

УДК 669.013:504.064.4:658.26

**Д.В. СТАЛИНСКИЙ**, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор,

**В.С. ФРОЛОВ**, заместитель генерального директора, **З.С. МУЗЫКИНА**, канд. техн. наук, ученый секретарь

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»)), г. Харьков

## ВКЛАД ГП «УкрНТЦ «ЭНЕРГОСТАЛЬ» В РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Представлен обзор основных работ, выполненных ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» в последние годы по научно-техническому, проектному и производственному обеспечению решения экологических проблем в ходе строительства и реконструкции промышленных предприятий и объектов. Показано, что реализуемый в этих работах подход – комплексное решение экологических и энергетических проблем в полном объеме (от исследований, разработки, проектирования до изготовления и поставки оборудования, выполнения строительно-монтажных и пусконаладочных работ) – обеспечивает высокую эффективность и конкурентоспособность производства, экологическую безопасность, рациональное использование материальных и энергетических ресурсов.

**Ключевые слова:** промышленные предприятия, горно-металлургический комплекс, экологическая безопасность, энергосбережение, сокращение выбросов в атмосферу и сбросов в водоемы, обезвреживание и утилизация промышленных отходов.

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (далее – ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», Центр) является единственной в Украине и СНГ комплексной научно-исследовательской, проектной и инженеринговой организацией, способной составить конкуренцию ведущим мировым инженеринговым компаниям. Центр реализует полный цикл создания и внедрения инновационной конкурентоспособной продукции: выполняет разработку новых технологий, комплексное проектирование строительства новых и реконструкции действующих производств, поставляет заказчикам технологическое, экологическое и энергосберегающее оборудование, осуществляет строительно-монтажные и пусконаладочные работы. По широте диапазона и емкости выполняемых научно-технических работ Центр занимает исключительное положение на рынках Украины и СНГ.

Центр создан в 2001 г. путем слияния четырех научно-технических организаций: старейших в СНГ (основанных в 1928 г.) институтов УкрНИИМет и НИПИМП «Гипросталь», НИПИ «Энергосталь» (год основания – 1967-й) и НИПКИ «Металлургомаш» (год основания – 2000-й).

Основными задачами ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» являются: научно-техническое обеспечение развития отечественной промышленности, повышение ее эффек-

тивности, конкурентоспособности, экологической безопасности, рациональное использование материальных и энергетических ресурсов, сохранение и дальнейший рост научно-технического и промышленного потенциала Украины.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» обеспечивает проведение в горно-металлургическом комплексе (ГМК) Украины единой государственной научно-технической политики, направленной на внедрение принципов научно-технического и инновационного развития, ускорение технического прогресса, повышение эффективности инвестиций, усовершенствование процессов и организации производства, улучшение качества продукции, экологической безопасности и энергосбережения. Технологические, теоретические и поисковые научные исследования, проводимые Центром, охватывают актуальные проблемы и перспективные направления развития ГМК и других отраслей промышленности.

В структуру Центра входят два научно-исследовательских и два проектных института, а также конструкторско-технологический институт. Они выполняют научно-исследовательские, технологические, проектные, конструкторские и комплексные работы для строительства новых и реконструкции действующих предприятий и объектов. Институты Центра активно работают в области металлургических технологий, промышленной

экологии (охраны воздушного и водного бассейнов), энерго- и ресурсосбережения, охлаждения промышленных агрегатов, утилизации промышленных отходов, экологического мониторинга и метрологии и др.

Производственный комплекс «Энергосталь» – машиностроительное предприятие, которое специализируется на выпуске разработанного Центром термического и нестандартизированного оборудования, а также оборудования для очистки промышленных газов и стоков, утилизации тепла.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» имеет в своем составе уникальные подразделения:

- комплексную сертифицированную лабораторию для исследования, анализа и контроля всех типов выбросов предприятий горно-металлургического комплекса, машиностроения и энергетики, которая по своим возможностям не имеет аналогов в Украине;
- единственный в ГК Украины комплексный аккредитованный испытательный центр, который оснащен современным оборудованием и обеспечивает широкий круг испытаний материалов и продукции металлургии и машиностроения, а также сертификацию всех видов металлопродукции.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» имеет сертификат соответствия системы менеджмента качества международному стандарту ISO 9001:2008 в области комплексного проектирования предприятий горно-металлургического комплекса, машиностроения, энергетики, строительной, химической и других отраслей промышленности, коммунальной сферы, в т.ч. генерального проектирования.

