

## Глава 5. Реконструкция сооружений по обработке осадков сточных вод.

В процессе очистки сточных вод на московских станциях аэрации образуется 25000 м<sup>3</sup>/сут осадка. Весь образующийся осадок подвергается термофильному сбраживанию в метантенках. Сооружения сбраживания осадка Курьяновской станции аэрации (КСА) включают 24 метантенка объемом 5200 м<sup>3</sup> каждый, построенных в 50-60-х годах (12 ед.) и 70-80-х годах (12 ед.), Люберецкой станции аэрации (ЛбСА) – 20 метантенков объемом 8.000 м<sup>3</sup> каждый, построенных в 60-80-е годы (12 метантенков на старой Люберецкой станции аэрации, 8 на Ново-Люберецкой станции).

**Характеристика метантенков КСА и ЛбСА**

Таблица 5.1.

Показатели	Курьяновская СА		Люберецкая СА	
	КСА	Ново-Курьяновская СА	ЛбСА	Ново-Люберецкая СА
Количество, ед.	12	12	12	8
Год строительства	1953-1958	1973-1978	1963-1965	1987-1997
Рабочая глубина, м	20	24	26	26
Внутренний диаметр, м	24	18	24	24
Объем 1 ед., м <sup>3</sup>	5 200	4 600	8 000	8 000
Перемешивающее оборудование до реконструкции	мешалка «в трубе»	мешалка «в трубе», газлифт	мешалка «в трубе»	-
Конструкционный материал	монолитный ж/б	сборный ж/б	монолитный ж/б	сборный ж/б

Проектом метантенков предусмотрен подогрев осадка острым паром для поддержания термофильного режима (51-53 °С), перемешивание осадка - мешалками, установленными в центральной трубе. Однако в ходе эксплуатации были выявлены недостатки в конструкции метантенков, вызывающие постоянное зашламливание песком и коркой:

- недостаточная конусность днища,
- отсутствие выгрузки осадка с нижней точки,
- недостаточно эффективное перемешивание (мешалки «в трубе» и газолифты не обеспечивали достаточного перемешивания).

К середине 90-х годов, из-за износа строительных конструкций и зашламливания, около половины метантенков требовало расчистки и ремонта. МГП «Мосводоканал» было принято решение о поэтапной комплексной реконструкции метантенков.

Основной проблемой, которую необходимо было решить в ходе реконструкции метантенков, являлось обеспечение эффективного перемешивания. Специалистами МГП «Мосводоканал» было проведено технико-экономическое сравнение различных типов перемешивающих устройств российских и зарубежных производителей. В результате были выбраны низкооборотные консольные мешалки с длинным валом (до 21м) и несколькими ярусами лопастей (Ø3 и 4м). В 2000г. на одном из метантенков Ново-Люберецкой станции аэрации были проведены промышленные испытания мешалки данного типа (Scaba) производства фирмы ABS (Швеция).

**Технические характеристики мешалок Scaba (ABS), установленных на метантенках ЛбСА и КСА:**

Таблица 5.2.

Наименование	Ед. изм.	ЛбСА	КСА
марка мешалки		150 FVPT-Ldd	125 FVPT
длина вала	мм	21000	
число ярусов лопастей		2	
диаметр пропеллера по ярусам	мм	3000 4000	
число оборотов	об/мин	14,65	
потребл. мощность	кВт	5,5	
вес в сборе	кг	3834	

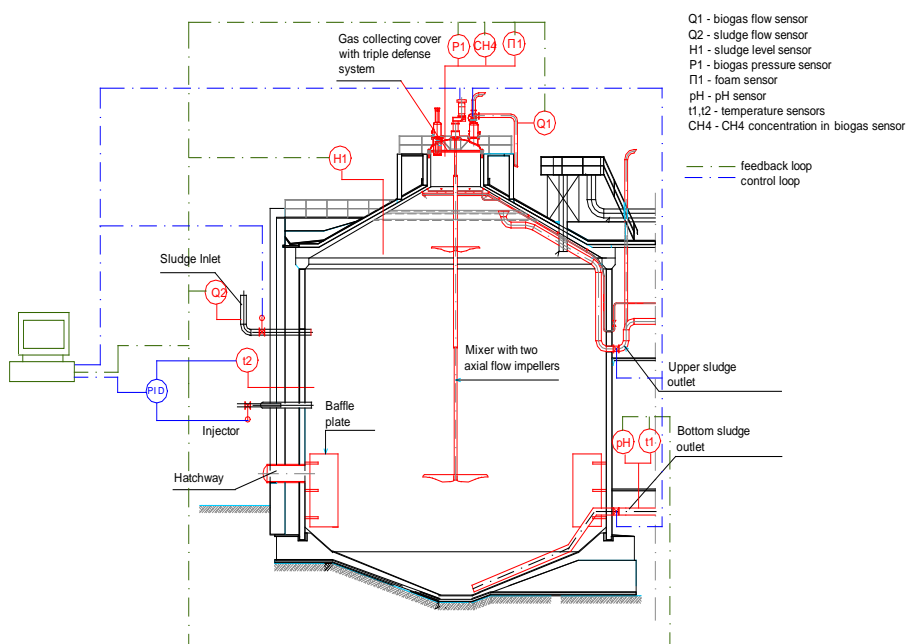
В ходе опытно-промышленной эксплуатации метантенка в течение года накопления корки и песка отмечено не было, выход биогаза и соответственно распад осадка, вследствие повышения эффективности сбраживания, увеличился на 20%, по сравнению с остальными метантенками.

На основании полученного опыта, а также изучения современных подходов к проектированию и эксплуатации метантенков, был разработан проект реконструкции метантенков старого блока Люберецкой станции аэрации. В проекте предусматривалось проведение следующих мероприятий:

1. реконструкция системы выгрузки осадка;
2. реконструкция системы загрузки осадка с переводом на напорную подачу осадка
3. установка низкооборотных консольных мешалок с лопастями большого диаметра, для обеспечения эффективного перемешивания сбрасываемого осадка;
4. замена газовых колпаков с установкой дополнительной системы аварийной защиты от избыточного давления газа;
5. реконструкция (усиление) куполов метантенков для обеспечения возможности установки мешалки весом до 5т;
6. установка расходомеров подаваемого и сбрасываемого осадка, биогаза, датчиков температуры и давления (для контроля массового баланса осадка по каждому метантенку и включения в систему автоматизации);
7. установка системы АСУТП для контроля технологического процесса – контроль загрузки и выгрузки осадка, оборудования, аварийной защиты от избыточного давления;

В I кв. 2002г. завершена реконструкция 5 метантенков с установкой на них мешалок Scaba и газовых колпаков новой конструкции (2 на ЛбСАст., 3 на НЛбСА). Схема реконструкции метантенков ЛбСАст. представлена на рис. 5.1.

