



**Бердичевский
машиностроительный завод
«Прогресс»**

**Технология комплексной пыле- сероочистки
дымовых газов**



Киев-2020

«Бердичевский машиностроительный завод «Прогресс» - промышленно-инжиниринговая компания, которая имеет многолетний опыт и производственный потенциал для производства следующей номенклатуры продукции:

- фильтровального и сушильного оборудования;
- котельного оборудования;
- емкостного оборудования;
- экотехнологического оборудования.

Завод «Прогресс» имеет мощную производственно-технологическую базу, высококвалифицированный научный, технический и инженерный персонал.

Завод специализируется на производстве газоочистного оборудования (рукавные и электрофильтры) производительностью от 600 до 1100 тис. м³/час и производит металлоконструкции весом от 100 кг до 30 т, диаметром до 5 метров и длиной до 20 метров, а также является разработчиком и обладателем различных технологий сероочистки.



НПО «Днепроэнергосталь» (г. Запорожье) специализируется на производстве газо- и водоочистного оборудования (рукавные фильтры, водоочистные установки). Предприятие предоставляет полный комплекс услуг – обследование, разработка, изготовление, монтаж и ввод в эксплуатацию оборудования, а также выполняет комплекс проектных работ.

Один из крупнейших проектов, реализованный БМЗ «Прогресс» - **строительство и модернизация системы технологических газоочисток агломерационных машин агломерационного цеха ПАО «Запорожсталь».**

В период с 2014 по 2018 г. на ПАО «Запорожсталь» были построены газоочистные установки на 6-ти агломерационных машинах (ГОУ АМ) в условиях действующего производства. **БМЗ «Прогресс» выступил в качестве разработчика технологии газоочистки и проекта реконструкции, а также поставщика основного технологического оборудования, собственного производства.** Так же специалистами компании проводился авторский надзор за ходом строительства ГОУ, были выполнены пуско-наладочные работы основного технологического оборудования, проведено обучение персонала.

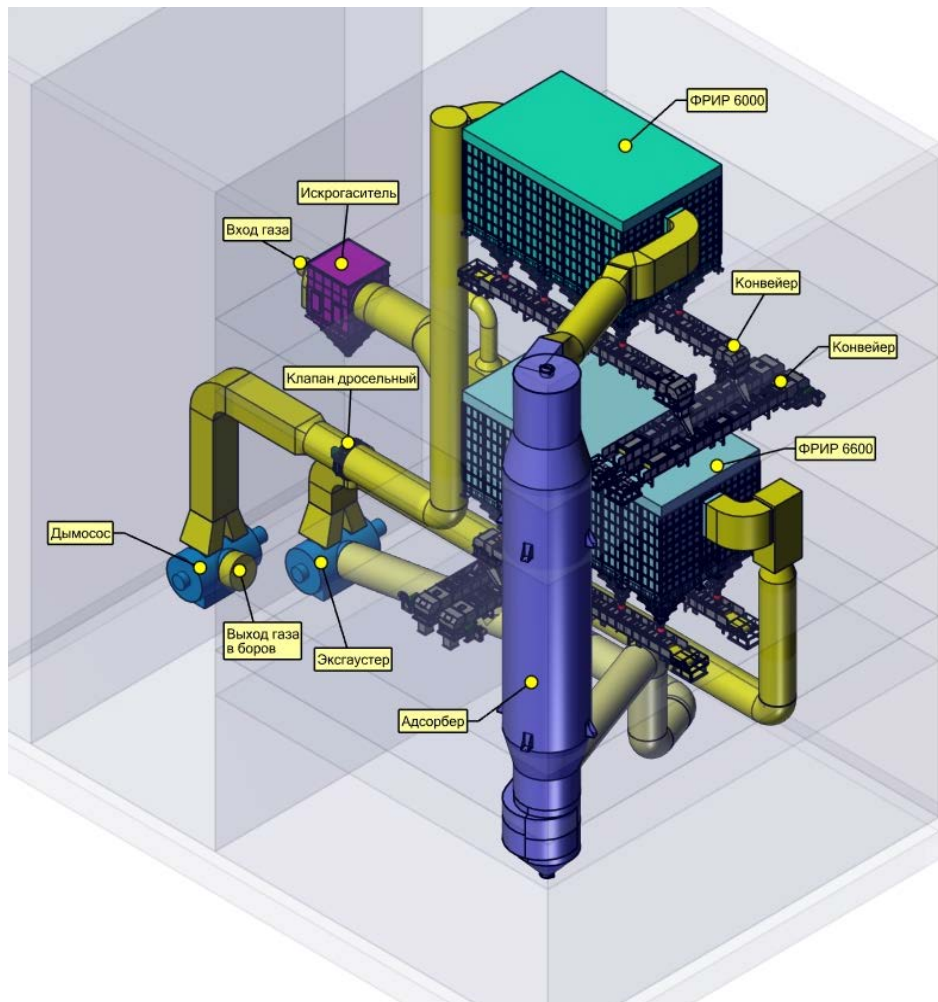
В проекте реализован передовой мировой опыт газоочистных систем, установленных на современных металлургических предприятиях – это **современные рукавные фильтры и реакторы-адсорберы**, которые являются наиболее эффективным методом очистки от пыли и диоксида серы (SO_2). Реализованные ГОУ АМ обеспечивают очистку газов от **пыли – до 30 мг/нм^3 и сернистого ангидрида – ниже 400 мг/нм^3** , что соответствует европейским нормативам по выбросам вредных веществ в атмосферу.

Работа ГОУ АМ осуществляется полностью в автоматическом режиме, что исключает влияние человеческого фактора и аварийный останов не только очистного оборудования, но и всей агломашины.

Каждая ГОУ оснащена современной системой непрерывного экологического мониторинга, что позволяет в оперативном режиме оценивать эффективность работы газоочистного оборудования.

Система онлайн-мониторинга – это не только контроль конечной концентрации выбросов вредных веществ в атмосферу, но и возможность оперативного управления процессом газоочистки, обеспечивающая надежность и эффективность эксплуатации газоочистного оборудования.

