

Г.Н. Волченко¹, А.Н. Инжуватов¹, А.Г. Кочетов¹, В.Н. Фрянов², О.В. Челпанов¹

¹ООО «ПРОМЭКОКЛИНИНГ»

²Сибирский государственный индустриальный университет

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ КИСЛОТУПОРНЫМ СОСТАВОМ ПРИ РЕМОНТЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ С АГРЕССИВНОЙ СРЕДОЙ

Капитальный ремонт производственных зданий и сооружений проводится в основном для того, чтобы остановить разрушительный процесс в конструкциях стен и кровли, который вызван пылью, химическими реакциями газов, налетом, ржавчиной, вибрациями, перепадами температур и др. При этом часто необходимо обеспечить безостановочный режим производственного процесса, играющего важную экономическую роль. Кроме того, при ремонте должны обеспечиваться безопасные условия труда. Важно выполнение основной задачи – обеспечения конкурентоспособности предприятия. При этом проект и осуществление капитального ремонта должны быть рентабельными [1].

В настоящей работе представлен пример производственного опыта капитального ремонта производственных сооружений газопроводящих боровов дымовых труб № 1, 2 агломерационной фабрики АО «ЕВРАЗ Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЕВРАЗ ЗСМК) (транс-

портирование дымовых газов от агломашин № 1, 2, 3).

Характеристики дымовых газов:

- продукты сжигания природного газа и углерода в слое шихты;
- температура 120 – 200 °С;
- объем газов, подводимых к каждой трубе, – 1390 – 1440 тыс. м³/ч;
- агрессивные составляющие отводимых газов – сернистый ангидрид – 400 – 900 мг/м³ (SO₂) (степень агрессивности – Д);
- запыленность газов – 150 мг/м³.

Сооружение представляет собой монолитный железобетонный короб прямоугольного очертания переменного сечения. Размеры сооружения в плане в осях 4-20 составляют 96,0 × 19,4 м, высота боровов 5,890 – 15,850 м (рис. 1). Дата ввода в эксплуатацию: 1967 г. (борова дымовой трубы № 1), 1971 г. (борова дымовой трубы № 2).

