с его эксплуатацией.

ОБЕЗВОЖИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ОСК

Одним из важнейших этапов очистки сточных вод является механическое обезвоживание осадка первичных отстойников (или промышленных шламов, получаемых методом флотации или осаждения) и/или избыточного активного ила. Осадки сточных вод, образующиеся в процессе их механической, биологической и физико-химической очистки, относятся к трудно фильтруемым суспензиям коллоидного типа, иногда содержащим специфические включения в виде жиров, масел, нефтепродуктов и др. Для их обезвоживания в настоящее время на очистных сооружениях канализации (ОСК) в основном используются ленточные

фильтр-прессы, центрифуги и мультидисковые шнековые дегидраторы.

Промышленная группа ЭКОТОН уже более 14 лет поставляет ленточные фильтр-прессы и сгустители на объекты средней и большой производительности. За это время был накоплен бесценный опыт запуска и эксплуатации обезвоживающего оборудования (поставлено более 130 комплексов). Тесное сотрудничество с эксплуатирующими предприятиями помогло усовершенствовать конструкции этих аппаратов и обеспечить комфортные условия их эксплуатации.

В последние годы среди муниципальных и промышленных предприятий растет спрос на экономичное и энергоэффективное обезвоживающее оборудование для малых и средних ОСК. Это определило интерес нашей компании

¹ Кривень Александр Петрович, press@ekoton.com.

к производству мультидисковых шнековых дегидраторов. С 2011 г. на заводах ЭКОТОН налажено производство шнековых дегидраторов MDQ по лицензии японской компании TSURUMI PUMP (рис. 1). За это время было поставлено более 60 комплексов механического обезвоживания осадка на базе дегидраторов с одним или несколькими обезвоживающими барабанами. Среди предприятий, успешно эксплуатирующих дегидраторы MDQ, – муниципальные объекты и промышленные предприятия в России, Украине, Венгрии, Польше, Германии, Латвии, Италии, Израиле, США и Канаде (рис. 2 и 3).

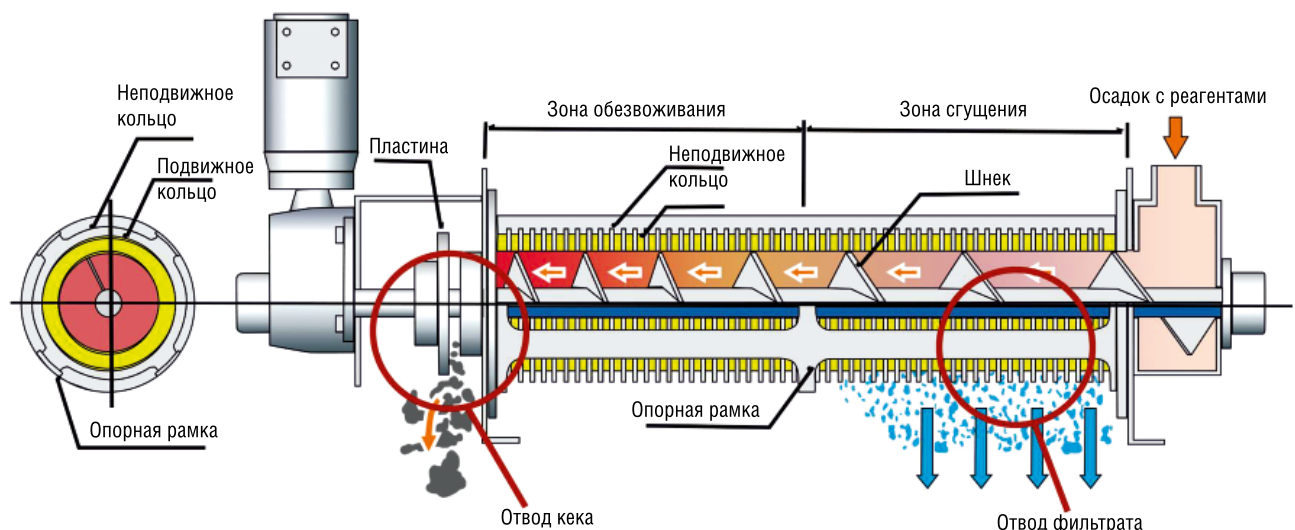
Обезвоживающий барабан мультидискового дегидратора состоит из собранного в общей раме набора колец (дисков). Неподвижно закрепленные диски в барабане чередуются с подвижными дисками через дистанционные вставки, которые обеспечивают расстояние между дисками от 0,5 до 0,15 мм и являются фильтровальными порами для отвода свободной влаги из осадка. Внутри барабана расположен шнек с уменьшающимся расстоянием между витками от зоны поступления сфлуктурированного осадка (зона сгущения) к выходу из барабана (зона обезвоживания). При медленном вращении шнека (1–5 оборотов в минуту) осадок, под воздействием витков, продвигается к зоне выгруз-