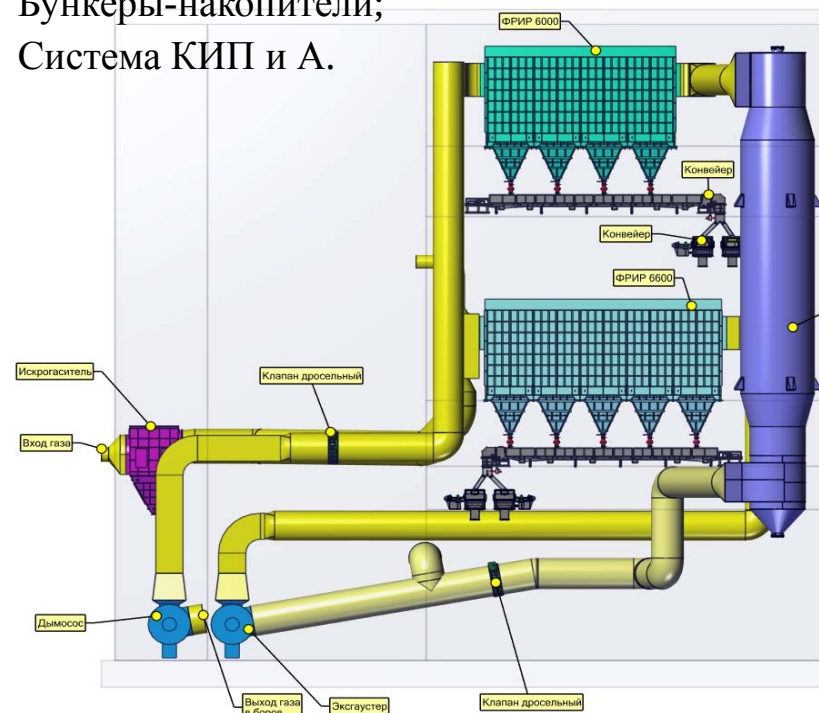




Такая система гарантировано обеспечивает требуемые показатели по выбросам пыли и оксидов серы.

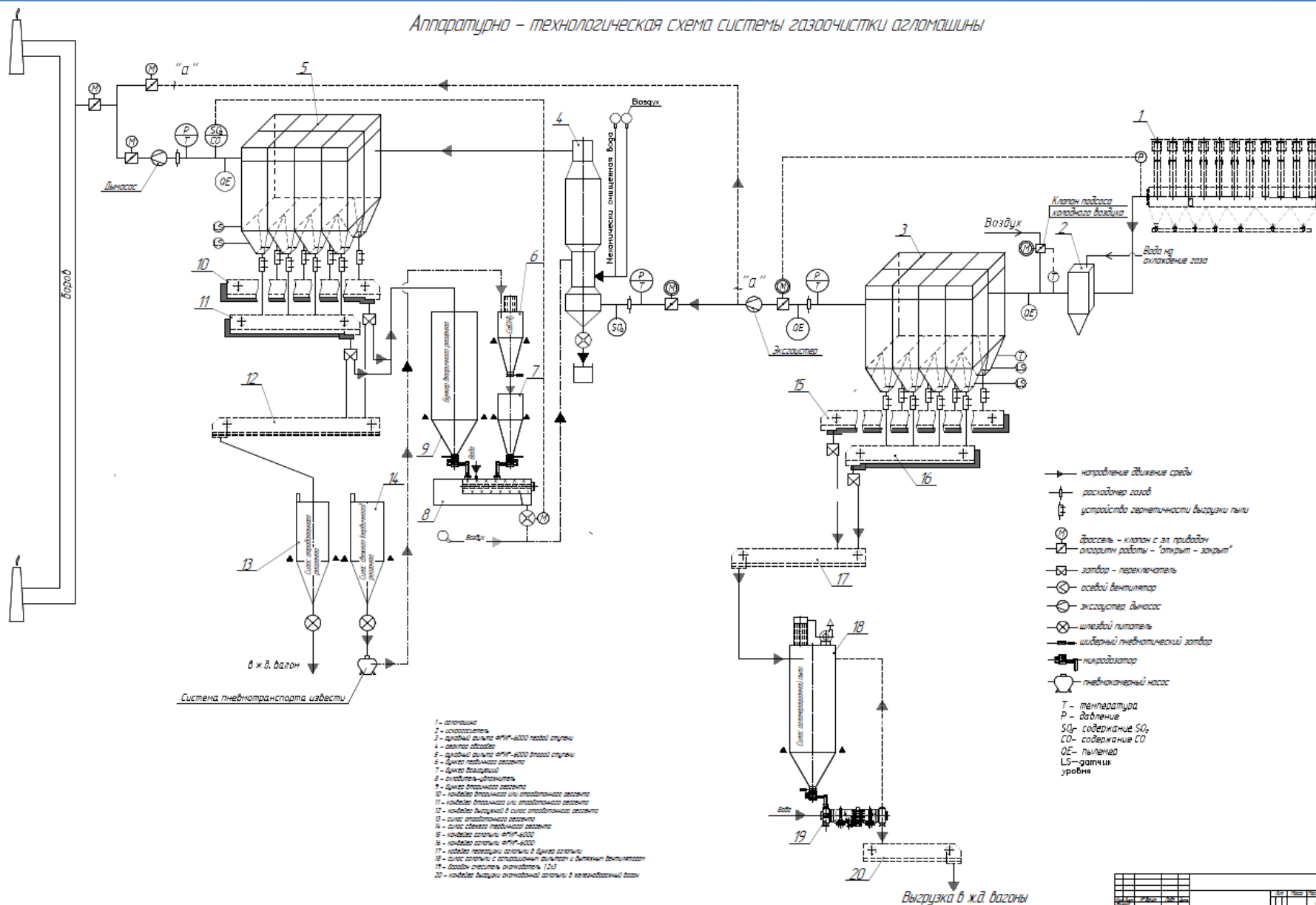
Для обеспечения максимальной эффективности работы системы газоочистки, БМЗ «Прогресс» разработана наиболее оптимальная технологическая схема, которая включает:

- Искрогаситель (комплектуется опционально);
- Первая и вторая ступени рукавных фильтров;
- Смеситель-увлажнитель;
- Реактор-адсорбер с системой подачи реагента;
- Конвейеры-транспортеры;
- Бункеры-накопители;
- Система КИП и А.



Аппаратурно-технологическая схема системы газоочистки

Аппаратурно - технологическая схема системы газоочистки агломашины



Система газоочистки состоит из следующих основных этапов очистки:

1. **Охладитель–искрогаситель.** Предназначен для охлаждения дымовых газов и удаления искр – крупных тлеющих частиц пыли, а так же служит средством пожаротушения.
2. **Первая ступень рукавного фильтра (электрофильтр).** Предназначена для удаления из газового потока пыли.
3. **Сероочистка.** Предназначена для полусухой очистки газового потока от диоксида серы в реакторе-адсорбере , посредством использования гидроксида кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).
4. **Вторая ступень рукавного фильтра.** Предназначена для окончательной очистки газов от диоксида серы и пыли реагента.

