

Уникальная конструкция перекрытия отстойников на очистных сооружениях г. Москвы

Е. А. КУРЯТНИКОВ¹, А. М. ЭЛЬ²

¹ Курятников Егор Алексеевич, заместитель главного инженера, ООО «Производственно-строительное предприятие «Мосэлектро»

105082, Россия, Москва, Большая Почтовая ул., 55/59, стр. 1, тел.: (499) 261-23-31, e-mail: info@moselektro.com

² Эль Алексей Михайлович, главный технолог, ООО «Производственно-строительное предприятие «Мосэлектро»

105082, Россия, Москва, Большая Почтовая ул., 55/59, стр. 1, тел.: (499) 261-23-31, e-mail: info@moselektro.com

Проблема борьбы с неприятными запахами, выделяющимися из сточной воды, известна в мировой практике и решается за счет изоляции открытых водных поверхностей очистных сооружений от окружающей атмосферы путем их перекрытия. Описан зарубежный опыт устройства перекрытий отстойников для ликвидации неприятного запаха. Рассмотрены особенности различных конструкций перекрытий (купольное, плоское, плавающее), их преимущества и недостатки. Описана конструкция плавающего перекрытия ПБИ, а также опыт его применения для первичного отстойника диаметром 54 м на Люберецких очистных сооружениях Москвы. Плавающее перекрытие бассейна илоскреба – оригинальная разработка инженеров «Мосэлектро», не имеющая мировых аналогов. Главным преимуществом перекрытия ПБИ

является возможность проведения ремонта оборудования, установленного внутри отстойника, без полного демонтажа перекрытия. Перекрытие ПБИ имеет минимальный объем вентилируемого пространства, что обеспечивает значительную экономию за счет низкого энергопотребления системы очистки воздуха. Перекрытия ПБИ любого диаметра могут устанавливаться на емкостные конструкции очистных сооружений без каких-либо доработок строительной части. Представлены результаты технологических и ресурсных испытаний илоскреба новой конструкции, которая обеспечивает максимальную жесткость и надежность системы.

Ключевые слова: очистные сооружения канализации, первичный отстойник, илоскреб, купольное перекрытие, плоское перекрытие, плавающее перекрытие.

Очистные сооружения канализации Москвы – Курьяновские и Люберецкие – построены в середине XX века. В момент строительства они размещались за пределами города, как это и предусматривается санитарными нормами. Однако в результате интенсивного расширения города сооружения оказались в окружении жилой застройки. Остро встал вопрос о необходимости борьбы с неприятными запахами, выделяющимися из сточной воды. Данная проблема известна в мировой практике и решается за счет изоляции открытых водных поверхностей очистных сооружений от окружающей атмосферы путем их перекрытия. Поскольку радиальные отстойники имеют диаметр до 54 м, их перекрытие представляет весьма непростую технологическую задачу. Чрезвычайно важно иметь в виду, что при экс-

плуатации отстойников перекрытие не должно препятствовать проведению регламентных технологических работ.

Учитывая изложенное, специалистами «Мосэлектро» и Управления канализации ОАО «Мосводоканал» были сформулированы следующие требования к конструкции перекрытия радиальных отстойных сооружений (отстойников, илоскребов и осадкоуплотнителей):

надежность защиты окружающей воздушной среды от дурнопахнущих газовых выделений из очищаемых сточных вод;

совместимость конструкций перекрытия со строительной частью отстойника;

обеспечение выполнения эксплуатационных технологических операций и ремонтных работ;

долговечность конструкционных материалов;

минимальный объем вентилируемого пространства под перекрытием;

надежность перекрытия в условиях большой снеговой нагрузки;

обеспечение выполнения монтажных и демонтажных работ в стесненных условиях действующих очистных сооружений.

В мировой практике защита жилой застройки от неприятных запахов с открытых поверхностей очистных сооружений решается устройством перекрытий над водной поверхностью. Специалистами «Мосэлектро» был изучен зарубежный опыт применения различных конструктивных решений перекрытия отстойников [1].

