



## Под тремя кольцами

### Опыт перекрытия радиальных отстойников на очистных сооружениях г. Москвы

Очистные сооружения города Москвы, построенные в середине прошлого века, постоянно модернизируются, адаптируясь к современным требованиям качества очистки сточных вод. Благодаря строительству новых и реконструкции действующих блоков, сооружения обеспечивают неизменно высокий уровень очистки воды. В последнее время чрезвычайно ужесточились требования к защите окружающей среды от загрязнения. Курьяновские (КОС) и Люберецкие (ЛОС) очистные сооружения находятся вблизи жилой застройки, в связи с чем проблема ликвидации запахов от сооружений стоит очень остро. В целях уменьшения негативного воздействия очистных сооружений на прилегающие жилые территории, в рамках постановления правительства Москвы от 14.03.2006 №176-ПП «О развитии систем водоснабжения и канализации города Москвы на период до 2020 года» было принято решение о перекрытии всех открытых поверхностей КОС и ЛОС с устройством системы сбора и очистки выбросов в рамках их реконструкции. Учитывая, что радиальные отстойники московских очистных сооружений имеют диаметры до 54 м, их перекрытие представляет весьма непростую технологическую задачу. Чрезвычайно важно учитывать и тот фактор, что перекрытие отстойников должно позволять проводить регламентные технологические работы в отстойниках при их эксплуатации.

Специалистами «Мосэлектро» изучен зарубежный опыт применения различных существующих конструктивных решений перекрытия отстойников и сделаны выводы о возможности их применения для российских очистных сооружений.

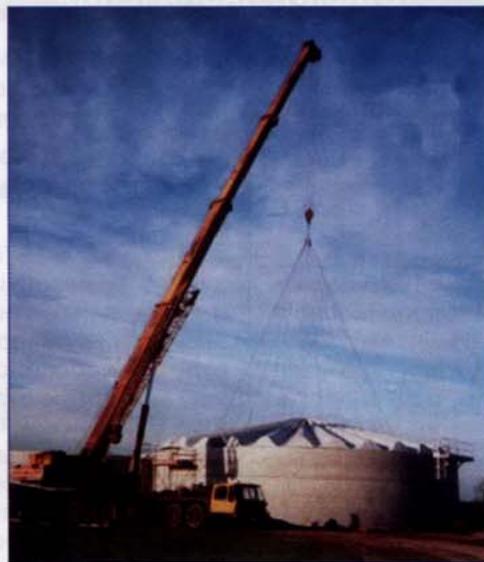
#### Купольное перекрытие

Купольные перекрытия широко применяются по всему миру как для перекрытия очистных сооружений, нефтяных резервуаров и других технических емкостей, так и для гражданских зданий и сооружений. Купольные перекрытия изготавливаются из металла (алюминий, нержавеющая сталь), а также с применением полимерных материалов. Рекламные проспекты зарубежных фирм говорят о возможности изготовления перекрытий из полимеров для радиальных сооружений диаметром до 40 м.<sup>1</sup> Полимерные купольные перекрытия имеют

**В 2013 году на первичном отстойнике диаметром 54 м Люберецких очистных сооружений г. Москвы было смонтировано плавающее перекрытие ПБИ вместе с илоскребом нового поколения. Главным преимуществом перекрытия ПБИ перед зарубежными аналогами является возможность проведения ремонтных работ установленного внутри отстойника оборудования без полного демонтажа перекрытия. Промышленные испытания доказали эффективность и надежность данной конструкции. В частности, снижение концентрации сероводорода в воздухе составило более 99%. До конца этого года на Курьяновских очистных сооружениях будут завершены работы по перекрытию 34 первичных отстойников диаметрами от 33 до 54 м с заменой илоскребов.**

сложную профильную форму, необходимую для придания необходимой жесткости всей конструкции в целом. Отдельные секции полимерных перекрытий изготавливаются путем тепловой формовки полимерного материала для придания ему необходимой конфигурации. Готовые отливки секций собираются вместе и затем устанавливаются на перекрываемое сооружение.

■ **Рис. 1.** Монтаж купольного перекрытия из полимерного материала с помощью крана<sup>2</sup>



Купольные перекрытия из металла представляет собой каркас, обшитый сверху алюминиевыми или нержавеющей стали листами. Литературные данные свидетельствуют о возможности их использования для сооружений до 300 м в диаметре. Сборка купольного перекрытия, как правило, осущес-

твляется рядом с перекрываемой емкостью. Полностью собранное перекрытие с помощью крана устанавливается на перекрываемую емкость с опорой на ее борта. Альтернативным способом является сборка перекрытия непосредственно на днище перекрываемой емкости и затем ее подъем с помощью лебедок.

