

УДК 621.311.22

## Реконструкция внешних газоходов блока 1200 МВт Костромской ГРЭС

Салов Ю.В., Варнашов В.В., кандидаты техн. наук, Горшенин С.Д., асп.

**Приведен анализ состояния и выявлены недостатки существующих газоходов блока 1200 МВт Костромской ГРЭС. Предложена новая аэродинамическая схема газоходов и участков сопряжения их с дымососами. Определен эффект от реконструкции.**

*Ключевые слова:* внешние газоходы, цокольная часть, дымосос, аэродинамическая схема, реконструкция, обтекатель.

## Reconstruction of the 1200 megawatt unit breechings of Kostromskaya GRES

**The presented analysis of the condition and is revealed defects of existing breechings of the 1200 megawatt unit of Kostromskaya GRES. It is offered a new aerodynamic scheme of breechings and section of the interfacing them with smoke exhauster. The effect from reconstruction is certain.**

*Key words:* breeching, chimney base, smoke exhauster, aerodynamic scheme, reconstruction, fairing.

Газоотводящий тракт третьей очереди (дымовая труба №3 и примыкающие к ней газоходы) предназначен для удаления дымовых газов от котла типа ТГМП-1202 паропроизводительностью 3950 т/ч в составе энергетического блока с турбиной 1200 МВт. Топливом служит природный газ (резервным – мазут М100).

Паровой котел ТГМП-1202 проектировался для работы под наддувом. Для обеспечения работы котла и удаления уходящих газов установлены три турбовоздуходувки. Уходящие газы удалялись по трем ниткам внешних газоходов, выполненных из сборных кремнебетонных плит. В качестве резерва помимо трактов воздуходувок были установлены тракты дымососов ДОД-43ГМ. В процессе эксплуатации котла под наддувом наблюдалась большая загазованность в помещениях главного корпуса. В связи с этим котел перевели на уравновешенную тягу, а основные тракты от воздуходувок были отглушены. В основные газоходы ниток А и В включены дымососы расчетной нагрузки (ДРН) типа ГД-31. Их необходимость вызвана недостаточной производительностью основных дымососов из-за высокого сопротивления газоотводящего тракта. При температуре наружного воздуха 25–27°С, по данным эксплуатации, блок № 9 набирает нагрузку в пределах 1180–1172 МВт даже с учетом работы ДРН [1].

Существующая схема внешних газоходов представлена на рис. 1. Внешние газоходы блока №9 выполнены из кремнебетонных панелей по индивидуальной схеме «дымосос – цокольная часть дымовой трубы». Диффузор-переходы за осевыми дымососами выполнены несимметричными (рис. 1, поз. 5). В месте их сопряжения с газоходами имеется уступ 200 мм, что дополнительно увеличивает сопротивление. Экспериментальные аэродинамические исследования показали, что существующая схема внешних газоходов обладает высоким сопро-

тивлением, которое обусловлено нерациональной формой элементов (диффузор-переходы после дымососов, повороты, тройники) и высокой скоростью уходящих газов, которая составляет 21–28 м/с, вместо рекомендуемых 12–14 м/с [2].

Цокольная часть газоотводящего ствола была выполнена с двухсторонними окнами для ввода газоходов от двух блоков 1200 МВт. В результате того, что в настоящее время на Костромской ГРЭС установлен только один блок 1200 МВт, половина цоколя со стороны предполагаемого второго блока была заглушена металлическим щитом, перегородка в центре была установлена под прямым углом к оси газоходов. Направляющие пандусы выполнены под углом 45° к горизонту. Сопряжение-переход верхней части цоколя с кремнебетонным газоотводящим стволом выполнен из металла в виде сложного многогранника с радиусом 3,2 м.

В результате разрушения кремнебетонных плит газоходов и нарушения герметизации швов между ними увеличились присосы воздуха в газоотводящий тракт. Для увеличения газоплотности и несущей способности плит внутренняя поверхность газоходов была усилена арматурой с нанесением слоя силикатполимербетона толщиной 100 мм. В результате этого сечение газоходов было заужено, что привело к увеличению скорости уходящих газов и еще большим аэродинамическим потерям.

Обследование, проведенное в 2006 г. сотрудниками ОНИЛ ОВВБ ТЭС и АЭС ИГЭУ совместно с эксплуатационным персоналом Костромской ГРЭС, показало, что и защитное покрытие и кремнебетонные плиты разрушаются. На основании этого руководством ГРЭС было принято решение о реконструкции внешних газоходов.

