

УДК 628.31.004.69

Реконструкция Ново-Курьяновских очистных сооружений

С. А. СТРЕЛЬЦОВ¹, Н. А. БЕЛОВ², Л. А. КЛИМОВА³, Н. Л. ПШЕНКО⁴

¹ Стрельцов Сергей Александрович, главный инженер Управления канализации, ОАО «Мосводоканал»
105005, Россия, Москва, Плетешковский пер., 2, тел.: (499) 261-02-02, e-mail: strelcov_sa@mosvodokanal.ru

² Белов Николай Анатольевич, главный технолог Управления канализации, ОАО «Мосводоканал»
105005, Россия, Москва, Плетешковский пер., 2, тел.: (499) 263-93-94, e-mail: upr_kan2@mosvodokanal.ru

³ Климова Людмила Александровна, главный инженер проекта, ОАО «МосводоканалНИИпроект»
105005, Россия, Москва, Плетешковский пер., 22, тел.: (499) 261-59-09, e-mail: post@mvkniipr.ru

⁴ Пшенко Николай Львович, начальник отдела по проектированию водопроводных и канализационных сооружений,
ОАО «МосводоканалНИИпроект»
105005, Россия, Москва, Плетешковский пер., 22, тел.: (499) 263-25-01, e-mail: post@mvkniipr.ru

Курьяновские очистные сооружения Москвы – крупнейший в Европе комплекс по очистке городских сточных вод. Являясь передовым объектом для своего времени (1970-е годы), к началу XXI века Курьяновские очистные сооружения морально и физически устарели и нуждались в реконструкции. В 2010 г. начата разработка проекта реконструкции первого и второго блоков Ново-Курьяновских очистных сооружений. Рассмотрены особенности проектных решений по восстановлению работоспособности строительных конструкций зданий и сооружений станции очистки сточных вод, перевода очистки на технологию удале-

ния биогенных элементов, а также вопросы снижения эмиссии дурнопахнущих веществ с открытых поверхностей сооружений. Особое внимание в проекте уделено подбору технологического оборудования – установлены илоскребы и илососы новейших конструкций, современные турбовоздуховки и аэрационные системы. Впервые применены плавающие перекрытия первичных отстойников.

Ключевые слова: очистка сточных вод, нитри-денитрификация, дефосфотация, аэрация, отстойник, аэротенк, илоскреб, илосос, ацидофикатор, удаление дурнопахнущих веществ, плавающее перекрытие.

Курьяновские очистные сооружения (КОС) являются крупнейшим в Европе комплексом по очистке городских сточных вод (рис. 1). Они обеспечивают очистку воды с более чем 60% территории города Москвы и ряда населенных пунктов Подмосковья. Проектная производительность очистных сооружений 3,215 млн. м³/сут. Их строительство было начато еще в 1939 г. и закончено после Великой Отечественной войны.

В настоящее время в составе станции – три самостоятельных блока очистки:

блок старых очистных сооружений КОС производительностью 1 млн. м³/сут;

Ново-Курьяновские очистные сооружения (НКОС), состоящие из двух блоков (НКОС-1 и НКОС-2) общей производительностью 2 млн. м³/сут;

экспериментальный блок комплексной очистки производительностью 125 тыс. м³/сут.

Ново-Курьяновские очистные сооружения были построены в 1970-е годы по проектам института «МосводоканалНИИпроект» из сборного железобетона. В то время строить из этого материала было быстро, легко и экономично. Однако за долгие годы эксплуатации в агрессивной среде железобетонные конструкции подверглись коррозии и стали протекать, в грунт начали попадать неочищенные стоки. Технологически эти сооружения также устарели: на них применялась традиционная технология очистки сточных вод, хотя во всем мире (и в России, и в Москве) уже была давно освоена технология биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов (азота и фосфора):

а)



б)



Рис. 1. Курьяновские очистные сооружения
а – после запуска в эксплуатацию (1950-е годы); б – в настоящее время

Таким образом, к началу XXI века назрела необходимость комплексной реконструкции НКОС, целью которой являлось улучшение качества очистки сточных вод (удаление биогенных элементов), реконструкция вышедших из строя строительных конструкций, уменьшение выбросов в атмосферу дурнопахнущих веществ от открытых поверхностей технологических сооружений.

Специалистами ОАО «МосводоканалНИИ-проект» совместно с ОАО «Мосводоканал» была разработана концепция реконструкции НКОС.

