



Тема: «Модернизация участка ШВУ. Базовый инжиниринг»

Разработка конструкции нового коллектора,
узлов эжектора, абразивной защиты,
расчёт режимов подачи угольной пыли совместно
с режимами мельницы и подачи воздуха

Составитель:

Исполнительный директор Ing- Büro Feuerungs-
und Trocknungstechnologien
Dr.-Ing.W.Garber

11-2016



Содержание:

ВВЕДЕНИЕ

1. Положение до модернизации

1.1. Фурмы для подачи угольной пыли под шлак.

Статистика замены фурм

1.2. Существующее распределение угольной пыли по коллектору.

2. Основные результаты моделирования распределения угольной пыли по коллектору. Технические решения.

3. Конструкция нового коллектора, узлов эжектора, абразивной защиты

3.1. Коллектора подвода угольной пыли, вторичного воздуха, сжатого воздуха на очистку

3.2. Эжекторы кольцевого движения

3.3. Абразивная защита.

4. Оборудование на ответвлениях от коллектора к фурмам

Подводы к фурмам. Чертёж 161 FTT. 05.00.000

5. Контроль потока угольной пыли к фурмам.

6. Импульсная очистка фурм.

7. Расчёт режимов подачи угольной пыли совместно с режимами мельницы и подачи воздуха

8. Выводы

Приложения и источники

ВВЕДЕНИЕ

Целью технологической модернизации ШВУ является улучшение работы установки, снижение удельных расходов антрацита на процесс фьюмингования, повышение эффективности работы печи ШВУ, соответственно увеличение переработки шлаков и производительности по цинку и свинцу.

Для повышения эффективности работы печи ШВУ необходимо обеспечить регулирование основных процессов в печи:

- равномерный по всему объёму печи барботаж шлака, являющийся основой процесса фьюмингования;
- процесс дожигания горючих компонентов над шлаком, который должен быть завершён в объёме печи до перехода горячих газов котёл утилизатор.

На этапе 1 при сборе исходных данных и проведении инструментальных было выявлено неравномерное распределение угольной пыли по фурмам и по сторонам коллектора угольной пыли.

Для поиска технических решений, обеспечивающих равномерное распределение угольной пыли по фурмам был выполнен большой объём работ по численному моделированию различных вариантов коллектора и его узлов. Моделирование начиналось от точки подачи газо-пылевой смеси к тройнику, раздающему поток на северную и южную стороны. Детально результаты численного моделирования рассмотрены в отчёте по моделированию. По результатам моделирования были выбраны технические решения, на основе которых разработан новый коллектор раздачи угольной пыли



В отчёте рассмотрена конструкция нового коллектора подачи угольной пыли к фурмам, основные технические решения по схеме коллектора и по его элементам.

Для получения в одном документе комплектной информации по оперативному контролю потоков угольной пыли и работы фурм повторены разделы отчёта по этапу 3 пункт 3.3.:

4. Оборудование на трубопроводах к фурмам
5. Системы контроля потока угольной пыли через фурмы, для автоматической регистрации забития фурмы и подачи сигнала на очистку фурмы.
6. Система импульсной очистки фурм по сигналу из системы 4. с использованием сжатого воздуха с давлением до 1 Мбар.

Показано взаимное расположение трёх коллекторов:

- коллектора угольной пыли
- коллектора вторичного воздуха, подаваемого под шлак
- коллектора сжатого воздуха для очистки сопел фурм

При разработке новых фурм и раздающих коллекторов учитывалось также увеличение расхода вторичного воздуха с 8.000 нм³/час до 22.000 нм³/ч, а также уменьшение расхода воздуха, транспортирующего угольную пыль с 16.000 нм³/час до 5000-7000 нм³/час.

Технические решения описанные в отчёте могут быть частично реализованы или проверены на действующей печи ШВУ.

1. Положение до модернизации

1.1. Фурмы для подачи угольной пыли под шлак. Статистика замены фурм

Общей целью технологической модернизации является повышение срока безостановочной работы установки ШВУ в 6-8 раз. К такому увеличенному сроку эксплуатации должны быть готовы основные элементы установки, подверженные абразивному износу. Основными элементами подверженными абразивному износу являются фурмы, подающие смесь воздуха и угольной пыли расположенные под шлаком на расстоянии около 100 мм от подовых кессонов печи ШВУ.

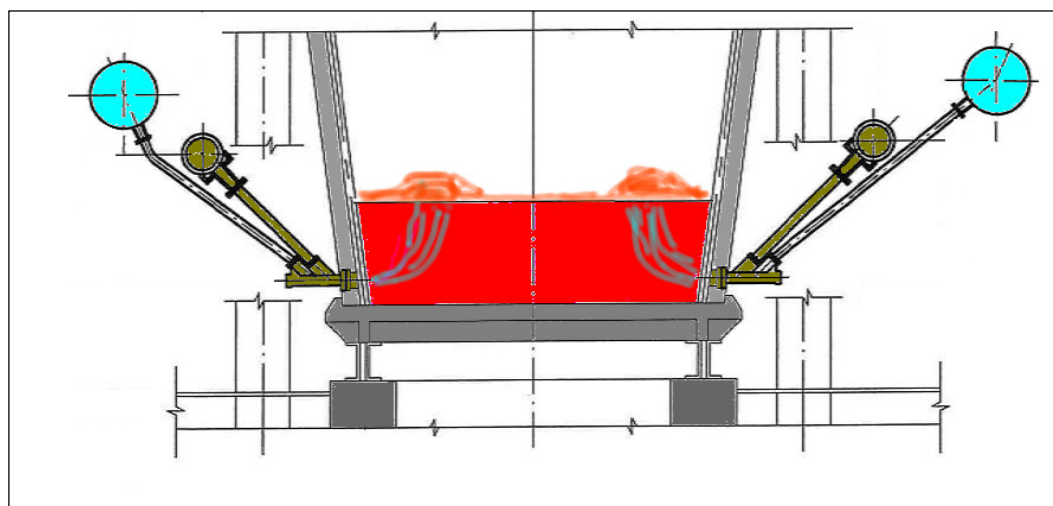


Рис.1. Поперечный разрез нижнего пояса кессонов печи ШВУ. Подача угля и воздуха под шлак.



Кроме решений по распределению угольной пыли разработаны новые шлаковые фурмы с использованием керамики для повышения их устойчивости против абразивного износа и возможности безремонтной работы в течение не менее 2-3 месяцев.

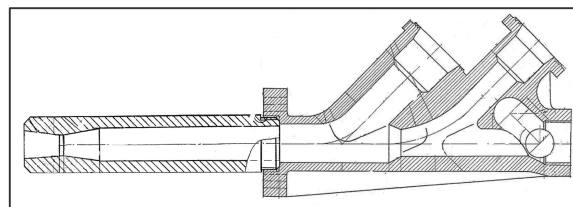


Рис.2. Существующие фурмы



Рис.3. Подвод вторичного воздуха и угольной пыли от коллекторов.

Рис. 4. Сопла фурм – проход через нижний ряд кессонов испарительного охлаждения



Статистика замены фурм за 2015 год по южной, северной ветвям коллектора и по торцу приведена в Приложении 5. Нами выполнена обработка этих данных показывающая сколько фурм с определёнными номерами заменяют за год. Результаты приведённые на графике ниже, нужно рассматривать совместно с чертежом коллектора раздачи угольной пыли.

Статистика замены фурм оказалась очень информативным документом, дающим косвенно информацию о количестве угля, подаваемого через фурмы, расположению зон в печи.

На Рис. 6 приведены оригинальные диаграммы по данным С.А. Ананина, а также диаграмма «без влияния конструкций», на которой были удалены следы влияния зоны выпуска шлака и места расположения силовой балки в середине печи, так как в этих местах нет фурм и это влияет на абразивный износ до и после этих мест. Также на диаграмме «без влияния конструкций» были удалены точки повторной замены фурмы в пределах одного и того же месяца, так как это связано не с износом, а с неправильной сборкой или монтажом.