У Центра есть государственные лицензии Украины, Российской Федерации и Республики Казахстан, необходимые для выполнения специальных видов работ по направлениям своей деятельности.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны и успешно реализованы тысячи проектов, внедрены разработки, технологии и оборудование практически на всех предприятиях черной металлургии, многих предприятиях машиностроения, энергетики, транспорта, химической промышленности, иных отраслей в Украине, России и других странах СНГ, а также в странах Европы, Азии, Африки. По проектам Центра построено более 50 металлургических, машиностроительных, трубных, огнеупорных предприятий и производств, в т.ч. все ферросплавные заводы стран СНГ.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» является лидером в решении экологических проблем промышленных предприятий, в первую очередь предприятий ГК. В своей деятельности в этой области Центр разрабатывает и использует самые современные технологии и оборудование. Например, в конвертерном производстве одним

из основных направлений охраны окружающей природной среды является создание новых или модернизация существующих газоотводящих трактов конвертеров с внедрением современных систем отвода и использования конвертерного газа, что позволяет увеличить производство стали и сократить выбросы пыли в атмосферу.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» обладает уникальным опытом успешного проектирования и непосредственного участия в строительстве и реконструкции газоотводящих трактов конвертеров. Из газоотводящих трактов 48 конвертеров, действующих в настоящее время в Украине, России и Казахстане, 37 трактов (77 %) спроектированы Центром. Эти тракты суммарно способны обеспечить отвод, охлаждение и очистку более 15,5 млн м<sup>3</sup> конвертерного газа в час.

В последние годы Центром осуществляется не только проектирование трактов, но и реализация этих проектов «под ключ». В частности, в ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (ОАО «НТМК») в условиях действующего производства Центром проведена полномасштабная реконструкция газоотводящих трактов четырех конвертеров с разработкой, изготовлением, поставкой и вводом в эксплуатацию теплоутилизационного и газоочистного оборудования. Реконструкция позволила наряду с внедрением ряда технологических мероприятий увеличить производство стали на 20 % и снизить выбросы пыли в атмосферу на 300 т/год. По своим характеристикам и системам управления технологическим процессом эти тракты соответствуют лучшим европейским образцам.

В ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ОАО «ЧМК») выполнена аналогичная реконструкция газоотводящих трактов конвертеров № 2, 3 (рис. 1). Новые технические решения, реализованные при реконструкции, обеспечивают отвод конвертерного газа с полным дожиганием при увеличении интенсивности продувки конвертеров кислородом до 500 нм<sup>3</sup>/мин и сокращении выбросов пыли в атмосферу на 100 т/год. Конечная запыленность конвертерного газа уменьшилась втрое и составляет 70 мг/нм<sup>3</sup>.

Выполнено комплексное проектное обеспечение реконструкции газоотводящих трактов двух 160-тонных и 300-тонного конвертеров ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ОАО «ЗСМК») с разработкой, изготовлением и поставкой оборудования газоочистных трактов.

В ПАО «Енакиевский металлургический завод» (ПАО «ЕМЗ») выполнена комплексная реконструкция газоотводящих трактов конвертеров № 1–3 (рис. 2), включающая разработку, изготовление и поставку нового газоочистного и охлаждающего оборудования с системой отвода конвертерного газа с частичным



Рисунок 1 – ОАО «ЧМК».

**Реконструкция газоотводящих трактов конвертеров**

дожиганием (разработка запатентована Центром). Интенсивность продувки конвертеров кислородом увеличена до 420 нм<sup>3</sup>/мин; конечная запыленность отходящих газов составляет менее 50 мг/нм<sup>3</sup>.

В настоящее время выполняется комплексная реконструкция газоотводящих трактов конвертеров № 1–3 ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ПАО «ММК им. Ильича») с изготовлением и поставкой оборудования основных пылеулавливающих установок. Реконструкция позволит увеличить интенсивность кислородной продувки (на 10 %) и, соответственно, производство стали, снизить в два раза выбросы пыли и СО в атмосферу.

Центром выполняются работы по созданию газоотводящих трактов большегрузных конвертеров без дожигания СО со сбором конвертерного газа в газгольдерах с целью дальнейшего его использования в качестве топлива. Эти схемы отвода конвертерного газа содержат новые технические решения:

- котлы-охладители, обеспечивающие получение вторичных энергоресурсов (ВЭР) в виде пара;
- эффективные газоочистки конвертерного газа;
- оборудование для использования конвертерного газа в качестве топлива.

Данные разработки с использованием зарубежного оборудования внедрены в ПАО «Алчевский металлургический комбинат» (ПАО «АМК») (рис. 3). В последующие годы они будут внедряться и на других предприятиях.

Центр создает в конвертерных цехах также системы эффективной локализации и отвода неорганизованных выбросов (укрытия конвертеров) и аспирационного воздуха (зонты в зоне обслуживания).