В условиях действующих очистных сооружений вблизи перекрываемых отстойников чаще всего отсутствуют площади для предварительной сборки перекрытия, а также подъездные пути для последующего монтажа с помощью крупнотоннажного крана (требуемая грузоподъемность крана для перекрытия диаметром 54 м составляет не менее 600 тонн). Сборка перекрытия на днище с использованием лебедок невозможна из-за расположенного внутри отстойника габаритного оборудования. Таким образом, единственным возможным вариантом является сборка перекрытия непосредственно на отстойнике, что значительно усложняет и удорожает монтаж.

В собранном виде купольное перекрытие опирается на борт отстойника. Борты отстойников, эксплуатируемых на российских очистных сооружениях, не рассчитаны на подобные нагрузки, а их ширина не позволяет опереть на них металлоконструкции перекрытия. Таким образом, в случае применения купольных перекрытий потребуется либо значительное расширение и укрепление борта для обеспечения возможности одновременной опоры перекрытия и движения по нему тележки илоскреба, либо строительство рядом с отстойником дополнительного бетонного

<sup>1</sup> <http://www.c-f-maier.de/abdecksysteme+M52087573ab0.html>

<sup>2</sup> <http://www.enviropro.co.uk/entry/38186/Corporate-Engineering/Conical-tank-covers/#description>



кольца, предназначенного для опоры перекрытия.

Применение купольных перекрытий сопряжено и еще с одной сложностью - чрезвычайно большим подкупольным пространством, требующим вентиляции. Согласно СП 32.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85) в зависимости от типа перекрываемого сооружения при нахождении под куполом людей кратность воздухообмена достигает 6. Так, для купольного перекрытия отстойника диаметром 54 м вентилируемый объем составит порядка 23000 м<sup>3</sup>/час. Система вентиляции, которая потребуется для обеспечения подобной циркуляции, не только чрезвычайно энергоемка, но и создаст дискомфортные условия для обслуживающего персонала при работе под куполом из-за высокого уровня шума и мощных потоков воздуха. Кроме того, купольные перекрытия плохо приспособлены для проведения серьезных ремонтных работ установленного под перекрытием оборудования и требуют полного демонтажа купола с последующим монтажом после их завершения. Это значительно увеличивает стоимость эксплуатации данного вида перекрытий.

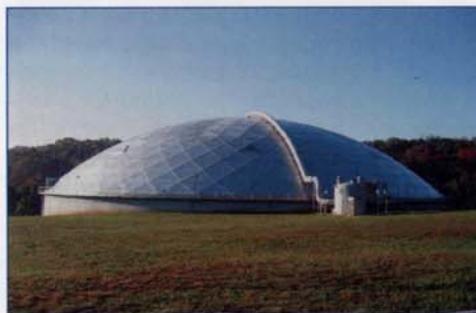
#### Плоское неподвижное перекрытие

Плоские неподвижные перекрытия разработаны в Германии и используются в основном именно для перекрытия открытых поверхностей - источников неприятных запахов на очистных сооружениях. Перекрытие представляет собой профильный стеклопластиковый или алюминиевый настил, подвешиваемый с помощью кронштейнов к конструкции фермы, служащей для восприятия нагрузки от перекрытия. Фермовые конструкции устанавливаются на специальные опоры, расположенные на борту отстойника, либо же на сам борт и по хордам пересекают перекрываемую емкость.

Небольшой удельный вес пластика и алюминия дает возможность перекрытия емкостей диаметром до 60 м. Благодаря приближению перекрытия к поверхности воды значительно сокращается вентилируемое пространство по сравнению с купольным вариантом.

Следует заметить, что неподвижность перекрытия, наличие фермовых конструкций и опора на борт отстойника исключают возможность применения широко используемых на российских очистных сооружениях

■ **Рис. 2.** Купольное перекрытие из алюминия. На переднем плане установка для очистки вентилируемого пространства под перекрытием<sup>3</sup>



■ **Рис. 4.** Монтаж плоского перекрытия. Первичный отстойник диаметром 31 м (Вайоминг, штат Мичиган, США)<sup>4</sup>



илоскребов с периферийным приводом и фермой. Единственным вариантом является применение илоскребов с центральным приводом и консольной подводной скребковой системой. Отличительной особенностью илоскребов с центральным приводом являются огромные нагрузки на привод - до 9,8 млн. Н\*м при диаметре отстойника 54 м. Колоссальные усилия, возникающие в приводном узле илоскреба, и опора перекрытия на борта отстойника требуют значительного усиления конструктивных элементов бетонных частей отстойника. Илоскребы с центральным приводом плохо приспособлены к работе в сильные морозы из-за угрозы поломки зубчатых передач центрального привода вследствие увеличения хрупкости металла в зимний период. Наличие большого количества ферм создает условия для образования снеговых карманов и скоплений значительных количеств снега в зимний период. Использование в качестве материала перекрытия пластика усугубляет проблему образования снега из-за низкой теплопроводности материала и профильной формы пластиковых панелей. Чрезвычайно габаритные фермовые конструкции создают значительные трудности с их складированием в условиях ограни-

■ **Рис. 3.** Монтаж плоского перекрытия из пластика (г. Штутгарт, Германия)



■ **Рис. 5.** Плоское перекрытие из алюминия. Первичный отстойник диаметром 31 м (Вайоминг, штат Мичиган, США)<sup>5</sup>



ченных площадей действующих очистных сооружений.