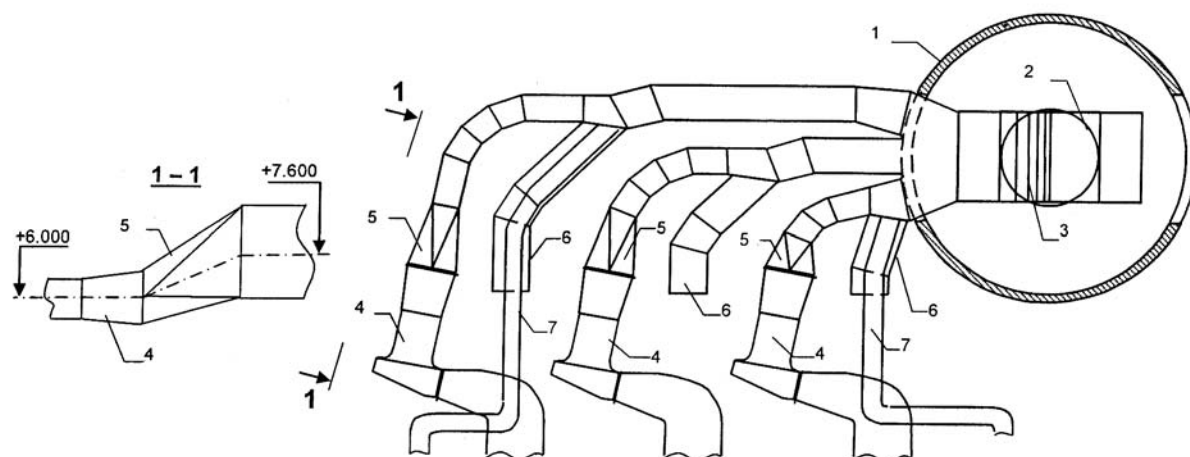


Рис. 1. Существующая схема внешних газоходов энергоблока 1200 МВт Костромской ГРЭС: 1 – железобетонная оболочка дымовой трубы № 3; 2 – кремнебетонный газоотводящий ствол; 3 – направляющий пандус под углом 45°; 4 – дымососы ДОД-43; 5 – диффузор-переход; 6 – тракты ниток А, Б и В при работе котла под наддувом; 7 – газоход от ДРН

В целях определения оптимальной конструкции цокольной части было исследовано несколько ее вариантов. Первоначальная конструкция цокольной части, а также варианты ее модельных исследований представлены на рис. 2.

Экспериментальные исследования показали, что наименьшим сопротивлением обладает цокольная часть по варианту рис. 2, поз. 4. Однако реализация данного варианта потребовала бы больших капитальных затрат и времени. Поэтому при реконструкции, проведенной в 2002 г. в период капитального ремонта блока 1200 МВт, цокольная часть была выполнена по более простому в исполнении варианту (рис. 2, поз. 2).

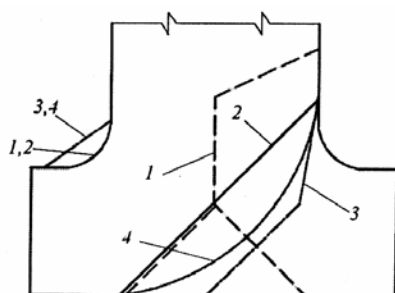


Рис. 2. Схемы цокольной части дымовой трубы №3: 1 – первоначальная схема,  $\zeta = 0,69$ ; 2 – пандус выполнен под углом 45°,  $\zeta = 0,6$ ; 3 – пандус выполнен из плоских элементов, сопряжение верхней стенки газохода выполнено под углом 25°,  $\zeta = 0,42$ ; 4 – пандус выполнен по радиусу, сопряжение верхней стенки газохода выполнено под углом 25°,  $\zeta = 0,36$

В целях обеспечения экономичности работы блока 1200 МВт на основе вариантных модельных исследований был разработан технический проект реконструкции внешних газоходов, который лег в основу при рабочем их проектировании.

Для определения оптимальной схемы реконструкции внешних газоходов была разработана экспериментальная установка (рис. 3). Сечения газоходов в модели выбраны в масштабе

1:27. При этом скорость в реальных газоходах принята равной 16–17 м/с.