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны и реализованы технические решения по газоудалению и сухой очистке технологических и аспирационных газов на предприятиях. Основное направление работ в этой области –

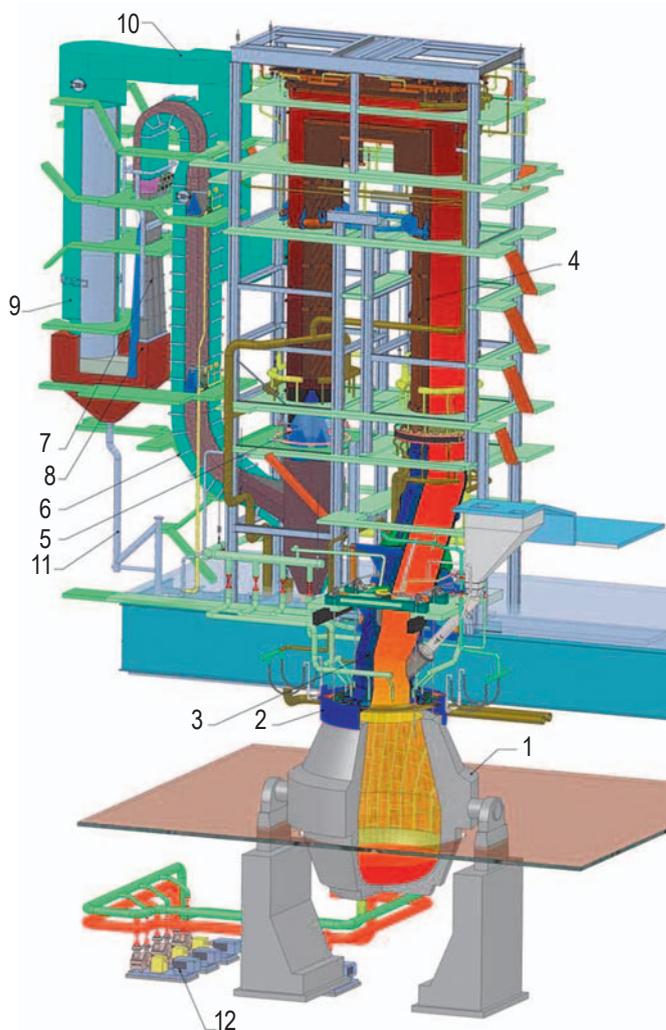


Рисунок 2 – ПАО «ЕМЗ». Принципиальная схема газоотводящего тракта конвертера:

- 1 – конвертер; 2 – кессон котла-охладителя; 3 – охлаждаемая «юбка»; 4 – стационарный газоход котла-охладителя; 5 – узел предварительного охлаждения газа; 6 – орошаемый газоход-скруббер; 7 – регулируемая труба Вентури; 8 – бункер; 9 – каплеуловитель с завихрителем; 10 – газоход к дымососу; 11 – гидрозатвор; 12 – узел предварительного охлаждения газа



Рисунок 3 – Конвертерный цех ПАО «АМК», построенный по проекту ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»

внедрение современных высокоэффективных рукавных фильтров с импульсной регенерацией типа ФРИР.

Эти фильтры разрабатываются, изготавливаются и поставляются Центром. На сегодня изготовлено

157 рукавных фильтров производительностью по очищаемому газу от 1 тыс. до 1,2 млн м<sup>3</sup>/час, которые эффективно работают на 67 предприятиях металлургической, машиностроительной и других отраслей промышленности в Украине, России и Казахстане (рис. 4–6). Суммарно все поставленные Центром фильтры ФРИР способны обеспечить очистку более 35 млн м<sup>3</sup> газов в час.

Рукавные фильтры ФРИР конструкции ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» не уступают по техническому уровню образцам ведущих мировых производителей фильтровального оборудования и имеют ряд особенностей, обеспечивающих им преимущества перед фильтрами других конструкций. Центром разработана и освоена современная технология их производства. Основные узлы и детали фильтров унифицированы и взаимозаменяемы, что позволяет комплектовать различные типоразмеры фильтров в широких диапазонах производительности и видов исполнения.

В агломерационном производстве ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» предлагает комплексную очистку агломерационных газов от оксидов серы, азота, углерода и диоксинов:

- сухой метод, основанный на применении технологии MEROS для соединений тяжелых металлов, оксидов серы, диоксинов с использованием щелочных реагентов (известняк, кальцинированной, каустической соды и др.) и последующей активацией водой в специальном реакторе с доочисткой продуктов улавливания в рукавных фильтрах (суммарная эффективность улавливания оксидов серы составляет 70–75 %);
- полусухой метод LIFAC, базирующийся на использовании щелочных реагентов путем подачи известняка в зону высоких температур с последующей активацией реагента (СаО) водой перед рукавным электрофильтром (эффективность очистки от SO<sub>2</sub> – 85–90 %).

Данные методы характеризуются минимальными капитальными и эксплуатационными затратами, не требуют больших производственных площадей для размещения оборудования.

Для сокращения выбросов оксидов углерода и азота предлагается использовать эффект синергизма с целью увеличения активности механической смеси промышленных катализаторов, в том числе выпускаемых в Украине и России. Этот метод позволяет осуществить в одном аппарате очистку агломерационных газов от СО и NO<sub>x</sub> путем окисления СО до СО<sub>2</sub> и селективного каталитического восстановления NO<sub>x</sub> горючими газами-восстановителями вместо использования аммиака.

