

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТАНОВОК БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Ужанова А.В., Неволina И.В., Покрышкин К.В.

АО «ВУХИН», г. Екатеринбург, Россия

e-mail: ilonanewolina@mail.ru

Ключевые слова: коксохимическое производство (КХП), проектирование установки сточных вод, оборудование установки, аппаратурное оформление, нестандартные проектные решения.

Проектирование установок очистки сточных вод – задача, требующая комплексного подхода и не совсем стандартного решения, имеет свои особенности, связанные с физико-химическими характеристиками сточной воды коксохимического производства (КХП). При проектировании установок биологической очистки сточных вод КХП используется многолетний опыт института.

DESIGN EXPERIENCE OF INDUSTRIAL WASTEWATER BIOLOGICAL TREATMENT PLANTS

Uzhanova A.V., Nevolina I.V., Pokryshkin K.V.

АО «VUHIN», Ekaterinburg, Russia

e-mail: ilonanewolina@mail.ru

Keywords: coke-chemical plant (CCP), wastewater plant design, plant equipment, hardware design, not standard design solutions.

The design of wastewater treatment plants is a task that requires an integrated approach and not quite a standard solution; it has its own characteristics associated with the physicochemical characteristics of wastewater from a coke-chemical plant (CCP). The long-term experience of the institute is used in the design of biological wastewater treatment plants at CCP.

В настоящее время Акционерное Общество Восточный научно-исследовательский углехимический институт (АО «ВУХИН») – является единственным в России отраслевым научно-исследовательским и проектным институтом, имеющим опыт в выполнении проектов в коксохимической промышленности (КХП). С момента основания института и до сегодняшнего времени институт разрабатывает проектную документацию для коксохимических предприятий РФ и некоторых зарубежных КХП.

За годы существования института по разработкам АО «ВУХИН» были спроектированы и построены на предприятиях РФ, ближнего зарубежья, а также Индии и Ирана – коксовые батареи, цеха улавливания и переработки химических продуктов коксования, биологической очистки сточных вод, очистки выбросов и утилизации отходов.

В настоящее время в связи с ужесточением требований по охране окружающей среды, в частности, с повышением глубины очистки сточных вод, одним из основных направлений деятельности АО «ВУХИН» является проектирование установок очистки сточных вод КХП и обезвреживание выбросов. Однофазовая технология биохимической очистки сточных вод от фенолов, роданидов, аммонийного азота и его окисленных форм с успехом применяется на предприятиях РФ и за рубежом (ПАО «Северсталь», АО «Москокс», ПАО «НЛМК» ОАО «Уфахимпром»), Визахатнамский меткомбинат (Индия).

Однофазовая технология является одной из разработок АО «ВУХИН» в части биотехнологии очистки сточных вод КХП. Она выгодно отличается от общеизвестных способов очистки сточных вод в режиме нитри-денитрификации тем, что обеспечивает одновременное протекание аэробных (кислородных) и анаэробных (бескислородных)

процессов в одних и тех же условиях, то есть в обычном реакторе-смесителе или вытеснителе. Исключение из технологической схемы БХУ реакторов-денитрификаторов или анаэробных зон, выполняющих их функцию, способствует не только повышению производительности БХУ и упрощению технологической схемы наряду с высоким эффектом очистки, но и снижению расхода кальцинированной соды до теоретического уровня.

Установка очистки сточных вод КХП представляет собой комплекс зданий, сооружений с наружным резервуарным парком с четко распределенным функционалом. БХУ состоит из трех основных отделений:

1. Отделение приема и механической очистки;
2. Отделение биологической очистки;
3. Отделение приема и приготовления реагентов.

Также в комплекс входят отделение оборотного водоснабжения, отделение утилизации избыточного ила. Остановимся на каждом отделении установки БХУ.