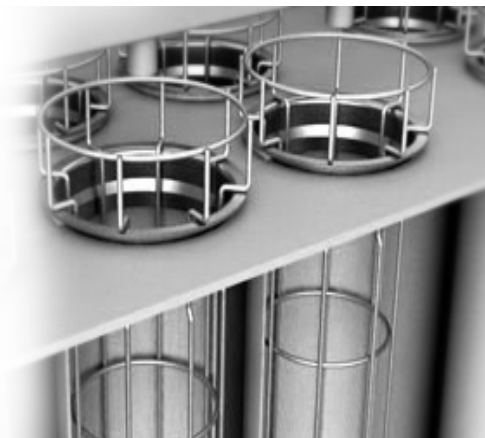
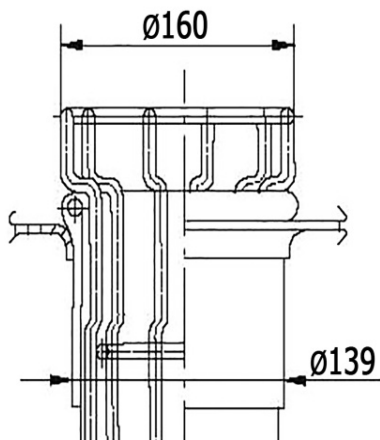
Использование охладителя–искрогасителя позволяет обеспечить защиту рукавов рукавного фильтра от пиковых кратковременных колебаний температур отходящих газов до 250 °С. Для работы системы искрогашения используется технологическая вода (для тушения возможных возгораний) при достижении температуры газового потока более 200 °С), а также атмосферный воздух, который подается через специальный клапан подсоса при достижении температуры газов свыше 150 °С.



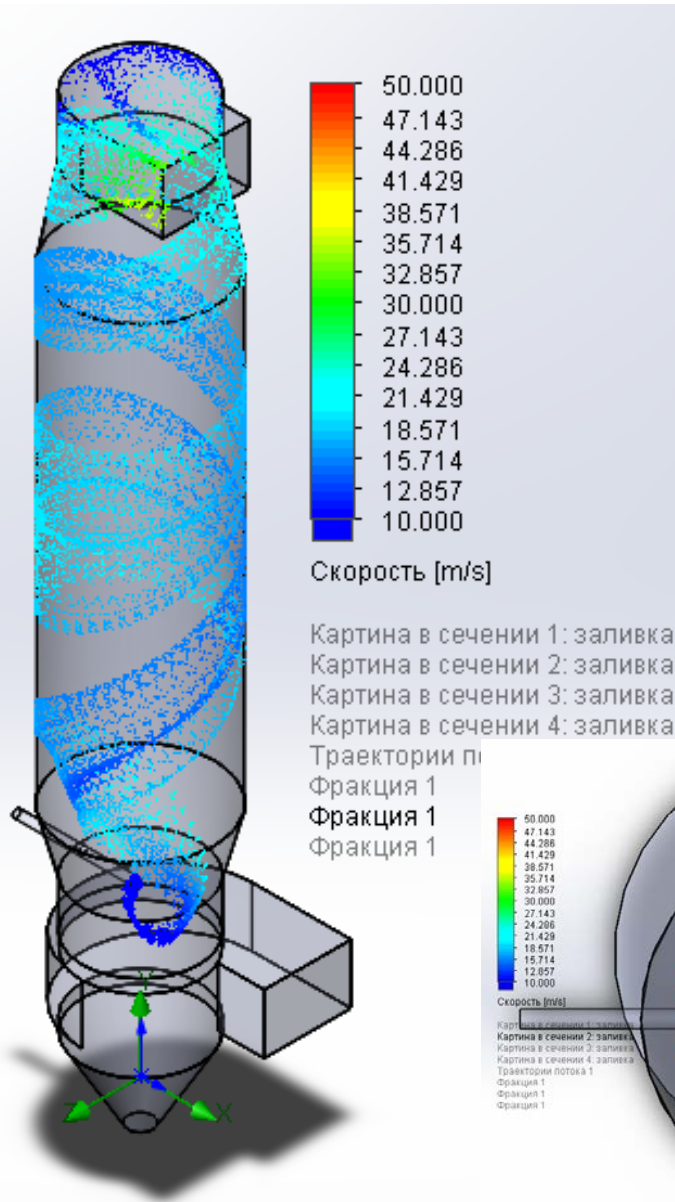
Особенности работы системы газоочистки

Улавливание пыли (материала пылеобразного) в рукавных фильтрах осуществляется путем прохождения загрязненного газа через фильтровальные элементы (рукава). Очищенный газ пройдя через фильтровальный материал (иглопробивной фетр) через камеру чистого газа попадает в дымовую трубу, а накопившейся материал на наружной стенке рукава по средством импульса воздуха (регенерации) поступает в накопительный бункер для дальнейшей транспортировки.

Регенерация рукавных фильтров осуществляется путем использования продувочных клапанов оригинальной конструкции, разработанных и запатентованных ООО «Днепроэнергосталь». Клапаны служат для создания кратковременного импульса сжатого воздуха и передачи его по средствам раздаточного коллектора внутрь рукавов.

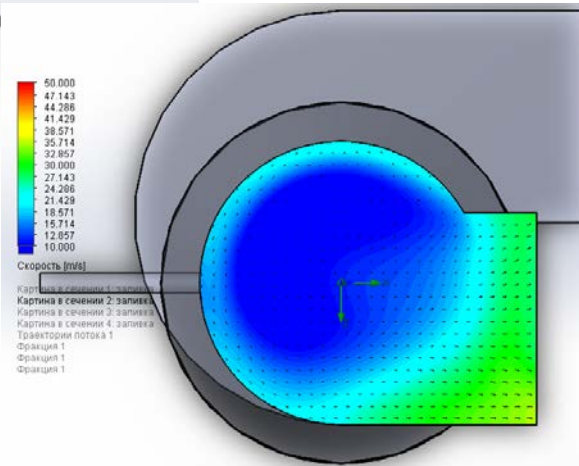


Фильтровальным элементом является рукав, прошив ткани которого осуществляется тройным швом с накладками в области доньшка и горловины. Способ крепления – на проволоочном каркасе в трубной доске при помощи распорного кольца, что позволяет быстро осуществлять монтаж и демонтаж рукава.

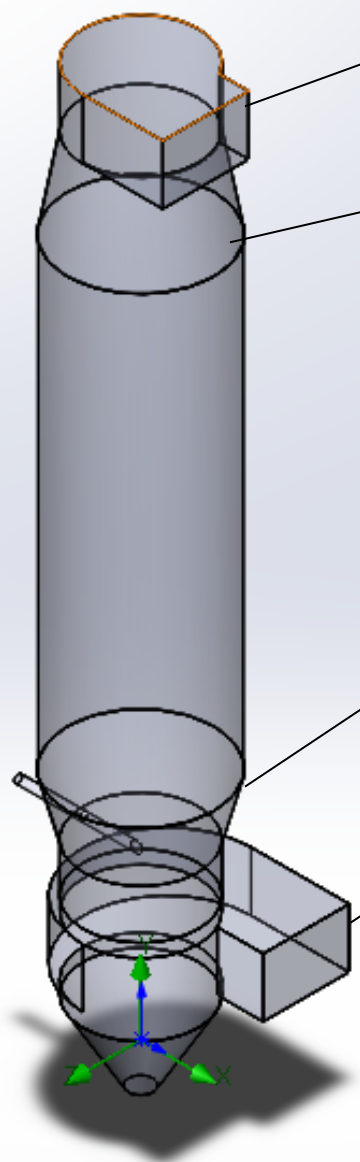


Для эффективной очистки газового потока от диоксида серы (SO_2) применяется полусухой метод сероочистки, который предполагает введение путем инъекции в реактор-адсорбер гидроксида кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). В качестве реагента используется гашеная известь, которая с помощью сжатого воздуха подается в реактор. Для активизации процесса адсорбции и снижения температуры газов в реактор также подается вода, которая в процессе очистки испаряется.