Купольные перекрытия (рис. 1) широко применяются по всему миру как для очистных сооружений, нефтяных резервуаров и других технических емкостей, так и для гражданских зданий и сооружений. Данные перекрытия представляют собой куполообразный каркас, обшитый алюминиевыми листами и опирающийся на борт отстойника. Сборка купольного перекрытия, как правило, осуществляется рядом с перекрываемой емкостью. Полностью собранное сооружение вместе с системой вентиляции подкупольного пространства с помощью крана устанавливается на емкость с опорой на ее борта [2].

Несмотря на широкое распространение данного вида перекрытий, их применение на очистных сооружениях сопряжено с целым рядом сложностей. Купольное перекрытие не только имеет наибольший объем пространства, требующего вентиляции, но и предполагает периодическое нахождение под ним людей, для чего нужна шестикратная циркуляция воздуха под куполом. Эксплуатация подобной системы вентиляции чрезвычайно затратна. Проведение любого ремонта оборудования, установленного в отстойнике, потребует полного демонтажа купола перекрытия с последующим монтажом после завершения работ, что значительно увеличивает стоимость эксплуатации данного вида перекрытий.

Плоское неподвижное перекрытие представляет собой профильный пластиковый настил, подвешиваемый к хордовым фермам с помощью кронштейнов. Фермы устанавливаются на опоры на борта отстойника и служат для принятия нагрузки от перекрытия (рис. 2).

Неподвижность перекрытия, наличие ферм и опор на бортах отстойника требуют применения илоскребов с центральным приводом. Поскольку на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях, как и на большинстве российских объектов, установлены илоскребы с периферий-



Рис. 1. Монтаж купольного перекрытия диаметром 32 м с помощью крана грузоподъемностью 220 т (Новая Зеландия, округ Гисборн [2])

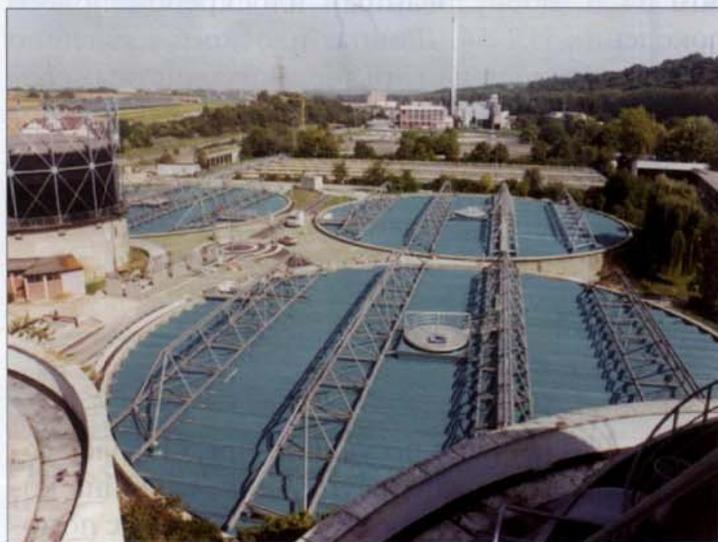


Рис. 2. Плоское перекрытие. Первичные отстойники диаметром 60 м (Германия, город Штутгарт)

ным приводом, потребуется масштабная реконструкция строительной части отстойников. Стеклопластик, имеющий низкую теплопроводность, профильная форма листов и наличие ферм создают условия для образования снеговых карманов и скоплений большого количества снега в зимний период.

Вращающееся перекрытие (рис. 3). Сравнительно недавно за рубежом появились перекрытия, в которых имеется возможность вращения вместе с фермой оборудования, установленного внутри отстойника. Куполообразные и плоские перекрытия в зоне борта отстойника опираются на колесные опоры, оснащенные собственной приводной системой, и вращаются вместе с илоскребом. Недостатком вращающихся перекрытий является сложность и громоздкость конструкции, а также высокая стоимость эксплуатации ввиду дополнительных энергетических затрат, необходимых для вращения перекрытия. Проведение ремонтных работ установленного в

отстойнике оборудования требует демонтажа перекрытий. Эта проблема во вращающихся перекрытиях также не решена.