С учетом 20-ти летнего опыта ведения процесса однофазовой очистки и с целью снижения расхода необходимой в биологическом процессе дезазотизации и неудобной в работе сухой кальцинированной соды (Na_2CO_3), в схему очистки включена технология разложения связанного аммиака в аммиачных колоннах (могут быть использованы существующие) с применением в качестве товарного реагента 40–45 % раствора гидроксида натрия (каустической соды). Это позволяет снизить содержание общего аммонийного азота в сточной воде, поступающей на БХУ в 2–3 раза.

Надсмольная вода подвергается предварительной очистке от аммиака в аммиачных колоннах: для разложения связанных солей аммония (хлориды и сульфаты) предусматривается обработка надсмольной воды раствором щелочи с получением летучего аммиака (карбонаты, сульфиды, цианиды) и последующей его отдувкой водяным паром. Для разложения связанного аммиака, как показала практика, целесообразно применять раствор гидроксида натрия. Отделения аммиачных колонн дополнительно оснащаются узлами приема, хранения и дозирования раствора гидроксида натрия в аммиачную воду перед колоннами.

После аммиачных колонн сточная вода имеет температуру порядка 95–100 °С, что требует охлаждения воды перед механической очисткой на БХУ. Охлаждение надсмольной воды после аммиачных колонн проводится в аппаратах мгновенного вскипания (АМВ), работающих под вакуумом, где температура поступающей сточной воды снижается до 55–65 °С.

Основное назначение АМВ – это опреснение морских и солоноватых вод, дистилляционное обессоливание вод для энергетики, вакуумная упарка соледержащих растворов, охлаждение и утилизация тепла горячих технических жидкостей. В технологии КХП эти аппараты применяются только для охлаждения сточных вод. В основу работы АМВ положен принцип адиабатного вскипания в вакууме (снижение температуры кипения жидкостей в вакууме). При вскипании в вакууме перегретой жидкости ее охлаждение происходит на величину перегрева.

Горячая сточная вода после аммиачных колонн подается в первую испарительную камеру (в аппарате их несколько), а затем в последующие. В камерах поддерживается низкое давление или вакуум. За счет скрытой теплоты парообразования в камерах происходит испарение как с поверхности жидкости, заполняющей нижнюю часть камеры, так и с поверхности струи и капель, образующихся при подаче жидкости в камеру. В верхней части испарительных камер располагаются водоохлаждаемые конденсаторы пара, образовавшегося в процессе мгновенного вскипания.

Конденсат пара стекает с конденсаторов в отдельный трубопровод и может выводиться либо в отдельный барометрический сборник, либо в общий барометрический сборник охлажденной водой.

Нижний поток охлаждаемой воды перетекает через гидрозатворы из одной камеры в другую в условиях прогрессирующего вакуума, охлаждается от камеры к камере и поступает

в сборник охлажденной воды. Обычно в конденсаторах выпарных установок поддерживают абсолютное давление, равное 0,1–0,2 ат. Это соответствует температуре конденсации 45–60 °С. Достоинством АМВ, как охладителей, является исключение непосредственного контакта охлаждаемой воды КХП, содержащей взвеси, смолы и масла, с теплообменной поверхностью. Так как на конденсаторы поступают только пары, то отложений на теплообменной поверхности не образуется.

Следует отметить, что в испарительных камерах (секциях) с водяным паром из кипящей сточной воды отгоняется некоторая часть содержащихся в ней легколетучих и газообразных примесей. Однако в связи со значительным их содержанием не представляется целесообразным осуществлять отдельный сбор охлажденной воды и конденсата, поэтому конденсат и охлажденная вода собираются в одном сборнике, из которого далее направляются на механическую очистку.