Использование особой конструкции реактора-адсорбера позволяет оптимизировать процесс сероочистки (за счет создания оптимального газового потока) и достичь наилучших результатов.



Применение современной автоматизированной дозирующей системы, а также рециркуляции реагента, позволяет оптимизировать его расход и достичь существенной экономии.



**Тангенциальный выход
газового потока**

**Конструктивный
конфузор**

Конструктивный диффузор

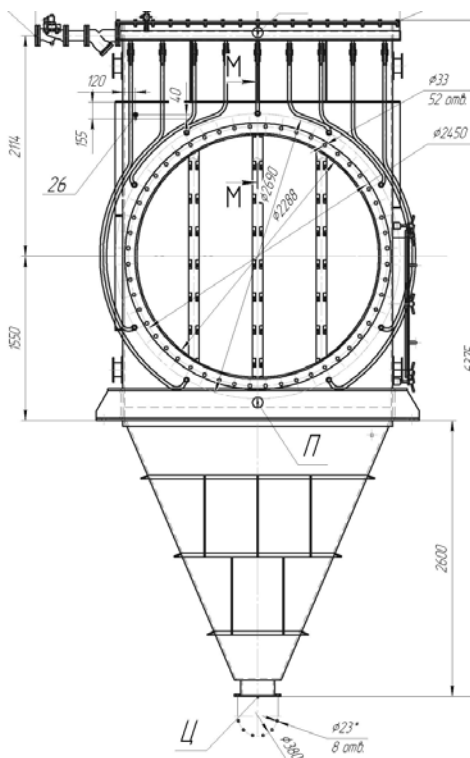
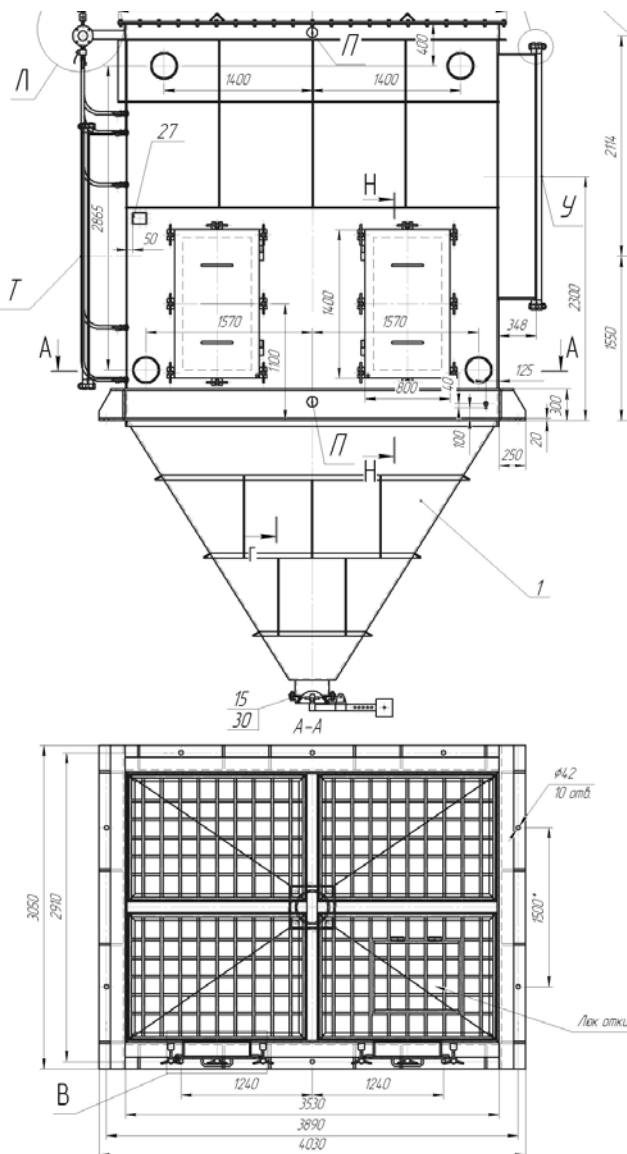
**Тангенциальный вход
газового потока**

Основной конструктивной особенностью реактора-адсорбера конструкции БМЗ «Прогресс» является наличие **тангенциального входа** газового потока, что обеспечивает закрученные потоки, при котором взаимодействующие между собой газовая среда и реагент (пушонка) движутся вращательно.

Наличие **переменного сечения типа «конфузор-диффузор»** обеспечивает достижение эффекта нестационарности отдельных потоков за счет комбинации их закручивания и движения по криволинейным каналам переменного сечения, что в свою очередь производит **эффект условно кипящего слоя** (сперва реагент опускается в низ, а потом закрученным потоком подхватывается вверх).

Конструкция реактора **оптимальных габаритных размеров** (соответствующих параметрам закрученного газового потока) обеспечивают наилучшую скорость движения потоков с оптимальным временем их пребывания в реакторе. Это обеспечивает наилучшие показатели по очистке газового потока от оксидов серы.