Так же как и в случае с купольным, плоское перекрытие требует полного демонтажа при проведении ремонтных работ установленного в отстойнике оборудования.

#### Вращающееся перекрытие

Сравнительно недавно за рубежом появились перекрытия, имеющие возможность вращения вместе с фермой установленного внутри отстойника оборудования. Первые образцы вращающихся перекрытий появились в Голландии. Данные перекрытия имеют жесткий каркас, обеспечивающий необходимую прочность и несущую способность перекрытия. Каркас в районе борта опирается на колесные опоры, оснащенные собственной приводной системой. Привода перекрытия синхронизируются с приводной системой установленного в отстойнике оборудования и, таким образом, дают возможность одновременного вращения перекрытия вместе с фермой. Существует два отличных друг от друга вида вращающихся перекрытий: куполообразные и плоские.

Куполообразные вращающиеся перекрытия представляют собой жесткий металлический каркас, обшиваемый снаружи полимерной тканью, устойчивой к испарениям агрессивной сточной воды.

Подобное решение удешевляет и облегчает конструкцию, однако зна-

<sup>3</sup> <http://www.cstindustries.com/products/aluminum-domes/>

<sup>4</sup> John Delaney. «Odors Covered». Water & Wastes Digest. Jan, 2013

<sup>5</sup> John Delaney. «Odors Covered». Water & Wastes Digest. Jan, 2013



чительно увеличивает вентилируемое пространство. Проблемным является малый срок службы ткани, а также ее недолговечность в условиях отрицательных температур. Сложность проведения ремонтных работ установленного под перекрытием оборудования в данном виде перекрытий также не решена. Еще одной проблемой является герметизация между собой сопряженных мест подвижного перекрытия и чаши отстойника.

Плоское вращающееся перекрытие из алюминия или пластика является наиболее универсальным и сочетает в себе преимущества плоского неподвижного и вращающегося перекрытий: минимальное вентилируемое пространство и возможность применения в сочетании с любыми конструктивными исполнениями оборудования, установленного внутри отстойника. Плоское вращающееся перекрытие состоит из отдельных секторов трапециевидной формы, монтируемых в уже собранном виде на перекрываемом сооружении. Подобное решение значительно ускоряет и удешевляет монтаж.

Недостатком вращающихся перекрытий является сложность и громоздкость конструкции, а также высокая стоимость эксплуатации ввиду

дополнительных энергетических затрат, необходимых для вращения перекрытия. Профильная форма секций перекрытия создает условия для образования снеговых карманов и скопления большого количества снега в зимний период. В отличие от неподвижного плоского и купольного перекрытий, плоское вращающееся не требует полного демонтажа при проведении ремонтных работ установленного в отстойнике оборудования - достаточно демонтировать несколько секций, примыкающих к ферме. Однако проблема герметизации сопряженных мест в данном виде перекрытий также присутствует.

#### Плавающее перекрытие ПБИ

Специалистами «Мосэлектро» разработана, запатентована, изготовлена, смонтирована и испытана в производственных условиях оригинальная конструкция перекрытия первичного отстойника, 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 перекрытия. Незначительный зазор между плавающим и неподвижными кольцами перекрытия закрывается с помощью оригинального щеточного уплотнения, обеспечивающего необходимую герметичность.

Кольца перекрытия ПБИ состоят из небольших, имеющих малый вес секций, и монтируются непосредственно на отстойнике. 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 вокруг отстойника при проведении монтажных работ, что исключительно важно в стесненных условиях действующих очистных сооружений. Плавающая часть перекрытия монтируется без опорожнения отстойника, непосредственно с поверхности воды.