Преимущества аппарата мгновенного вскипания перед обычной теплообменной аппаратурой:

- высокая эксплуатационная надежность в связи с отсутствием контакта сточной воды, загрязненной маслами и другими органическими веществами, обладающими высокой адгезией к теплообменной поверхности, что исключает ее зарастание отложениями и, в связи с этим, необходимость очистки теплообменников;

- исключение попадания охлаждаемой грязной воды, а также ее паров в охлаждающую воду вследствие наличия в аппарате разрежения;

- мокрая очистка парогазовой смеси от загрязняющих веществ перед сбросом ее в атмосферу или возможность ее передачи в коллекторную систему санитарного вакуума.

Аппараты АМВ выпускаются как не стандартизированное оборудование и изготавливаются по требованиям заказчика.

В сборники охлажденной аммиачной воды после АМВ также поступает фенольная сточная вода, где происходит их перемешивание и усреднение. Далее смешанная сточная вода поступает на механическую очистку через преаэраторы. Назначение преаэраторов – смешение поступающей сточной воды с реагентом для очистки от масел – солью двухвалентного железа. Время пребывания в преаэраторе составляет 0,05 часа.

Далее для осаждения тяжелых масел предусмотрены первичные отстойники, в которые вода поступает самотеком. Благодаря регламентированному времени пребывания сточной воды в первичных отстойниках, степень очистки ее от масел в первичных отстойниках составляет 75–80%. Первичные отстойники – типовые сооружения, используемые со времен первых БХУ.

Для очистки от оставшихся масел, как правило, эмульгированных масел, предусмотрена очистка сточной воды во флотаторах. Причем в последних проектах, флотаторы расположили на крыше здания насосной. Это обусловлено тем, что современные флотаторы, благодаря своей производительности и малым габаритным размерам, позволяют использовать такое размещение в условиях дефицита пространства, и что очень важно – они позволяют очистить поступающую сточную воду до остаточного содержания легких масел, не препятствующих подаче сточной воды на БХУ.

Далее, перед подачей в предаэротенки, в случае необходимости, сточная вода доохлаждается до температуры 38–40⁰С либо в спиральных теплообменниках, либо в теплообменниках типа «труба в трубе», либо в кожухотрубчатых.

Очистка сточных вод происходит в реакторах – аэрируемых сооружениях смешительного типа. Расчет объема реакторов производится по качеству и количеству поступающих сточных вод на биологическую очистку.

В реакторах однофазовой очистки АО «ВУХИН» применяют при проектировании аэраторы собственной конструкции, которые позволяют интенсифицировать аэробный процесс и обеспечивают равномерное перемешивание ила во всем объеме сточной воды.

В практике проектирования и строительства КХП применяется два варианта материала резервуаров (в том числе реакторов) – железобетон и сталь. Оба имеют право на существование и реализованы в уже завершенных проектах.

В АО «ВУХИН» был проведен сравнительный анализ по затратам на строительство резервуарного парка биохимической установки КХП. Железобетонное исполнение требует больших капитальных затрат, но тем не менее, применяется во влажном климате, например, БХУ Визакхапатнамского меткомбината полностью спроектирована из железобетона, так как в субтропическом климате наблюдается высокая коррозия оборудования из металла. При длительной эксплуатации железобетонное исполнение дает возможность существенно снизить эксплуатационные затраты путем плановых ремонтов.

Установка металлических резервуаров (на данный момент приоритет отдан материалам 09Г2С для неагрессивных сред и 12Х18Н10Т для агрессивных сред) дешевле в сравнении с железобетонными на 10–15 %, но в процессе эксплуатации ряд резервуаров подлежат полной замене, что увеличивает операционные затраты.

Реагент для биологической дезазотизации – кальцинированная сода – выпускается в порошкообразном или гранулированном виде, что приводит к необходимости создания и использования растворо-дозировочного узла, включающего операции ее погрузки, разгрузки, приготовления и дозирования водного раствора.

Фосфорная кислота – фосфорное питание для микроорганизмов, в отличие от первых установок БХУ, дозируется из специально разработанного дозировочного узла в виде концентрированной фосфорной кислоты.

Техническое оформление решений для строительства выполняется индивидуально для каждого предприятия, основываясь на опыте строительства и эксплуатации предыдущих реализованных проектов.

