

ПРИМЕНЕНИЕ АСУ ВОДОБОРОТНЫМИ СИСТЕМАМИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Н.В. Киянов, О.В. Крюков (ООО "Интермодуль")

Рассмотрены вопросы проектирования АСУ современных водооборотных систем металлургических производств. Представлены реализованные промышленные АСУТП водооборотных циклов экологически чистых производственных систем на основе инвариантных систем регулирования с регрессионными алгоритмами управления.

Ключевые слова: экология металлургии, водооборотные системы, вентиляторные градирни, инвариантные системы, регрессионные алгоритмы управления.

Вопросы экологии металлургических предприятий

К концу XX века и, особенно, в последние десятилетия в результате быстрого развития промышленности, транспорта, энергетики резко усилилась антропогенная нагрузка на природу, стала очевидной опасность истощения естественных ресурсов, необратимого загрязнения и изменения окружающей среды [1]. Загрязнение атмосферного воздуха, пресной воды и почвы приняло глобальный характер. При этом естественные способности биосферы к нейтрализации вредных веществ и самоочищению практически исчерпаны.

В России основным источником интенсивного загрязнения окружающей среды являются предприятия металлургической промышленности. Строительство большинства из них пришлось на эпоху индустриализации XX века, когда вопросы природоохранной деятельности были второстепенными. Сложившаяся ситуация требует реализации новых путей решения экологических проблем в рамках комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на существенное снижение неблагоприятного воздействия производственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

В металлургических производствах вода имеет широкое применение. Металлургия использует 25% от всей потребляемой российской промышленностью воды. Это охлаждение различного оборудования (печей, разливающих машин и т.д.), гидроочистка от дымовых газов, гидротранспортировка пыли, увлажнение шихты, обработка литейной продукции и пр. При этом в большинстве случаев после промышленного использования загрязненная вода не обрабатывается должным образом и попадает в поверхностные и грунтовые воды. Тяжелые металлы, нефтеотходы, фенолы и ряд других элементов, присутствующих в сбрасываемой воде, делают ее непригодной для дальнейшего использования, а порой становятся причиной массовой гибели биоресурсов в близлежащих водоемах. Кроме того, технологический цикл подразумевает выбросы в атмосферу целого спектра токсичных для человеческого организма веществ, включая бензопирен, фториды, соединения марганца, ванадия и хрома. Подобное загрязнение воды и воздуха крайне негативно сказывается на здоровье населения, проживающего в непосредственной близости от металлургических предприятий, многие из которых имеют статус градообразующих.

Принято считать, что техническая вода, используемая в металлургическом производстве, участвует в

"чистых" и "грязных" циклах. В первом случае вода нагревается, но загрязняется неинтенсивно в процессе охлаждения печей, литейных и кованных масс, электродвигателей, дымоходов, роторов, дробилок. Во втором — происходит промывка шламопроводов, гидроочистка от пыли и окалины, очистка дымовых и вентиляционных газов.

Применение водоподготовки и очистки воды для охладительных систем оборудования обусловлено изменением характеристик воды, участвующей в различных ТП. В результате многократной циркуляции происходит нагревание, охлаждение, упаривание, аэрирование воды, что влечет к минерализации, уменьшению стабильности, повышению коррозионно-активных свойств, увеличению отложения солей и биологическим загрязнениям воды. В результате решаются проблемы образования отложений солей, снижение коррозионной активности воды, предотвращение биологического обрастания поверхностей.

Заслуживает внимания опыт ОАО "Ижсталь", где успешной реализацией ряда природоохранных мероприятий удалось сократить на 0,5 млн. м³/г объем сброса производственных вод в реку. Однако эта цифра составляет около 10% от общего объема сброса. Более значимые результаты в этом направлении достигнуты ОАО "Северсталь", где удалось на 98,2% замкнуть водооборотный цикл и закрыть пять стоков в естественные водоемы. Однако даже действующие нормативные документы нуждаются в уточнении, поскольку часто приходится сталкиваться с комплексом нерешенных юридических вопросов. Очевидно, что важнейшими пунктами экологических программ металлургических предприятий становится сокращение объема забора свежей технической воды и снижение объема сброса производственных вод.