Результаты эксплуатации реконструированных метантенков также показали 20% повышение эффективности сбрасывания, как и на опытно-промышленном метантенке НЛбСА. Полученная экономия эксплуатационных затрат (обезвоживание, вывозка осадка, увеличение выхода биогаза) обеспечивает окупаемость мешалок (вкл. СМР по реконструкции) в течение 2 лет.



**Рис. 5.1 . Схема реконструкции метантенков ЛбСА.**

В сотрудничестве с фирмой COWI Consult (Дания) разработан проект реконструкции 4-х метантенков Курьяновской станции аэрации (IV группа). Проект предусматривает поэтапную реконструкцию: - на I этапе, как и для метантенков Люберецкой станции, предусмотрена установка мешалок, нового газового колпака, реконструкция системы загрузки и выгрузки осадка, установка системы АСУТП для контроля расхода осадка и биогаза, управления подогревом осадка. I этап реконструкции планируется завершить в 2002г. На II этапе (2003-2005гг.) планируется перевод метантенков КСА на более современную 2-х ступенчатую (термофильно-мезофильную) технологию сбраживания, где IV группа метантенков будет использована в качестве I ступени. При переводе на 2-х ступенчатую технологию планируется установка теплообменников для подогрева сырого осадка и рекуперации тепла сброженного осадка.

Для отработки технологических режимов сбраживания осадка создана полностью автоматизированная пилотная установка производительностью 1 м<sup>3</sup>/сут.

Ожидаемый результат от внедрения вышеперечисленных мероприятий – сокращение расхода тепловой энергии на подогрев осадка на 30%, полный перевод метантенков на подогрев биогазом, увеличение глубины сбраживания осадка и выхода биогаза на 20% и, соответственно, снижение затрат на обезвоживание и вывозку осадка.

### **5.1. Двухступенчатая технология сбраживания осадка.**

Существуют 2 основных режима сбраживания осадка в метантенках, различающихся температурой сбраживания – мезофильный (33-35 °С) и термофильный (53-55 °С).

подавляющее большинство метантенков в мире работают в одноступенчатом мезофильном режиме. Температура мезофильного режима находится в относительно широком диапазоне от 33 ° до 38 °С, однако на конкретных очистных сооружениях поддерживается узкий диапазон допустимой регламентом эксплуатации температуры 33-34 °, 35-36 °, 36-38 °С. При мезофильном сбраживании время пребывания осадка в метантенке составляет 18-25 сут.

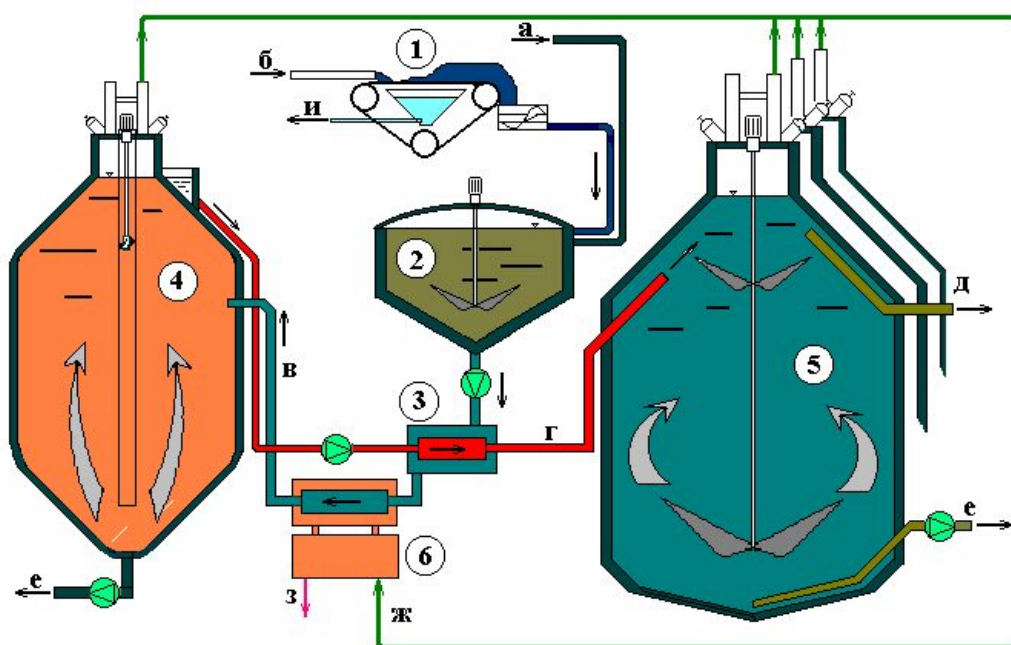
Также достаточно часто применяется термофильный процесс с временем пребывания 8-15 суток и температурой 53-55 °С. Все метантенки московских станций аэрации работают в термофильном режиме.

- Основные преимущества мезофильного режима, по сравнению с термофильным:
- ✓ в целом выше глубина распада беззольного вещества осадка (до 50-60% против 35-45% при термофильном), соответственно, выше удельный выход биогаза,
  - ✓ ниже расход тепла на подогрев осадка,
  - ✓ сброженный осадок лучше отдает воду при обезвоживании.

- Основные преимущества термофильного режима, по сравнению с мезофильным:
- ✓ в 2 раза выше доза загрузки и, соответственно, меньше требуемый рабочий объем метантенков, и капитальные вложения в строительство метантенков,
  - ✓ обеспечивает дегельминтизацию осадка.

Одним из путей интенсификации процесса сбраживания и использования преимуществ обеих режимов является разделение процесса на 2 ступени: кратковременное сбраживание осадка в термофильном режиме при температуре 52-53 ° или 55-57 °C в течение 2-3 суток, с дальнейшим дображиванием осадка при температуре 33 °C в течение 8-15 суток.

На рис. 5.2 приведена схема организации процесса, в которой использована рекуперация тепла сброженного осадка и подогрев осадка в теплообменниках.