Центр при разработке проектов строительства новых аглофабрик, которые должны заменить старые, физически и морально устаревшие (в ПАО «АМК», ПАО «ЕМЗ» и др.), предусматривает для очистки агломерационных газов использование методов сухой, полусухой и мокрой химической очистки.

В настоящее время для ОАО «Металлургический завод им. А.К. Серова» (РФ) выполняются работы по реконструкции агломерационного производства с установкой системы газоочистки, которая позволит значительно сократить выбросы в атмосферу агломерационной пыли, оксидов серы и азота.

Разработки ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» по реконструкции газоотводящих трактов и газоочисток обжиговых машин, внедряемые в настоящее время в ПАО «Северный ГОК», обеспечат значительное сокращение пылевых выбросов – более чем на 400 т/год.

В качестве основных мероприятий по защите окружающей природной среды в доменном производстве ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» предлагает:

- оборудование подбункерных помещений современными конвейерными шихтоподачами, которые позволяют обеспечить аспирацию с очисткой запыленного воздуха в электро- или рукавных фильтрах;



Рисунок 4 – Рукавный фильтр ФРИР в ПАО «Баглейкокс», Украина



Рисунок 5 – Рукавный фильтр ФРИР в ПАО «НМЗ», Украина



Рисунок 6 – Рукавный фильтр ФРИР на ГУП «ЛПЗ» в г. Ярцево Смоленской обл., РФ

- реконструкцию литейных дворов с установкой желобов современной конструкции, оборудованных укрытиями с отсосом пылегазовых выбросов на аспирационную установку;
- оборудование загрузочных устройств системой азотоподавления выбросов при загрузке шихтовых материалов;
- оборудование доменных печей установками придоменной грануляции шлака, которые позволяют снизить выбросы при уборке, транспортировке и хранении шлака.

Центром разработан комбинированный малозатратный метод комплексной очистки дымовых газов тепловых электростанций от золы, оксидов серы и азота, который включает:

- очистку дымовых газов на первой ступени сухой пылевидной известью (известняком) путем ее введения в конвективную шахту котла в зону температур 500–1100 °С для связывания оксидов серы, а также применения активированного раствора карбамида в качестве реагента негашеной извести, что позволяет осуществить очистку газов от оксидов азота;
- очистку дымовых газов от золы и их доочистку от оксидов серы и азота на второй ступени в мокрых золоуловителях – трубах Вентури с переводом их на режим интенсивного орошения или паровой эжекции.

Описанный комбинированный метод позволяет при незначительных затратах реализовать комплексную очистку дымовых газов от золы, оксидов серы и азота с использованием существующего оборудования, и этим он выгодно отличается от известных методов. Суммарная эффективность очистки от  $SO_2$  и  $NO_x$  составляет не менее 60 %. Данный метод очистки дымовых газов от золы и оксидов серы внедряется на Луганской ТЭС.

Центром выполнен ряд комплексных проектных работ по созданию и реконструкции ферросплавных заводов в Украине, России, Казахстане.

В частности, для ПАО «Запорожский завод ферросплавов» разработана рабочая документация по реконструкции плавильного цеха № 4 (с установкой УПК, печных трансформаторов, внедрением газоочисток с рукавными фильтрами и котлов-утилизаторов тепла ферросплавных газов). Кроме того, выполнена реконструкция мокрых газоочисток печей № 31, 32, 35–38 и произведено подключение печей № 33, 34, а также склада готовой продукции к сухим газоочисткам.

В ПАО «Никопольский завод ферросплавов» создана высокоэффективная аспирационная система агломерационного цеха. Впервые в СНГ при строительстве аспирационных установок на агломашинах № 3, 4 использован рукавный фильтр с импульсной регенерацией,

разработанный и поставленный Центром (рис. 7). Система обеспечивает остаточное содержание марганецсодержащей пыли после газоочистки до 10 мг/м<sup>3</sup>. Для этого предприятия также выполнен рабочий проект и внедрена аспирационная установка дробильно-сортировочного комплекса цеха ферросплавов с использованием рукавных фильтров.



Рисунок 7 – Рукавный фильтр ФРИП в ПАО «Никопольский завод ферросплавов»

Одним из приоритетных направлений деятельности Центра является комплексное решение проблем водопотребления, водоотведения и защиты водных бассейнов.

Основные задачи в области водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод, стоящие перед предприятиями черной металлургии, следующие:

- создание замкнутых систем водоснабжения с максимальным уровнем использования воды в обороте и минимальным выводом ее из системы и сбросом в водоем;
- обеспечение требуемого качества воды, направляемой потребителям, за счет внедрения новых технологий ее очистки и новых очистных сооружений;
- достижение степени очистки сбрасываемых сточных вод, соответствующей современным показателям качества воды в водоемах и нормам предельно допустимых сбросов.