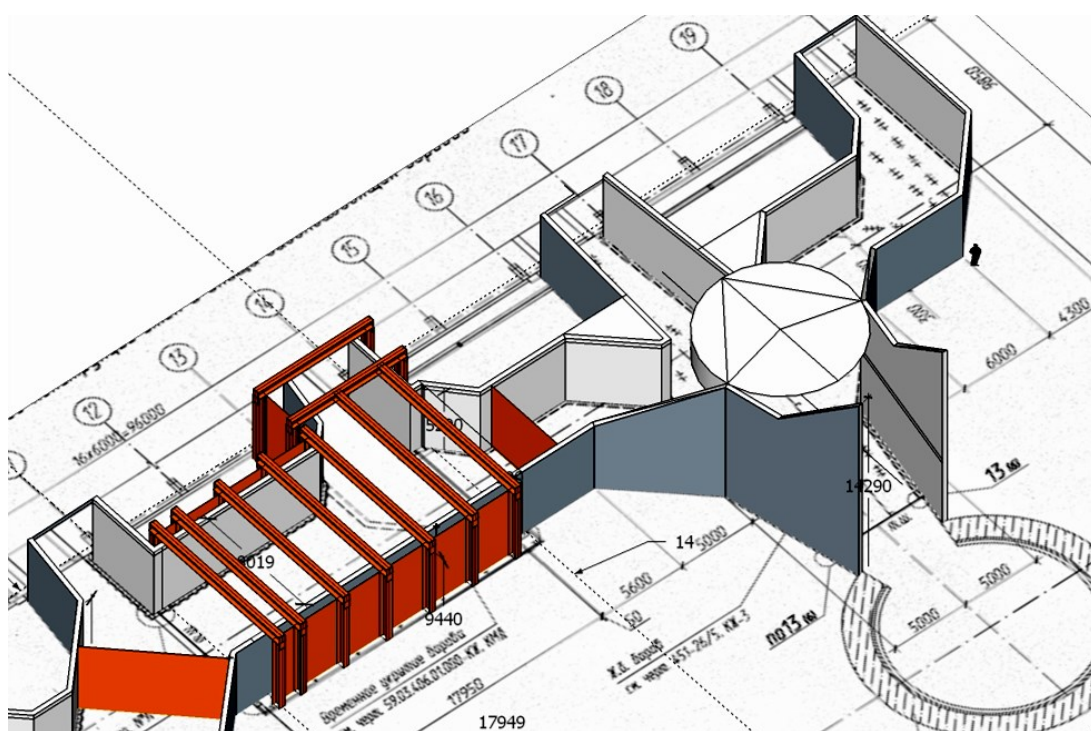


Рис. 1. Схема сооружения боровов дымовых труб № 1, 2



Рис. 2. Характер разрушения поверхности сооружения боровов дымовых труб

По заключению экспертизы промышленной безопасности на сооружения боровов дымовых труб в результате их эксплуатации возникли частичные разрушения железобетонных стен и потолочины с оголением арматуры (рис. 2) [2].

Проектом на ремонт сооружения предусматривалось восстановление стен и потолочины до первоначальных размеров. В проекте предлагался ремонт составом с использованием пластифицированного расширяющегося цемента Macflow (MasterEmaco, производства BASF). Дальнейшие работы включали нанесение и анкерование армирующей металлической сетки на стены и потолок с последующим торкретированием (набрызгбетонированием) подготовленной поверхности кислотоупорным составом на основе жидкого стекла толщиной 40 мм. Проектом предусматривалось проведение торкрет-работ согласно инструкции по составам, технологии изготовления и укладки кислотоупорных торкрет-штукатурок ВСН 421 – 81 [3].

Согласно инструкции [3] для полусухого торкретирования кислотоупорных смесей следует использовать цемент-пушки типа ЦПШК-1М, С-630А и др. Для нанесения кислотоупорных сме-

сей способом набрызга следует применять штукатурные агрегаты (например, передвижной штукатурный агрегат С-372А). Для получения более ровной поверхности торкрет-слоя и предотвращения забивки сопла торкрет-аппарата налипающей на его внутренние стенки торкрет-штукатурки, изготовленной на основе жидкого стекла, следует использовать сопло конструкции ВНИПИТеплопроекта (проект КБ-352).

Необходимые состав и содержание основных компонентов кислотоупорной торкрет-штукатурки по ВСН 421 – 81 приведены в таблице.

Проектом работ выбран состав 2.

Тендер на выполнение работ по капитальному ремонту производственных сооружений газоподводящих боровов дымовых труб № 1, 2 агломерационной фабрики АО «ЕВРАЗ ЗСМК» выиграла организация ООО «ПРОМЭКОКЛИНИНГ» (г. Новокузнецк, Россия) (Регистрационный номер в государственном реестре саморегулируемых организаций СРО-С-211-25032010) («ПЭК»), которая эффективно производит ремонтно-строительные и другие работы на крупных промышленных предприятиях региона: АО «ЕВРАЗ ЗСМК», «ОФ «Антоновская» и др.

Однако в данном случае инженеры компании «ПЭК» столкнулись со следующей проблемой: инструкция ВСН 421 – 81 [3] разработана в 1980 г. и указанное в ней торкрет-оборудование в настоящее время (после развала СССР) не выпускается и полностью утрачено. Современное (в основном зарубежное) дорогостоящее торкрет-оборудование для сухого и мокрого торкрета представлено брендами компаний MEYNADIER MASCHINEN, PUTZMEISTER, SIKKA, SPERNO MASCHINENBAU, MEYCO, ORICA и др. Это оборудование предназначено для песчано-цементных смесей, затворяемых водой.

Состав и содержание основных компонентов кислотоупорной торкрет-штукатурки по ВСН 421 – 81

Компонент	Содержание (количество) сухих компонентов, % (по массе), (числитель) и расход компонентов, кг/м ³ , раствора (знаменатель), состава	
	1	2
Тонкомолотая силикат-глыба	15,0/280	–
Кремнефтористый натрий	4,7/87	3,4/60
Тонкомолотый наполнитель	26,3/483	34,0/630
Кварцевый песок	54,0/1000	62,6/1070
Жидкое стекло (плотность 1,25 + 0,05 г/см ³) (сверх 100 %)	–	20,0/440
Вода (сверх 100 %)	16,0/350	–