**Рис. 5.2. Схема работы метантенков в 2-х ступенчатом режиме.**

1. Сгуститель; 2. Расходно-регулирующий резервуар; 3. Теплообменник-рекуператор; 4. Метантенк I ступени (термофильный); 5. Метантенки II ступени (мезофильные); 6. Теплообменник подогрева исходного осадка до температуры термофильного режима  
 а – сырой осадок первичных отстойников; б – изб. активный ил; в – смесь изб. ила и сырого осадка на I ступень; г – осадок после I ступени; д, е – сброженный осадок; ж – биогаз для использования в котельной (нагрев теплоносителя – горячей воды); з – охлажденный теплоноситель

*Технологическая схема работы метантенков в 2-х ступенчатом режиме.*

Смесь сырого осадка и избыточного активного ила, пройдя теплообменник-рекуператор 3, где подогревается до 33-35 °C за счет тепла осадка, выходящего с I ступени и теплообменник подогрева 6 (где он подогревается гор. водой до 55-57 °C), поступает в метантенк I ступени 4 (термофильный). После сбраживания осадка на I ступени (время пребывания 2-3 суток), осадок, охлажденный в теплообменнике-рекуператоре до 35-37 °C,

поступает в метантенки II ступени (мезофильной) 5. Время пребывания в метантенках II ступени – 10-15 сут.

Следует отметить, что в настоящее время у специалистов очистных сооружений, осуществляющих эксплуатацию метантенков в мезофильном режиме, нет оснований предпочитать двухступенчатое сбраживание традиционной технологии. По-видимому, основной причиной этому является то, что в сравнении с традиционным в странах Европы сбраживанием осадка в течение 20-25 суток, сложно получить результат лучше, поскольку столь длительное время пребывания осадка в метантенках обеспечивает практически предельный распад органического вещества. Сбраживанию подвергается смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила, раздельное сбраживание осадков или сбраживание только первичного осадка обычно не практикуется. Несмотря на то, что мезофильное сбраживание не обеспечивает дегельминтизацию осадка, стерилизация или пастеризация осадков на большинстве сооружений в Европе не применяется.

В то же время, несмотря на преобладание одноступенчатого мезофильного сбраживания, на вновь строящихся очистных сооружениях Франции и Германии применяется двухступенчатое сбраживание осадков или, по крайней мере, проектом (коммуникациями и оборудованием) предусматривается возможность сбраживания осадка в двухступенчатом режиме.

МГП «Мосводоканал», совместно с фирмой «COWI Consult» (Дания), разработал проект реконструкции метантенков Курьяновской СА с внедрением технологии 2-х ступенчатого сбраживания. Всего на Курьяновской СА имеется 24 метантенка объемом 5000 м<sup>3</sup> каждый. Под I ступень сбраживания планируется использовать группу из 4 существующих метантенков, остальные будут работать в режиме II ступени. Проектом предусмотрена возможность работы метантенков в 3-х режимах: одноступенчатый термофильный, 2-х ступенчатый термофильно-термофильный, 2-х ступенчатый термофильно-мезофильный. Реализация проекта планируется в 2002 – 2004г.г.

## 5.2. Современное оборудование для подготовки осадка к сбраживанию и сбраживания.

### *Оборудование для извлечения грубодисперсных примесей из осадка*

Несмотря на то, что сточные воды, поступающие на московские станции аэрации, проходят сороудерживающие решетки, в осадок первичных отстойников попадают не уловленные песок и грубодисперсные примеси. Эти примеси вызывают образование корки на поверхности осадка в метантенках и их зашламление.

Для удаления грубодисперсных примесей размером >1 мм из осадка перед подачей его в метантенки применяется процеживание на механических ступенчатых решетках тонкой очистки. Рабочим элементом решетки является движущееся пластинчатое полотно, на котором задерживаются загрязнения. Величина прозоров решеток может быть от 3 до 6 мм. В комплект с решетками входит дополнительное оборудование: шнековые промывочные прессы для промывки и уплотнения задержанных отбросов, пресс-транспортеры. Влажность отбросов после пресс-транспортеров 65-75%.

В таблице 5.3. приведены характеристики решеток Rotoscreen RS 16-90-5 для процеживания осадка сточных вод, установленных на ЛбСА:

Таблица 5.3

Наименование	Ед. изм.	Значение
Эффективная ширина решетки	мм	900
Величина прозоров	мм	5
Высота сброса	мм	1560
Материал		нерж. сталь
Мощность э/дв. привода	кВт	1,1
Пропускная способность	м <sup>3</sup> /час	700
Режим работы		круглосуточный



**Рис. 5.3. Решетки Rotoscreen производства фирмы Meva (Швеция).**

Другие производители механических решеток для процеживания осадка: HP Waste Water Management AB (Швеция), HYDRO-Abwassertechnik GmbH (Германия), ОАО «НИИПТ ХИММАШ», ЗАО «Инженерный центр Планета», ЗАО «Эко-Умвельт» (Россия).

#### **Оборудования для сгущения осадка.**

Для снижения влажности осадка используется его сгущение перед подачей в метантенки. Применяются барабанные или ленточные сгустители, где осадок под действием гравитационных сил сгущается с 97-98% до 95-96% влажности (что соответствует 2-3-х кратному снижению первоначального объема). В барабанных сгустителях в качестве фильтрующей поверхности используется фильтрующее полотно на вращающейся внутренней цилиндрической поверхности аппарата (барабана), в ленточных – движущееся горизонтально ленточное полотно, на которое подается осадок, предварительно обработанный флокулянт. Вода (фильтрат), пройдя через фильтрующее полотно, поступает в поддон, откуда отводится на очистные сооружения. Используемая доза флокулянта – обычно 1,5-3 кг/т сухого вещества осадка.

Дополнительное оборудование:

- ✓ эксцентрико-шнековые насосы для подачи/отвода осадка;
- ✓ система дозирования флокулянта;
- ✓ система промывки фильтрующей ткани.

Управление процессом подачи флокулянта и осадка осуществляется полностью в автоматическом режиме.

Ленточные сгустители обычно имеют более высокую единичную производительность, по сравнению с барабанными:

- производительность – до 200 м<sup>3</sup>/ч исходного осадка
- длина зоны фильтрации до 6 м
- ширина ленты – до 3 м

Производительность барабанных сгустителей – до 60 м<sup>3</sup>/ч исходного осадка. Барабанные сгустители, по сравнению с ленточными имеют более простую и надежную конструкцию.