Оптимальные размеры и простота конструкции реактора-адсорбера конструкции БМЗ «Прогресс» обеспечивают его надежную и эффективную работу. Конструктивные решения реализованные в реакторе, позволяют достичь наилучших показателей сероочистки при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

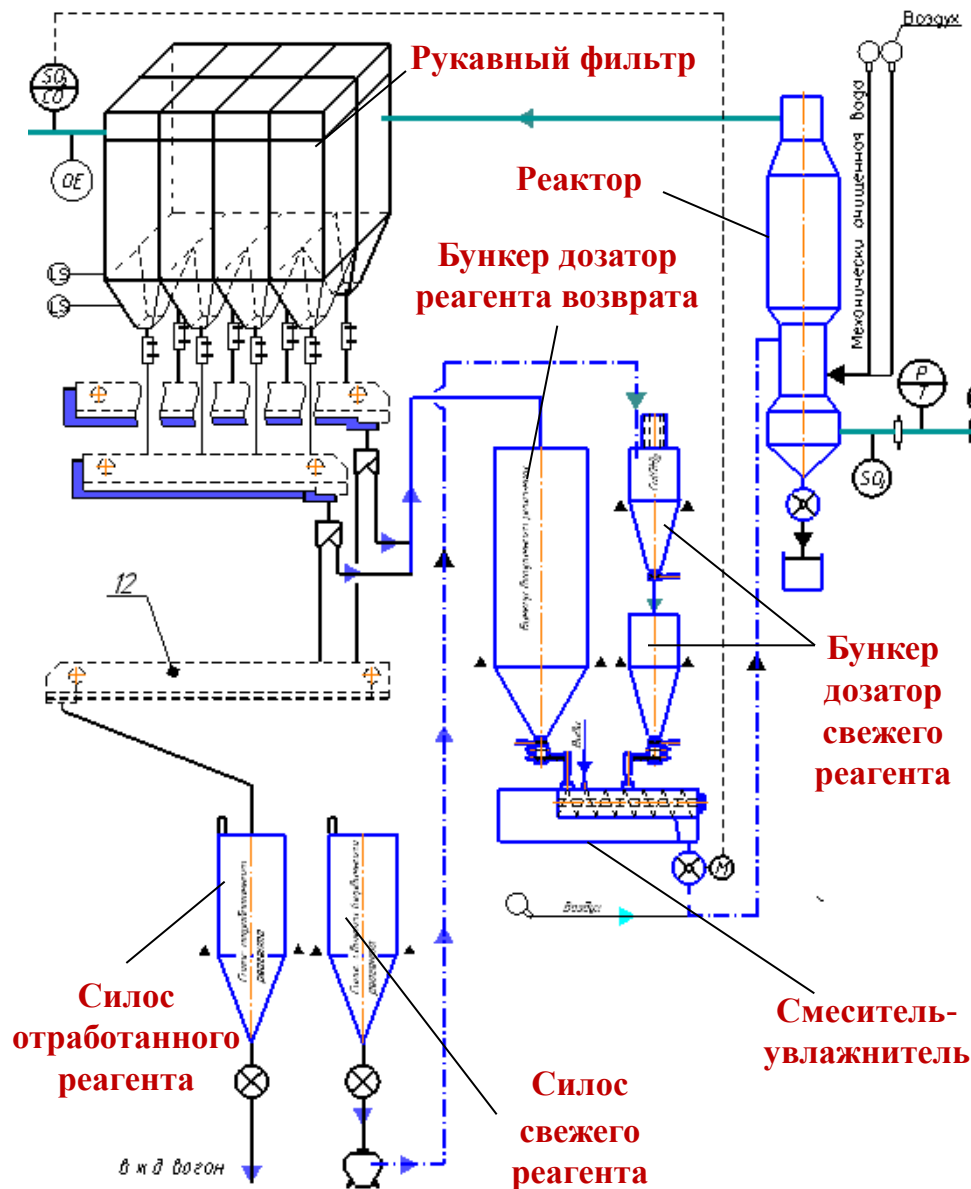


Система газоочистки комплектуется искрогасителем-охладителем дымовых газов в комплекте с автоматической системой подачи воды.

Корпус искрогасителя выполнен из низколегированной стали (09Г2С), внутренняя решетка-отбойник — из нержавеющей стали.

Простота конструкции, не требующая дополнительного обслуживания, имеет ряд преимуществ:

- низкое аэродинамическое сопротивление аппарата до 500 Па;
- высокоэффективное улавливание, за счет оригинальной конструкции отбойников крупных частиц;
- высокоэффективное средство понижения критически высоких температур (240...28 °С), путем распыления воды во внутреннюю часть аппарата;
- сравнительно небольшие геометрические размеры позволяющие разместить установку в существующем корпусе цеха;
- производительность по газу до 500 тыс. м³/час.



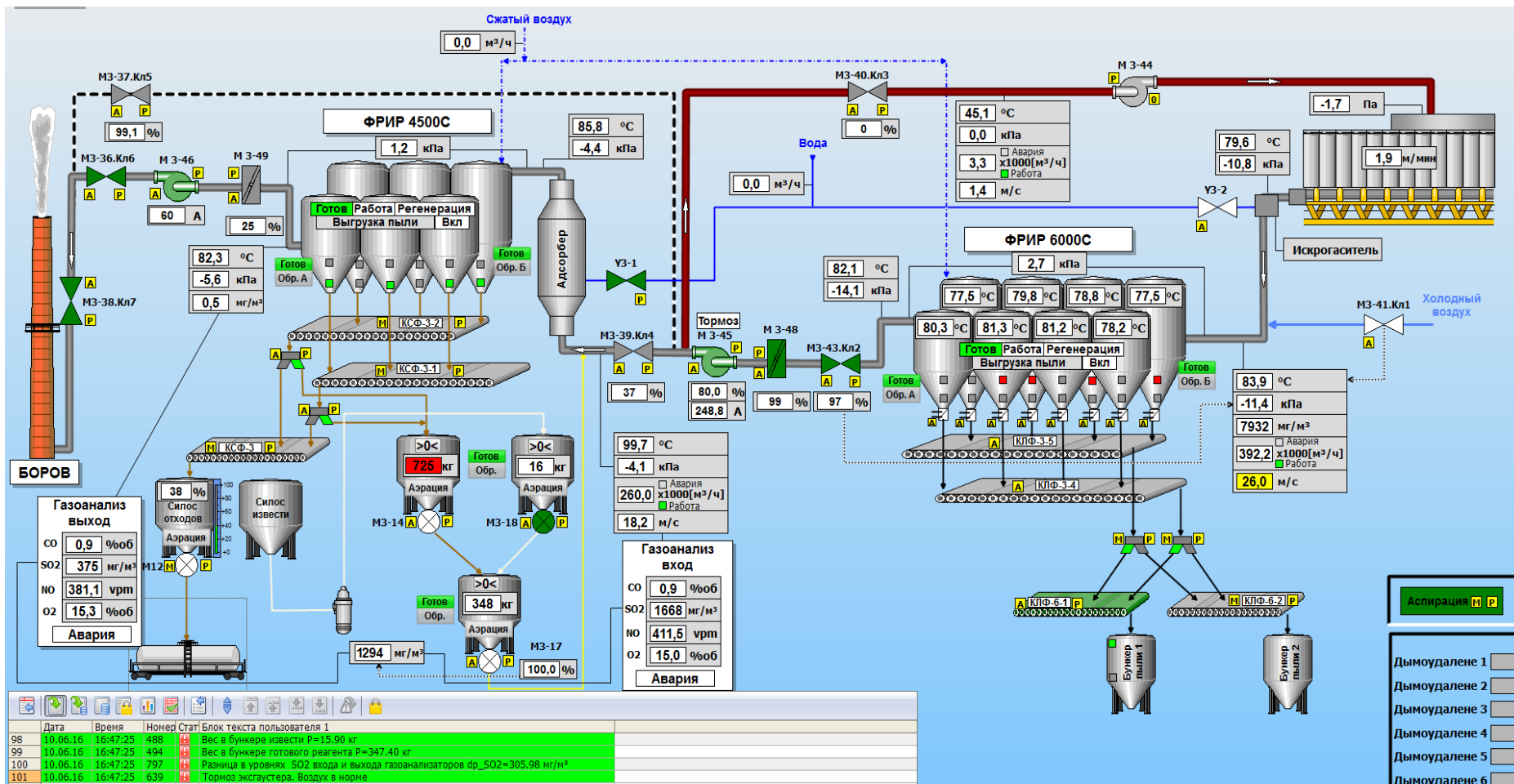
Главной особенностью полусухого метода сероочистки является **полное испарение влаги с поверхности прореагировавшего сорбента** в газовом потоке при температуре более 120 °С и **отсутствие сточных вод**.