Поскольку все описанные конструкции перекрытий не полностью отвечают вышеперечисленным требованиям, специалистами «Мосэлектро» была разработана, запатентована, изготовлена, смонтирована и испытана в производственных условиях Курьяновских и Люберецких очистных сооружений оригинальная конструкция перекрытия первичного отстойника в сочетании с новой конструкцией илоскреба.

Плавающее перекрытие ПБИ. Для проведения испытаний плавающего перекрытия ПБИ на Люберецких очистных сооружениях был выбран один из первичных отстойников диаметром 54 м, оборудованный илоскребом нового поколения ИЛ-54. Данные илоскребы успешно эксплуатируются на Курьяновских очистных сооружениях с 2008 г. и хорошо себя зарекомендовали. Конструкция илоскреба ИЛ имеет целый ряд преимуществ перед эксплуатируемыми на большинстве российских очистных сооружений илоскребами устаревшей конструкции (рис. 4).

Конструкция илоскреба марки ИЛ изначально разрабатывалась инженерами «Мосэлектро» таким образом, чтобы максимально упростить дальнейшее перекрытие отстойника. Ферма илоскреба ИЛ является несущей и представляет собой равнобедренный треугольник, вершина которого закреплена на центральной опоре с помощью подшипникового узла. Такая конструкция обеспечивает максимальную жесткость и надежность системы. Центральная опорная конструкция выполнена с использованием компактного влагозащищенного подшипника, расположенного выше поверхности воды, что существенно облегчает его обслуживание.

В конструкции илоскреба ИЛ полностью отсутствует чрезвычайно ненадежная тросово-тяговая система. Илоскребы устаревшей конструкции имеют громоздкую скребковую систему, закрепленную при помощи тросов и тяг к звезде, расположенной на центральной опоре. Скребковая система данных илоскребов занимает значительное пространство на дне отстойника и полностью исключает возможность опорожнения отстойника без демонтажа перекрытия. Кроме того, наличие выступающих из воды тросов и тяг, соединенных со звездой, расположенной на центральной опоре, в илоскребах устаревшей конструкции не позволяет герметично перекрыть водную поверхность.

Скребковый узел илоскреба ИЛ компактен и полностью размещен под фермой илоскреба.

Соединение скребков с фермой илоскреба осуществляется при помощи колонн. Подобное техническое решение обеспечивает опорожнение отстойника без демонтажа плавающего перекрытия (рис. 5).

Для движения тележки илоскреба марки ИЛ используется приводной механизм с двумя ве-



Рис. 3. Вращающееся перекрытие диаметром 40 м (Германия, город Зельце [3])



Рис. 4. Илоскреб марки ИПО (Курьяновские очистные сооружения)



Рис. 5. Илоскреб ИЛ-54 новой конструкции (Курьяновские очистные сооружения)

душими резиновыми колесами, разнесенными между собой и снабженными мотор-редукторами, что исключает пробуксовку в зимний период. Приводная система состоит из двух мотор-редукторов с частотным регулированием, что позволяет изменять скорость вращения фермы в широком диапазоне, обеспечивая выбор оптимальной скорости.

Скребокная система имеет эвольвентный профиль и состоит из ряда независимых скребков. Каждый последующий скребок перекрывает предыдущий, благодаря чему происходит полная очистка дна отстойника за один оборот фермы. Скребки максимально приближены к проблемным «мертвым» зонам отстойника, поэтому более эффективно удаляется осадок, исключается его загнивание и, как следствие, существенно сокращается вынос взвешенных веществ. Особенности крепления скребков позволяют им автоматически подстраиваться под неровный профиль дна отстойника, обеспечивая абсолютную его очистку, а также благодаря специальным упорам-ограничителям исключить повреждение гидроизоляции дна отстойника.

Оригинальная запатентованная конструкция скребкового узла илоскреба позволяет дополнительно снизить нагрузку на борт отстойника при заполнении его водой. В ходе технологических испытаний илоскреба ИЛ на Курьяновских очистных сооружениях эффективность осветления сточных вод повысилась на 25%. Специалистами Мосводоканала высоко оценена надежная работа скребкового механизма, а также приводного механизма даже при движении по голому льду. За более чем 5 лет эксплуатации не было выявлено ни одной поломки элементов илоскреба.