Масштабы и сложность поставленной задачи потребовали проведения большого объема научных исследований и промышленных экспериментов по отработке технологии очистки сточных вод. Для этого на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях были реконструированы технологические линии биологической очистки,

на которых в реальных условиях было проведено сравнение нескольких современных технологий очистки сточных вод. По результатам этой многолетней работы была принята технология, в наибольшей степени соответствующая условиям г. Москвы, для последующего масштабного внедрения.

В основе технологии биологической очистки стоков, внедренной при реконструкции НКОС, лежит процесс УСТ (Кейптаунского университета), апробированный на Люберецких очистных сооружениях г. Москвы (рис. 2). При разработке проекта реконструкции в аэротенках организованы:

- анаэробная зона, необходимая для развития иле фосфатаккумулялирующих бактерий;

- аэробная зона, в которой наряду с другими процессами происходит поглощение фосфатов фосфатаккумулялирующими бактериями;

- аноксидная (бескислородная) зона, где происходит гетеротрофный процесс денитрификации, сопровождающийся потреблением органических загрязнений сточных вод;

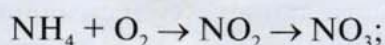
- рециркуляция иловой смеси, содержащей азот нитратов, из аэробной зоны в аноксидную;

- рециркуляция иловой смеси из конца аноксидной зоны в начало анаэробной зоны (УСТ-рецикл).

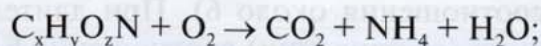
В аэротенках реализуются следующие процессы:

- потребление летучих жирных кислот фосфораккумулялирующими бактериями в анаэробной зоне;

- окисление аммонийного азота до нитратов в аэробной зоне:



частичное окисление в аэробной зоне органических загрязнений активным илом и поглощение фосфат-ионов фосфораккумулялирующими бактериями:



денитрификация:



Рис. 2. Технологическая схема биологической очистки сточных вод

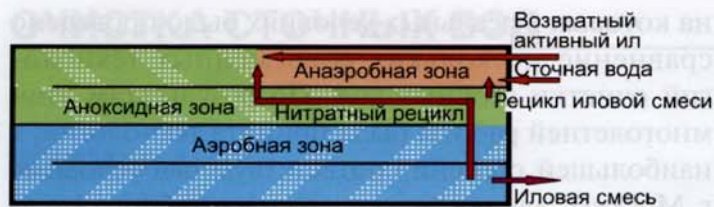


Рис. 3. УСТ-процесс

В результате этих процессов необходимая часть аммонийного азота переходит в атмосферный азот; аммонийный азот практически до конца окисляется; фосфаты в пределах имеющейся концентрации летучих жирных кислот и оптимальности созданных условий поглощаются активным илом.

Особенность УСТ-процесса – подача в анаэробную зону ила из зоны денитрификации, что обеспечивает минимальное содержание в нем нитратов (рис. 3).

После такой реконструкции почти половина объема аэротенков будет использована под неаэрируемые зоны. В результате этого иловый индекс неизбежно возрастет, и, как следствие, перевод сооружений на удаление азота и фосфора приведет к существенному снижению средней производительности блоков. Так, Ново-Курьяновские очистные сооружения после реконструкции с введением более современных технологий очистки смогут принять 1,2 млн. м³/сут сточной воды.

Проведенные расчеты позволили обосновать оптимальное соотношение объемов аэротенков и вторичных отстойников. Результаты расчетов показали, что для получения максимальной для рассматриваемой площадки среднесуточной за год производительности (максимальная часовая производительность 68 тыс. м³/ч) следует значительно увеличить площадь вторичных отстойников. В то же время значение соотношения БПК₅ и азота в поступающей воде достаточно низкое – не более 4,85 (в Европе средний показатель этого соотношения около 6). При длительном осветлении (отстаивании) соотношение БПК₅ и азота еще более снижается, что может негативно повлиять на процесс безреагентного удаления фосфора. Поэтому было принято решение о сокращении количества первичных отстойников – на каждом блоке в работе оставили по четыре отстойника диаметром 54 м. Это позволило запроектировать необходимые для технологического процесса дополнительные вторичные отстойники на месте первичных.