При низких температурах газов 100...120 °С испарение воды затруднено, что негативно влияет на полноту прохождения реакции и эксплуатации реактора.

В таком случае необходимо **увлажнение реагента в специальном смесителе-увлажнителе**.

Основным назначением **смесителя-увлажнителя** является дозирование и равномерное смешение реагента возврата (поступает из рукавного фильтра), свежего реагента и воды до образования однородной сыпучей массы требуемой влажности, которая подается в реактор.

Функциональная схема системы газоочистки

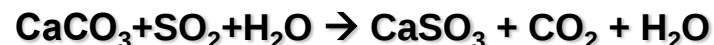
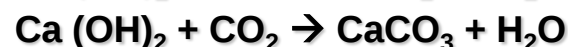
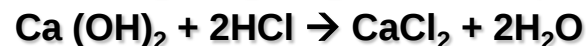
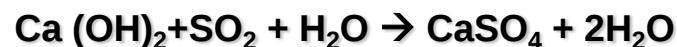
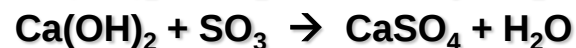
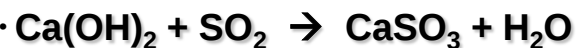


Пример реализации проекта сероочистки на ПАО «Запорожсталь»

Основы десульфуризации газов

В настоящее время существует несколько методов десульфуризации газовых потоков. Однако в последнее время наибольшее распространение получили, так называемые, полусухие методы: **абсорбционно-термические и абсорбционно-адсорбционные.**

Сущность данных методов заключается в тонком распылении воды и реагента в газовом потоке. При этом наряду с очисткой газов от диоксида серы происходит полное испарение влаги, а образующиеся твердые частицы удаляются в рукавном фильтре. Кроме оксидов серы, из дымовых газов также удаляются другие компоненты (HF, HCl, CO₂),



Твердые продукты реакции, такие как сульфаты кальция, сульфиты, хлориды, флюориты и карбонаты вместе с непрореагировавшей известью удаляются с уходящими газами в рукавном фильтре.

Протекание реакции десульфуризации происходит в **крупногабаритном массообменном аппарате реакторе сероочистки (реакторе-адсорбере)**, одной из основных функций которого является **обеспечение максимальной интенсивности и полноты** химического процесса.

Реактор состоит из 3 зон:

- Зона входа газа в реактор, где происходит равномерное распределения газового потока по реактору;
- Зона увлажнения газа и растворения кислотных остатков в воде, превращая их в кислоты;
- Зона реакции, где происходит подача реагента (сорбента), соединение и растворение его в растворе кислот в результате чего, происходят реакции с получением соли (сульфидов, сульфатов, хлоридов, фторидов и т.д.), а также высыхание этих солей.

Эффективность процесса сероочистки характеризуется полнотой протекания реакции, достижение максимального снижения в газовом потоке оксидов серы и других вредных веществ.

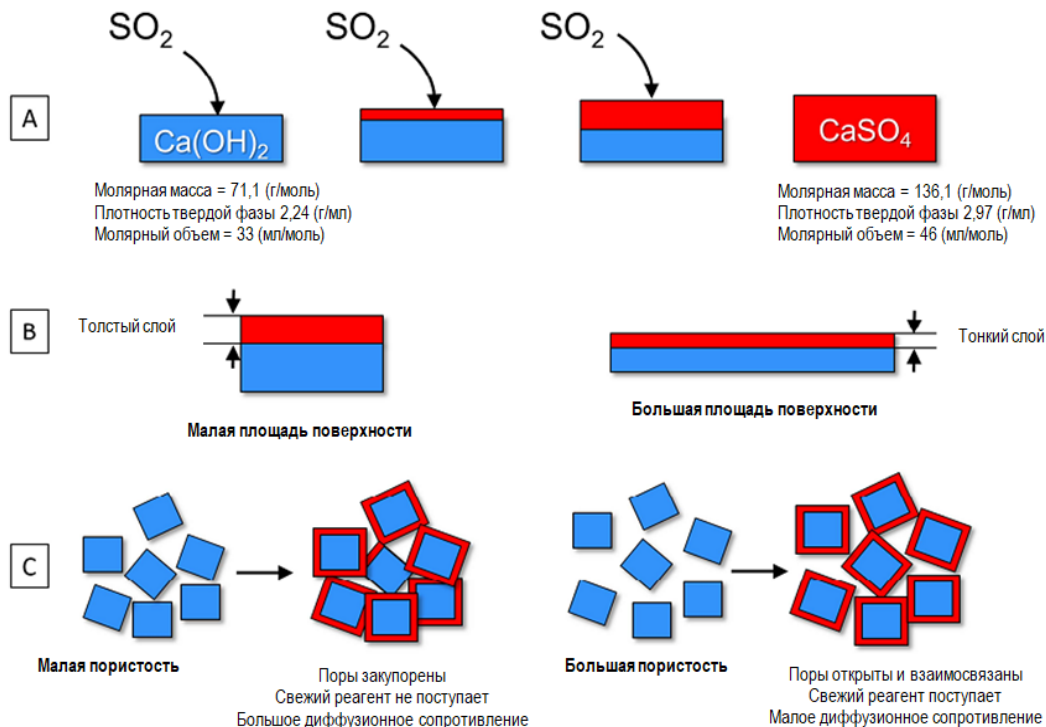
Эффективность сероочистки в значительной степени зависит от конструкции реактора-адсорбера, которая должна обеспечивать максимальную интенсификацию процесса.

Характеристика реагента (1)

Важное значение для процесса сероочистки также имеет площадь поверхности реагента и его пористость.

Применение реагентов с большой пористостью и площадью поверхности, способствует значительной интенсификации процесса сероочистки.