Плавающее перекрытие бассейна илоскреба — оригинальная разработка инженеров «Мосэлектро», не имеющая мировых аналогов. Конструкция перекрытия состоит из трех колец — центрального, среднего и периферийного. Центральное и периферийное кольца неподвижно закреплены соответственно на центральной опоре и периферийной части отстойника. Среднее кольцо перекрытия плавает на поверхности воды, соединено с фермой илоскреба и вращается вместе с ней концентрично центральному и периферийному кольцам. Окружности центрального и периферийного колец перекрытия расположены внахлест относительно плавающего кольца. Незначительный зазор между плавающим и неподвижными кольцами закрывается с помощью оригинального щеточного уплотнения, что обеспечивает необходимую герметичность.



Рис. 6. Монтаж плавающего перекрытия ПБИ на первичном отстойнике диаметром 54 м (Люберецкие очистные сооружения)



Рис. 7. Сварочный робот для сварки секций перекрытия

Кольца перекрытия ПБИ состоят из небольших секций, имеющих малый вес, и монтируются непосредственно на отстойнике (рис. 6). Благодаря этому отсутствует необходимость в усилении строительных конструкций отстойника, а также использовании мощного дорогостоящего грузоподъемного оборудования для монтажных работ. Секции перекрытия компактны и не требуют больших свободных площадей рядом с отстойником при проведении монтажных работ, что исключительно важно в стесненных условиях действующих очистных сооружений. Плавающая часть перекрытия монтируется непосредственно с поверхности воды.

Перекрытие изготавливается целиком из нержавеющей стали в заводских условиях с применением полностью автоматической линии роботизированной сварки (рис. 7).

Высокая теплопроводность металла и близость воды с температурой не ниже 18 °С в течение года обеспечивают таяние снега на поверхности перекрытия, что исключает снеговую нагрузку на конструкцию. Это подтверждено тепловым расчетом, проведенным специалистами.



Рис. 8. Плавающее перекрытие ПБИ в зимний период (Люберецкие очистные сооружения)



Рис. 9. Опорожненный первичный отстойник диаметром 54 м (Люберецкие очистные сооружения)

ми Российской академии наук, и испытаниями перекрытия в зимний период (рис. 8).

Главным преимуществом перекрытия ПБИ перед зарубежными аналогами является возможность проведения ремонтных работ установленного внутри отстойника оборудования без полного демонтажа перекрытия. Для проведения ре-

монтных работ перед опорожнением отстойника демонтируются два сектора перекрытия, непосредственно примыкающие к ферме илоскреба, чтобы исключить их опускание на скребковую часть в процессе работ (рис. 9). Оставшаяся часть плавающего кольца опускается по мере понижения уровня воды и ложится на дно, повторяя его профиль и открывая доступ к установленному внутри оборудованию.

Опускание плавающей части перекрытия и ее подъем при заполнении отстойника могут осуществляться полностью в автоматическом режиме. Подобное техническое решение обеспечивает работу перекрытия с минимальными эксплуатационными затратами.

Секции плавающего кольца перекрытия герметичны и имеют очень хорошую плавучесть (рис. 10). Вращение илоскреба вместе с перекрытием осуществляется двумя приводами фермы мощностью 1,5 кВт каждый. Для контроля за работой отстойника на центральном и периферийном кольцах перекрытия расположены специальные смотровые люки. Срок службы перекрытия, выполненного из нержавеющей стали, составляет не менее 50 лет.

Перекрытие ПБИ имеет минимально возможный объем вентилируемого пространства среди всех существующих аналогов, что обеспечивает значительную экономию за счет низкого энергопотребления системы очистки воздуха. Перекрытия ПБИ изготавливаются любого диаметра и могут устанавливаться на емкостные конструкции очистных сооружений без каких-либо доработок строительной части (рис. 11).