Требования руководящих документов в области экологии предприятий металлургии

В основе существующей законодательной базы в области экологической безопасности металлургического производства лежит Закон РФ "Об охране окружающей среды". В нем сформулированы общие требования, обязывающие предприятия принимать необходимые меры по соблюдению технологических режимов и проведению мероприятий по охране окружающей среды. Кроме того, действующими санитарными правилами и нормами Минздрава (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03) предписано создание вокруг предприятий санитарно-защитных зон, размер которых (50...1000 м до жилой застройки) зависит от класса предприятия, определяемо-

го оценкой потенциальной опасности его производственной деятельности для здоровья человека.

Важнейшим документом в области природоохранной деятельности металлургических предприятий в РФ является экологический стандарт ГОСТ Р ИСО 14001, разработанный на базе международной системы стандартов ISO 14000. Особенностью данной системы стандартов является их ориентирование не на конкретные технологии или количественно-качественные показатели (объем выбросов, концентрации веществ и т.п.), а на систему экологического менеджмента, который относится к высшему приоритету промышленной деятельности в XXI веке. Кроме того, системой стандартов ISO 14000 предусматривается создание производств, которым должны быть присущи безотходность, экологически благоприятные технологии, производимая продукция и высокая культура персонала. Для отечественных металлургических предприятий такая сертификация является неременным условием маркетинга продукции на международных рынках.

Известно, что чем меньше природных ресурсов использует компания и чем больше ее деятельность основывается на ноу-хау персонала, тем более высокой степенью экологической эффективности она обладает. В области природоохранной деятельности показателен пример металлургических предприятий Финляндии. Лидирующим производителем металла в этой стране считается корпорация Ruukki с крупнейшим металлургическим комбинатом в г. Раахе. Лучшей иллюстрацией высокого уровня обеспечения экологической безопасности производства является непосредственное соседство промышленных площадок комбината с жильем и объектами социальной инфраструктуры.

Требования к защите водного бассейна определяются общим техническим регламентом "Об экологической безопасности", "Водным кодексом РФ" и специальным техническим регламентом. При проектировании системы водного хозяйства металлургического предприятия должно быть предусмотрено максимальное (последовательное) использование производственной воды в отдельных технологических операциях и с оборотом охлаждающей воды для отдельных цехов или всего предприятия в целом. Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды, содержащие вещества или продукты химических соединений, для которых не установлены ПДК.

Запрещается снижать концентрации загрязняющих веществ методом разбавления. Условия и места спуска очищенных производственных сточных и поверхностных вод должны согласовываться с государственными органами по регулированию использования и охране вод. Очистные сооружения производственной и дождевой канализации металлургических предприятий должны быть расположены на территории заводов. Спуски очищенных сточных и поверхностных вод должны быть оборудованы контрольными колодцами или устройствами для замера расхода сбрасываемых вод и системами контроля за составом очищенных вод.

Особенности построения АСУ водооборотных систем в металлургии

За период 2004–2008 гг. предприятием ООО "Интермодуль" разработаны и реализованы семь проектов систем электрооборудования и АСУТП для водооборотных систем в горнодобывающей, нефтеперерабатывающей, строительной промышленности, а также в металлургии и энергетике [2–5].

Опыт работ на металлургических комбинатах ООО "Уральская сталь" (г. Новотроицк), ЗАО "Каширский завод стали с покрытием", ОАО "Ижсталь" и др. показал, что от эффективности работы оборудования и систем автоматизации водооборотных циклов с градирнями зависит степень реализации преимуществ систем оборотного водоснабжения в техническом и экологическом аспектах по сравнению с прямоточными системами, а также производительность технологического оборудования, качество и себестоимость вырабатываемой продукции, удельный расход сырья, топлива и электроэнергии.