ки, постепенно теряя свободную влагу через фильтровальные поры и уплотняясь за счёт уменьшения объёма камер между витками. При вращении шнека его витки воздействуют на внутреннюю поверхность подвижных дисков, за счёт чего они находятся в постоянном движении относительно неподвижных дисков. Такое плоскопараллельное движение дисков приводит к постоянной очистке фильтровальных пор даже при работе с осадками, содержащими жиры и масла (флотошамы). Таким образом, вода для очистки фильтровальных пор при работе дегидратора не требуется. На выходе из барабана расположена пластина, которая создаёт дополнительное противодействие осадку и способствует его отжиму. Расстояние между выходом из барабана и пластиной регулируется и, соответственно, давление на осадок можно изменять в зависимости от требующихся технологических показателей.

Постоянное общение с потенциальными заказчиками, эксплуатирующими на своих ОСК оборудование различных производителей, позволяют нам быть хорошо осведомленными об общих проблемах, связанных с техническим обслуживанием оборудования в сфере ВКХ:

- клиент редко обращает внимание на стоимость и доступность запчастей для техниче-

Рис. 1. Конструкция обезвоживающего барабана мультидискового шнекового дегидратора



ского обслуживания и ремонта. По этой причине через некоторое время это может привести к расходам на сервис (включая запасные части и принадлежности), сопоставимым с расходами на покупку новой единицы оборудования, которые могут оказаться неприемлемыми для эксплуатирующей организации;

- при выборе оборудования для обезвоживания далеко не всегда учитываются затраты на реагенты, разница в которых может быть очень существенной;

- не редки случаи, когда эксплуатирующий персонал в процессе выбора оборудования участия не принимает, либо же его опыт и мнение не учитываются при принятии решения;

- попытки обслуживать технологическое оборудование силами местных технических служб не всегда, но крайне часто заканчиваются плачевно из-за отсутствия достаточной квалификации персонала заказчика и необходимого технического оснащения.

Каждый тип оборудования для обезвоживания имеет свои достоинства и недостатки, которые обеспечивают наибольшую применимость в конкретных условиях, прежде всего, в зависимости от типа и объема обезвоживаемого осадка. Так, например, применение центрифуг оправдано, в первую очередь, для масло- и жиросодержащих

осадков, а также осадков с высоким содержанием избыточного активного ила. В то же время не рекомендуется их применение при работе с осадками, содержащими абразивные включения, которые из-за недостаточно качественной механической очистки встречаются на отечественных ОСК очень часто. Достоинствами применения ленточных фильтр-прессов являются высокая производительность, особенно ощутимая при работе с осадками первичных отстойников, низкая энергоемкость и достаточно низкие затраты на обслуживание и ремонт. Шнековые мультидисковые дегидраторы наиболее универсальны по типам осадка и демонстрируют отличные результаты (содержание сухого вещества в кеке 18–25 %), при работе с различными осадками, в том числе с масло- и жиросодержащими осадками, осадками с низким либо высоким содержанием сухого вещества (далее – СВ) исходного осадка, с осадками, содержащими абразивные включения что обуславливает повсеместную применимость данного оборудования.

Все три типа рассматриваемого оборудования у производителей представлены достаточно широким типоразмерным рядом (см. табл. 1), что позволяет подобрать оборудование в зависимости от требуемой производительности.

Таблица 1.
СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
ОБОРУДОВАНИЯ (для муниципальных шламов)

	Центрифуга	Ленточный фильтр-пресс (ЛФП)	Мультидисковый шнековый дегидратор (MDQ)
Производительность, м ³ /ч	3–150	5–50	1,5–50
Производительность по СВ, кг/ч	100–4000	200–1100	3–420
Концентрация взвешенных веществ в фильтрате, мг/л	100–800	200–700	200–700

Рис. 2.
Мультидисковый шнековый дегидратор MDQ-352 С (Горно-Алтайск, Россия)





Рис.3.
Комплекс механического обезвоживания осадка на базе мультидисковых шнековых дегидраторов (Озд, Венгрия)

Однако только ли на производительность необходимо ориентироваться при подборе оборудования? Обобщив собственный опыт и информацию, полученную от технических специалистов заказчиков и партнёров, мы провели анализ простоты/сложности технического обслуживания и общих эксплуатационных затрат. Учитывались как эксплуатационные затраты, обеспечивающие технологический процесс работы комплекса оборудования, так и затраты на ремонт и техническое обслуживание. Надеемся, что данная информация будет полезна для специалистов, принимающих решение о приобретении обезвоживающего оборудования, и поможет взвесить риски и оценить скрытые затраты, связанные с его эксплуатацией.