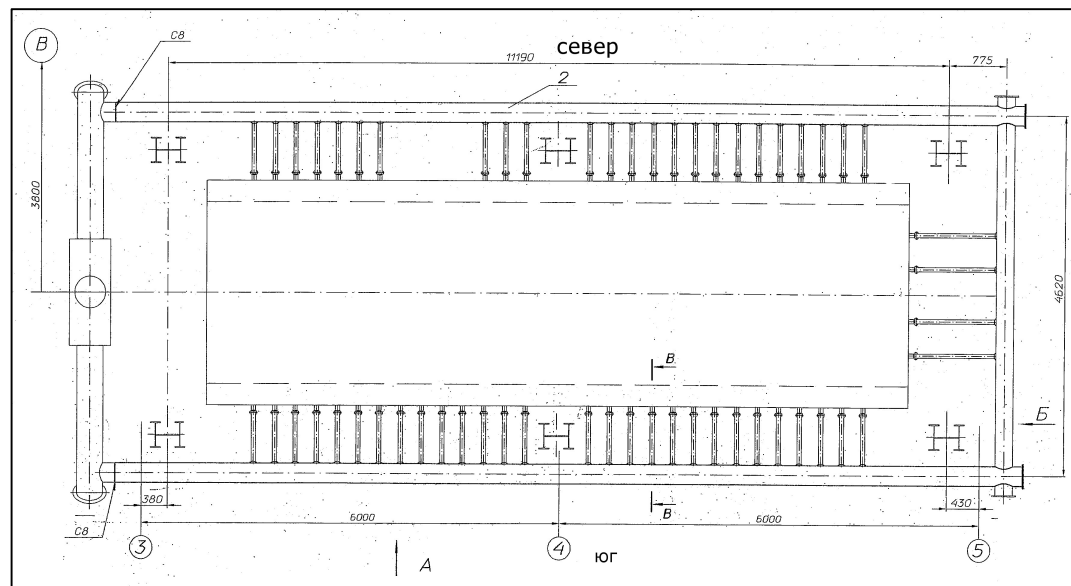


Рис. 5. Коллектор и расстановка фурм на печи ШВУ

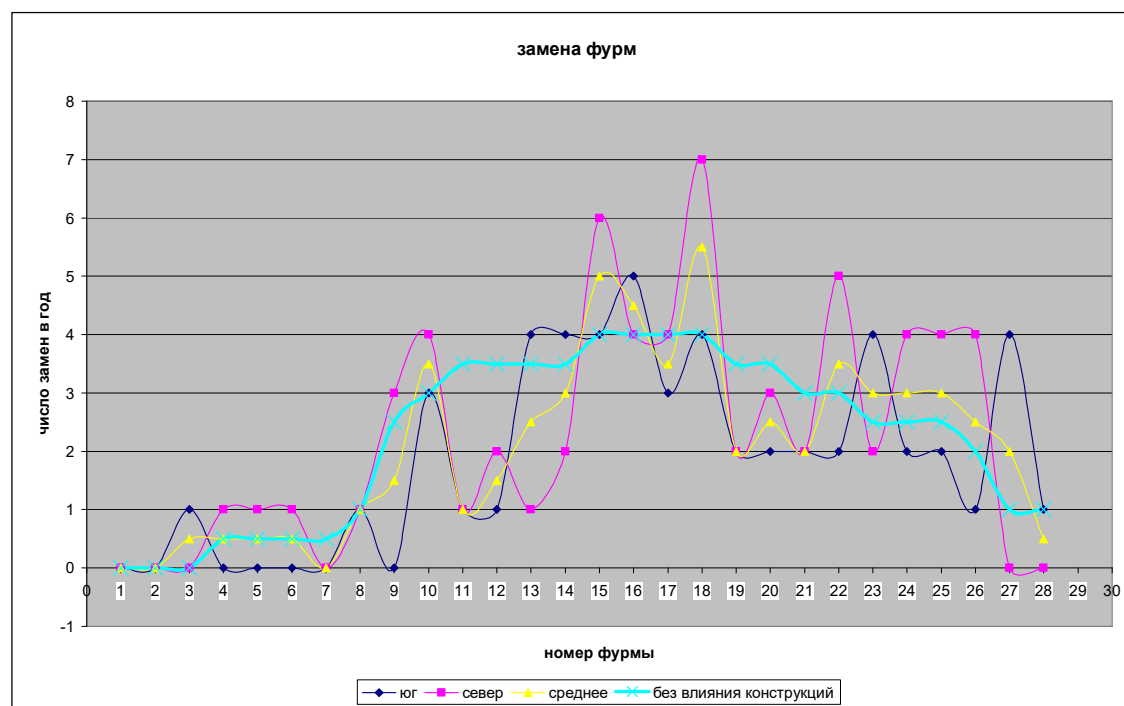


Рис 6. Статистика абразивного износа – замены фурм на печи ШВУ

Обоснованно предполагая, что число замен фурмы каждого номера пропорционально абразивному износу, а абразивный износ пропорционален количеству угля, проходящего через фурму, можно увидеть на Рис.6. следующее:

А. в области от фурмы 1 до фурмы 7 практически нет абразивного износа, значит не идёт уголь, значит в печи образуется восстановительная зона и 25% площади печи не участвует в процессе фьюмингования, для которого нужна восстановительная среда;

Б. В средней части печи от фурмы 9 до фурмы 25 распределение угля по фурмам примерно одинаковое, с точностью $\pm 30\%$. Во всяком случае абразивный износ примерно одинаковый.



С. В районе последних фурм 26-28 абразивный износ снижается. Это может быть объяснено тем, что конец коллектора и ответвления к фурмам забиваются крупными частичками угля, поток угля прекращается, прекращается абразивный износ.

П-образная схема существующего коллектора, в котором потоки ПУТ идут по южной и северной ветвям навстречу друг другу, неизбежно вызывает появление изменяющейся точки встречи потоков, с неустойчивым течением, что вызывает забитие фурм.



Рис. 7, 8, 9. Абразивный износ фурм.

Рисунки 7-9 показывают, что фурмы подвержены абразивному износу как изнутри – со стороны потока угольной пыли, так и снаружи – со стороны потоков циркулирующего в печи ШВУ шлака.

1.2. Существующее распределение угольной пыли по коллектору.

В процессе испытаний выявлено неравномерное распределение угольной пыли по фурмам, достигающее 1: 20-30 считая по первым и последним фурмам южной и северной стороны коллектора, неравномерность раздачи угольной пыли к южной и северной ветвям на уровне 1:3-4, а также неравномерное распределение угольной пыли к фурмам по размерам частиц.

Эти данные в полном объеме приведены в отчёте 1:

«Сбор базовых данных для проектирования.

Сбор базовых данных для заказа угольных мельниц:

Определение размеров частиц в угольной пыли перед фурмами.

Сбор базовых данных для проектирования очистки котла утилизатора с составлением карты фактических отложений»

Результатом в работе печи ШВУ является следующее:

- в районе первых по ходу фурм создаётся окислительная среда с коэффициентами избытка воздуха более единицы;
- в районе последних фурм создаётся сильно восстановительная среда, возможно с коэффициентами избытка воздуха 0,4-0,5 или менее, и одновременно с высоким выделением CO и SO₂;
- описанные выше зоны сохраняются вне зависимости от действий оператора при изменении общего избытка воздуха в диапазоне 1,0 – 0,6 по технологическому регламенту. По причине неудовлетворительного распределения угольной пыли по фурмам, печь ШВУ в настоящее время не является аппаратом, допускающим эффективное регулирование технологического процесса.

В печи практически постоянно присутствует окислительная зона и восстановительная зона. Расположение максимума подачи угольной пыли под переходным газоходом к КУ ведёт к



перерасходу угля и повышенному выделению горючих газов идущих в переходной газоход минуя сопла подачи воздуха на дожигание.

2. Основные результаты моделирования распределения угольной пыли по коллектору.

Для улучшения распределения угольной пыли по фурмам было предложено перейти к кольцевой схеме подачи угольной пыли:

- подвод потока угольной пыли к северной стороне в районе первых фурм
- подвод потока угольной пыли к южной стороне в районе последних фурм
- соединение северной и южной сторон через поперечные трубные переемы, на которых расположены поперечные фурмы
- подсос потоков от конца северной стороны в южную и от конца южной стороны в северную с использованием специально сконструированных эжекторов.

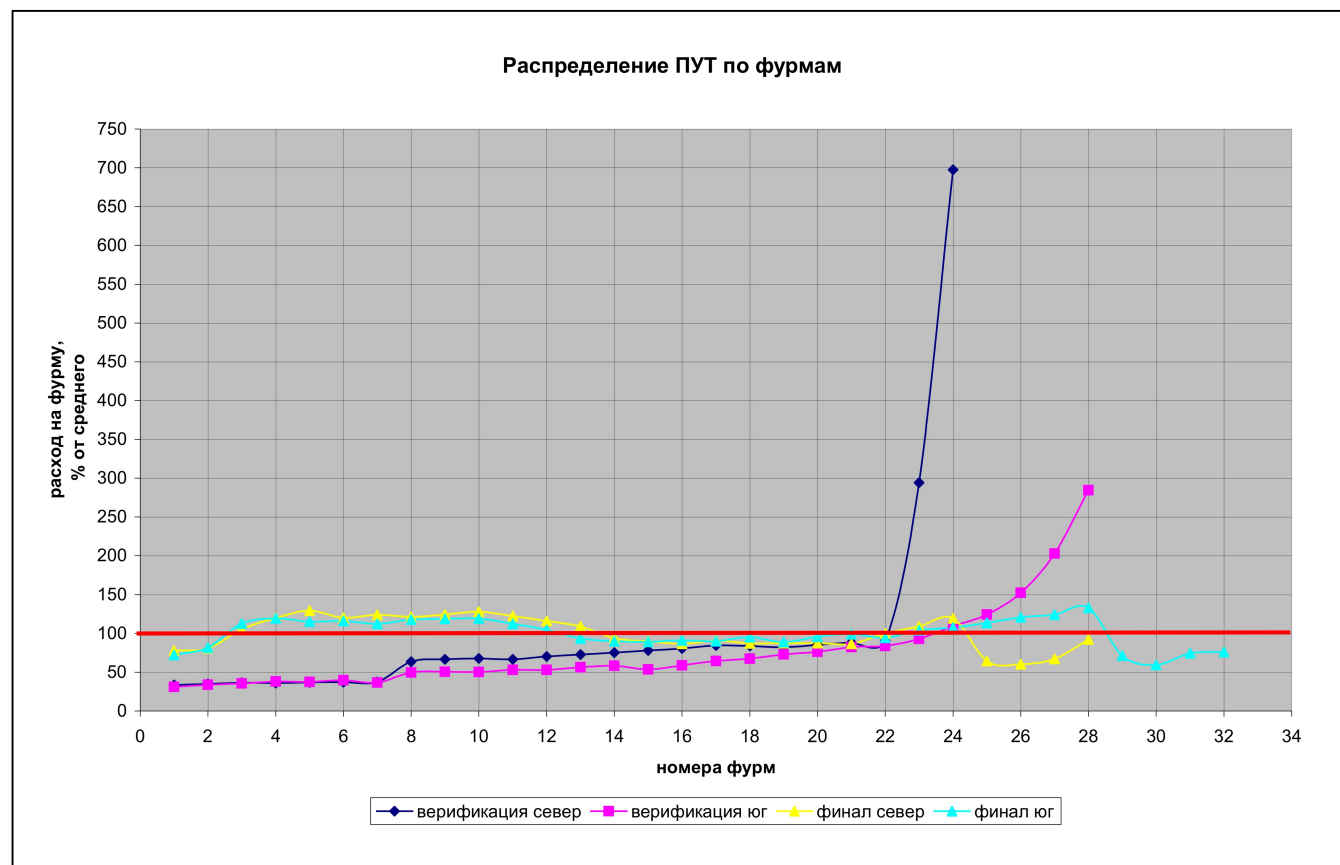


Рис 10. Распределение угольной пыли по фурмам с использованием нового коллектора.