Установлено, что около 50 % воды, подаваемой на прокатный стан, поступает на моталки и участок охлаждения полосы. В то же время взвесь, содержащаяся

в сточных водах с этих участков, – мелкодисперсная, а концентрация ее мала. Это позволило не подвергать стоки участка охлаждения полосы после предварительной очистки (в первичном отстойнике) вторичному отстаиванию, а направлять их на фильтры грубой очистки, после чего частично возвращать в чистый оборотный цикл и частично передавать другим потребителям (гидросбив окалины, черновые и чистовые клети). Такая система последовательно-оборотного водоснабжения позволила на 16 350 м<sup>3</sup>/час сократить объем воды, выводимой на дальнейшее отстаивание, и уменьшить количество вторичных радиальных отстойников.

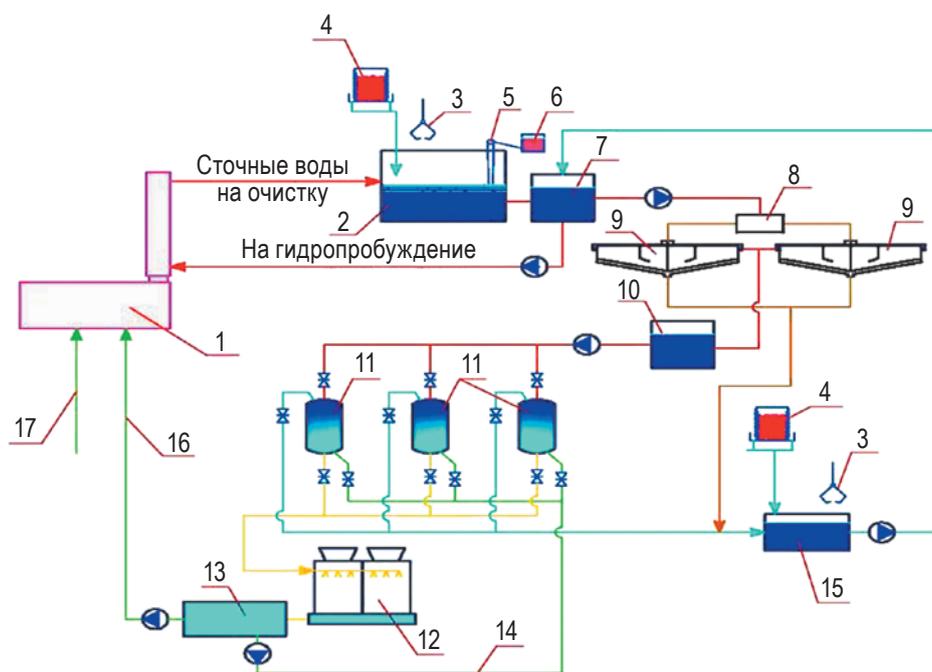
Примером высокоэффективной замкнутой системы, разработанной в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», является не имеющая мировых аналогов система оборотного водоснабжения стана 3000 ПАО «ММК им. Ильича». Аналогичные системы водоснабжения приняты и для ряда других широкополосных станов (например, стана 2500 ОАО «НЛМК»). Для вторичной очистки стоков в оборотных циклах используются радиальные отстойники с камерой флокуляции и антрацито-кварцевые фильтры, разработанные Центром.

В связи с созданием сталепрокатных комплексов и металлургических мини-заводов интенсивно разрабатываются оптимальные схемы и эффективные способы очистки маслоокалиносодержащих сточных вод

машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и прокатных станов. ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны трехступенчатые схемы очистки сточных вод МНЛЗ. Примером такой системы является бессточная система водоснабжения МНЛЗ ГУП «Литейно-прокатный завод» (ГУП «ЛПЗ») в г. Ярцево Смоленской обл., РФ (рис. 8).

Система является беспродувочной за счет обессоливания подпиточной воды. Производительность оборотного цикла составляет 1350 м<sup>3</sup>/час. Фильтрация всего объема загрязненной воды оборотного цикла осуществляется в эффективных напорных фильтрах ФН-3000, после которых качество фильтрата позволяет использовать его в любых операциях, в т.ч. и для подпитки чистого оборотного цикла стана горячей прокатки. Характерное отличие системы – размещение радиальных отстойников над землей на высоте более 20 м, что позволило упростить архитектурно-планировочное решение узла отстаивания и значительно сократить объем земляных и строительных работ по созданию шламовой насосной станции (рис. 9). Обратная система обеспечивает содержание взвешенных веществ в осветленной воде на уровне 0,28 мг/дм<sup>3</sup>, масел – 0,18 мг/дм<sup>3</sup>.