Как показал опыт эксплуатации нового блока Люберецких очистных сооружений, для обеспечения стабильного процесса дефосфатации

необходим дополнительный источник органики. Для этого целесообразно применять процесс ацидофикации сырого осадка с получением легко окисляемой органики – летучих жирных кислот, которые затем используются в основном технологическом процессе. Под реакторы-ацидофикаторы было решено переоборудовать четыре существующих уплотнителя ила диаметром 33 м, в которых необходимо заменить скребковые механизмы, смонтировать погружные мешалки, перекрыть сооружения и провести работы по перекладке трубопроводов. Это позволит увеличить соотношение БПК₅ и азота в исходной воде, повысить содержание в ней летучих жирных кислот и, как следствие, обеспечить безреагентное удаление фосфора.

Планируемые показатели качества очищенных сточных вод приведены в таблице.

Большое внимание в проекте реконструкции НКОС было уделено вопросам повышения энергоэффективности. Поскольку на канализационных очистных сооружениях 80% от общего энергопотребления приходится на долю воздуходувок, то в этом секторе можно получить значительный потенциал экономии. С переходом на новую технологию очистки воды с удалением биогенных элементов необходимо регулировать подачу воздуха в зависимости от потребностей технологического процесса. Это не только имеет целью экономию расхода воздуха, но и является необходимым условием для эффективного протекания процессов биологической очистки. Поэтому было решено отказаться от воздуходувок с постоянной подачей воздуха, используемых до настоящего времени на НКОС, в пользу машин с регулируемой производительностью. Были проанализированы технические характеристики воздуходувок различных типов и систем регулирования их производительности. Наиболее эффективным для данного проекта было признано применение одноступенчатых турбовоздуху-

Показатель, мг/л	Исходная вода	Очищенная вода	
		до реконструкции сооружений	после реконструкции сооружений
БПК ₅	217	5	3
Взвешенные вещества	322	11	8
N-NH ₄	38	8	1
Общий азот	45,5	18	10
P-PO ₄	4	1,2	0,7
Общий фосфор	7,4	1,6	1

вок с системой механического регулирования производительности.

К решению данного вопроса подключились сотрудники Мосводоканала и службы эксплуатации Курьяновских очистных сооружений. Институт «МосводоканалНИИпроект», в свою очередь, собрал достаточное количество технической документации и коммерческих данных по нескольким фирмам-поставщикам. При участии всех заинтересованных сторон после проведения открытого тендера было решено установить в главном машинном зале НКОС турбовоздуходувки фирмы *Siemens*.

Также значительную экономию энергозатрат можно обеспечить за счет применения эффективных аэрационных систем. По результатам поиска и сравнения в условиях реальной эксплуатации различных типов аэрационных систем ранее в ОАО «Мосводоканал» принято направление на внедрение дисковых мембранных аэраторов. Аэраторы данного типа не подвержены кольматации, удобны в монтаже и обслуживании. С 2004 г. на Курьяновских очистных сооружениях была проведена планомерная работа по модернизации аэрационных систем, в ходе которой было смонтировано более 100 тыс. аэраторов с резиновыми мембранами производства ГК «Экополимер». Опыт эксплуатации аэраторов AP-420 на московских очистных сооружениях показал, что они имеют достаточно высокие и стабильные показатели эффективности в течение всего срока службы и отвечают требованиям проекта.

На новом блоке Люберецких очистных сооружений суммарная экономия электроэнергии за счет применения энергоэффективного оборудования и современных технологий очистки сточных вод с удалением биогенных элементов может достигнуть 50% по сравнению со старыми сооружениями.

За сорокалетний период эксплуатации у первичных отстойников диаметром 54 м был выявлен ряд серьезных недостатков, приводящих к частым поломкам и выходу из строя оборудования. Изначально на первичных отстойниках были установлены илоскребы марки ИПО (рис. 4), которые к настоящему времени морально устарели и имеют износ в среднем 70%.

Специалисты ОАО «Мосводоканал» изучали отечественный и мировой опыт в области очистки сточных вод, в том числе использование современных конструкций отстойников и илоскребов. После комплексного анализа предложений современного рынка был выбран илоскреб марки ИЛ-54 отечественного производства (рис. 5).

Учитывая коррозионную активность среды, подводные части илоскреба ИЛ-54 изготовлены из нержавеющей стали.