Результаты моделирования в полном объеме даны в отдельном отчете.

Основной результат: удалось снизить неравномерность распределения по фурмам в 10 -20 раз, устанить неравномерность распределения угольной пыли между южной и северной ветвями коллектора, устанить неравномерность гранулометрического состава угольной пыли, подаваемой к фурмам.

Основные результаты здесь приведены в виде общего вида нового коллектора ПУТ и достигнутого при моделировании распределения угольной пыли.

3. Технические решения

На рисунках 11-13 приведены общие виды коллектора ПУТ с позициями оборудования.

На рисунке 12 показаны направления движения угольной пыли по трубопроводам коллектора.

На рисунке 13 показан вид коллекторов с торца печи ШВУ.

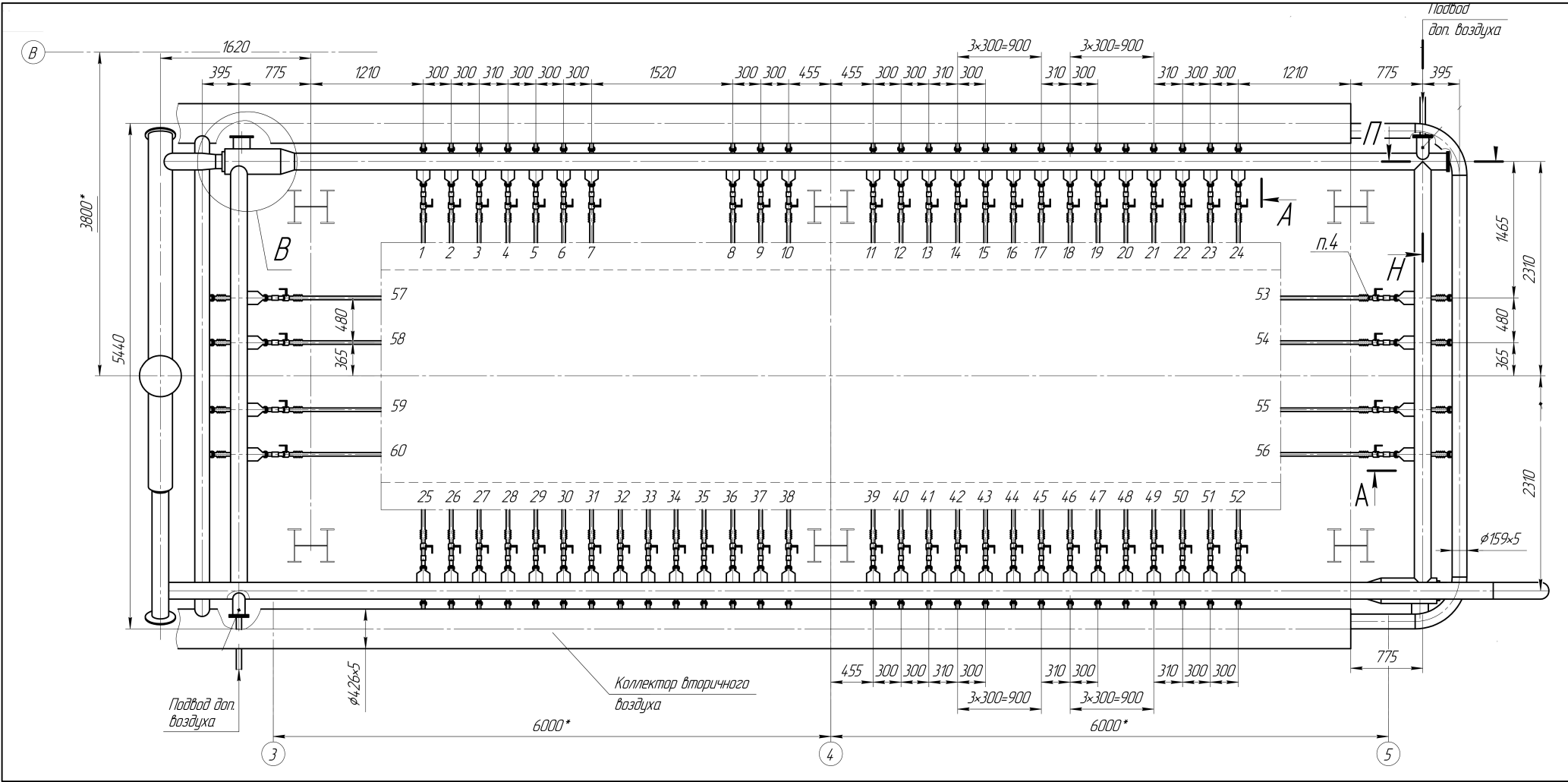


Рис 11. Новый коллектор распределения угольной пыли по фурмам. План.

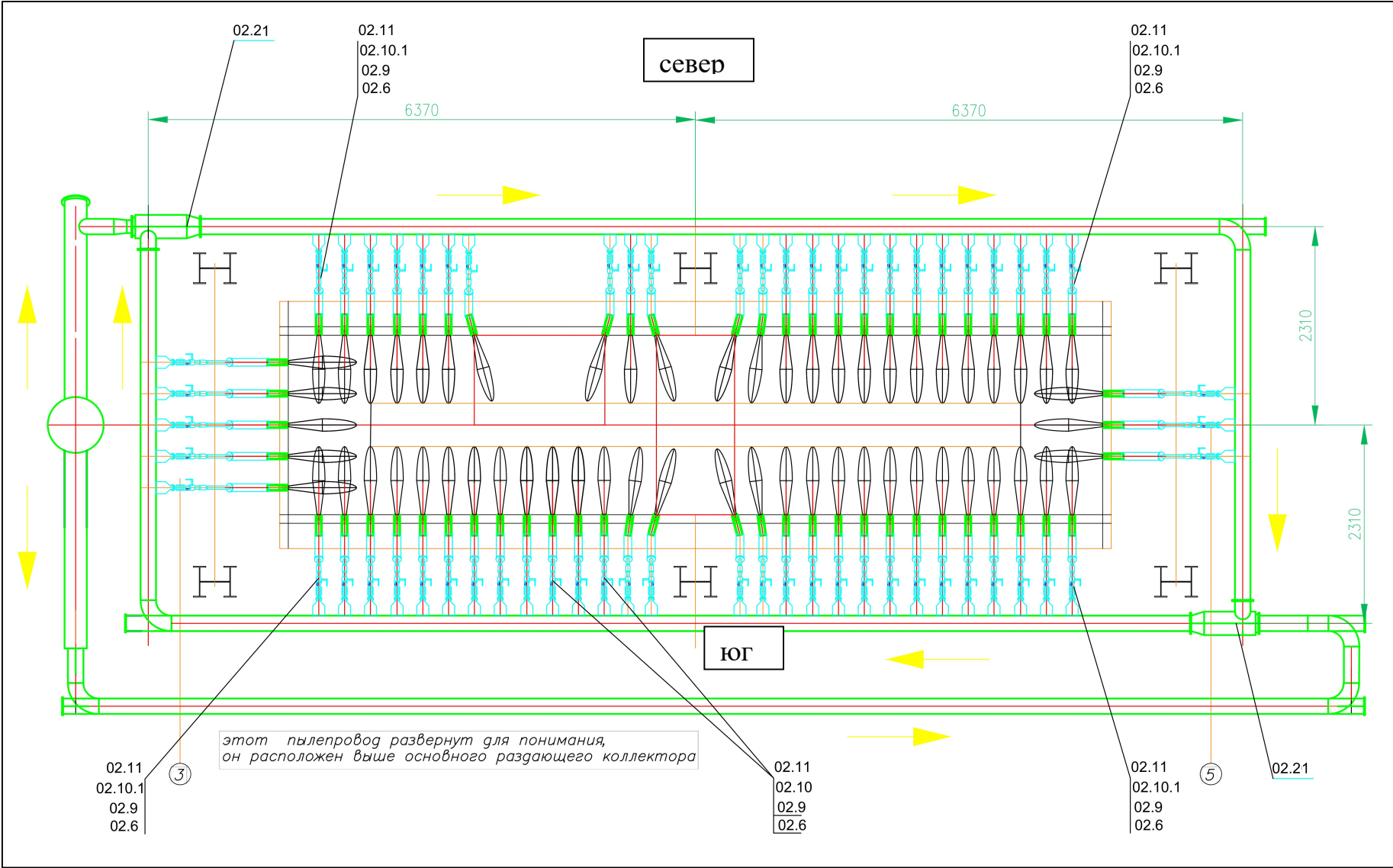


Рис 12. Новый коллектор ПУТ для концетрации 0,8-1,0 кг/кг с позициями оборудования