Разработана бессточная система водоснабжения литейно-прокатного комплекса завода «Волгоцеммаш», (г. Тольятти, РФ), включающая условно-чистый оборотный цикл и объединенный оборотный цикл загрязненных



**Рисунок 8 – Схема бессточной трехступенчатой системы очистки сточных вод МНЛЗ и прокатных станов:**

- 1 – производственный корпус; 2 – яма для окалины; 3 – грейфер; 4 – бункер окалины; 5 – маслосборное устройство;
- 6 – накопитель масла; 7 – резервуар осветленных вод; 8 – распределительная камера отстойников; 9 – радиальные отстойники;
- 10 – резервуар осветленных вод; 11 – напорные антрацито-кварцевые фильтры; 12 – градирни; 13 – резервуар очищенных вод;
- 14 – вода на обратную промывку фильтров; 15 – горизонтальный отстойник промывных вод фильтров; 16 – очищенные воды в производство; 17 – подпитка свежей водой



**Рисунок 9 – ГУП «ЛПЗ» в г. Ярцево.  
Радиальный отстойник с камерой флокуляции  
диаметром 30 м и насосной станцией**

вод МНЛЗ и сортопрокатного стана. Принята двухступенчатая схема очистки (двухсекционная яма для окисления и антрацито-кварцевые фильтры). Удельная гидравлическая нагрузка на первичный отстойник –  $7,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ , скорость фильтрования – около  $30 \text{ м/час}$ . Расчетное содержание взвешенных веществ в воде после очистки – до  $20 \text{ мг/дм}^3$ , масел – до  $5 \text{ мг/дм}^3$ . Перед подачей на фильтры вода обрабатывается коагулянтом и флокулянтом.

В работах Центра уделяется большое внимание способам повышения эффективности оборотных систем водоснабжения газоочисток металлургических производств. Производительность оборотных циклов газоочисток доменных печей и конвертеров может достигать 4–6 тыс.  $\text{м}^3/\text{час}$  и более. На основании проведенных исследований построены и эксплуатируются оборотные циклы газоочисток доменной печи № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» с очисткой воды в радиальных отстойниках с камерой флокуляции и доменных печей ОАО «Запорожсталь», а также оборотные циклы газоочисток конвертеров и МНЛЗ ПАО «МК «Азовсталь» – с очисткой воды во флокуляторах. Радиальные отстойники с камерой флокуляции и флокуляторы разработаны ГП «УкрНТЦ «Энергосталь».

Созданы бессточные системы водоснабжения не только отдельных производств, но и больших металлургических комбинатов: Новолипецкого, «Уральская сталь» (Российская Федерация), Карагандинского (Казахстан). Предотвращение сбросов сточных вод достигнуто путем рационализации схемы водоснабжения на основе водно-химических расчетов и определения предельной концентрации ингредиентов, образующих карбонатные отложения, а также за счет предварительной подготовки подпиточной воды.

Показательной в этом смысле является система водоподготовки для проектируемого Сулинского металлургического комбината (г. Красный Сулин, РФ). Бессточная

система водоснабжения комбината включает закрытый и открытый условно-чистые циклы окислительно-восстановительных сточных вод. В связи с высокими требованиями к солесодержанию при значительном солесодержании исходной воды и отсутствии возможности осуществить продувку системы была запроектирована подготовка подпиточной воды, предусматривающая ее предварительное умягчение, фильтрование на сетчатых фильтрах, ультрафильтрацию и двухступенчатое обессоливание на установках обратного осмоса. При исходном водопотреблении более  $600 \text{ м}^3/\text{час}$  объем концентрата доведен до  $18 \text{ м}^3/\text{час}$ . Концентрат направляется на тушение шлака. Сбросы в водоемы отсутствуют.

На многих предприятиях сбросы сточных вод в водоемы сокращены до минимума, а коэффициент использования воды в обороте на ряде заводов, в т.ч. на ферросплавных, достигает 95 %.

Ряд разработок ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» направлен на уменьшение расходов воды за счет повышения эффективности охлаждения металлургических агрегатов и металла (на прокатных станах, МНЛЗ и др.). К таким разработкам относятся:

- применение медных вертикальных плитовых холодильников для охлаждения кожуха шахт доменных печей;
- комбинированное использование преимуществ испарительного охлаждения и медных холодильников в распаре и шахте доменной печи.

Создание замкнутых оборотных циклов загрязненных вод невозможно без разработки методов и сооружений для очистки воды от взвешенных веществ и нефтепродуктов.

Условием создания замкнутых систем водоснабжения является стабильность оборотной воды, поскольку в оборотных системах водоснабжения газоочисток доменных печей и конвертеров помимо поступления солей с подпиточной водой имеет место значительный технологический прирост компонентов, наличие которых повышает общее солесодержание и концентрацию ингредиентов, образующих карбонатные отложения. Установлено, что комплексной обработкой воды с применением коагулянтов и флокулянтов можно достичь необходимой степени очистки воды.

Для очистки сточных вод используются разработанные ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» радиальные отстойники с камерой флокуляции, флокуляторы, антрацито-кварцевые фильтры, сетчатые маслосборные устройства.

Отстойники с камерой флокуляции установлены на многих предприятиях Украины (в ПАО «ММК им. Ильича», ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и др.) и России (в частности, в ОАО «Северсталь» и на ГУП «ЛПЗ»).

Флокуляторы установлены в оборотных циклах аглофабрик и газоочисток доменных печей ОАО «Запорожсталь», газоочисток конвертеров ПАО «МК «Азовсталь», на Молдавском металлургическом заводе (г. Рыбница, Молдова) и ряде других предприятий.