Как было отмечено выше, по характеру использования водооборотные системы на металлургических предприятиях условно делятся на "чистые" и "грязные" циклы. В "чистых" водооборотных циклах вода используется для охлаждения теплообменного оборудования, не вступая в контакт с другими средами. Отработанная в производстве вода охлаждается на градирнях и вновь подается к потреблению на следующий производственный цикл. Применение водооборотных систем на основе вентиляторных и башенных градирен позволяет значительно уменьшить потребление сетевой воды. Экономия водных ресурсов, а также энергетических ресурсов снижает себестоимость продукции. "Чистые" водооборотные системы работают в системах ТЭС предприятий, кислородных производствах, системах охлаждения доменных печей.

В "грязных" водооборотных системах вода не только нагревается, но и загрязняется. Такие циклы работают в системах газоочистки доменных и конверторных цехов, системах охлаждения металла в зоне вторичного охлаждения установок непрерывной разливки стали кислородно-конвертерных цехов, системах агломерационного производства и на прокатных станах для охлаждения горячекатаной стали.

Проблемы водоснабжения металлургических предприятий определяются особенностями конкретного производства.

• *Агломерационное производство* является крупным потребителем технической воды на нужды систем очистки от пыли и газов агломашин. Наиболее часто встречающиеся здесь проблемы: солеотложение и коррозия в аппаратах и трубопроводах системы очистки газов. Все это приводит к уменьшению проходного сечения трубопроводов, а следовательно, и внеплановым заменам и механическим чисткам.

• *Коксохимическое производство* потребляет воду для первичных охладителей коксового газа. В охлаждающей системе часто возникают карбонатные отложения, и в меньшей степени — коррозия.

• Водоборотная система *доменного производства* служит для очистки образующегося при плавке колошникового газа, и вода вследствие этого насыщается солями и агрессивными газами. Из-за этого на стенках скрубберов образуются карбонатные отложения и коррозия. Причем отличительной особенностью данной системы является ярко выраженная склонность одной части системы к солеотложению, а другой — к коррозии. В любом случае названные проблемы приводят к остановке очистки газов и сильным экологическим загрязнениям.

• В *конверторном производстве* водоборотная система выполняет функцию охлаждения установки непрерывной разливки стали. Если карбонатная жесткость воды не соответствует техническим требованиям, в кристаллизаторе и на роликах системы вторичного охлаждения образуются минеральные отложения и коррозия, что нарушает теплообмен и качество литья.

• Водоборотная система *кислородного производства* выполняет функцию охлаждения газов в промежуточных и концевых газоохладителях компрессоров. Основные проблемы данного водоборотного цикла — карбонатные отложения, биообрастания и биокоррозия в трубках газоохладителей — приводят к снижению производительности компрессоров, перерасходу электроэнергии, дополнительным затратам на механическую очистку.

• *Теплоэлектроцентрали* нуждаются в оборотной воде для решения задачи охлаждения конденсаторов турбин и трубки конденсаторов подвержены зарастанию минеральными и илстыми отложениями, что снижает производительность оборудования. Поэтому особенности построения систем водоборота аналогичны рассмотренному выше оборудованию.

Прямоточная система водоснабжения с использованием воды рек в настоящее время уже не может обеспечить необходимого для предприятия количества охлаждающей воды. Кроме того, при прямоточном водоснабжении создается опасность неблагоприятного теплового воздействия (тепловое загрязнение) и нарушения экологического равновесия естественных водоемов. Для предотвращения этого в большинстве промышленно развитых странах применяются меры для использования замкнутых систем охлаждения.

Разработанные ООО "Интермодуль" АСУТП водоборотных систем обеспечивают:

- комплексную автоматизацию производственного процесса и локальных систем с электроприводами насосов и вентиляторов;
- анализ и учет всех технологических параметров;
- сбор и обработку данных о совокупности внешних возмущающих факторов;
- непрерывный мониторинг и диагностику состояния оборудования;
- программную адаптацию к различным факторам метеорологических и технологических изменений процесса охлаждения;
- экологические и энергосберегающие технологии.