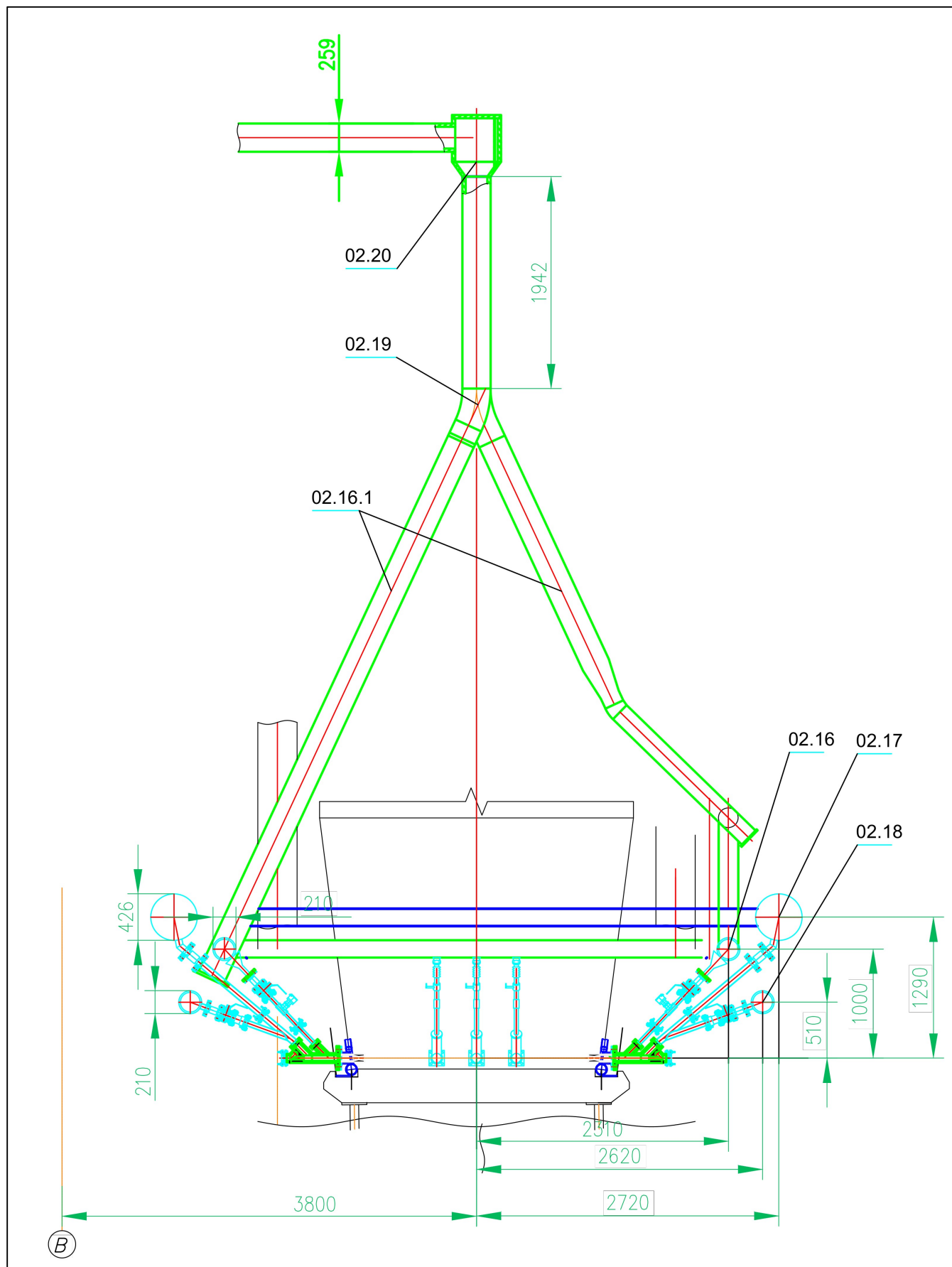


Рис 13. Вид на коллектора ПУТ, вторичного воздуха и сжатого воздуха на очистку с торца печи ШВУс позициями оборудования



Позиции оборудования на Рис 13:

02.16. Коллектор раздачи ПУТ, Ду 180x30, FTT-KOTES

02.16.1. Раздача на северную и южную стороны коллектора

05.1. 02.17. Коллектор вторичного воздуха, Ду 420

02.18. Коллектор – накопитель сжатого воздуха Ду 180, PN 10,
ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru

02.19. Делитель 50:50 потока угольной пыли к южной и северной стороне, FTT-KOTES

02.20. Гомогенизатор потока перед разделением, FTT-KOTES

02.21. Эжектор кольцевого движения, FTT-KOTES

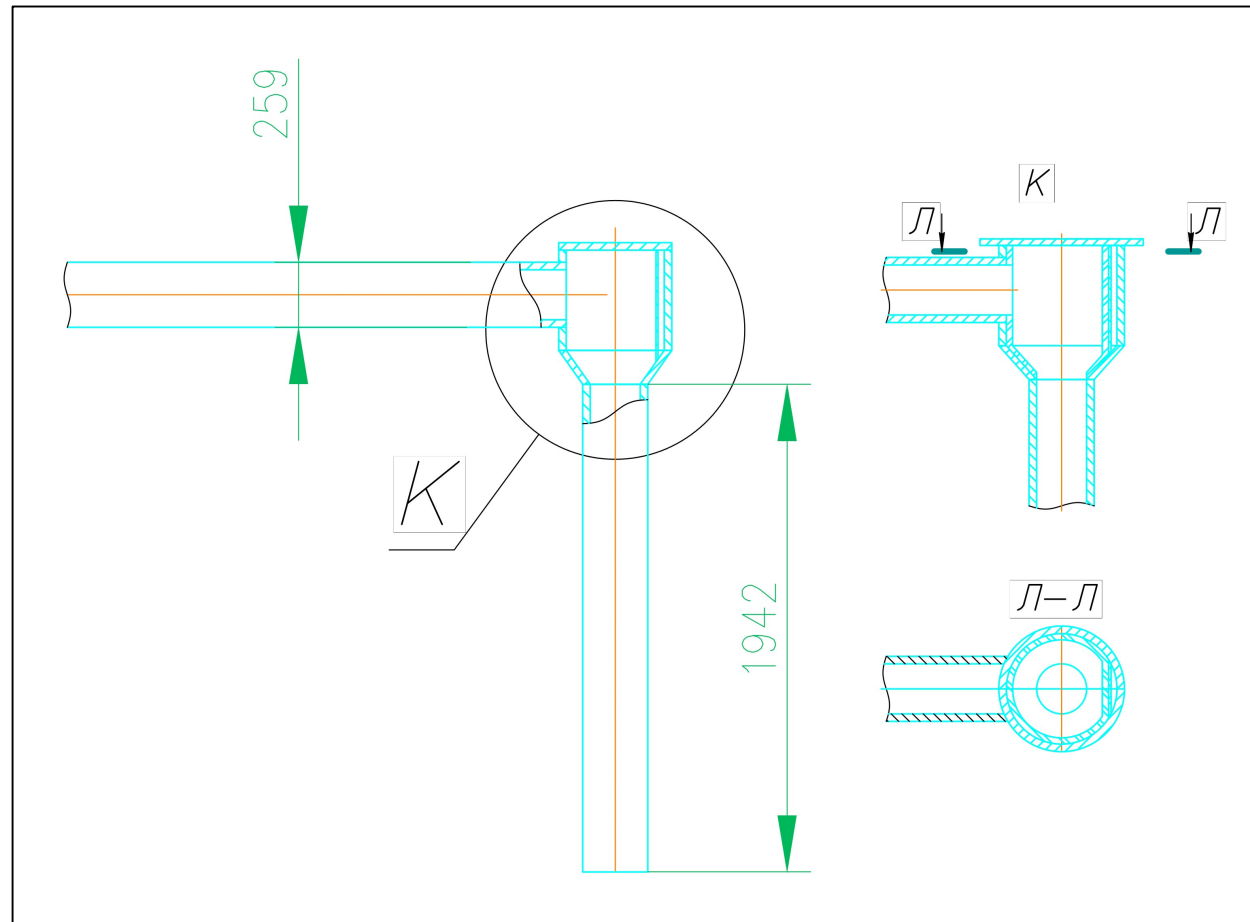


Рис 14. Гомогенизатор потока поз. 02.20

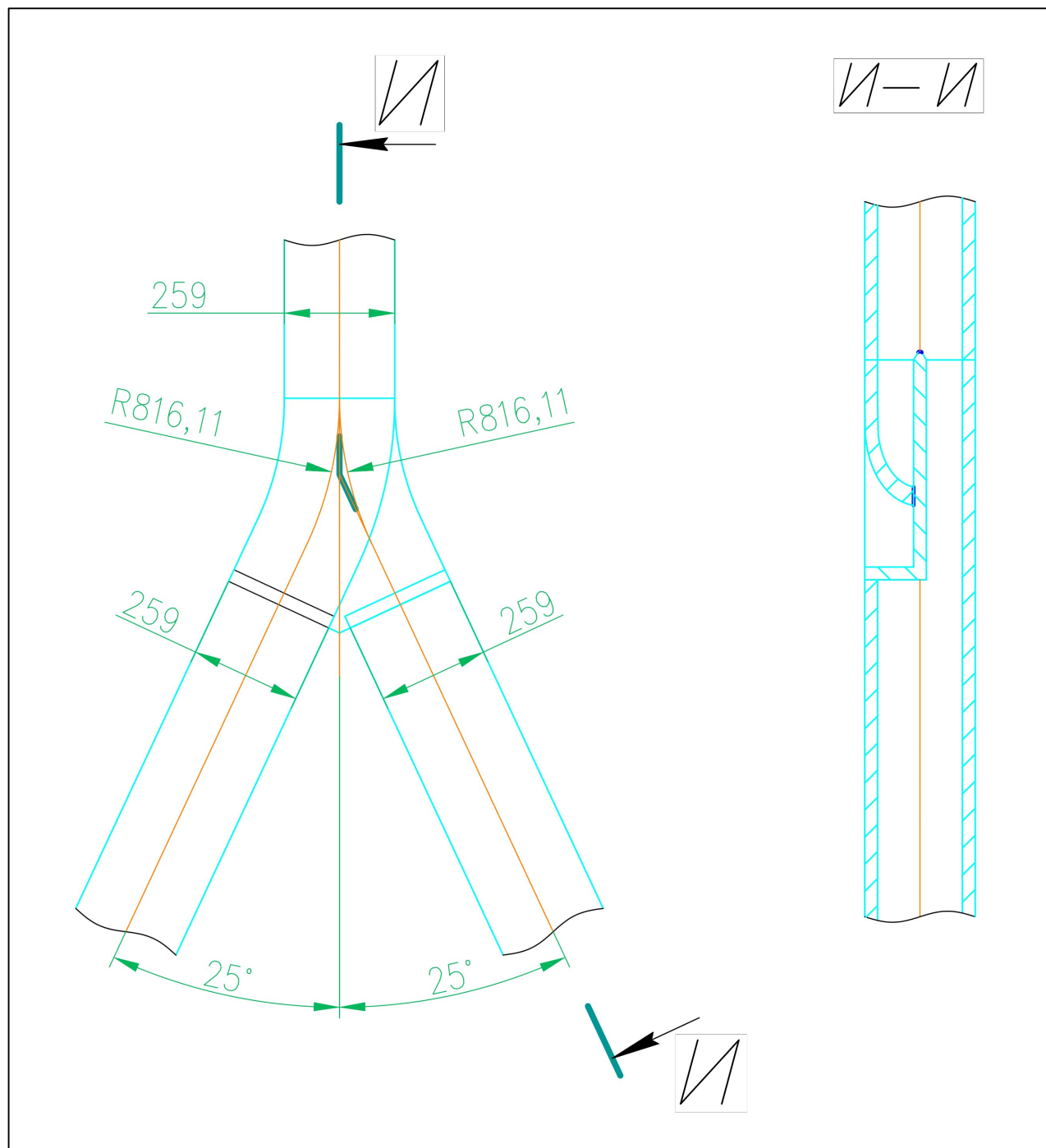


Рис 15. Делитель потока угольной пыли Поз. 02.19

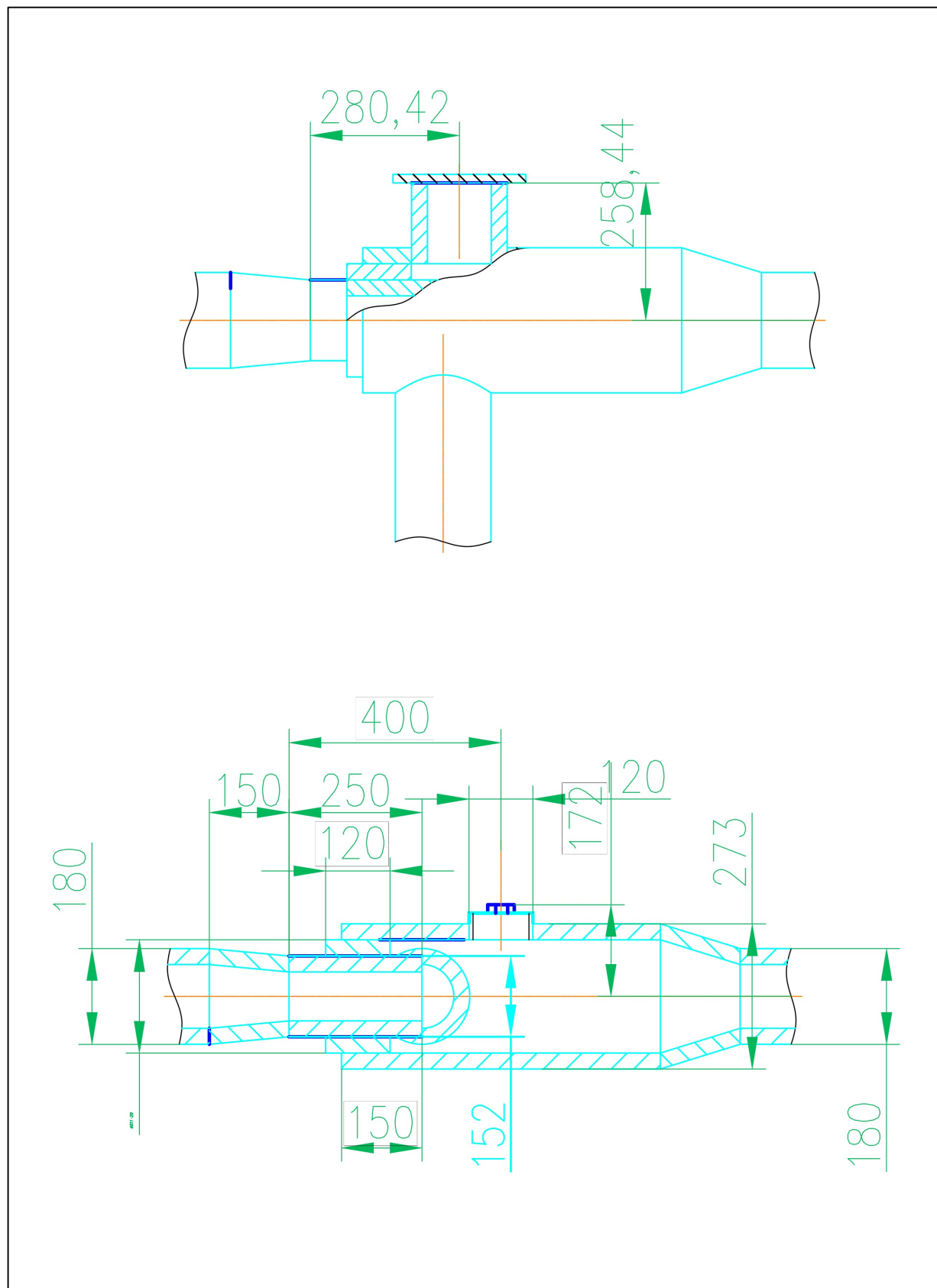


Рис 16. Эжектор Кольцевого движения Поз.02.21



3.3. Абразивная защита

Абразивная защита коллектора и ответвлений может быть выполнена на основе каменного литья, каменное литье является наиболее дешёвой абразивной защитой, его применение возможно, так как эти узлы находятся в области температур 200-250 °С. Технические характеристики материала приведены в Приложение 3. WPE_Cast_basalt. Реализация керамической защиты с использованием каменного литья предполагает заказ указанных элементов у специализированных Изготовителей. Толщина слоя керамики 10-25 мм.

В проекте заложена абразивная защита узлов путем выбора повышенной толщины стенок: коллектор угольной пыли Ф 180х30 мм; ответвления к фурмам Ф 40х4 мм. При выполнении абразивной защиты из керамики срок службы указанных узлов может быть увеличен в 5-10 раз без замены. В рабочем проекте коллектора и ответвлений может использоваться абразивная защита керамикой или увеличением толщины стенок труб, на выбор Заказчика.