После ввода перекрытия ПБИ в эксплуатацию на Люберецких очистных сооружениях были проведены промышленные испытания. Определялись следующие параметры: деформация



Рис. 10. Специалисты «Мосэлектрo», стоящие на плавающем кольце перекрытия



Рис. 11. Первичный отстойник диаметром 54 м с перекрытием ПБИ (Люберецкие очистные сооружения)

металлоконструкций перекрытия, нагрузка на двигатель при вращении перекрытия, коррозионный износ на границе раздела фаз, герметичность элементов плавающего перекрытия, состояние перекрытия при снеговой нагрузке, размеры слоя плавающих веществ под перекрытием. Проводились анализы качества воздуха над перекрытием и в местах уплотнений с периодичностью один раз в 2 недели. За более чем 9 месяцев бесперебойной работы не выявлено каких-либо деформаций или коррозии металлоконструкций перекрытия. Электродвигатели илоскреба работали в штатном режиме без перегрузок. В зимний период обеспечивалось постепенное таяние сне-

га за счет высокой теплопроводности металла. Крупных скоплений плавающих веществ под загрязняющим кольцом перекрытия не выявлено. Замеры качества воздуха над перекрытием показали снижение концентрации сероводорода в воздухе более чем на 99%.

Выводы

Промышленные испытания плавающего перекрытия ПБИ на Люберецких очистных сооружениях Москвы доказали надежность данной конструкции. Это позволило руководству ОАО «Мосводоканал» принять решение об оснащении всех первичных отстойников плавающими перекрытиями ПБИ при реконструкции Курьяновских и Люберецких очистных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пахомов А. Н., Стрельцов С. А., Белов Н. А., Мухин В. А., Курятников А. А. Модернизация первичного отстойника // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 10. С. 68–72.
2. <http://www.gdc.govt.nz/geodesic-dome-roof-now-in-place> (дата обращения 29 июля 2014 г.).
3. <http://www.hahlbrock.de/fvk/en/projekte/forschungsanlagen/klaerbeckenabdeckung.php> (дата обращения 29 июля 2014 г.).

Unique design of settling tank covers at the Moscow wastewater treatment facilities

E. A. KURIATNIKOV¹, A. M. EL^{1,2}

¹ Kuriatnikov Egor Alekseevich, Deputy Chief Engineer, «Moselektro» Production and Construction Enterprise LLC
Build. 1, 55/59 Bol'shaia Pochtovaia str., 105082 Moscow, Russian Federation, tel.: (499) 261-23-31, e-mail: info@moselektro.com

² El' Aleksei Mikhailovich, Chief Process Engineer, «Moselektro» Production and Construction Enterprise LLC
Build. 1, 55/59 Bol'shaia Pochtovaia str., 105082 Moscow, Russian Federation, tel.: (499) 261-23-31, e-mail: info@moselektro.com

The problem of eliminating malodors emitted from wastewater is well known in world practice and is solved by isolating open surfaces at the treatment facilities from the ambient atmosphere with covers. The international experience of designing the covers for settling tanks to eliminate malodors is described. The specific features of different cover designs (domed, flat, floating), their advantages and drawbacks are considered. The design of PBI floating cover and the experience of using it on a 54 m diameter primary settler at the Liuberetskie Wastewater Treatment Facilities in Moscow are described. Floating cover for a sludge scraper basin has an original design developed by the «Moselektro» engineers which has nothing comparable in the international practice. The main advantage of PBI cover is the possibility of repairing the equipment installed inside the settling tank eliminating complete cover dismantling. PBI cover has the minimum ventilation space that provides for the significant savings because of the low power consumption of the air cleaning system. PBI covers of any diameter can be installed on the storage tanks at the treatment facilities without any modifications of the building part. The results of the process and durability tests of the sludge scraper of new design that ensures the maximum stiffness and integrity of the system are presented.

Key words: wastewater treatment facilities, primary settler, sludge scraper, domed cover, flat cover, floating cover.

REFERENCES

1. Pakhomov A. N., Strel'tsov S. A., Belov N. A., Mukhin V. A., Kuriatnikov A. A. [Upgrading primary settler]. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika*, 2011, no. 10, pp. 68–72. (In Russian).
2. <http://www.gdc.govt.nz/geodesic-dome-roof-now-in-place> (accessed July 29, 2014).
3. <http://www.hahlbrock.de/fvk/en/projekte/forschungsanlagen/klaerbeckenabdeckung.php> (accessed July 29, 2014).