

# Модернизация первичного отстойника

А. Н. ПАХОМОВ<sup>1</sup>, С. А. СТРЕЛЬЦОВ<sup>2</sup>, Н. А. БЕЛОВ<sup>3</sup>, В. А. МУХИН<sup>4</sup>, А. А. КУРЯТНИКОВ<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Пахомов Анатолий Николаевич, первый заместитель генерального директора МГУП «Мосводоканал» 105005, Россия, Москва, Плетешковский пер., 2, тел.: (499) 261-02-02, e-mail: secret3@mosvodokanal.ru

<sup>2</sup> Стрельцов Сергей Александрович, начальник Управления канализации, МГУП «Мосводоканал» Тел.: (499) 261-02-02, e-mail: strelcov\_sa@mosvodokanal.ru

<sup>3</sup> Белов Николай Анатольевич, главный технолог Управления канализации, МГУП «Мосводоканал» Тел.: (499) 263-93-94, e-mail: upr\_kan2@mosvodokanal.ru

<sup>4</sup> Мухин Владимир Анатольевич, начальник Курьяновских очистных сооружений ПУ «Мосочиствод», МГУП «Мосводоканал» 109235, Россия, Москва, 1-й Курьяновский проезд, 15, тел.: (495) 348-92-13, e-mail: ksa\_gl\_ing@mosvodokanal.ru

<sup>5</sup> Курятников Алексей Алексеевич, главный инженер, ООО «Производственно-строительное предприятие «МОСЭЛЕКТРО» 105082, Россия, Москва, Большая Почтовая ул., 55/59, стр. 1, тел.: (499) 261-23-31, e-mail: psp-moselektro@mail.ru

Рассмотрен вопрос модернизации первичного отстойника диаметром 54 м на Курьяновских очистных сооружениях Москвы с установкой илоскреба ИЛ-54 новой конструкции. Описаны особенности и преимущества конструкции нового илоскреба. Промышленные испытания илоскреба в комплекте с плавающим сегментом перекрытия на первичном отстойнике Ново-Курьяновских очистных сооружений показали его высокую технологическую эффективность и эксплуатационную надежность. Принято решение об оснащении илоскребами марки ИЛ-54 и плавающими перекрытиями всех отстойников диаметром 54 м в рамках проекта комплексной реконструкции Ново-Курьяновских очистных сооружений.

**Ключевые слова:** очистные сооружения, первичный отстойник, илоскреб, скребковая система, купольное перекрытие.

Upgrading 54 m diameter primary settler at the Kouryanovo wastewater treatment facilities in Moscow with the installation of a newly designed IL-54 sludge scraper is discussed. The specifications and advantages of the new design of the sludge scraper are described. Industrial tests of the sludge scraper complete with a floating covering section on the primary settler at the Novo-Kouryanovo wastewater treatment facilities showed high process efficiency and operating reliability. As part of the integrated program of the Novo-Kouryanovo wastewater treatment facilities upgrade it was decided to equip all the 54 m diameter settlers with IL-54 sludge scrapers and floating coverings.

**Key words:** wastewater treatment facilities, primary settler, sludge scraper, scraper system, domed covering.

Курьяновские очистные сооружения (КОС), эксплуатируемые уже более 60 лет, являются старейшими в системе московской канализации. Сегодня это один из самых крупных в Европе природоохранных комплексов проектной производительностью 3,125 млн. м<sup>3</sup>/сут сточной воды. Технологический процесс очистки сточных вод включает в себя механическую и биологическую очистку по классической схеме. В 1970-е годы были построены и введены в эксплуатацию Ново-Курьяновские очистные сооружения (НКОС), которые вошли в комплекс КОС. В состав сооружений механической очистки НКОС входят 16 первичных отстойников диаметром 54 м, проектная производительность каждого составляет 125 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Эффективность и надежность работы первичных отстой-

ников существенным образом влияет на качество биологической очистки и, в конечном счете, на качество воды на выпуске в водоем.