Перекрытие изготавливается целиком из нержавеющей стали в заводских условиях с применением пол-

■ **Рис. 6.** Монтаж вращающегося куполообразного перекрытия (Голландия)



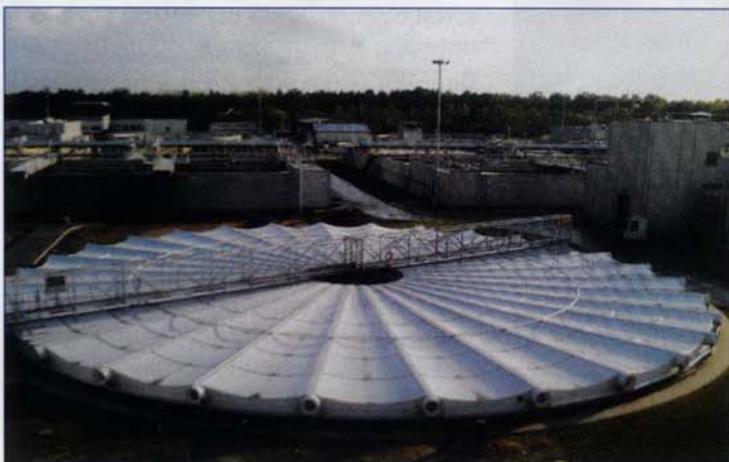
■ **Рис. 7.** Вращающееся перекрытие диаметром 24 м с обшивкой из полимерной ткани (Голландия)



■ **Рис. 8.** Монтаж сектора вращающегося перекрытия (Голландия)



■ **Рис. 9.** Самое крупное на сегодняшний день вращающееся плоское перекрытие диаметром 50 м (г. Варшава, Польша)



■ **Рис. 10.** Монтаж плавающего перекрытия ПБИ на первичном отстойнике диаметром 54 м (Люберецкие очистные сооружения, г. Москва)





■ Рис. 11. Робот для сварки секций перекрытия



■ Рис. 12. Плавающее перекрытие ПБИ в зимний период (Люберецкие очистные сооружения, г. Москва)



■ Рис. 13. Опорожненный первичный отстойник Ø54 м (Люберецкие очистные сооружения, г. Москва)



■ Рис. 14. Специалисты «Мосэлектро», стоящие на плавающем кольце перекрытия



■ Рис. 15. Первичный отстойник диаметром 54 м с перекрытием ПБИ (Люберецкие очистные сооружения, г. Москва)



ностью автоматической линии роботизированной сварки.

Высокая теплопроводность металла и близость воды, имеющей температуру не ниже +18°C в течение года, обеспечивают таяние снега на поверхности перекрытия, что исключает снеговую нагрузку на конструкцию. Это подтверждено тепловым расчетом, проведенным специалистами Российской академии наук, и испытаниями перекрытия в зимний период.

Главным преимуществом перекрытия ПБИ перед зарубежными аналогами является возможность проведения ремонтных работ установленного внутри отстойника оборудования без полного демонтажа перекрытия. Плавающее кольцо перекрытия опускается вместе с уровнем 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 позволяет эксплуатировать перекрытие с минимальными эксплуатационными затратами.

Секции плавающего кольца перекрытия выполнены герметичными и имеют очень высокую плавучесть. Вращение плавающего кольца перекрытия осуществляется штатными

приводами илоскреба и не требует дополнительных энергетических затрат. 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. Дополнительным преимуществом материала перекрытия является его высокая остаточная стоимость.

Перекрытие ПБИ имеет минимально возможный объем вентилируемого пространства среди всех существующих аналогов (300 м<sup>3</sup> для отстойника диаметром 54 м), что обеспечивает значительную экономию за счет низкого энергопотребления системы воздухоочистки. Перекрытия ПБИ изготавливаются любых диаметров и могут устанавливаться на емкостные сооружения очистных сооружений без каких-либо доработок строительной части.

В 2013 году плавающее перекрытие ПБИ вместе с илоскребом нового поколения марки ИЛ смонтировано на первичном отстойнике диаметром 54 м Люберецких очистных сооружений. После ввода перекрытия ПБИ в эксплуатацию проводились промышленные испытания. В рамках программы испытаний определялся ряд параметров: деформации металлоконструкций перекрытия, нагрузка на двигатель илоскреба при вращении

перекрытия, коррозионный износ на границе раздела фаз, герметичность элементов плавающего перекрытия, состояние перекрытия при снеговой нагрузке, размеры слоя плавающих веществ под перекрытием. Анализировалось качество воздуха над перекрытием и в районе уплотнений с периодичностью раз в 2 недели. За более чем 9 месяцев бесперебойной работы не было выявлено каких-либо деформаций или корроирования металлоконструкций перекрытия. Электродвигатели илоскреба работали в штатном режиме без перегрузок. В зимний период обеспечивалось постепенное таяние снега за счет высокой теплопроводности металла. Крупных скоплений плавающих веществ под плавающим кольцом перекрытия не выявлено. Замеры качества воздуха над перекрытием показали снижение концентрации сероводорода в воздухе более чем на 99%.

Промышленные испытания плавающего перекрытия ПБИ доказали эффективность и надежность данной конструкции. До конца 2014 года на Курьяновских очистных сооружениях будут завершены работы по перекрытию 34 первичных отстойников диаметрами от 33 до 54 м с заменой илоскребов.

**Егор Курятников,**  
заместитель главного инженера  
ООО «Производственно-строительное  
предприятие «Мосэлектро»  
(г. Москва)