Рис. 3. Торкрет-установка Termiton на базе бетононасоса СО-241

Торкретирование смесей, затворяемых жидким стеклом, данным оборудованием практически невозможно, так как жидкое стекло имеет специфические физико-технические свойства (высокую плотность, вязкость и др.), что потенциально может вывести оборудование из строя (пробки в материальных рукавах, заклинивание вращающихся частей и др.) и создать аварийную ситуацию. Проведенный литературный анализ отечественного и мирового опыта по этому направлению показывает, что на современном оборудовании торкретирование кислотоупорными составами производят с применением кислотоупорных цементов, затворяемых водой. Однако стоимость материалов, оборудования и работ с применением кислотоупорных цементов в рассматриваемом случае значительно превышало смету на выполнение работ.

Инженерами ООО «ПЭК» совместно с ООО «СИБКОМ» было оперативно разработано новое, не имеющее аналогов (подана заявка на патент на полезную модель) торкрет-оборудование на базе выпускаемого в России пневмонагнетателя (бетононасоса) СО-241. Простая конструкция изделия СО-241 с применением разработанных «ноу-хау» позволила получить надежную торкрет-установку для решения сложных инженерных задач (подачи на большую высоту и др.) (рис. 3).

При торкретировании кислотоупорного состава, затворяемого жидким стеклом, отвердителем для жидкого стекла является кремнефтористый натрий, который может быть опасен для здоровья человека, так как является протоплазматическим ядом. Кремнефтористый натрий может проникать в организм человека через желудочно-кишечный тракт, дыхательные пути, кожу. Этот порошок относится к опасным веществам второго класса. При работе необходимо

использование защитных перчаток для рук, респираторов типа ТВ, специальной обуви и костюмов, противогазов типа БКФ и М. Это является дополнительным сдерживающим фактором использования такой технологии.

Разработанная технология занимает промежуточное место между сухим и мокрым торкретированием, использует достоинства обеих технологий. Предлагаемая технология предусматривает подачу раствора по материальному рукаву порциями: то есть подается раствор (как поршень), за ним воздух и опять раствор. Это позволяет легко удерживать рукав и ствол (торкрет-сопло) в руках: рукав полупустой, легкий. Возможна также подача раствора на большие расстояния и высоту. Полученный таким способом полусухой торкрет подробно описан в работе [4].

Инженерами ООО «ПЭК» постоянно совершенствуются уникальная техника и технология набрызгбетонирования (торкретирования) *Termiton* [5 – 7]. Технология *Termiton* предусматривает применение первоначального гидродемонтажа поврежденной поверхности установкой высокого давления водяной струи (до 500 Бар). Команда высококвалифицированных инженерно-технических работников имеет современное оборудование (промышленные моечные аппараты высокого давления OERTZEN E500-30, RO-JET 90/150 на базе автомобиля «Газель») и многочисленные наработки по использованию режущей способности воды как инструмента по размывке твердых отложений и очистки емкостей, отстойников, инженерных сетей (рис. 4, а). Перед процессом торкретирования вся ремонтируемая поверхность сооружений газопроводящих боровов дымовых труб с целью промывки и гидродемонтажа была обработана струями воды высокого давления. Последующее восстановле-



Рис. 4. Элементы техники и технологии Termiton:

а – мобильная установка с оборудованием высокого давления водяной струи; *б* – процесс торкретирования поверхности после гидродемонтажа песчано-цементным составом

ние поверхности до проектного контура осуществляют методом торкретирования ремонтным песчано-цементным составом с использованием цемента Macflow (рис. 4, б).

После достаточного набора прочности отремонтированной поверхности (от 3 суток) дальнейшие работы включали нанесение и анкерование армирующей металлической сетки на стены и потолок с последующим торкретированием подготовленной поверхности кислотоупорным составом на основе жидкого стекла толщиной 40 мм (рис. 5). Песчано-цементным составом с использованием цемента Macflow всего было отремонтировано 300 м² разрушенной поверхности сооружения боровов дымовых труб. Кислотоупорным составом на армирующую металлическую сетку было обработано 700 м².

В лаборатории кафедры геотехнологии института горного дела и геосистем Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ) были проведены испытания образцов моделей из применяемого кислотоупорного состава с жидким стеклом (состав 2) с целью определения физических характеристик бетона. Испытания проведены по методике работы [8] на гидравлическом прессе ПСУ-50 (рис. 6) при помощи молотка Кашкарова по ГОСТ 22690 – 88. Средний предел прочности материала моделей на сжатие (срок выдержки 30 дней) составил 25 МПа, средняя плотность образца 3200 кг/м³. Эти параметры полностью удовлетворяют требуемому качеству торкрет-штукатурки по ВСН 421 – 81 [3].