Для более глубокой очистки сточных вод ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны антрацито-кварцевые фильтры (рис. 10). При исходном содержании взвешенных веществ до  $150 \text{ мг/дм}^3$  и нефтепродуктов до  $100 \text{ мг/дм}^3$  эффективность очистки составляет соответственно не менее 90 и 75 %.



Рисунок 10 – Антрацито-кварцевый фильтр производства ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»

Фильтры диаметром 2,0; 3,0; 3,4 м применяются для очистки воды МНЛЗ и прокатных станов. На фильтровальных станциях обеспечивается высокий уровень автоматизации (автоматическое поочередное включение промывки) с использованием совершенных средств автоматики и микропроцессорных устройств.

Антрацито-кварцевые фильтры, разработанные и изготовленные ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», установлены на ведущих металлургических предприятиях Украины и России.

Центр продолжает проводить работы по созданию и использованию различных технологий и оборудования для очистки сточных вод:

- мембранных методов (обратного осмоса) и электро-диализа для обессоливания сточных вод травильных и гальванических отделений;

- обратного осмоса для обессоливания сточных вод травильных и гальванических отделений;
- электродиализа для регенерации отработанных травильных растворов;
- испарительных установок для выпаривания отработанных растворов химводоочисток металлургических предприятий и концентрата установок обратного осмоса;
- ультрафильтрации для очистки обезжиривающих растворов станов холодной прокатки;
- реагентной обработки сточных вод газоочисток конвертеров;
- ингибиторов на основе фосфоновых кислот для предотвращения образования накипи для стабилизационной обработки сточных вод газоочисток конвертеров (выполнено испытание стабилизационной обработки сточных вод газоочисток конвертеров ПАО «МК «Азовсталь» с использованием ингибиторов);
- флокулянтов для предотвращения ухудшения осветления воды и для обезвоживания шламов (разработаны технические решения по обработке флокулянтами сточных вод газоочисток конвертеров в ПАО «ЕМЗ» и ПАО «МК «Азовсталь»);
- «сухих» градирен для охлаждения воды (разработана проектная документация для ПАО «Донецкий металлопрокатный завод» и строительства сталепрокатного завода в г. Белая Церковь);
- коагулянтов на основе оксихлоридов, оксисульфатов железа и алюминия, катионоактивных флокулянтов для очистки сточных вод от взвешенных веществ (разработаны технические решения по обработке оборотной воды газоочисток ПАО «ЕМЗ», МНЛЗ и газоочисток ПАО «МК «Азовсталь»);
- сетчатых самопромывных фильтров производительностью  $1000\text{--}4000 \text{ м}^3/\text{час}$  для очистки маслоокалиносодержащих сточных вод;
- камерных фильтров для обезвоживания шламов газоочисток конвертерных и доменных цехов, марте-новских и электросталеплавильных печей;
- детергентов и обезжиривающих средств для маслоокалиносодержащих шламов.

Одной из самых важных проблем промышленности Украины является переработка и утилизация отходов.

Общий объем накопленных промышленных отходов на территории страны достиг  $\sim 35$  млрд т. Они размещены в терриконах, шламонакопителях, отвалах, площадь которых составляет 180 тыс. га и возрастает на 3–6 тыс. га ежегодно.

Промышленные отходы предприятий ГМК являются техногенными месторождениями, которые содержат большие запасы ценных соединений тяжелых и редких

металлов. Разработка техногенных месторождений выгодно предприятию: растет его капитализация, снижается сумма финансового обложения накопленных промышленных отходов, создается новая сырьевая база, появляется возможность получения прибыли за счет новых ресурсов.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны малоотходные технологии по переработке и утилизации крупнотоннажных отходов черной металлургии, горнодобывающей, химической и других отраслей промышленности, энергетики.

Выполнено комплексное проектное обеспечение строительства отделения окомкования пыли газоочисток печей производства силикомарганца и ферромарганца с последующей утилизацией окатышей в шихте ферросплавов в ПАО «Стахановский завод ферросплавов»; отделения переработки отвальных и текущих сталеплавильных шлаков в щебень и песок с извлечением и сепарацией скрапа в ПАО «АМК»; отделения переработки отвальных и текущих шлаков с получением щебня и песка методом гидроосаждения в ЗАО «Визави» (г. Краматорск); отделения переработки отвальных и текущих шлаков в ПАО «АМК».

Разработанные ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» технологии извлечения V, Ni, Sc, Zn и других ценных элементов из техногенных месторождений могут обеспечить потребности Украины в стратегических дорогостоящих материалах.

Создана и испытана в опытно-промышленных и промышленных условиях новая малоотходная технология утилизации ценных компонентов (железа и цинка) из крупнотоннажных отходов газоочисток основного металлургического производства, разработаны малоотходные технологии утилизации замасленной окалины прокатного производства, утилизации соединений тяжелых и цветных металлов из шламов и сточных вод гальванического производства. Технологии экологически и экономически эффективны, сроки окупаемости составляют 3–5 лет.