За сорокалетний период эксплуатации (с 1971 г.) у первичных отстойников диаметром 54 м был выявлен ряд серьезных недостатков, приводящих к частым поломкам и выходу из строя оборудования. Одним из основных факторов, негативно влияющих на работу первичных отстойников КОС, является повышенное содержание мелких фракций песка в осадке (5–10% по сухому веществу), что связано с недостаточной эффективностью работы песколовков. Повышенное содержание песка в осадке приводит к увеличению нагрузок на скребковый механизм отстойника, его ускоренному износу и повреждению.

Изначально на первичных отстойниках были установлены илоскребы марки ИПО, которые к настоящему времени морально устарели и имеют износ в среднем 70%. Конструктивно илоскреб ИПО представляет собой рамную металлоконструкцию, прикрепленную к вращающейся опорной конструкции в форме звезды (далее – звезда). Металлоконструкция илоскреба вращается вокруг шпиля, расположенного на центральной опоре. Звезда жестко соединена 27-метровой фермой с приводной тележкой, которая перемещается по рельсовому пути, проложенному по периферийному борту отстойника. Тяговое усилие от привода через тросы передается на звезду, к лучам которой крепятся скребки, перемещающие осадок по днищу отстойника в кольцевой приямок. В самом приямке движение осадка к отводящим трубопроводам обеспечивают скребки, жестко соединенные с металлоконструкцией.

Как показал многолетний опыт эксплуатации, центральная опора фермы из-за недостаточной грузоподъемности и жесткости подшипникового узла не обеспечивала требуемой надежности и долговечности. С помощью скребкового механизма не достигалась эффективная очистка радиального отстойника от осадка. Скребки имеют чрезвычайно сложную регулировку по высоте от днища из-за большого количества поддерживающих тяг. Возникающие в процессе работы деформации усугубляют сложность регулировки.

Еще одной проблемой является чрезвычайно ненадежная работа илоскреба ИПО в зимний период из-за возникающих температурных деформаций в рельсовых путях. Так, в период благоприятных погодных условий (с апреля по октябрь) коэффициент сцепления  $\phi$  между ходовым колесом и рельсом составляет 0,75, обеспечивая максимальное тяговое усилие. В то же время с ноября по апрель коэффициент сцепления  $\phi$  изменяется в пределах от 0,05 до 0,1, а сила тяги составляет 350 кгс, что в 7 раз меньше необходимого. В результате возникает пробуксовка и проскальзывание ходового колеса илоскреба по рельсовому пути.

Для решения данной проблемы в 1990-х годах на все первичные отстойники установили дополнительную ферму с приводной тележкой, что частично обеспечило работу отстойников в зимнее время. Однако установка дополнительной фермы привела к увеличению нагрузки на крепление шпиля центральной части и его деформации. В результате неравномерности хода двух ферм произошло повреждение приводных валов тележек в местах концентрации напряже-

ний и разрушение фермы в месте крепления к центральной части.

В процессе длительной эксплуатации были испытаны различные варианты креплений скребков кольцевого приямка, проводилась модернизация приводной тележки и балансировочных тележек на центральной опоре. Однако, несмотря на все доработки, не удалось обеспечить необходимую жесткость конструкции, в результате чего «слабые места» стали объектом значительных затрат при ремонте илоскребов. Крайне отрицательно сказываются на трудоемкости и длительности ремонтно-восстановительных работ неудобство доступа к подшипниковому узлу и сложность конструкции. Вышеперечисленные проблемы приводят к поломкам конструкций скребков, их заклиниванию в кольцевом приямке, сходу приводной тележки с рельсового пути, поломкам тележек и конструкций звезды. Помимо частых ремонтов илоскребов ежегодно требуется покраска ферм, что также увеличивает эксплуатационные затраты.

Таким образом, конструкции илоскреба марки ИПО имеют следующие основные недостатки:

- значительная металлоемкость и большая масса конструкции;

- четырёхлучевая ферма с большим количеством элементов, поддерживающих скребковую систему, занимает почти все внутреннее пространство отстойника (рис. 1), что существенно усложняет работу по регулированию скребковых лучей по высоте от днища при их износе и деформации, а также приводит к накоплению на них отходов;

- повреждение рельсового пути и деформация ферм при сходе катков приводных тележек;

- повышенная нагрузка и неравномерность хода двух тележек из-за их сложной синхронизации, приводящие к обрыву тяговых тросов скребковой системы;



Рис. 1. Илоскреб ИПО на Курьяновских очистных сооружениях

пробуксовка катков приводных тележек на рельсовом пути в зимний период эксплуатации;

повышенная коррозия частей конструкции, выполненных из черной стали;

возникновение значительных деформирующих и разрушающих усилий в узлах при защемлении одного из подводных лучей скребков при обрыве тяг;

трудоемкость и длительность ремонтно-восстановительных работ в случае серьезных повреждений;

обмерзание катков звезды центральной части в зимнее время, попадание в них влаги и заклинивание.