Рис. 5. Торкретирование кислотоупорным составом

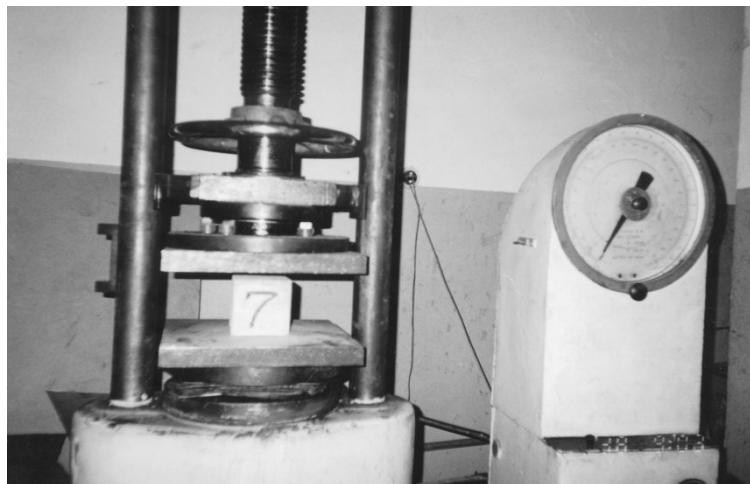


Рис. 6. Испытание образцов материала физических моделей на одноосное сжатие на гидравлическом прессе ПСУ-50

Выводы. Простая конструкция пневмонагнетателя СО-241 с применением разработанных «ноу-хау» позволила изготовить надежную торкрет-установку. С использованием этой установки в дальнейшем возможно совершенствование техники и технологии *Termiton*, решение сложных инженерных задач (подачи раствора на большую высоту и др.) по торкретированию кислотоупорным составом, затворяемого жидким стеклом. Торкретирование кислотоупорным составом на основе жидкого стекла на разработанном оборудовании использовано впервые в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волченко Г.Н., Фрянов В.Н., Приб В.В., Волченко Н.Г. Нестандартный подход к повышению эффективности и ресурсосбережения малобюджетной технологии набрызгбетонирования при креплении горных выработок. – В кн.: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 133 – 137.
2. Заключение экспертизы промышленной безопасности № 164/2016-зс на сооружения боровов дымовых труб № 1, 2 (инв. № 131000000305-00) агломерационной фабрики АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат». – М.: ООО «ЦИЭКС», 2016. – 34 с.
3. ВСН 421 – 81. Инструкция по составам, технологии изготовления и укладки кислотоупорных торкрет-штукатурок. – М.: ММСС СССР, 1980.
4. Волченко Г.Н., Челпанов В.Г., Фрянов В.Н. Совершенствование техники и технологии набрызгбетонирования для расширения сферы применения при чрезвычайных ситуациях // Вестник СибГИУ. 2017. № 4 (22). С. 36 – 45.
5. Волченко Г.Н., Исахаров Б.Д., Фрянов В.Н., Волченко Н.Г., Волков Е.А., Приб В.В. Промышленные испытания ствола обеспыливающего набрызгбетонирования *Termiton X4* // Вестник СибГИУ. 2015. № 1 (11). С. 32 – 35.
6. Волченко Г.Н., Серяков В.М., Фрянов В.Н., Волченко Н.Г. Техника и технология набрызгбетонирования *Termiton®* для крепления горных выработок в сложных условиях. – В кн.: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2016. С. 82 – 93.
7. Волченко Г.Н., Ярыгин И.Г., Фрянов В.Н. Резюме проекта «Техника и технология набрызгбетонирования *Termiton®*» для инвестора. – В кн.: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2017. С. 148 – 152.
8. Волченко Г.Н. Энергоресурсосберегающие технологии взрывной отбойки напряженных горных пород на рудниках. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. – 238 с.

© 2019 г. Г.Н. Волченко, И.Н. Инжуватов,
А.Г. Кочетов, В.Н. Фрянов, О.В. Челпанов
Поступила 1 декабря 2018 г.