Последние факторы являются наиболее актуальными в связи с возрастающей напряженностью водохозяйственных балансов промышленных районов страны, увеличением стоимости водозабора в промышленности, а также трудностями соблюдения нормативных требований по защите водоемисточников от вредного теплового и химического воздействия прямоточных систем. С экологической точки зрения водоборотные системы с вентиляторными градирнями имеют безусловные преимущества, так как при надлежащей эксплуатации и поддержании в исправном состоянии конструкций и оборудования они не оказывают влияния на состояние окружающей среды.

Наивысшую эффективность для промышленных предприятий по тепловой нагрузке (до 175 кВт/м²), перепаду температуры воды (до 20°) и глубине охлаждения (до 16 °С) имеют именно вентиляторные градирни. Это обусловлено совокупностью наилучших технико-экономических и экологических характеристик, а также возможностью стабилизировать температуру охлажденной воды и полностью автоматизировать работу оборудования водоборотной системы с единого диспетчерского поста. При охлаждении воды в градирне преобладающую роль в течение большей части года играет поверхностное испарение, достигая в летний зной до 90% тепла, отдаваемого водой. Поэтому для интенсификации процесса охлаждения воды в этот период необходима эффективная работа вентилятора. Зимой же с увеличением разности температур горячей воды и воздуха ($t_1 - \theta$)° возрастает доля теплоотдачи соприкосновением до 50...70% против летних 10...20%.

Таким образом, вентиляторные градирни являются центральным и важнейшим звеном технологической цепи отвода тепла, так как позволяют снизить температуру воды до требуемых значений путем испарения и теплообмена с атмосферным воздухом. Кроме того, изменяя скорость вращения вентилятора, можно регулировать выходные параметры водоборота в зависимости от сезонных, метеорологических и технологических изменений большого числа факторов. Наконец, средства АСУТП позволяют обеспечить оптимальные режимы энергосбережения, мониторинга и диагностики работы водоборотной системы и интегрировать ее в АСУТП всего производства.

Автоматизированный электропривод вентилятора градирни, выполненный по системе "преобразователь частоты — асинхронный двигатель" с полным диапазоном регулирования, является фактически единственным каналом воздействия на охлаждающую способность градирни. Так как скорость вращения вентилятора ω задается в условиях одновременного стохастического изменения всех параметров, для получения стабильной температуры охлажденной воды необходимо с помощью АСУТП:

- получить и обработать достоверную информацию, получаемую с датчиков температуры воды ($\Delta t = t_2 - t_1$), воздуха θ , его влажности β и подачи воды насосами Q в цикле с определенной дискретностью;

- вычислить оптимальную заданную скорость вращения вентилятора градирни по аналитическим регрессионным алгоритмам $\omega_3 = f(\Delta t, \theta, \beta, Q)$;

- скорректировать ее путем стабилизирующего действия обратной связи по выходной координате, то есть температуре охлажденной воды t_2° .

ПО GRADIRNY обеспечивает мониторинг, контроль и регулирование параметров ТП охлаждения оборотной воды в вентиляционной градирне и формируется из пяти модулей, обеспечивая:

- сбор данных от датчиков измерения температур наружного воздуха, нагретой и охлажденной воды, датчика измерения влажности наружного воздуха и подачи насоса;

- задание частоты вращения вентиляторов градирни для получения охлажденной воды требуемой температуры по 4-факторным регрессионным алгоритмам;

- контроль состояния аппаратов в схеме управления электроприводов вентиляторов (реле протока масла редуктора, положение переключателей выбора управления и пр.);

- диагностику температуры масла в редукторах вентиляторов и подшипниках в двигателях с выработкой предупредительных сигналов на отключение вентиляторов;

- получение и анализ данных от расходомеров горячей воды, подаваемой на градирню из насосной станции, и от управляющего контроллера насосной станции о напоре горячей воды, и выработку команд на управление вентиляторами градирни в аварийном режиме;

- отображение информации о ходе ТП в форме мнемосхемы на мониторе ПК диспетчерского пункта;

- ведение протокола событий с выводом его на печать за определенный промежуток времени (смена, сутки).