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

ЗАТРАТЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Центрифуги позволяют добиться довольно высокого содержания сухого вещества и чистого фильтрата. Однако такие результаты возможны только при высокой скорости

ВЫБОР РЕШЕНИЯ

вращения барабана, что формирует высокие затраты электроэнергии и увеличение дозы флокулянта. Высокие эксплуатационные расходы – обратная сторона технологических преимуществ центрифуг.

Ленточные фильтр-прессы и дегидраторы – гораздо более энергоэффективное оборудование. Достаточно низкая скорость вращения шнеков дегидраторов сопоставима с низкой скоростью вращения валов фильтр-прессов. В результате затраты энергии в процессах с применением данных типов оборудования значительно ниже, чем при центрифугировании. В табл. 2 приведено сравнение затрат на электроэнергию, для рассматриваемых типов оборудования, включая энергозатраты основного агрегата и вспомогательного оборудования (насосы осадка, флокулянта и промывной воды, установки приготовления реагента).

Таблица 2.
СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ, кВт·ч на 1 кг СВ осадка

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Затраты на электроэнергию, кВт·ч на 1 кг СВ осадка	≈ 0,1 Высокие	≈ 0,03 Низкие	≈ 0,028 Низкие

ПОТРЕБЛЕНИЕ ФЛОКУЛЯНТА

Благодаря встроенной ёмкости флокуляции с регулируемым плавным перемешиванием, которое можно контролировать, мультидисковые шнековые дегидраторы потребляют меньше этого дорогостоящего реагента, чем центрифуги, в которых перемешивание осуществляется уже в закрытом барабане при высоких скоростях, из-за которых зачастую происходит разбивание крупных флокул на более мелкие.

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Потребление флокулянта, кг/тонну СВ осадка	4–10	3–6	2–5

Рис. 4. Емкость флокуляции мультидискового шнекового дегидратора



ТАБЛИЦА 3. СРАВНЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ПРОМЫВНОЙ ВОДЕ

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Потребность в промывной воде	Используется в конце цикла работы для очистки внутренних поверхностей агрегата; 2–5 м ³ воды за смену	Используется для очистки фильтровальных пор лент; потребность от 20 до 40 % от объема исходного осадка.	Используется для промывки внешней поверхности барабана приблизительно 1 раз в 10 мин; потребность в промывной воде составляет 1–2 % от объема осадка; 0,05–1 м ³ воды за смену

ПОТРЕБНОСТЬ В ПРОМЫВНОЙ ВОДЕ

Всё рассматриваемое оборудование для обезвоживания в конце каждой рабочей смены должно проходить процедуру обязательной чистки рабочих частей, соприкасающихся с осадком и фильтратом. Барабаны центрифуг в конце смены заполняют водой для внутренней очистки. Во время работы мультидискового шнекового дегидратора вода с давлением и расходом, как в обычном водопроводном кране, включается автоматически на короткое время не более, чем на 3 клапана промывки. Вода в дегидраторе

не используется для очистки фильтровальных прозоров (так как те и без того обладают свойством самоочищения), а нужна только для очистки внешней поверхности барабана от нефлокулированных частиц осадка.

Кроме мытья после смены, ленточные фильтр-прессы во время процесса работы постоянно нуждаются в воде под давлением для очистки фильтровальных пор своих лент, поэтому по потреблению воды значительно опережают и центрифуги, и дегидраторы. Сравнение потребности в промывной воде приведено в табл. 3.