Изготовители сгустителей: Alb. KLEIN Umweltechnik GmbH (Германия), Sc-Techno GmbH (Германия), Andritz AG (Австрия), Bellmer GmbH (Германия).

В таблице 5.4 примера приведены технические характеристики сгустителей PowerDrain 3000L фирмы Andritz AG (Австрия), установленных на ЛБСА:

Таблица 5.4

Наименование	Единицы изм.	
Производительность по исходной влажности	м <sup>3</sup> /ч	100
Габариты Д×Ш×В	мм	4725x3378x2230



Мощность привода	кВт	2,2
Расход промывочной воды	м <sup>3</sup> /ч	5,7
Потребность в сжатом воздухе для системы промывки	м <sup>3</sup> /ч	0,5 при 6 барах



**Рис. 5.4. Ленточный сгуститель производства Andritz (Австрия)**

***Оборудование для перемешивания осадка в метантенках.***

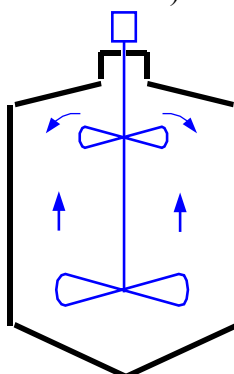
Основное назначение перемешивающего оборудования - обеспечивать эффективное использование всего объема метантенка, исключить образование мертвых зон, обеспечивать выравнивание температуры и концентрации осадка, предотвращать расслоение осадка, отложения песка и образование корки. В настоящее время наиболее перспективным оборудованием, используемым для перемешивания объема метантенков, являются:

- ✓ низкооборотные консольные мешалки с несколькими ярусами лопастей большого диаметра;
- ✓ перемешивание биогазом при помощи компрессора.

До последнего времени на московских станциях аэрации применялось перемешивание осадка в метантенках при помощи мешалок, установленных в центральной (рециркуляционной) трубе, либо газолифтами. Однако данные способы перемешивания оказались недостаточно эффективными (оседание песка на днище метантенка, образование корки).

***Низкооборотные консольные мешалки.***

В мешалках данного типа двигатель с редуктором вынесен на горловину метантенка, вал с несколькими рядами лопастей большого диаметра (до 10м) устанавливается консольно (без нижней опоры в днище метантенка). Длина вала мешалки может достигать 30 м (метантенки очистных сооружений канализации г. Таллинна, мешалки ABS (Швеция)). Некоторые производители (Sulzer, Финляндия) предлагают мешалки с нижней необслуживаемой опорой (подшипник скольжения).



**Рис. 5.5. Схема работы консольной мешалки в метантенке.**



**Рис. 5.6. Мешалка Scba (ABS), установленная в метантенке Ново-Люберцкой СА**

Технические характеристики мешалок Scaba (ABS), установленных на метантенках ЛбСА и КСА приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5.

Наименование	Ед. изм.	ЛбСА
марка мешалки		150 FVPT-Ldd
длина вала	мм	21000
число ярусов лопастей		2
диаметр пропеллера по ярусам	мм	3000 4000
число оборотов	об/мин	14,65
потребл. мощность	кВт	5,5
вес в сборе	кг	3834

Размеры метантенка ЛбСА: рабочая глубина 26 м, внутренний диаметр 24 м, объем 8000 м<sup>3</sup>.

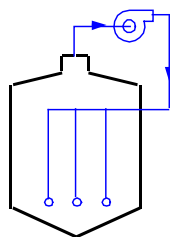
Производители мешалок с несколькими ярусами лопастей большого диаметра для метантенков: ABS (Швеция), Sulzer (Финляндия), VAANTO (Финляндия), LIGHTNIN Mixers Ltd. (Великобритания). В России данный тип оборудования пока не производится.

***Перемешивание биогазом при помощи компрессора.***

Этот метод заключается в перемешивании осадка в метантенке при помощи биогаза, отводимого из метантенка и нагнетаемого компрессором в газораспределительную систему. Биогаз барботирует через слой осадка, перемешивая его. Применение данного метода предлагает, в частности, фирма Дегремон (Франция).

К преимуществам данного метода перемешивания относится отсутствие проблем, характерных для механических мешалок, связанных с наматыванием на лопасти волокнистых включений.





**Рис. 5.7. Схема работы системы перемешивания биогазом при помощи компрессора.**

#### ***Подогрев осадка в метантенках.***

Теплообменники могут применяться для нагрева исходного осадка, подающегося в метантенки (гор. вода/осадок), либо для рекуперации тепла сброженного осадка (типа осадок/осадок). Для подогрева осадка наиболее часто применяются теплообменники спирального типа, реже «труба в трубе». Основные преимущества спиральных теплообменников – простота обслуживания (очистки) и компактность, по сравнению с теплообменниками «труба в трубе».

**В таблице 5.6 приведены характеристики теплообменника Alfa Laval типа 1H-STS-1W:**

Таблица 5.6.

Наименование	Ед. изм.		
Назначение		Рекуперация тепла сброженного осадка («осадок/осадок»)	
размеры	мм	2000×750×2200(h)	
поверхность теплопередачи	м <sup>2</sup>	81	
коэффициент теплопередачи	Вт/м <sup>2</sup> К	1048	
температуры теплоносителей	°С	вход	выход
-сырой осадок		17-26	33-35
-сброженный осадок		53-55	35-37
расход осадка (сырой=сброженный)	м <sup>3</sup> /ч	40-50	

Теплообменник «труба в трубе» более прост в изготовлении, однако в случае использования его для теплообмена осадок/осадок, требуется наличие резервного теплообменника, системы подачи чистой воды/рассола для промывки, которая приводится в действие дополнительным насосом. Такая система больше по размерам, ей присущи тепловые потери (дополнительный теплообменник) и повышенный расход э/энергии (насос).

Производители спиральных теплообменников Alfa Laval (Франция), Canzler GmbH (Германия), «труба в трубе» - Верхнесалдинское металлургическое производственное объединение (Россия).

### ***5.3. Реконструкция цеха механического обезвоживания осадка на Люберецкой станции.***

Традиционно применявшийся на московских станциях аэрации метод химического кондиционирования с минеральными реагентами – хлорным железом и известковым молоком, был экономически и технологически устаревшим. К недостаткам данной технологии относятся: большой расход реагентов, проблемы с их транспортировкой и хранением, внесение в осадок значительного количества инертных веществ, а также чрезвычайно возросшая в последнее время стоимость реагентов и их доставки.