Также скребковые механизмы было решено заменить и на вторичных отстойниках диаметром 54 м. Анализ отечественного и мирового опыта показывает, что применение илососов на радиальных вторичных отстойниках позволяет исключить залегание и гниение ила в придонных «мертвых» зонах. Поскольку ил осаждается в отстойниках неравномерно, основным критерием при подборе новой конструкции илососа было наличие системы регулирования расходов ила по зонам. В принятой в проекте конструкции илососа эта задача решена путем установки телескопических регулирующих устройств, которые вынесены в верхнюю часть, т. е. в зону видимости и доступности. По своей материалоемкости новая конструкция является более экономичной – 24,5 т против 37 т веса илоскреба старой конструкции. Применяемые в ней материалы (оцинкованная и нержавеющая сталь) освобождают от такой трудоемкой процедуры, как покраска фермы.

Наряду с повышением качества очистки сточных вод не менее актуальной задачей при реконструкции НКОС стало снижение эмиссии



Рис. 4. Илоскреб марки ИПО в первичном отстойнике



Рис. 5. Илоскреб марки ИЛ-54

дурнопахнущих веществ с открытой поверхности технологических сооружений в атмосферу. В последние годы в связи с интенсивным жилищным строительством в Москве массовая жилая застройка вплотную приблизилась к санитарно-защитным зонам канализационных очистных сооружений. Это привело к появлению жалоб со стороны жителей близлежащих районов на работу очистных сооружений как источников выделения неприятных запахов. Особенно остро эта проблема стоит в районе расположения Курьяновских очистных сооружений, находящихся в окружении плотной городской застройки, в непосредственной близости от центральной части города. Основными источниками запахов на площадке являются песколовки, первичные отстойники и илоуплотнители. Наиболее сложной технической задачей оказалась разработка перекрытий для первичных отстойников диаметром 54 м. Специалисты ОАО «МосводоканалНИИпроект» и ОАО «Мосводоканал» провели большую работу по оптимизации конструкции перекрытия первичного отстойника, в том числе с учетом снеговой нагрузки.

Были рассмотрены различные варианты перекрытий как отечественных, так и зарубежных производителей:

комбинированные плавающие, в том числе состоящие из отдельных поплавков;

купольные;

жесткие из стеклопластиковых или углепластиковых панелей с вантовой конструкцией опор;

жесткие вращающиеся.

Купольное перекрытие опирается на борт отстойника или требует дополнительного фундамента. Из-за необходимости обслуживания установленного под перекрытием оборудования нужна эффективная система вентиляции внутри купола для обеспечения нормальной работы обслуживающего персонала. Организация такой системы вентиляции и очистки воздуха влечет за собой большие энергозатраты.

Плоское перекрытие по сравнению с купольным имеет существенно меньшие размеры и вес. Объем вентилируемой зоны и, соответственно, энергозатраты на вентиляцию и очистку вентиляционных выбросов сокращаются в десятки раз.

Принятое к проектированию перекрытие ПБИ российского производства (поставщик ОАО «Мосэлектрон») состоит из трех колец – центрального, среднего и периферийного (рис. 6). Центральное и периферийное кольца неподвижно закреплены соответственно на опоре-баш-



Рис. 6. Перекрытие конструкции первичного отстойника

не и периферийной части отстойника. Среднее кольцо установлено на зеркале воды и соединено с фермой илоскреба, что дает возможность перекрытию перемещаться вместе с фермой относительно центрального и периферийного колец. Конструкция перекрытия исключает контакт зеркала воды с воздухом, а значит выделение испарений и запахов, и обеспечивает работоспособность при изменении уровня сточных вод в радиальном отстойнике. Среднее кольцо перекрытия имеет подвижное соединение секций, что позволяет ему при опорожнении отстойника ложиться на дно, повторяя его неровный профиль и давая доступ к установленному внутри оборудованию. Благодаря тому, что средняя плавающая часть перекрытия контактирует с водой, температура которой не бывает менее 18 °С, обеспечивается таяние снега. Данное перекрытие выполнено из нержавеющей стали и имеет гарантированный срок службы 50 лет.

Согласно расчетам, на очистку будет подаваться около 4 тыс. м³/ч загрязненного дурнопахнущими веществами воздуха от одного блока сооружений (четырёх первичных отстойников и вспомогательных помещений).