Усовершенствованный сорбент (гашеная известь) Sorbacal® SPS и Sorbacal® SP обладает улучшенной химической активностью по отношению к кислотным газам благодаря развитой поверхности, увеличивающей полноту химической реакции.



Сорбент	Вид гашеной извести	Площадь поверхности (м ² /г)	Пористость (мл/г)	Размер частиц d ₅₀ (μ)
Sorbacal® H	Стандартная гашеная известь высшего сорта	>20	≈0,08	6-12
Sorbacal® SP	Усовершенствованная гашеная известь	>40	>0,2	6-12
Sorbacal® SPS	Усовершенствованная гашеная известь	>40	>0,2	6-12

Улучшенные характеристики усовершенствованного сорбента, увеличивают её химическую активность более чем в 3 раза по сравнению со стандартным реагентом. Это способствует снижению его расхода.

* По материалам научно-исследовательской лаборатории компании Lhoist, г. Нивель, Бельгия



Автоматизированная система мониторинга выбросов

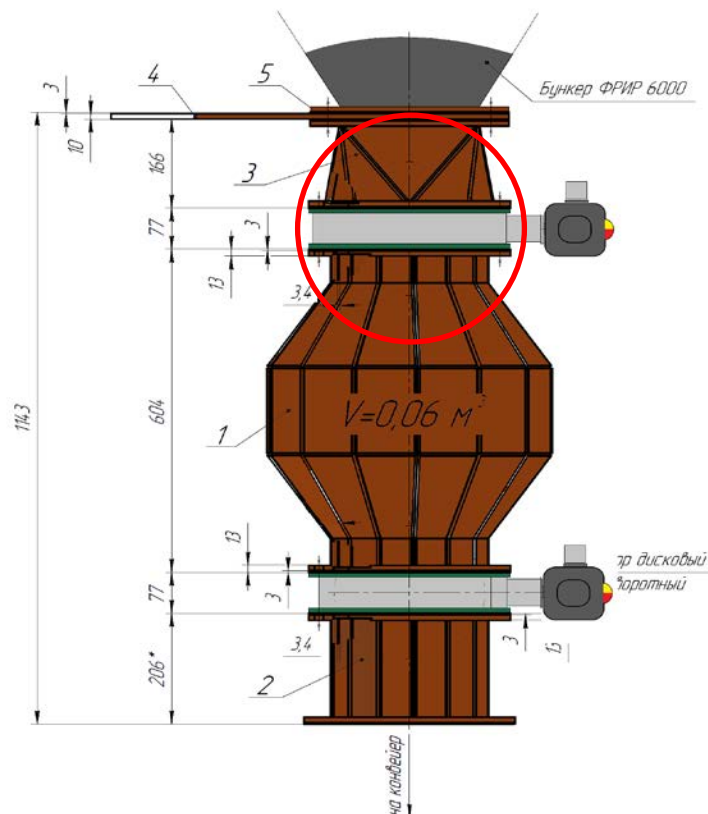
Автоматизированная система мониторинга выбросов должна включать следующее оборудование и системы:

- Экстрактивная (с отбором пробы) газоаналитическая система в составе подогреваемых пробоотборного зонда, и пробоотборной линии, системы пробоподготовки, а также газоанализатора;
- Измерительное устройство взвешенных частиц (пылемер);
- Датчики измерения концентрации кислорода (O_2) и влаги (H_2O), а также температуры и давление для приведения результатов измерения к нормальным условиям;
- Устройства измерения скорости газового потока или объемного расхода (расходомер) для определения валовых выбросов;
- Система сбора, обработки и визуализации информации.

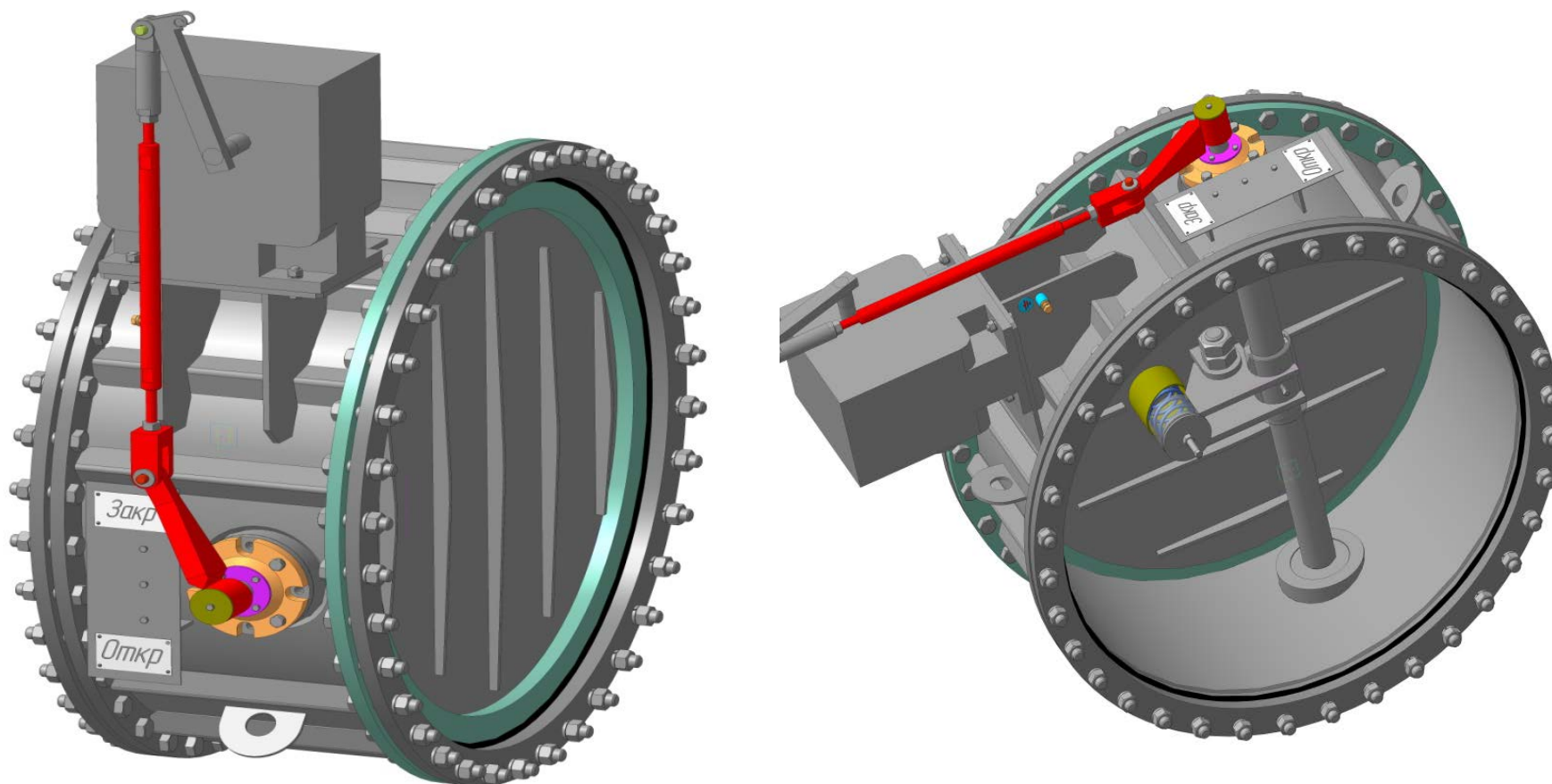
Оценка эффективности работы газоочистного оборудования осуществляется путём установки измерительных приборов до и после газоочистки