Выполненные расчеты по технико-экономическому сравнению различных методов кондиционирования осадков показали целесообразность внедрения метода полимерного кондиционирования с применением органических флокулянтов.

Некоторое время на Люберецкой станции эксплуатировались камерные фильтр-прессы ФКВ-400/500 производства завода «Прогресс» (г.Бердичев, Украина), работавшие по технологии химического кондиционирования с применением минеральных реагентов. Камерные фильтр-прессы обеспечивали получение обезвоженного осадка с влажностью гораздо меньшей, чем на вакуум-фильтрах. В 1996 году камерные фильтр-пресса, установленные на НЛБСА в количестве 5 ед. были переведены на работу с органическими флокулянтами, подготовка и дозирование которых осуществлялись с использованием импортной автоматической системы «Поликон» фирмы «Аллайд Коллойдс» (Германия).

Система полимерного кондиционирования включала баки приготовления растворов флокулянта, насосы перекачки флокулянта, насосы подачи осадка на фильтр-прессы. Весь процесс от приготовления растворов флокулянта до окончания прессования производился автоматически. На компьютере осуществлялись расчет всех параметров, регистрация всех фильтро-циклов. Опыт эксплуатации системы показал следующие бесспорные преимущества полимерного кондиционирования перед традиционной схемой химического кондиционирования:

1. Увеличивается производительность фильтр-пресса по сухому веществу осадка за счет снижения инертных материалов в осадке вносимых с минеральными реагентами.
2. Снижаются затраты на вывоз обезвоженного осадка за счет отсутствия балласта в осадке (40-50%) почти в 2 раза.
3. Затраты на флокулянт в 4,3 раза меньше затрат на минеральные реагенты.
4. Затраты на электроэнергию меньше почти в 3 раза.
5. Полная автоматизация процесса с компьютерным оснащением.
6. Это экологически чистый метод, не наносящий вреда человеческому организму и природной среде.
7. Флокулянт не приводит к износу оборудования, так как не является абразивом, не вызывает коррозии, не ведет к образованию отложений в трубопроводах.

При эксплуатации фильтр-прессов ФКВ-400/500 выявились серьезные недостатки работы механического и электрооборудования, сделавшие данные фильтр-прессы практически неработоспособными, и, в конечном счете, приведшие к их демонтажу.

С февраля по июль 1996 года силами ЛБСА был выполнен монтаж 2-х мембранных фильтр-прессов фирмы «Дифенбах» (Италия) с системой полимерного кондиционирования.

В соответствии со схемой установочное оборудование включает в себя:

1. Систему приготовления и дозирования флокулянта, которая состоит из загрузочного устройства, резервуаров концентрированного (0,5%) и рабочего раствора (0,1%) флокулянта, двух насосов дозаторов с производительностью 30 м<sup>3</sup>/час, по одному на каждый фильтр-пресс.

2. Узел подачи осадка, состоящий из 4-х винтовых насосов (по 2 на каждый фильтр/пресс) производительностью 60 и 120 м<sup>3</sup>/час.

Перед каждой группой насосов имеется мацератор-измельчитель поступающего осадка.

3. Систему мембранного отжима осадка, которая включает: резервуар для хранения воды отжима, 2 вертикальных многоступенчатых насоса по одному на каждый фильтр-пресс.

4. Два фильтр-пресса с плитами из высокомолекулярного полимера с двойной мембраной из специальной резины.

Технические характеристики:

- ✓ размер плит – 1500x2000
- ✓ толщина плит – 45 мм

- ✓ давление фильтрации – 9 бар
  - ✓ давление отжима – 15 бар
  - ✓ общий объем – 11000 л
- Эксплуатационные характеристики:
- ✓ общее время фильтро-цикла – 115 мин.
  - ✓ количество фильтро-циклов в сутки – 12 (на одном)
  - ✓ производительность – 2,4 кг с м<sup>2</sup> в час.

5. Узел для промывки ткани, состоящий из резервуара подачи воды на фильтр-пресс, насоса высокого давления производительностью 300 л/мин., рабочим давлением 100 атм. и 2-х автоматических устройств для промывки ткани, установленных на каждом фильтр-прессе.

6. Узел транспортировки кека с фильтр-пресса на автомашины: по два шнековых конвейера (горизонтальный и наклонный) на каждый фильтр/пресс.

Полностью автоматизированный технологический процесс включает в себя следующие операции:

1. Фильтрация.
2. Отжим мембран «сквизер».
3. Продувка центрального коллектора воздухом.
4. Разгрузка кека.

Фаза фильтрации происходит при закрытии фильтр-пресса, винтовые насосы быстро наполняют фильтр-пресса.

Подача осадка производится с фильтр-прессов с 2-х сторон. Фильтрат выходит через верхние и нижние сливы.

Флокулянт, предварительно растворенный в воде до концентрации 0,1%, насосами-дозаторами подается в трубопровод осадка непосредственно перед фильтр-прессами.

Производительность насоса-дозатора регулируется двумя основными параметрами:

- ✓ количество сухого вещества, содержащегося в осадке;
- ✓ производительностью осадочного насоса.

Такая система регулирования позволяет оптимизировать величины расхода флокулянта и работать в оптимальных условиях флокуляции для обеспечения наилучших характеристик обезвоживания осадка.

Прекращение фильтрации произойдет при достижении максимального давления бар и минимального расхода, либо после заполнения заданного количества сухого вещества осадка.

Насос подачи осадка объемного одновинтового типа. Его производительность регулируется соответствующим инвертором, который в соответствии с заданными параметрами изменяет скорость вращения ротора, а, следовательно, расход осадка.

После окончания цикла фильтрации производится отжим мембран. Центробежный насос подает воду в полость между мембраной и плитой. Коллектор распределяет воду под давлением по отдельным плитам. Вода поступает снизу и выталкивает воздух из мембран. Для выталкивания воздуха, который будет выходить через верхнюю часть мембран, клапан верхнего коллектора будет открыт и закроется автоматически в тот момент, когда вода поднимается до уровня сливного отверстия. Таким образом, обеспечивается выход всего воздуха и в системе будет создано давление для отжима кека.