Наряду с решением проблем утилизации промышленных отходов Центром разработаны проекты предприятий по переработке твердых бытовых отходов (ТБО) производительностью от 10 до 500 тыс. т/год. При объеме утилизируемых отходов 100–120 тыс. т/год предприятие обеспечивает утилизацию ТБО города с населением 400–500 тыс. человек и позволяет извлечь из отходов около 50 тыс. т/год вторичного сырья (лом цветных и черных металлов, макулатура, бой стекла), выработать за год 14–15 млн кВт·час электроэнергии и 60–70 тыс. Гкал тепловой энергии. По проекту Центра построен мусороперерабатывающий завод в г. Люботине Харьковской обл.



**Рисунок 11 – Мусороперерабатывающий завод  
в г. Люботине Харьковской обл.**

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» принимает активное участие в Национальном плане мероприятий по реализации положений Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата.

По заказу Минпромполитики Украины было проведено исследование энергопотребления при производстве основных видов продукции на металлургических предприятиях в современных условиях. Проанализированы существующие методики расчета выбросов парниковых газов на металлургических предприятиях и разработана методика определения нормативов выбросов парниковых газов. Определены объемы и удельные выбросы парниковых газов на металлургических предприятиях Украины при производстве основных видов продукции. Разработаны нормативы выбросов парниковых газов при производстве чугуна, стали и проката. Выполнено сравнение нормативов удельных выбросов на предприятиях Украины и на предприятиях России и стран ЕС. Предложен ряд мер, которые будут способствовать достижению на всех предприятиях нормативных показателей на выбросы парниковых газов при производстве чугуна, стали и проката.

Центр обладает ежегодно обновляемым банком данных по объемам эмиссии парниковых газов предприятиями ГМК Украины, имеет структурированную информацию о потенциале сокращения этих выбросов, конкретные предложения по реализации мероприятий, направленных на энергосбережение и сокращение выбросов парниковых газов.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» выполнен анализ реализации проектов совместного осуществления на предприятиях ГМК Украины. Разработанные обоснования и уточненная методика расчета выбросов парниковых газов позволяют предприятиям расширить реализацию данных проектов. Выполнен анализ энергосберегающих технологий и оборудования, которые в настоящее время внедряются на предприятиях отрасли, показана их

эффективность. Определено общее уменьшение объема выбросов парниковых газов за счет внедрения энергосберегающих мероприятий, которые реализуются как проекты совместного осуществления.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» выполнена инвентаризация выбросов парниковых газов с учетом прогнозов развития производства на ряде предприятий ГМК Украины. Проведен мониторинг выбросов парниковых газов и установлены их базовые объемы в ГМК Украины, определены экономически обоснованные пути и механизмы реализации положений Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата на предприятиях отрасли.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» – успешно работающая, динамично развивающаяся компания, о чем свидетельствует ежегодный рост объемов выполняемых работ – с момента создания Центра (2001 г.) объемы выросли более чем в 50 раз.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» является учредителем и издателем специализированного научно-производственного журнала «Экология и промышленность», в котором публикуются статьи о новых исследованиях

и разработках, технологиях и оборудовании в области инновационных решений, о проблемах промышленной экологии, ресурсо- и энергосбережения и др.

Ежегодно Центр проводит наиболее представительную в Украине Международную научно-практическую конференцию и выставку-ярмарку «Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения», в которой принимают участие руководители и специалисты объединений и предприятий базовых отраслей промышленности, научных и проектных организаций, высших учебных заведений, компаний – производителей оборудования из Украины, России и стран дальнего зарубежья.

Вся деятельность ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» направлена на научно-техническое обеспечение развития отечественной промышленности, повышение ее эффективности, конкурентоспособности, экологической безопасности, рационального использования материальных и энергетических ресурсов.

Центр вносит большой вклад в решение экологических проблем промышленных предприятий и занимает особое положение в экономике Украины.

*Поступила в редакцию 11.12.2014*

Надано огляд основних робіт, виконаних останніми роками ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» з науково-технічного, проектного та виробничого забезпечення вирішення екологічних проблем в ході будівництва і реконструкції промислових підприємств і об'єктів. Показано, що реалізований в цих роботах підхід – комплексне вирішення екологічних та енергетичних проблем у повному обсязі (від досліджень, розробки, проектування до виготовлення і поставки обладнання, виконання будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт) – забезпечує високу ефективність і конкурентоспроможність виробництва, екологічну безпеку, раціональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів.

Review of the primary works carried out by SE «UkrRTC «Energostal» recently on scientific, engineering and process solution of environmental issues during building and reconstruction of industrial enterprises and objects is given. It is shown that approach implemented in these works – comprehensive solution of environmental and energy issues beginning from investigation, development, designing to manufacture and supply of equipment, construction, installation and commissioning works provides high efficiency and competitiveness of production, environmental safety, rational use of material and energy resources.