4. Оборудование на ответвлениях от коллектора к фурмам

Подводы к фурмам. Чертёж 161 FTT. 05.00.000

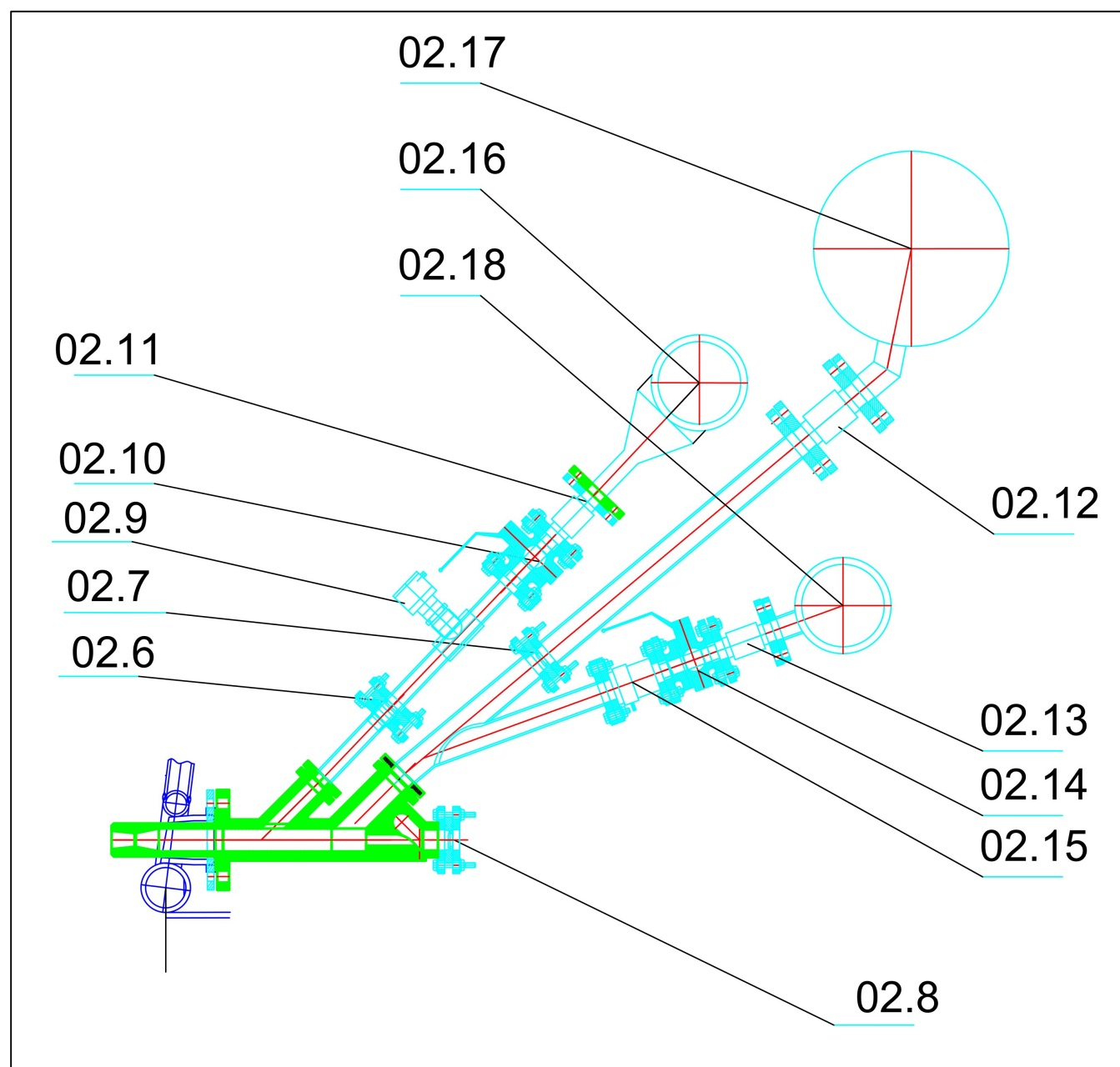


Рис 17. Арматура и приборы на ответвлениях к фурмам от коллекторов



- 02.6. Межфланцевый Обратный клапан RSK DN 32 на трубопроводе угольной пыли,
Температурный диапазон до 250°C, Firma ebro-armaturen, www.ebro-armaturen.com
- 02.7. Межфланцевый Обратный клапан RSK DN 40 на трубопроводе вторичного воздуха.
Температурный диапазон до 350 °C, Firma ebro-armaturen, www.ebro-armaturen.com
- 02.8. Межфланцевый Обратный клапан RSK DN 40 на фурме.
Температурный диапазон до 350 °C, Firma ebro-armaturen, www.ebro-armaturen.com
- 02.9. Прибор контроля потока ПУТ FlowSwitch 510M
Температурный диапазон до 250 °C, Firma Müttec Instruments, www.muetec.de
- 02.10. Запорный шаровой клапан KBR DN 32, Firma Cera Valve, www.cerasystem.de
Температурный диапазон до 250°C
- 02.10.1. Для отбора проб угольной пыли и измерения расходов устанавливается:
Трёхходовой кран KL 104/KT104 SSTHF DN32, Firma Fergo Armaturen GmbH,
www.fergo.biz
- 02.11. Сильфонный фланцевый компенсатор MG 30 DN 32, Firma MADAS s.r.l. ,
<http://madas.it> , <http://madas.ru>
Температурный диапазон до 250°C
- 02.12. Сильфонный фланцевый компенсатор MG 30 DN 40, Firma MADAS s.r.l. ,
<http://madas.it> , <http://madas.ru>
Температурный диапазон до 350°C
- 02.13. . Сильфонный фланцевый компенсатор MG 30 DN 50, Firma MADAS s.r.l. ,
<http://madas.it> , <http://madas.ru>
Температурный диапазон до 250°C
- 02.14. Запорный шаровой клапан KBR DN 50, Firma Cera Valve, www.cerasystem.de
Температурный диапазон до 100°C
- 02.15. Пневматический быстродействующий клапан КБ-40-10-Ф,
ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru
- 02.16. Коллектор раздачи ПУТ, Ду 180, FTT-KOTEC
- 02.17. Коллектор вторичного воздуха, Ду 420
- 02.18. Коллектор – накопитель сжатого воздуха Ду 180, PN 10,
ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru
- 05.1. Пневматический быстродействующий клапан КБ-80-10-Ф,
ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru Для подачи воздуха (повышения давления) в коллектор
сжатого воздуха очистки фурм

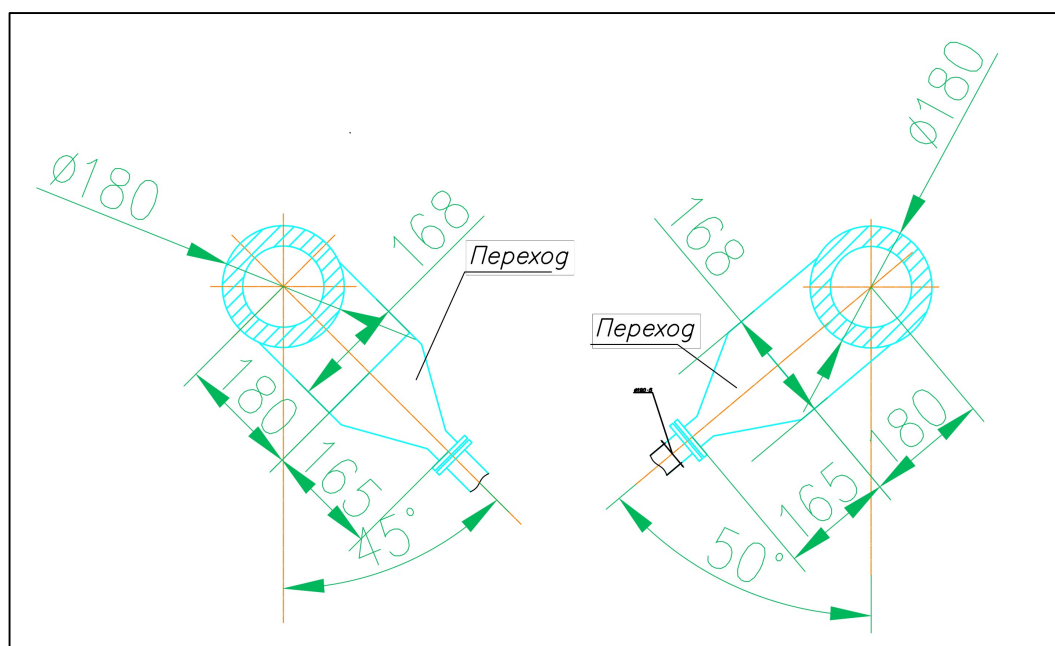


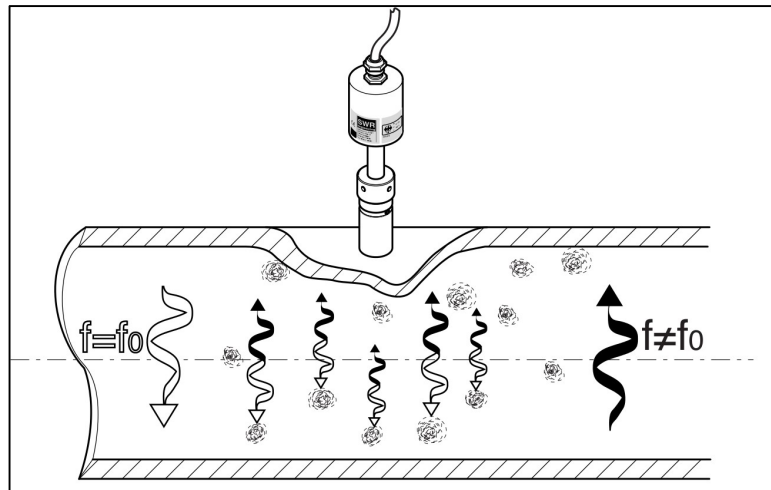
Рис 18.



Расширительная камера в месте присоединения отводов к фурмам.

На Рис 18. показана расширительная камера в месте присоединения отводов к фурмам. Продольная длина камеры рассчитана таким образом, что частицы угольной пыли успевают развернуться в сторону отвода вместе с потоком воздуха и не пролетают дальше. Это обеспечивает попадание в отводы частиц всех размеров, присутствующих в потоке.

5. Контроль потока угольной пыли к фурмам.



Используется бесконтактный микроволновой датчик, регистрирующий изменение сигнала отражённой волны при наличии потока твёрдых частиц и в воздухе при исчезновении потока.

Рис 19. Принцип измерения

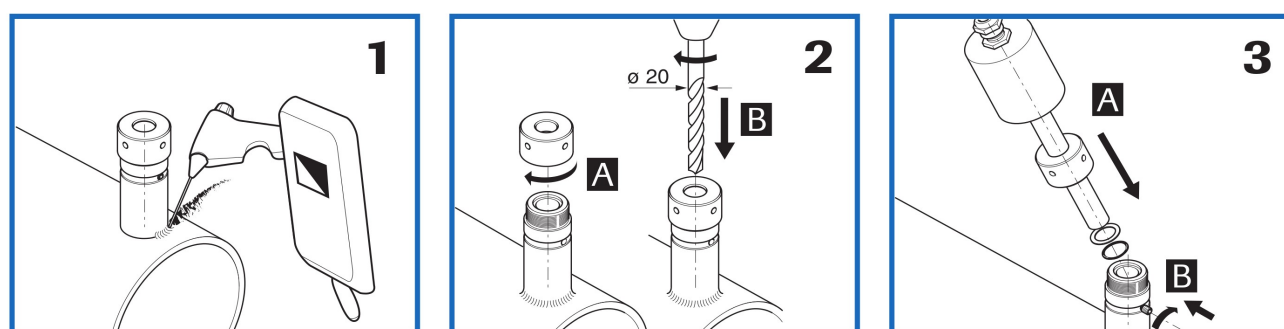


Рис 20. Монтаж датчика на трубопроводе

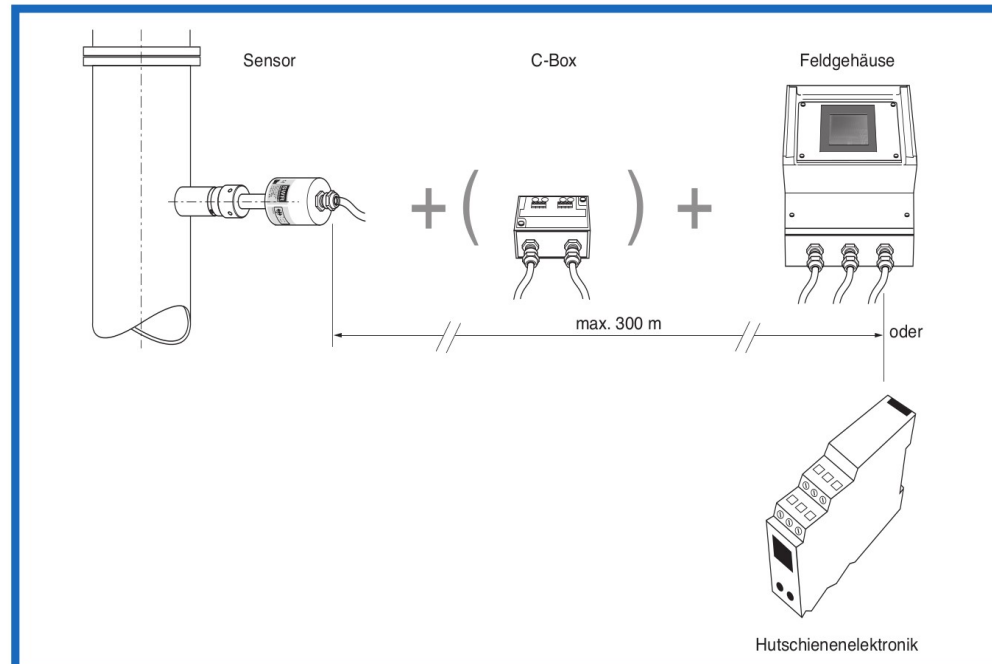




Рис 21. Подключение датчика к вторичному прибору

Прибор выдаёт сигнал ДА-НЕТ во внешнюю схему управления, которая генерирует световой непосредственно на фурме требующей очитки, и/или звуковой сигнал, сигнал на мониторе оператора. Возможно автоматическое подключение (срабатывание) системы импульсной очитки к фурме, где зарегистрирован сигнал НЕТ.