Отжим осуществляется при давлении 15 бар. Продолжительность его может задаваться от 15 до 40 мин. По окончании отжима кека производится продувка пробки центрального коллектора. После этого осуществляется слив воды из системы отжима. Звуковой и оптический сигнал указывает оператору на то, что фаза продувки и отжима мембран закончена.

4. Оператор дает команду на начало операции разгрузки. Процесс разгрузки осуществляется автоматически. Контроль и управление фильтр-прессами осуществляется через персональный компьютер, оснащенный видеографической операционной системой.

В качестве флокулянта используется высокомолекулярный полимер «Праестол» фирмы «Штокхаузен».

В опытную эксплуатацию итальянские фильтр-пресса были приняты в октябре 1996 года и обезвоживали 100% уплотненного осадка старой станции. По этой причине эксплуатация вакуум-фильтров была прекращена и станция отказалась от применения извести и хлорного железа.

В марте 1997 года были приняты в эксплуатацию еще 2 мембранных фильтр-пресса фирмы «Дифенбах» (Италия) с системой полимерного кондиционирования. Стала возможной переброска осадка с НЛБСА на старую станцию для обезвоживания на новом оборудовании.

Особого внимания заслуживают выгрузочные линии фильтр-пресса фирмы «Дифенбах»: это система шнековых транспортеров – горизонтальных и наклонных. Система выгрузки работает достаточно стабильно, проста и удобна в эксплуатации.

Для обезвоживания осадка с Люблинских иловых площадок (Марьинский парк на ЛБСА было смонтировано 7 немецких фильтр-прессов фирмы «Нетч» с полимерным кондиционированием осадка- 2 фильтр-пресса в отделении прессования осадка на ЛБСА и 5 ед. на НЛБСА. Технологическая схема полимерного кондиционирования и механического обезвоживания осадка на мембранных фильтр-прессах «Нетч» представлена на рис.2.

На фильтр-прессах фирмы «Нетч» для выгрузки обезвоженного осадка используются винтовые насосы NM150, которые разгружают фильтр-пресс на ЛБСА в автотранспорт, а на НЛБСА на буферную площадку. Длина напорного трубопровода такой системы составляет на ЛБСА 13 м и около 70 м на НЛБСА. Для снижения потерь напора используется 0,1%-процентный раствор флокулянта, который впрыскивается в небольших количествах в трех точках по длине трубопровода, также предусмотрена промывка напорного трубопровода технической водой.

Для дальнейшего перехода на полное механическое обезвоживание всех осадков в бывшем здании вакуум-фильтров в период 1998-1999 гг. были установлены импортные фильтр-пресса фирмы «Дифенбах» мобильного типа в количестве 3 единиц.

#### **Технические характеристики фильтр-прессов Люберецкой станции аэрации**

Таблица № 5.7.

№ п/п	Параметры	Фильтр-пресса фирмы			
		«Дифенбах» (стационарный)	«Дифенбах» (мобильный)	«Нетч»	«Штокхаузен 2000»
1.	Длина, м	15,710	16,330	18,875	15,680
2	Ширина, м	3,040	2,180	2,375	2,800
3	Высота, м	6,850	4,950	4,000	5,300
4	Количество плит, ед.	148	120	148	135
5	Объем камер, куб. м	14,000	8,840	14,000	8,017
6	Давление фильтрации, бар	7,5-12	9,0	9,0	13,0
7	Давление дожима, бар	15	15	15	-
8	Размер плит, мм	1500x2000	1500x1500	1500x2000	1500x1500
9	Площадь фильтрации, кв. м	782	600	782	607,5

В настоящее время смонтирован и проходит промышленные испытания «Фильтр-пресс 2000» фирмы «Штокхаузен, работающий по принципу «быстрой фильтрации».

На сегодняшний день в цехе МОО установлено 15 современных фильтр-прессов технические характеристики и технологические параметры, которых представлены в табл. № 5.7 и 5.8.

### Технологические параметры работы фильтр-прессов

Таблица 5.8

№ № п/п	Параметры	Фильтр-прессы фирмы			
		«Дифенбах » (стационар ный)	«Дифенбах » (мобильны й)	«Нетч»	«Штокхау зен 2000»
1	Среднее количество сухого вещества осадка, обрабатываемое за 1 фильтроцикл, тонн	3,6-3,8	1,8-2,2	3,6-3,8	2,0-3,5
2	Максимальное количество фильтроциклов в сутки	14	14	14	18
3	Средняя влажность обезвоженного осадка, %	70-72	70-72	70-72	70
4	Средний расход флокулянта марки «Праестол», кг/т с.в.о.	4,5-5,0	4,5-5,0	4,5-5,0	5,7-6,0
5	Коэффициент использования фильтр-прессов, по мнению специалистов фирмы.	0,85	0,85	0,85	-
6	Ориентировочное количество осадка фактической влажности, подаваемое на 1 фильтроцикл (зависит от влажности осадка), тыс. куб. м	90-100	50-60	90-100	53,8

Люберецкая станция аэрации имеет многолетнюю историю создания и развития.

До 2000 г. на сбраживание в метантенки подавалась смесь сырого осадка первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила. Эксплуатация метантенков велась по одноступенчатой прямоточной схеме (Рис.1). Загрузка производилась одновременно с выгрузкой (объем загружаемой массы равен объему выгруженного осадка). Загрузка метантенков производилась непрерывно в течение суток. Подогрев сбраживаемой массы в метантенках осуществлялся острым паром через пароструйные инжекторы. Температура сбраживаемой массы поддерживалась 50-53<sup>0</sup>.

В результате процесса сбраживания выделялся биогаз, который направлялся в котельную на сжигание и выработку пара. Вырабатываемый при этом пар используется для подогрева осадка в метантенках и на хозяйственные нужды предприятия.

В ноябре 1985 г. были сданы в эксплуатацию метантенки первой очереди Ново-Люберецкой станции аэрации и 1997 г. – второй.

В отличие от метантенков старой станции метантенки НЛбСА. Для опорожнения метантенков, согласно проекту, был проложен специальный трубопровод. В процессе работы в конусной части метантенка образовывалась двухметровая «мертвая зона», в которой происходило отложение песка. В результате, трубопровод опорожнения, а следом и трубопроводы выгрузки забивались песком.

В настоящее время на Люберецкой станции аэрации имеется 20 метантенков, том числе: метантенки ЛбСА (12 ед.) и метантенки НЛбСА (8 ед.).