ПО GRADIRNY оснащено человеко-машинным интерфейсом для работы с данными, получаемыми в РВ через OPC-сервер от контрольно-измерительной аппаратуры, входящей в схему управления градирней через визуальное изображение, с клавиатуры, touch screen, Ethernet и с помощью программных средств.

Проекты АСУ водооборотных систем металлургических предприятий реализуются в целях снижения водозабора из природных источников и повышения стойкости технологического оборудования и повышения качества выпускаемой продукции за счет обработки, очистки использованной в технологии воды реагентами.

Выводы

Компания Интермодуль выполнила проекты по созданию локальных АСУ оборотного цикла воды для ряда металлургических заводов, включая весь комплекс работ от проектирования объекта до ввода его в эксплуатацию. В основе реализации использованы современ-

ные технологии в области охлаждения, очистки и подготовки воды, а также европейский опыт внедрения подобных систем в области промышленной водоподготовки, проверенный в условиях эксплуатации в ряде стран. В настоящее время после успешной реализации проектов можно говорить о том, что зарубежный опыт удалось адаптировать к российским условиям, и он может быть рекомендован для решения подобных производственных задач на металлургических предприятиях.

По мнению специалистов металлургических производств введение в эксплуатацию систем отделило оборотный цикл воды от общезаводского оборотного водоснабжения, что позволило:

- получить воду более высокого качества для охлаждения дорогостоящего оборудования линий, участков и производств;

- исключить попадание в теплообменное оборудование взвешенных частиц, нефтепродуктов и других примесей, которые постоянно присутствуют в общезаводском оборотном цикле;

- сократить издержки на подготовку оборотной воды за счет локализации цикла охлаждения, включая экономию электроэнергии приводом вентиляторов градирен;

- сократить издержки на текущее обслуживание при поддержании температуры охлажденной воды в необходимом для работы оборудования диапазоне и исключить вероятность останова технологического оборудования из-за перегрева;

- сократить затраты при локализации цикла на расширение общезаводского цикла, связанного с необходимым увеличением пропускной способности заводской системы, а также на увеличение мощности насосных станций, проведение дополнительной водоподготовки для достижения более высокого уровня очистки.

Список литературы

1. Киянов Н.В., Крюков О.В. Решение задач промышленной экологии средствами электрооборудования и АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2009. №4.
2. Крюков, О.В., Киянов, Н.В. Электрооборудование и автоматизация водооборотных систем предприятий с вентиляционными градирнями: Монография / НГТУ. Н. Новгород. 2007.
3. Киянов Н.В., Крюков О.В., Титов В.Г. Пилотные инновационные проекты фирмы "Интермодуль" в области автоматизации электроприводов // Актуальные проблемы электроэнергетики / НГТУ, Н.Новгород, 2008.
4. Крюков О.В. Регрессионные алгоритмы инвариантного управления электроприводами при стохастических возмущениях // Электричество, 2008, №9.
5. Киянов Н.В., Крюков О.В., Прибытков Д.Н. Концепция разработки инвариантных автоматизированных электроприводов для водооборотных систем с вентиляционными градирнями // Электротехника. 2007 №11.

Киянов Николай Викторович — ген. директор,

Крюков Олег Викторович — канд. техн. наук, директор по развитию ООО "Интермодуль".

Контактные телефоны: (831) 4-284-183, 4-289-203.

E-mail: o.kryukov@intermodul.nnov.ru [Http://www.intermodul.nnov.ru](http://www.intermodul.nnov.ru)