Рис. 5. Промывка обезвоживающего барабана мультидискового шнекового дегидратора



ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ

С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ АБРАЗИВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Нередки случаи, когда в исходном обезвоживаемом осадке содержится много абразивных включений (особенно это касается осадков первичных отстойников). Шнеки и барабаны центрифуг очень чувствительны к таким осадкам; зачастую проблемы возникают уже через 2000–3000 ч после начала эксплуатации, а через 3000–7000 ч необходимо производить ремонт и замену шнека, что может достигать 20–40 % стоимости новой центрифуги. Ситовые ленты фильтр-прессов также могут быть подвержены повреждениям острыми краями абразивных включений, что значительно сокращает их срок службы и увеличивает содержание взвешенных веществ в фильтрате. Мультидисковые шнековые дегидраторы с их сверхнизкими скоростя-

ми вращения менее подвержены влиянию абразивных включений в осадке, поэтому могут эффективно эксплуатироваться без риска необходимости ремонта и замены частей барабана 5–7 лет эксплуатации после запуска.

ШУМ, ВИБРАЦИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАПАХОВ

Для обслуживающего персонала, а также с позиций минимизации воздействий на окружающую среду, немаловажны характеристики оборудования по шуму и вибрациям, а также выделению загрязняющих и дурнопахнущих веществ в воздух. Мультидисковые шнековые дегидраторы объединяют все положительные черты, присущие другим типам оборудования – их барабаны закрыты кожухами, что, как и при использовании центрифуг, препятствует распространению запахов в цехе.

Рис. 6. Обезвоживающие барабаны мультидискового шнекового дегидратора



Рис.7.
Панель управления
мультидисковым шнековым
дегидратором



Также, как и ленточные фильтр-прессы, шнековые дегидраторы при работе не шумят и не вибрируют (у дегидраторов даже отсутствует дополнительный шум от промывных форсунок, как в фильтр-прессе). Таким образом, обустройство помещения обезвоживания для установки дегидраторов не потребует затрат на специальную шумовую защиту и защиту от вибраций, а также усиленных систем вентиляции с их последующим обслуживанием. Сравнение по данным параметрам приведено в табл. 4.

Автоматизация процесса

Оптимальным оборудованием с точки зрения автоматизации, на наш взгляд, являются мультидисковые шнековые дегидра-

торы. При постоянных свойствах осадка они не требуют внимания обслуживающего персонала в процессе работы. При этом начало и конец рабочей смены для данного оборудования не вызывает «пограничных» технологических периодов, что свойственно другому обезвоживающему оборудованию, и часто создает целый ряд как технологических, так и эксплуатационных неудобств.

Мультидисковые дегидраторы оснащаются шкафами управления на базе контроллеров, что позволяет осуществлять различные алгоритмы включения комплекса обезвоживания в автоматическом режиме – в зависимости от уровня во внешней ёмкости с исходным осадком, в определённое время суток, на заданные промежутки времени, удалённо с внешнего ПК и т.д.

Таблица 4.
Сравнение по шуму, вибрации, выделению запахов

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Шум и вибрация	Высокие значения шума – более 70 дБ. Для предотвращения передачи вибрации необходимо устраивать специальные фундаменты	Сам агрегат не шумит и не вибрирует, но достаточно сильный шум издают промывочные форсунки (50 дБ)	Вибрация практически отсутствует, а шум от форсунок бывает периодически (минуту-две в час) – в пределах допустимой нормы
Распространения запахов и санитарное состояние в цехе	Закрытая компактная система исключает распространение газов и запаха. Нужна только общая вентиляция	Необходима надёжная система вентиляции и очистка оборудования после каждой смены	Закрытая компактная система, исключает распространение газов и запаха. Нужна только общая вентиляция

Такая автоматизация процессов позволяет минимизировать участие персонала в обслуживании комплексов на базе мультидисковых дегидраторов, а также включить MDQ в общую схему АСУ и диспетчеризации очистных сооружений. При такой интеграции шкафов управления дегидраторами возможно программирование включения оборудования комплекса обезвоживания по мере накопления определённого количества осадка на сооружениях (синхронизация с автоматическим отведением осадка в буферные ёмкости из первичных и вторичных отстойников), достижения оптимальной влажности для подачи на обезвоживание (использование гравитационных сгустителей) и других важных технологических показателей.

РАСХОДЫ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

К сервисному обслуживанию были отнесены как рутинные работы по техническому обслуживанию, которые производятся местным персоналом обслуживающей организации, так и более сложные сервисные работы, к которым необходимо привлекать более квалифицированный персонал со стороны или представителей заводов-производителей.

Все типы оборудования нуждаются в замене масел в приводных мотор-редукторах, но так как данная операция производится относительно нечасто (один раз в 5–10 лет), то сравнение по данному показателю можно опустить в общем итоге.