Одним из основных параметров работы метантенков является выработка биогаза. Снижение выработки биогаза в 1991-1995 г. связано с разрушением газопровода в теле метантенка. После проведения санации газопроводов выработка биогаза метантенками стабилизировалась.

Выгружаемый из метантенков осадок подвергается промывке очищенной сточной водой с последующим уплотнением. Отделение промывной воды и уплотнения промытого осадка осуществляется в гравитационных уплотнителях, диаметром 33 метра с полезным объемом 4500 м<sup>3</sup>. В настоящее время на Люберецкой станции аэрации построено 18 уплотнителей: 10 на старой станции и 8 на новой.

Метантенки старой станции к настоящему моменту морально и физически устарели.

При обследовании метантенков обнаружено, что в результате коррозии трубопроводы загрузки и выгрузки с отметок 129, 136, 142, 147 разрушены. Обрушившиеся трубопроводы частично перекрыли трубопроводы выгрузки. Таким образом, при отсутствии интенсивного перемешивания осадка образовывались «мертвые зоны».

Основными недостатками в работе метантенков как ЛбСА, так и НЛбСА является накопление в них корки и песка, значительно снижающих полезный объем метантенков. Это связано с недостаточной подготовкой осадка к сбрасыванию и конструктивными особенностями метантенков.

Причина накопления песка в донной части метантенков - естественные отложения песка по стенкам метантенка из-за недостаточной конусности днища и, кроме того, для метантенков НЛбСА - несовершенство конструкций систем выгрузки и опорожнения метантенков.

Причиной образования корки в метантенках является наличие «волокистых» веществ в осадках (текстиль, волосы и т.д.), которые в условиях недостаточного перемешивания образуют крупные конгломераты.

Мешалки, установленные на метантенках старой станции из-за конструктивных недоработок были неработоспособными и не эксплуатировались с 1965г. В метантенках старой станции накопилось много корки. Восстановление штатных мешалок в 1999-2000 гг. положительных результатов не дало: мешалки ремонтировались, а через месяц выходили из строя. Для ремонта мешалки приходилось выводить метантенк из эксплуатации.

Кроме того, установленные по проекту винтовые мешалки не справляются с функцией удаления корки с метантенков. Однако установить более эффективную пропеллерную мешалку при существующей конструкции метантенков старой станции невозможно.

Газовые колпаки метантенков локально имеют сквозную коррозию, что недопустимо при работе с газом.

По проекту для распределения осадков по метантенкам ЛбСА, используется распределительная камера, расположенная на 3-ем этаже здания управления метантенками (рис. 3). Распределение осадков производится самотеком, а регулировка количества осадка, поступающего на очередь должна осуществляться с помощью шиберов.

Ввиду длительной эксплуатации центральной распределительной камеры (с 1963 года без ремонта) произошел значительный износ, как конструкций самой распределительной камеры, так и трубопроводов, подающих осадок на очереди. Полностью разрушена система регулирования подачи осадка по очередям. В настоящее время распределительная камера находится в аварийном состоянии.

Проведение ремонта центральной распределительной станции по проектному решению практически невозможно, так как потребуются длительная остановка метантенков ЛбСА и, следовательно, остановка всех сооружений старой станции.

Паровой узел эксплуатируется более 35 лет без капитального ремонта. Запорная задвижка Ду=300мм, установленная на вводе паропровода в здание управления метантен-

ками, имеет полный износ механической части и не обеспечивает возможности регулирования расхода пара, что ведет к нарушениям технологического процесса.

Средний срок службы метантенка НЛбСА составляет 3-5 лет. По истечении этого срока метантенк необходимо очищать от отложений песка и корки.

Для более эффективной эксплуатации метантенков в процессе реконструкции необходимо предусмотреть:

- ✓ сгущение и уплотнение осадков, подаваемых на сбраживание в метантенки,
- ✓ оснащение всех метантенков мешалками,
- ✓ рекуперацию тепла,
- ✓ автоматизацию процесса,
- ✓ эффективное использование биогаза.

#### *Реконструкция метантенков.*

После проведения реконструкции метантенки НЛбСА должны принять и обработать весь сырой осадок и уплотненный избыточный ил ЛбСА и НЛбСА. Метантенки должны работать в оптимальном режиме сбраживания, как в термофильном, так и в режиме 2-х стадийного сбраживания. При работе в режиме 2-х стадийного сбраживания: первая стадия (термофильная), обеспечит дегельминтизацию сброженных осадков, вторая (мезофильная) - более экономичная при эксплуатации, значительно снизит затраты на обработку осадка как в метантенках, так и при последующем обезвоживании.

Для осуществления технологии 2-х стадийного сбраживания необходимо дополнительное строительство 4-х метантенков или сгущение уплотненного избыточного на сгустителях.

При реконструкции метантенков станции необходимо включить в программу реконструкции метантенков следующие мероприятия:

По подготовке осадка к сбраживанию.

- ✓ изъятие песка из осадка первичных отстойников;
- ✓ дополнительное уплотнение осадка первичных отстойников;
- ✓ изъятие ГДП из осадка первичных отстойников;
- ✓ сгущение активного ила;

Разработка новых системных элементов технологической схемы обработки осадков в метантенках

Усовершенствование системы распределения осадков по метантенкам;

система перемешивания метантенка;

система подогрева метантенка с рекуперацией тепла.

система выгрузки осадка из метантенков.

система аварийного перелива осадка.

система отвода газа и аварийного сброса давления под куполом метантенка.

система эффективного устранения засоров в трубопроводах.

подбор насосного оборудования и запорной арматуры;

автоматизированная система управления и контроля за ходом технологического процесса.

автоматизированная система обеспечения безопасной эксплуатации сооружений и оборудования.

В 2000 г. на Люберецкой станции азрации начаты работы по реконструкции метантенков. Перед станцией стояла большая задача, так как метантенки старой станции, эксплуатирующиеся с 1965 года, имели разрушения трубопроводов загрузки и выгрузки, нарушения герметичности из-за физического износа железобетонных конструкций. Газовые колпаки морально и физически устарели. Обогрев сбраживаемой массы в метантенках не отвечал современным требованиям, рекуперация тепла отсутствовала. Три метантенка новой станции были выведены из эксплуатации из-за засоров в выгрузочных трубопроводах. Перемешивание осадка отсутствовало, вследствие чего произошло зашламливание метантенков песком и коркой. Сложившаяся ситуация усугублялась необходимостью прове-



дения реконструкции в условиях действующего предприятия.