В настоящее время на Ново-Курьяновских очистных сооружениях идут строительные-монтажные работы по реконструкции первого блока (рис. 7). Специалисты ОАО «МосводоканалНИИпроект» осуществляют авторский надзор за строительством. Практически закончены работы на аэротенках, первичных и вторичных отстойниках, подводящих и отводящих системах каналов. Набирает темп техническое перевооружение главного машинного зала НКОС, в рамках которого предусмотрена замена не только технологического оборудования, но и строительных конструкций (практически полностью).



Рис. 7. Панорама строительства аэротенков

В ближайших планах — проектирование и строительство нового блока головных сооружений механической очистки. Эта работа завершит полный комплекс реконструкции Ново-Курьяновских очистных сооружений, позволит выйти на расчетные показатели по качеству очистки сточных вод, минимизировать выбросы в атмосферу дурнопахнущих веществ.

Выводы

1. Проект комплексной реконструкции Ново-Курьяновских очистных сооружений Москвы направлен не только на восстановление устарев-

ших строительных конструкций зданий и сооружений, но и на совершенствование технологии очистки сточных вод, модернизацию оборудования и улучшение экологической ситуации. Основные технологические решения базируются на технологии биологической очистки с нитри-денитрификацией и дефосфотацией (процесс УСТ) с достижением нормативов качества очистки сточных вод.

2. Изменение технологии потребовало значительного увеличения площади вторичных отстойников и, соответственно, изменения соотношения их объемов с объемами первичных отстойников и аэротенков. Для обеспечения эффективного биологического удаления фосфора применен процесс ацидофикации осадка первичных отстойников с получением легкоокисляемой органики, которая будет использоваться в процессах дефосфотации.

3. Впервые в Москве решается задача сбора и очистки выбросов дурнопахнущих веществ с открытых поверхностей первичных отстойников. В основе ее решения лежит уникальное по своей конструкции и техническому исполнению плавающее перекрытие, которое позволяет минимизировать объем отбираемого воздуха, поступающего на очистку.

WASTEWATER TREATMENT

Reconstruction of the Novo-Kur'ianovo wastewater treatment facilities

S. A. STREL'TSOV¹, N. A. BELOV², L. A. KLIMOVA³, N. L. PSHENKO⁴

¹ Strel'tsov Sergei Aleksandrovich, Chief Engineer, Wastewater Division, «Mosvodokanal» OJSC

2 Pleteshkovskii lane, 105005 Moscow, Russian Federation, tel.: +7 (499) 261-02-02, e-mail: strelcov_sa@mosvodokanal.ru

² Belov Nikolai Anatol'evich, Chief Process Engineer, Wastewater Division, «Mosvodokanal» OJSC

2 Pleteshkovskii lane, 105005 Moscow, Russian Federation, tel.: +7 (499) 263-93-94, e-mail: upr_kan2@mosvodokanal.ru

³ Klimova Liudmila Aleksandrovna, Chief Project Engineer, Institute «MosvodokanalNIIProject» OJSC

22 Pleteshkovskii lane, 105005 Moscow, Russian Federation, tel.: +7 (499) 261-59-09, e-mail: post@mvkniipr.ru

⁴ Pshenko Nikolai L'vovich, Chief of Water and Wastewater Facilities Designing Section, Institute «MosvodokanalNIIProject» OJSC

22 Pleteshkovskii lane, 105005 Moscow, Russian Federation, tel.: +7 (499) 263-25-01, e-mail: post@mvkniipr.ru

The Kur'ianovo wastewater treatment facilities are the European biggest municipal wastewater treatment complex. Being an advanced project for its time (1970-ies) by the XXI century the Kur'ianovo wastewater treatment facilities turned to be obsolescent and needed upgrading. In 2010 the project of upgrading the first and second blocks of the Novo-Kur'ianovo wastewater treatment facilities was launched. The specific features of the design solutions of recovering the capacity of the engineering structures of buildings and facilities of the wastewater treatment plant, of retrofitting nutrients removal process are considered alongside with the aspects of reducing malodorous emissions from the open surfaces of the facilities. Special attention in the project is paid to the selection of process equipment — advanced sludge scrapers, sludge pumps, turboblowers and aeration systems were installed. For the first time floating covers of the primary settling tanks were applied.

Key words: wastewater treatment, nitrification-denitrification, phosphorus removal, aeration, settling tank, aeration tank, sludge scrapers, sludge pump, acidificator, malodorous emissions removal, floating cover.