6. Импульсная очитка фурм.

Арматура на подводах к фурмам обеспечивает контроль ДА-НЕТ потока угольной пыли. Это выполняется прибором микроволнового бесконтактного контроля поз. 02.9. При получении сигнала НЕТ включается контрольная лампа в операторной или сигнал на дисплее, возможно звуковое сопровождение, затем включается импульсная очитка соответствующей фурмы.

В иных случаях происходит поочерёдная профилактическая очитка фурм, последовательно одна за другой через задаваемый промежуток времени. Действующей средой для очитки является сжатый воздух давлением 6-10 бар. Проникновение волны давления в трубопровод угольной пыли и в трубопровод вторичного воздуха блокируется обратными клапанами, установленными на отводах к коллекторам. Возможность механической очитки фурм через обратный клапан поз. 2.8. сохраняется.

Сжатый воздух накапливается в коллекторе поз. 2.18, который служит резервуаром. Время срабатывания пневматических клапанов поз.02.15 не более 0,04 секунды обеспечивает мощную волну давления выходящую через сопло подключенной фурмы. При снижении давления в коллекторе сжатого воздуха ниже расчётного, открывается клапан 05.1 и давление в коллекторе автоматически повышается до расчётного.

Описанная система позволяет непрерывно автоматически выполнять контроль потока угольной пыли к фурмам и автоматически выполнять очитку фурм. Этим повышается эффективность работы и управляемость процессами в печи ШВУ.

Описание арматуры, приборов контроля, рабочие параметры приведены в Приложениях 6-12:

Приложение 6 Обратный клапан 08-01_RSK_07-2016_DE

Приложение 7 Сильфонные компенсаторы rasport-mg-30

Приложение 8 Шаровые краны CERA_Valves_de_web

Приложение 9 Трёхходовые краны zwei weg KL104-KT104-SSTHF

Приложение 10 Трёхходовые фланцевые краны zwei weg Kugelhahn Reg17AMP3de_fergo

Приложение 11 Трёхходовые межфланцевые краны zwei weg KL105-KT105-CSTHF

Приложение 12 Прибор контроля потока ПУТ FlowSwitch 510M Prospekt

Приложение 13 Прибор контроля потока ПУТ SolidFlow 2.0-PI-DE-2016-06-24

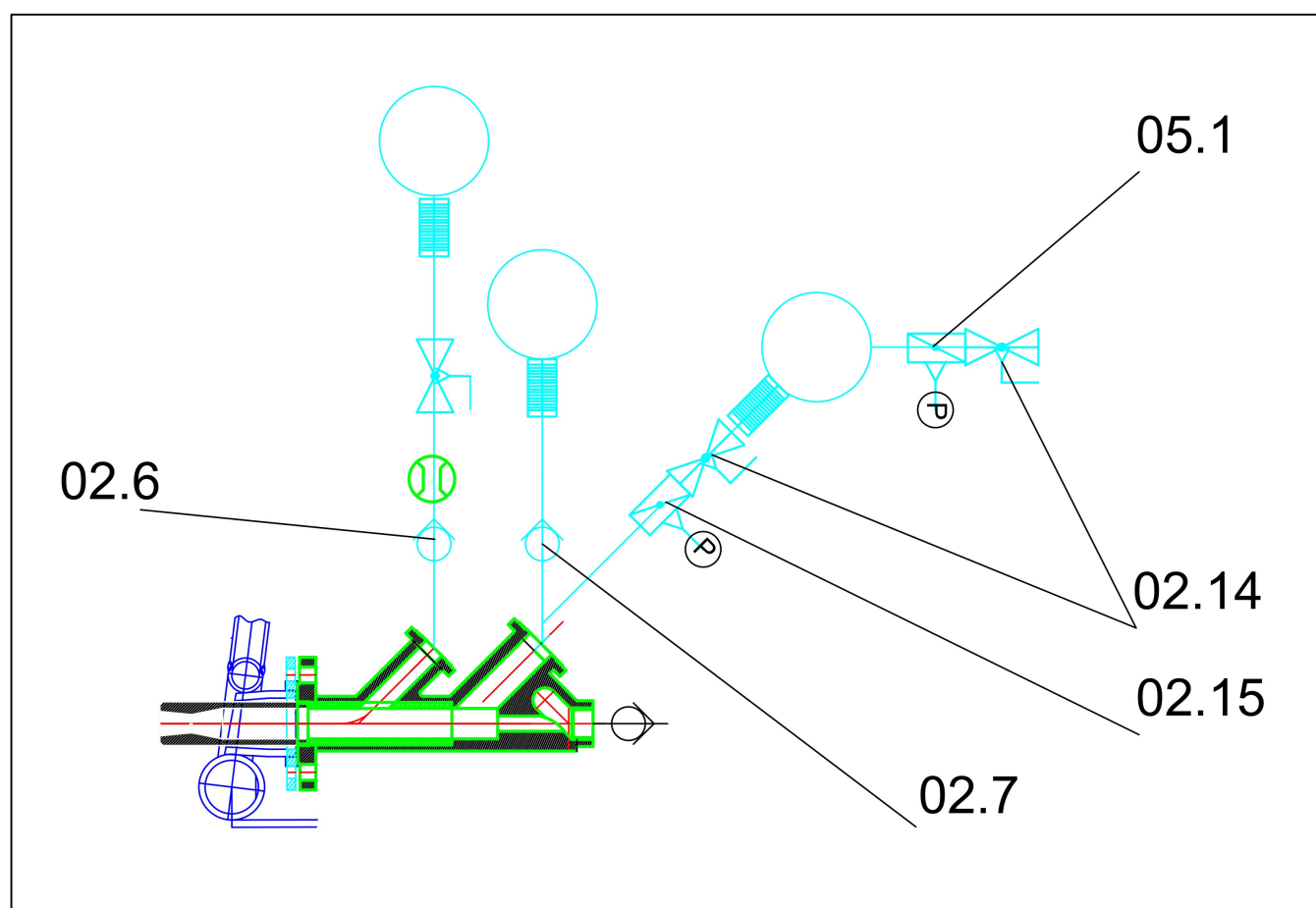


Рис 22. Схема импульсной очистки фурм

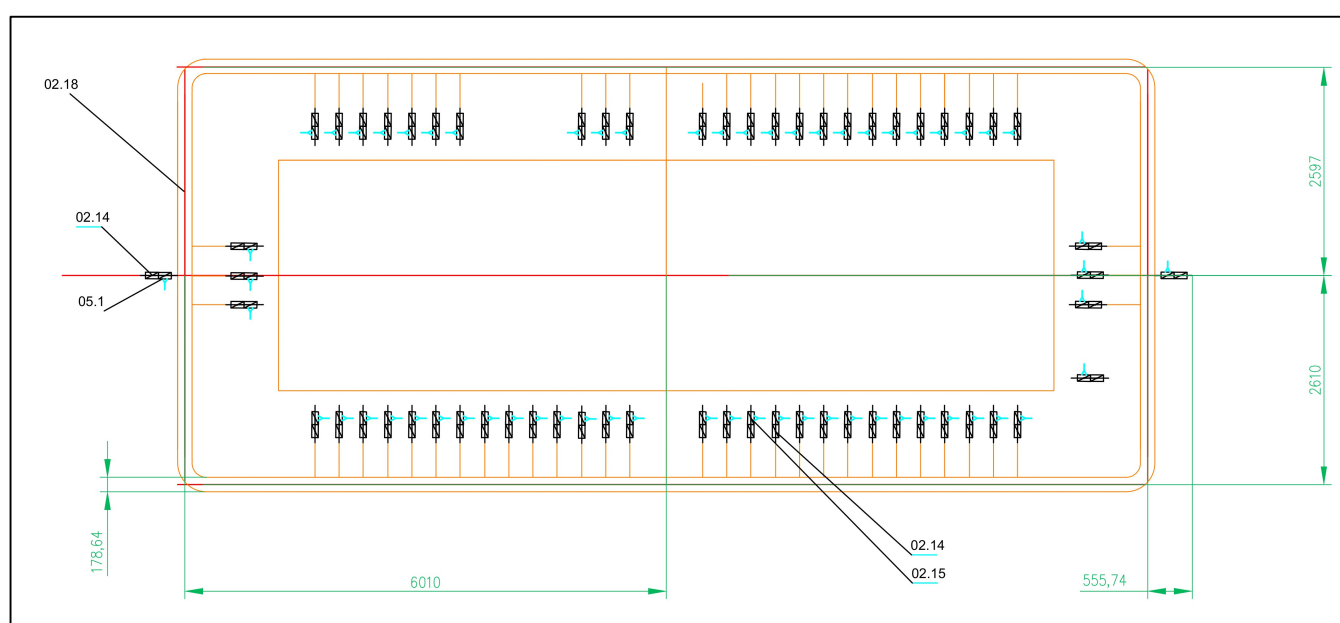


Рис 23. Коллектор воздуха импульсной очистки фурм

Коллектор сжатого воздуха импульсной очистки. Чертёж 161 FTT. 06.01.000

02.14. Запорный шаровой клапан KBR DN 50, Firma Cera Valve, www.cerasystem.de
 Температурный диапазон до 100°C

02.18. Коллектор – накопитель сжатого воздуха Ду 180, PN 10,
 ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru



05.1. Пневматический быстродействующий клапан КБ-80-10-Ф,
ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru Для подачи воздуха (повышения давления) в коллектор
сжатого воздуха очистки фурм

Систему импульсной очистки фурм можно установить и ввести в работу в ППР не дожидаясь
полной модернизации ШВУ. Закупленная арматура и приборы контроля могут быть позже
полностью использованы в модернизированной установке.