Остановимся на некоторых моментах:

На сегодняшний день одним из требований Заказчика является оптимальный расход энергоресурсов. Воздуходувки – достаточно энергозатратное оборудование, оптимальным решением является их частотное регулирование. Современные воздуходувки позволяют снизить энергопотребление за счет существенного рабочего диапазона по производительности (до 60 % от номинала).

В отделении утилизации избыточного ила применяются центрифуги (декантеры), которые позволяют добиться снижения влажности ила до 80–82 %. До подачи на центрифуги ил поступает в минерализаторы, где происходит процесс минерализации ила с целью повышения доли сухого вещества с 2 % до 4–5 % и для улучшения последующего обезвоживания ила.

При проектировании установки БХУ имеется несколько «сложных моментов», которые требуется разрешить на стадии «П», среди которых – существующая транспортная инфраструктура коксохимических предприятий. Часть реагентов (таких, как сода, щелочь) традиционно доставляются на предприятия по железной дороге, часть – автотранспортом. В связи с этим требуется организовывать разгрузочные площадки, а в связи с возможными сбоями в поставках – предусматривать места складирования. Данный момент негативно сказывается на категории зданий. Так, при хранении соды и железного купороса, оставляемого в биг-бэгах – категория реагентного хозяйства повышается с Д на В.

Помимо материалов, доставляемых на установку БХУ, есть промежуточные продукты, которые требуется вывозить на утилизацию. К ним относится водомасляная эмульсия из первичных отстойников и флотаторов, а также избыточный ил после центрифуг. На коксохимических предприятиях этот вопрос решается: водомасляная эмульсия утилизируется присадкой к шихте для коксования, избыточный активный ил утилизируют также в качестве добавки в шихту.

На установку БХУ поступают не только фенольная и надсмольная вода КХП, но и ливневые воды с различных технологических площадок КХП, в связи с чем возникает риск перегрузки БХУ по очищаемой воде в теплый период времени. Кроме того, при

возникновении сбоев в технологических процессах на КХП, в случае несанкционированных сливов есть риск несоблюдения заданных гарантийных показателей. Данную проблему решает установка буферных емкостей. Объем данных резервуаров индивидуален и зависит от особенностей каждого предприятия, климатической зоны, к которой данное предприятие находится. В буферных емкостях происходит временное накопление избыточно поступающей воды, либо некондиционной воды. После стабилизации работы БХУ вода из буферных емкостей с небольшим расходом подается в сооружения очистки для ее переработки.

Процесс пуска установки также представляет сложность с технической и технологической точек зрения. Так как ввод в эксплуатацию установки растянут во времени, что связано с накоплением и адаптацией активного ила, то это необходимо учитывать в проекте – на насосах, обеспечивающих технологический процесс, предусматривается частотное регулирование, трубопроводная обвязка обеспечивает возможность рециркуляции иловой воды, а также оборудована регулирующей трубопроводной арматурой.

Стоит отметить, что установка БХУ относится к IV классу опасности, пожароопасность отдельных участков БХУ обусловлена временным накоплением веществ, например, водомасляная эмульсия в узле механической очистки, а также хранением реагентов. Технологическое и емкостное оборудование размещается в поддонах, что исключает отрицательное влияние на окружающую среду разливов технологических жидкостей. Установка скрубберов, каплеуловителей для емкостного оборудования обеспечивает улавливание и очистку паров летучих веществ, что позволяет значительно снизить выбросы загрязняющих веществ с аппаратов и агрегатов в атмосферу.

Установка биологической очистки – нестандартное решение, для каждого конкретного предприятия будет свое аппаратное оформление. Поэтому, исходя из требований и возможностей Заказчика, каждая следующая установка биологической очистки сточных вод отличается от предыдущей, что в итоге сказывается на стоимости проектных работ и стоимости укомплектованной установки.