Учитывая, что технологии и оборудование, применяемые на московских очистных сооружениях, морально и физически устарели, постановлением Правительства Москвы от 14 марта 2006 г. № 176-ПП «О развитии систем водоснабжения и канализации города Москвы на период до 2020 г.» была поставлена задача поэтапной комплексной реконструкции очистных сооружений с переводом на технологии удаления биогенных элементов. В рамках решения этой масштабной задачи специалистами МГУП «Мосводоканал» проводилась работа по изучению отечественного и мирового опыта в области очистки сточных вод, в том числе современных конструкций отстойников и илоскребов. После комплексного анализа предложений современного рынка оборудования был выбран илоскреб марки ИЛ-54 отечественного производства.

Илоскреб ИЛ-54 (рис. 2) состоит из фермы со скребковым механизмом удаления осадка, центральной опоры, расположенной концентрично круговому пути, и приводной системы. Его конструкция исключает недостатки штатных илоскребов и имеет следующие особенности и преимущества.

Ферма илоскреба ИЛ-54 является несущей и представляет собой равнобедренный треугольник, вершина которого закреплена на центральной опоре с помощью подшипникового узла. Колонны со скребками крепятся непосредственно к ферме. Отсутствует тросовая тяговая система. Такая конструкция обеспечивает максимальную жесткость системы. Подшипниковый узел центральной опорной конструкции компактен и защищен от атмосферных воздействий и влаги за счет отсутствия открытой пары «колесо — рельсовый путь».

Для движения тележки вместо рельсовых путей используется приводной механизм с двумя ведущими резиновыми колесами размером 10 дюймов, разнесенных между собой и снаб-

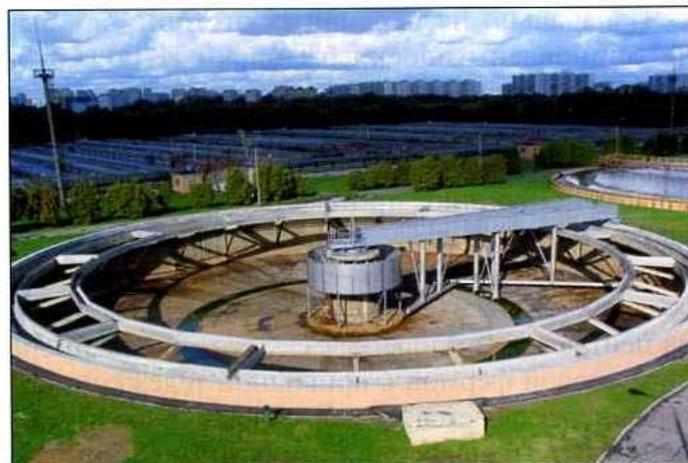


Рис. 2. Первичный отстойник диаметром 54 м с илоскребом ИЛ-54 на Курьяновских очистных сооружениях

женными моторами-редукторами с регулируемыми приводами, что позволяет практически исключить пробуксовку в зимний период. Приводная система илоскреба способна изменять скорость вращения фермы в широком диапазоне, обеспечивая возможность выбора оптимальной скорости.

Каждый последующий скребок перекрывает предыдущий, тем самым направляя сырой осадок к приямкам. Скребки максимально приближены к проблемным «мертвым» зонам отстойника для лучшего удаления осадка и исключения его загнивания и повышенного выноса взвешенных веществ. Особенности крепления скребков позволяют нивелировать неровности днища отстойника и легко настраивать их по высоте.