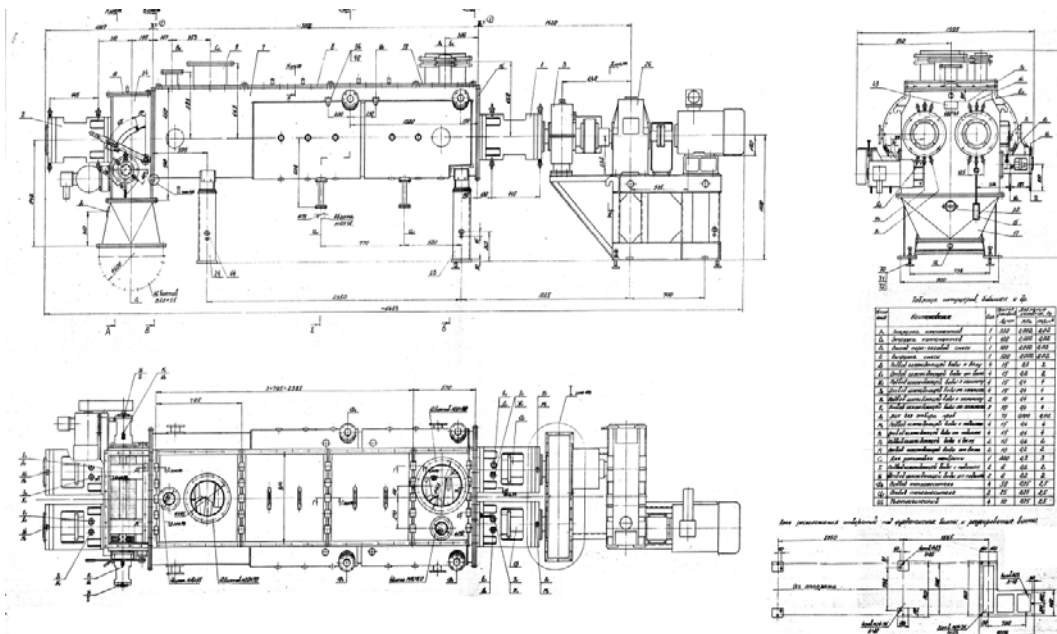


Система выгрузки пыли из рукавного фильтра ФРИР работает в автоматическом режиме по сигналу контроллера, установленного в шкафу управления фильтром. При включении системы регенерации, включаются в работу конвейера и шлюзовые затворы, поочередно из бункера в бункер до полной остановки цикла регенерации. Основным преимуществом данной системы является 100% герметичность, что позволяет сохранить целостность корпуса фильтра, рукавов, а также самой конструкции. Конструкция проста в эксплуатации, не требует дополнительного обслуживания, долговечная работа механизмов (1млн. циклов срабатывания)



Запорный газоплотный клапан, разработанный инженерами БМЗ «Прогресс», прошел все испытания на работающей установке ПАО Запорожсталь. Благодаря уникальной конструкции приводного механизма клапан закрывается максимально герметично, что дает возможность избежать огромных габаритных размеров шиберной задвижки.

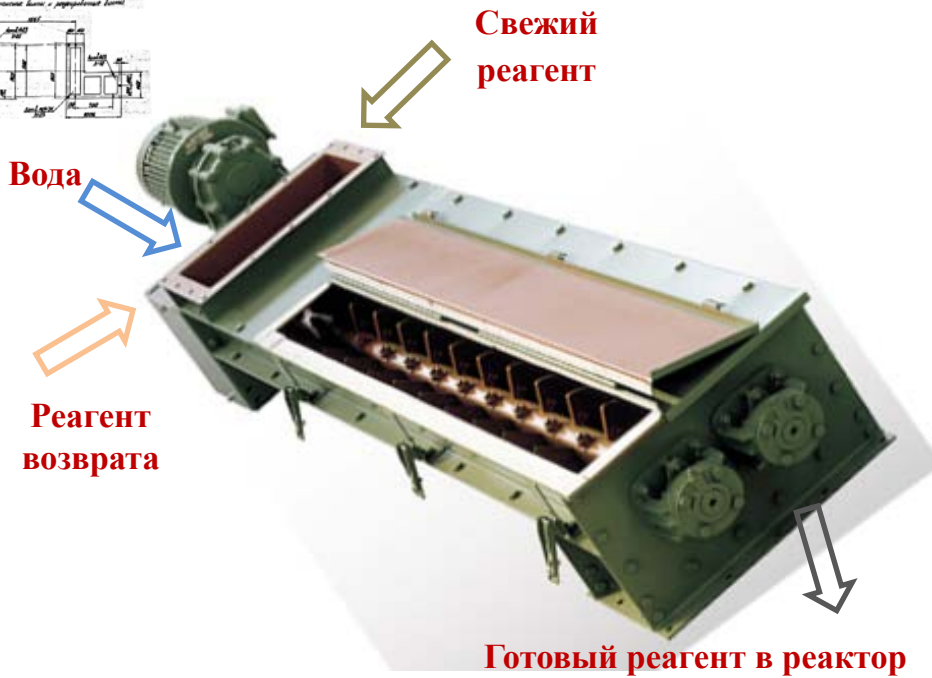




Двухвальный смеситель-увлажнитель конструкции БМЗ «Прогресс» обеспечивает оптимальное соотношение свежего реагента и реагента возврата, требуемой влажности. Существующая система КИП и А позволяет в оперативном режиме обеспечивать необходимое соотношение реагентов требуемой влажности.

Уравновешенная влажность реагента возврата, поступающего из пылеуловителя (рукавного фильтра) и свежего реагента, поступающего из бункера-дозатора, увеличивается на несколько процентов путем добавления воды непосредственно в поток.

Влажные твердые частицы, попадая в реактор, начинают вести себя как текучая нелипкая масса, равномерно распределяемая в дымовых газах для **эффективной адсорбции кислотных компонентов**.





04053, Украина, г. Киев,
ул. Кудрявская 3/5
+380 (44) 490-38-88

info@bmzprogress.com
<http://www.bmzprogress.com>