В отличие от ленточного фильтр-пресса, содержащий в своей конструкции значительное количество валов с подшипниковыми узлами, которые необходимо смазывать порядка 3–5 раз в год, мультидисковые шнековые дегидраторы MDQ вообще не оснащены подшипниками качения и не нуждаются в рутинной смене смазки.

Большую сложность представляет ремонт шнека центрифуг. Произвести качественный ремонт (напыление или приваривание износоустойчивого покрытия, балансировка и т.п.) шнека центрифуги в условиях ремонтного

цеха эксплуатирующего предприятия практически невозможно, поэтому ремонтные работы производятся на заводе изготовителя или на его ремонтной базе. Поскольку основная масса качественных центрифуг для обезвоживания осадков сточных вод производится за рубежом, ремонтные работы сопряжены с длительными сроками простоя оборудования. Стоимость ремонта шнека центрифуги достигает 25–40 % от стоимости самой центрифуги и довольно часто производится 1–3 раза за 5–9 лет эксплуатации оборудования.

Основным расходным материалом на фильтр-прессах являются ситовые ленты и манжеты подшипников, необходимость замены которых возникает один раз в 1,5–3 года. Ремонт валов (восстановление полиуретанового покрытия) может потребоваться раз в 6–10 лет. Важным преимуществом ленточных фильтр-прессов является оперативность ремонтных работ. Замена ситовых лент занимает 1–2 ч рабочего времени, замена манжет 2–3 рабочих дня, ремонт вала – не более 2 недель.

В тоже самое время опыт эксплуатации мультидисковых шнековых дегидраторов MDQ на объектах заказчиков показывает, что первые 4–6 лет эксплуатации данное оборудование не нуждается в каком-либо сервисном обслуживании основного рабочего агрегата – обезвоживающего барабана. По истечении данного срока может возникнуть необходимость замены комплекта подвижных колец, что составляет всего 10 % от стоимости оборудования, а после 6–10 лет работы необходима будет замена шнека, что может составить 15–20 % от первоначальной стоимости дегидратора. Сравнение по стоимости сервиса, основанное на анализе эксплуатационных затрат ряда предприятий, приведено в табл. 5.

Опыт эксплуатации различных типов оборудования для механического обезвоживания осадка на очистных сооружениях муниципальных и промышленных предприятий свидетельствует о том, что мультидисковые шнековые дегидраторы являются наиболее привлекательным решением в плане простоты технического обслуживания и общих экс-

**Таблица 5.
СЕРВИСНЫЕ ЗАТРАТЫ И ТРУДОЗАТРАТЫ**

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Сервисные затраты за 5 лет эксплуатации (в % от стоимости оборудования)	25-40	20-25	Не более 15
Трудозатраты на техническое обслуживание	Высокие, зачастую необходимо привлечение квалифицированного персонала производителя оборудования	Высокие, иногда необходимо привлечение квалифицированных специалистов	Низкие, для большинства работ возможно использование персонала очистных сооружений

пулатационных затрат. В их пользу говорят следующие факты:

- шнековые дегидраторы являются самыми экономичными агрегатами для обезвоживания осадков по потреблению основных ресурсов – дорогостоящих реагентов, электроэнергии, воды;
- мультидисковые шнековые дегидраторы являются самыми привлекательными агрегатами для операторов – в процессе работы дегидраторы не шумят, не вибрируют, от них не исходит испарений и запахов, их легко мыть и обслуживать в конце смены;
- шнековые дегидраторы практически освобождают сервисный персонал эксплуатирующей организации от рутинных мероприятий технического обслуживания в силу неприхотливости своей конструкции;
- основные обезвоживающие узлы (барабаны) мультидисковых шнековых дегидраторов очень надёжны и не требуют проведения дорогостоящих ремонтных и сервисных работ.

Одним из немногих параметров, которые могут ограничивать применение мультидисковых шнековых дегидраторов на больших муниципальных очистных сооружениях (более 100 000 м³/сутки), является их производительность. Так при производительности цеха механического обезвоживания свыше 10 т по сухому веществу в сутки необходимо будет устанавливать два работающих дегидратора, а более 20 тонн в сутки уже – три и более (с учётом резервирования). Таким образом, капитальные затраты с учётом стоимости оборудования будут выше, чем для цехов аналогичной производительности на базе более производительных центрифуг или ленточных фильтр-прессов. Тем не менее, как показывает анализ, проведённый в данной статье, мультидисковые шнековые дегидраторы являются наиболее выгодным решением для малых и средних очистных сооружений в виду более низких эксплуатационных затрат. ●