Учитывая коррозионную активность среды, надводные части илоскреба ИЛ-54 изготовлены из конструкционной стали с тонкопленочной защитой металла от коррозии, а подводные — из нержавеющей стали AISI 321, которая хорошо зарекомендовала себя в агрессивной среде канализационных стоков на КОС.

Для проведения промышленных испытаний новой конструкции илоскреба ИЛ-54 на



**Рис. 3. Изменение содержания взвешенных веществ на Ново-Курьяновских очистных сооружениях**

1 – в воде, поступающей на очистные сооружения; 2 – в осветленной воде первичных отстойников № 2–8; 3 – в осветленной воде первичного отстойника № 1

НКОС-1 был выбран первичный отстойник № 1 диаметром 54 м. Промышленные испытания включали два этапа: технологический и ресурсный.

Согласно разработанной программе испытаний, технологическая эффективность первичного отстойника, оборудованного илоскребом новой конструкции, оценивалась по двум показателям: эффективности осветления сточных вод и уровню стояния осадка. Для сравнения использовались усредненные данные работы остальных семи отстойников НКОС-1, оборудованных илоскребами старой конструкции. При этом режим удаления осадка и гидравлическая нагрузка поддерживались одинаковыми для опытного и контрольных отстойников. Результаты технологических испытаний приведены на рис. 3. Полученные данные свидетельствуют о том, что при одинаковом уровне стояния осадка в опытном и контрольных отстойниках эффективность осветления сточных вод, достигнутая на опытном первичном отстойнике № 1, на 20% выше, чем на отстойниках, оборудованных старыми илоскребами.

При проведении ресурсных испытаний илоскреба ИЛ-54 не выявлено каких-либо видимых повреждений и деформаций металлоконструкции фермы и скребковых тяг. Все узлы и механизмы работали стабильно. В ходе испытаний илоскреба не было ни одного случая пробуксовки тележки в зимний период. В целом работа илоскреба ИЛ-54 позволила решить проблемы эксплуатации первичных отстойников. При более высокой надежности конструкции масса нового илоскреба ИЛ-54 составляет 22,5 т (масса старого илоскреба с двумя фермами – 37 т).

Другим важным моментом при совершенствовании конструкции первичных отстойников является перекрытие их поверхности с целью снижения распространения специфических запахов. Курьяновские очистные сооружения находятся вблизи жилой застройки, и появление

неприятных запахов вызывает негативную реакцию жителей. В ходе планируемой комплексной реконструкции КОС наряду с задачей повышения качества очистки сточных вод также была поставлена задача снижения выбросов в атмосферу вредных веществ. Для этого необходимо осуществить перекрытие технологических сооружений, в том числе первичных отстойников с системой сбора и очистки вентиляционных выбросов.

Зарубежные фирмы предлагают купольные перекрытия из алюминия, современных полимеров, нержавеющей стали (рис. 4, 5). Купольное перекрытие является стационарным и опирается на борт отстойника, способного выдержать массу перекрытия. Необходимость обслуживания установленного под перекрытием оборудования требует наличия эффективной системы вентиляции и очистки воздуха.

Применяемая на КОС конструкция илоскреба создает значительные проблемы с перекрытием отстойников. Борт отстойника не может использоваться в качестве опоры под перекрытие, так как по нему проходит рельсовый путь для приводной тележки. Устройство внешних опор приведет к существенному увеличению размеров купола и вентилируемого объема подкупольно-



**Рис. 4. Пластиковое перекрытие на очистных сооружениях г. Мергельштеттен (Германия)**



**Рис. 5. Купольное перекрытие на очистных сооружениях г. Гармиш-Партен-Кирхен (Германия)**

го пространства, что в конечном счете скажется на стоимости всего проекта. Необходимо также учесть и большую снеговую нагрузку.

Благодаря конструктивным особенностям нового илоскреба ИЛ-54 удалось наиболее рационально решить задачу перекрытия поверхности отстойника и снизить вентилируемый объем до минимума. После комплексного анализа предложений современного рынка было выбрано оригинальное плавающее перекрытие марки ПБИ отечественного производства (рис. 6).