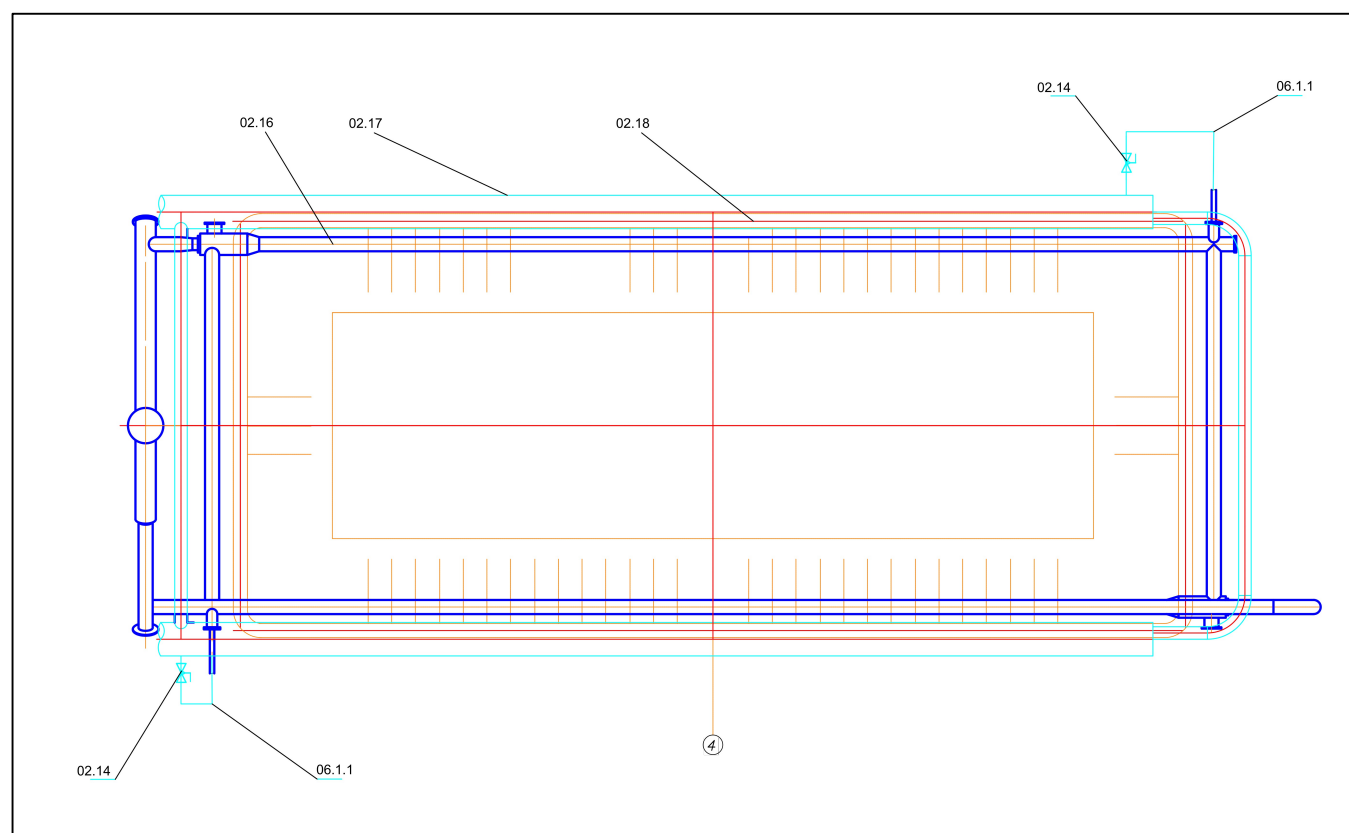


Рис 24. Взаиморасположение коллекторов вокруг печи ШВУ

02.14. Запорный шаровой клапан KBR DN 50, Firma Cera Valve, www.cerasystem.de

Температурный диапазон до 100°C

02.16. Коллектор раздачи ПУТ, Ду 180, FTT-KOTEC

02.17. Коллектор вторичного воздуха, Ду 420

02.18. Коллектор – накопитель сжатого воздуха Ду 180, PN 10,

ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru

05.1. Пневматический быстродействующий клапан КБ-80-10-Ф,

ООО "НПП "ИСТА", ista@ista-pneumatics.ru Для подачи воздуха (повышения давления) в коллектор
сжатого воздуха очистки фурм

6.1.1. Патрубок подачи вторичного воздуха в торец поперечного коллектора ПУТ для
интенсификации потока (продувка).



7. Расчёт режимов подачи угольной пыли совместно с режимами работы мельницы и подачи воздуха в печь

Данный раздел описывает принципы автоматического регулирования мельницы для поддержания оптимального рабочего уровня угольной пыли в расходном бункере, совместно с работой дозатора (расхода угольной пыли) и регулированием подачи вторичного воздуха и воздуха дожигания в печь.

Обычные общие граничные условия для работы угольной мельницы:

- диапазон регулирования производительности 300-100%
- оптимальный режим - безостановочная работа в течение срока работы ШВУ.

В случае использования для инертизации азота от внешнего источника возможна остановка мельницы с одновременным переключением подачи азота напрямую к мельнице, без нагрева в КУ. Это значительно упрощает эксплуатацию оборудования помольного участка ШВУ.

При работе мельницы в штатном режиме уровень угольной пыли в расходном бункере должен автоматически поддерживаться в диапазоне 20-90%. При этом производительность мельницы автоматически регулируется в зависимости от уровня в расходном бункере и потребления угольной пыли.

Алгоритм управления:

1. Уровень угольной пыли 50%, расход угля автоматически выставляется по датчику расхода угольной пыли. Расход угольной пыли $\times 1,15 = K1 \times$ расход угля на мельницу; $K1=1,0$

2. Уровень угольной пыли в бункере растёт от 50% к 90%. Подача угля у мельнице ступенчато понижается с коэффициентами $K1$, в зависимости от уровня угольной пыли в бункере:

Уровень в бункере, %	60%	70%	80%	90%
$K1$ – коэффициент снижения производительности мельницы	0,9	0,7	0,5	0,4-0,3

3. Уровень угольной пыли в бункере уменьшается от 50% к 90%. Подача угля у мельнице ступенчато повышается с коэффициентами $K1$, в зависимости от уровня угольной пыли в бункере:

Уровень в бункере, %	50%	40%	30%	20%
$K1$ – коэффициент снижения производительности мельницы	1,0	1,2	1,4	1,5-1,6

Реальный рабочий расход угольной пыли на печь ШВУ составляет при работе на антраците 4-6,5 тонн /час. Автоматическое регулирование производительности мельницы при номинальной производительностью 8,9 тонн/час позволяет вернуться к уровню в бункере 50% начиная от нижнего уровня 20% в бункере. Это может потребоваться например при старте печи ШВУ из холодного состояния, когда угольная пыль 0,5 часа-1 час расходуется из бункера накопителя без подачи в него свежей угольной пыли из мельницы.

Регулирование вторичного воздуха выполняется по показаниям датчика расхода угольной пыли и показаниям газоанализатора за КУ. В средней стадии фьюмингования при непрерывной продувки шлака соотношение может поддерживаться автоматически по настройкам полученным в при режимно наладочных испытаниях. При выпуске шлака и при заливке шлака оператор выставляет расход угольной пыли и воздуха по показаниям газового анализа.

Расход воздуха на дожигание в основном периоде фьюмингования поддерживается автоматически по показаниям газового анализа за КУ. Оптимальное регулирование при заливке шлака и выпуске шлака определяется при режимно наладочных испытаниях.



8 Выводы:

7.1. Разработаны три варианта новых фурм с защитой от внешнего и внутреннего абразивного износа.

Предлагаем до модернизации опробовать предложенные конструкции на существующей ШВУ.

7.2. Найдены технические решения по снижению внешнего абразивного износа путём ошиповки трубной поверхности кессонов в зоне наз фурмами.

Предлагаем до модернизации опробовать ошиповку на существующей печи ШВУ.

7.3. Выполнен анализ «мертвых зон» и зон со слабым барботажем, снижающих производительность печт ШВУ. Предложены технические решения по повышению эффективности печи ШВУ путём разворота фурм.

Предлагаем выполнить в рамках НИР численное моделирование барботажных потоков в печи ШВУ для обоснования конструкторской разработки по развороту фурм и других решений.

7.4. Найдены технические решения по контролю потока ДА-НЕТ в отдельных фурмах.

Предлагаем закупить и опробовать 2-3

фурм. По получению положительных результатов реализовать очистку на всех фурмах или на проблемных фурмах, наиболее подверженных заносу.

8.6. **Предлагаем** выполнить патентование основных найденных технических решений по модернизации ШВУ.