С целью обеспечения безопасного проведения строительно-монтажных работ на период реконструкции часть метантенков должны были выведены из эксплуатации. Кардинальным решением проблемы перегрузки метантенков в период реконструкции является отказ от сбрасывания активного ила и временный переход на аэробную стабилизацию.

За период 2000-2002 гг. на Люберецкой станции аэрации выполнены следующие работы:

Проведена реконструкция системы выгрузки четырех метантенков новой станции.

Восстановлено два метантенка старой станции.

При проведении реконструкции, на метантенках (2 метантенка ЛбСА и 4 метантенка НЛбСА) установлены принципиально новые лопастные мешалки фирмы «SCABA» и смонтированы люки-лазы (на метантенках НЛбСА – 7 м до днища и на метантенках ЛбСА – 13 м), что значительно упрощает техническое обслуживание метантенков (по проекту монтажные люки были оборудованы на купольной части метантенка).

Изменена система распределения осадка по метантенкам с самотечной на напорную.

Проведена реконструкция двух газовых колпаков.

Проведена реконструкция парового узла метантенков старой станции с установкой регулирующей задвижки «Ванесса».

Разработана система автоматизации работы метантенков старой станции.

При реконструкции метантенков используется современная запорная арматура (задвижки ножевого типа).

Наиболее интересными с нашей точки зрения являются работы по использованию лопастных мешалок для перемешивания сбрасываемой массы и реконструкция газового колпака. Остановимся на этих работах более подробно.

*Использование лопастной мешалки для перемешивания сбрасываемой массы.*

На метантенках старой станции согласно проекту были установлены винтовые мешалки, смонтированные в центральной трубе диаметром 920 мм. Еще в самом начале их эксплуатации была выявлена их низкая эффективность для данной конструкции метантенков. Это снижало интенсивность работы метантенков по выработке биогаза и способствовало накоплению песка и корки.

На новой станции кроме винтовых мешалок, установленных на трех метантенках, пять метантенка были оборудованы газолифтом. Однако и газолифт не давал необходимой степени перемешивания.

В 1999 г. Люберецкой станции аэрации была предложена для внедрения лопастная мешалка фирмы «SCABA». Эта мешалка принципиально отличалась от используемых ранее винтовых мешалок.

Мешалка «SCABA» была специально рассчитана специалистами фирмы для перемешивания осадка в метантенках Люберецкой станции аэрации.

Согласно техническому описанию мешалка «SCABA» предназначена для поддержания однородного состояния перемешиваемого осадка и предупреждения осаждения. Также в техническом описании к мешалке были приведены размеры метантенка, в который мешалка должна быть установлена:

Диаметр	23000мм
Цилиндрическая высота	14800 мм
Донный конус	3700 мм

Максимальный уровень жидкости		24300 мм	
Верхний конус		5950 мм	
Минимальный уровень перемешивания		7400 мм	
Технические характеристики мешалки фирмы «SCABA»			
1.	Мощность электродвигателя, кВт/час	7,5	
2.	Количество оборотов в минуту	15	
3.	Диаметр лопастей, м	Верхних - 3	Нижних – 4
4.	Количество установленных лопастей	Вверх - 2	Низ - 3
7.	Высота вала мешалки	До верхних лопа- стей – 3,6	До нижних лопа- стей – 21

Мешалка, устанавливается через крышу.

После монтажа и более 2-х лет эксплуатации мешалки «SCABA» фирмы ABS на метантенке №1 НЛБСА мы получили возможность убедиться в том, что образование корки прекратилось. При этом газовыделение увеличивается на 15-20%.

#### *Реконструкция газовых колпаков.*

Как уже было сказано ранее, газовые колпаки метантенков морально и физически устарели.

Ранее конструкция газового колпака состояла из двух сегментов, на которых были установлены колонки высотой 5 м. Между сегментами располагалась пропеллерная мешалка. В одной из колонок размещался гидрозатвор, в другой – проходил газопровод. В сегментах имелись 2 смотровых люка.

Данная конструкция была крайне металлоемка и сложна при эксплуатации, как в части проведения ремонта, так и в части обслуживания.

Взамен данной конструкции специалистами Люберецкой станции аэрации была разработана новая конструкция газового колпака. Было принято решение поднять бетонную часть горловины метантенка на 1,3 м с целью сохранения заданного газового объема и выполнить газовый колпак в виде плоской металлической конструкции размером 3х4 метра. На площадке размещены съемная колонка отбора газа и съемный гидрозатвор, смонтирован датчик превышения давления под куполом метантенка и уровнемер.

На газопроводе установлен предохранительный клапан, тем самым, обеспечив **тройную защиту** газового колпака от разрушения и создания аварийной ситуации:

Первым при превышении давления должен сработать гидрозатвор (420-450 мм. в.ст.)

В случае засорения гидрозатвора (при давлении под куполом метантенка выше 450 мм. в. ст.) срабатывает предохранительный клапан.

Если и этого не произошло, то при достижении давления под куполом метантенка 500 мм. в.ст., датчик давления, смонтированный на газовом колпаке, подает сигнал на пульт МДП и в автоматическом режиме открывает электрифицированную задвижку на свече аварийного сброса газа и закрывает задвижку на газопроводе.

Новая конструкция газового колпака стала менее металлоемкой, более удобной и безопасной в эксплуатации.

Колонка отбора газа на старом газовом колпаке создавала трудности при промывке газопровода и приводила к необходимости проведения верхолазных работ.

Новая конструкция этого не требует, т.к. является полностью разборной. Как сама колонка в сборе, так и отдельные ее части могут быть демонтированы и в случае необходимости заменены на новые.

Существовавший ранее гидрозатвор был вмонтирован в одну из колонок и, не смотря на наличие смотрового люка техническому обслуживанию, а тем более ремонту без полного вывода метантенка из работы, не поддавался. Кроме того, при срабатывании, гидрозатвор необходимо было заливать водой, так как жидкость, находящуюся внутри ковша выплескивало в метантенк.

Новая конструкция гидрозатвора также как и колонки отбора газа менее металлоемкая и полностью разборная. Позволяет производить работы по замене, как всего гидрозатвора, так и отдельных его частей без остановки метантенка. При превышении установленного давления, вода из ковша через трубу динамического уровня поступает в кольцевой зазор. После снижения давления до рабочего – стекает по трубе в ковш гидрозатвора.