Перекрытие ПБИ состоит из трех колец (центрального, среднего и периферийного) и изготавливается целиком из нержавеющей стали AISI 321. Центральное и периферийное кольца неподвижно закреплены соответственно на опоре-башне и периферийной части отстойника. Среднее кольцо установлено на зеркале воды и соединено с фермой илоскреба, что позволяет перекрытию перемещаться вместе с фермой относительно центрального и периферийного колец. Каждое кольцо перекрытия выполнено сборным, в виде секций. Секции среднего кольца перекрытия в виде герметичных камер служат для обеспечения необходимой плавучести. Нижняя поверхность перекрытия гладкая, без пустот, имеет постоянный контакт с водой, что исключает скопление под перекрытием плавающих веществ. Кольца перекрытия расположены внахлест друг относительно друга. При опорожнении отстойника среднее кольцо перекрытия, имеющее подвижное соединение секций, ложится на дно, повторяя его неровный профиль и обеспечивая доступ к установленному внутри оборудованию. Зазор между подвижным и неподвижными кольцами закрыт уплотнением для исключения выхода испарений сточных вод и запахов. Подобная конструкция перекрытия позволяет исключить контакт зеркала воды с воздухом, а значит — выделение испарений и запахов, и обеспечить работоспособность при изменении уровня сточных вод в радиальном отстойнике. Кроме того, особенности конструкции плавающего перекрытия позволяют значительно снизить вентилируемый объем воздуха по сравнению с купольным перекрытием.



Рис. 6. Плавающее перекрытие для радиального отстойника диаметром 54 м

В зимний период благодаря тому, что средняя плавающая часть перекрытия контактирует с водой, температура которой не бывает ниже  $+18^{\circ}\text{C}$ , обеспечивается таяние снега. На периферийном и центральном кольцах перекрытия для исключения скопления снега предусмотрена скребковая система.

Монтаж перекрытия осуществляется небольшими секциями, благодаря чему отсутствует необходимость в изменении существующей конструкции чаши отстойника и применении дорогостоящего грузоподъемного оборудования. Монтаж плавающей части перекрытия может производиться без опорожнения отстойника непосредственно с поверхности воды.

В ходе испытаний илоскреба ИЛ-54 на первичном отстойнике диаметром 54 м также был смонтирован и апробирован один сегмент плавающего перекрытия. В настоящее время продолжается их успешная эксплуатация.

## Выводы

Промышленные испытания новой конструкции илоскреба ИЛ-54 в комплекте с плавающим сегментом перекрытия на первичном отстойнике Ново-Курьяновских очистных сооружений показали его высокую технологическую эффективность и эксплуатационную надежность. В рамках проекта комплексной реконструкции очистных сооружений принято решение об оснащении всех отстойников диаметром 54 м илоскребами ИЛ-54 и плавающими перекрытиями.



# МОСВОДОКАНАЛ

## МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕРВИЧНОГО ОТСТОЙНИКА Д=54 м



Первичный отстойник с илоскребом ИПО  
Эксплуатируется с 1971 г.  
Вес 37 т

### НЕДОСТАТКИ

- высокая металлоемкость
- громоздкость конструкции
- неэффективность работы скребкового механизма
- подверженность деформациям при повышенных нагрузках
- высокая коррозионность
- трудоемкость ремонтных работ
- невозможность перекрытия отстойника
- ненадежная работа в зимних условиях

### ПРЕИМУЩЕСТВА

- высокая жесткость конструкции
- компактность конструкции
- высокая эффективность удаления осадка
- доступность и простота обслуживания
- высокая антикоррозионная стойкость
- снижение нагрузки на борт отстойника
- возможность регулировки скорости вращения фермы
- надежность работы в зимних условиях



Первичный отстойник с илоскребом ИЛ-54  
Эксплуатируется с 2009 г.  
Оригинальная отечественная разработка  
Вес 22,5 т



Первичный отстойник с плавающим перекрытием  
Уникальная отечественная разработка  
Внедрение – с 2013 г.

### ДОСТОИНСТВА

- высокая экологичность: снижение специфических запахов
- отсутствие крупногабаритных несущих конструкций
- минимальный объем вентилируемого пространства
- высокая антикоррозионная стойкость
- минимальные затраты на очистку вентиляционных выбросов
- доступность внедрения в условиях ограниченной площади