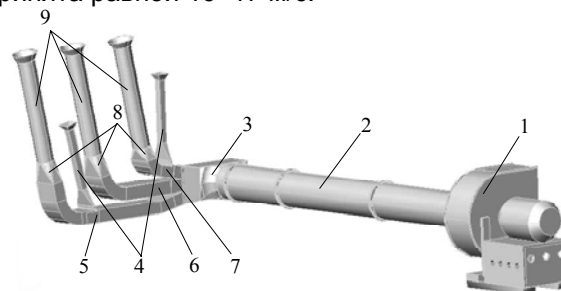


Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки: 1 – вентилятор; 2 – газоотводящий ствол; 3 – цокольная часть; 4 – газоход от ДРН; 5, 6, 7 – нитки А, Б, В; 8 – диффузор-переход после дымососа; 9 – прямой участок

В ходе проведения вариантных продувок была исследована новая схема внешних газоходов с различными вариантами выполнения цокольной части и диффузор-переходов за дымососами:

- 1 вариант: цокольная часть выполнена по варианту рис. 2, поз. 2, диффузор-переходы за дымососами (рис. 3, поз. 8) – симметричны относительно их оси (равные углы раскрытия верхней и нижней стенки);

- 2 вариант: цокольная часть выполнена по варианту рис. 2, поз. 2, диффузор-переходы за дымососами – несимметричны относительно их оси (верхняя стенка выполнена наклонной, нижняя наклона не имеет).

- 3 вариант: цокольная часть выполнена по варианту рис. 2, поз. 3, диффузор-переходы за дымососами – симметричны относительно их оси;

- 4 вариант: цокольная часть выполнена по варианту рис. 2, поз. 3; диффузор-переходы за дымососами – несимметричны относительно их оси;

• 5 вариант: цокольная часть выполнена по варианту рис. 2, поз. 4, диффузор-переходы за дымососами – симметричны относительно их оси.

Результаты экспериментальных продувок сведены в табл. 1.

Таблица 1. Суммарный коэффициент местного сопротивления исследованных вариантов модели внешних газоходов

Газоход	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Нитка 9А	0,978	1,088	1,035	0,854	0,758
Нитка 9Б	0,84	1,057	1,054	0,734	0,62
Нитка 9В	0,896	1,078	1,037	0,844	0,676
ДРН9А	1,172	1,146	1,084	1,063	0,952
ДРН9Б	1,169	1,181	1,130	1,106	0,949

Анализ результатов вариантных продувок моделей газоходов показал, что выполнение диффузор-переходов симметричными позволяет снизить суммарное сопротивление тракта на 20–25% по сравнению с существующими несимметричными. Это связано с обеспечением более плавного течения в канале диффузор-перехода, снижением вихреобразований и отрывом потока от его стенок.

При изменении сопряжения верхней стенки крестовины с цокольной частью суммарный коэффициент местных потерь всей схемы снижается незначительно (по нитке 9А на 5 %, по нитке 9Б на 0,3 %, по нитке 9В на 4 %).

Наименьший коэффициент сопротивления получен по варианту 5. Потери напора, по сравнению с существующей схемой, в реальных условиях эксплуатации при этом снижаются на 21–29 мм вод. ст. Но ввиду неоправданных капитальных затрат на реконструкцию как окончательный был принят вариант с существующей (реконструированной по схеме ИГЭУ) цокольной частью (рис. 2, поз. 2) и симметричными диффузор-переходами после дымососов.

Рекомендуемая схема реконструкции газоходов представлена на рис. 4.

Газоходы выполняются металлическими. Это позволит ликвидировать присосы наружного воздуха в тракт. Сечения по ниткам 9А, 9Б и 9В приняты размерами 4×7,85 м с учетом компоновки существующих фундаментов и размера окна железобетонной оболочки дымовой трубы.

Перед входом в цокольную часть все нитки газоходов объединяются в общий короб сечением 11,2×7,85 м.

Компенсаторы и неподвижные опоры были расставлены таким образом, чтобы обеспечить равномерные температурные удлинения отдельных участков газохода и исключить значительные перемещения в поперечных относительно его оси направлениях.

Результаты сравнительного анализа существующей и рекомендуемой аэродинамических схем газоходов представлены в табл. 2.

Снижение затрат электроэнергии на привод дымососов при числе часов работы установленной мощности 5500 ч/год и прочих равных условиях составит 1257,5 МВт ч/год.

Анализ схем участков сопряжения осевых дымососов блоков 300, 500, 800 МВт с газоходами показал их аэродинамическое несовершенство.

Применительно к новой схеме внешних газоходов блока 1200 МВт были проведены экспериментальные исследования выходных участков дымососов ДОД-43, которые показали, что за выходным диффузором дымососа образуется зона отрыва потока из-за резкого расширения сечения за внутренним кожухом (рис. 5, поз. 6). Это приводит к увеличению местного сопротивления. Одним из способов снижения сопротивления является установка обтекателя на срезе внутреннего кожуха осевого дымососа [4].

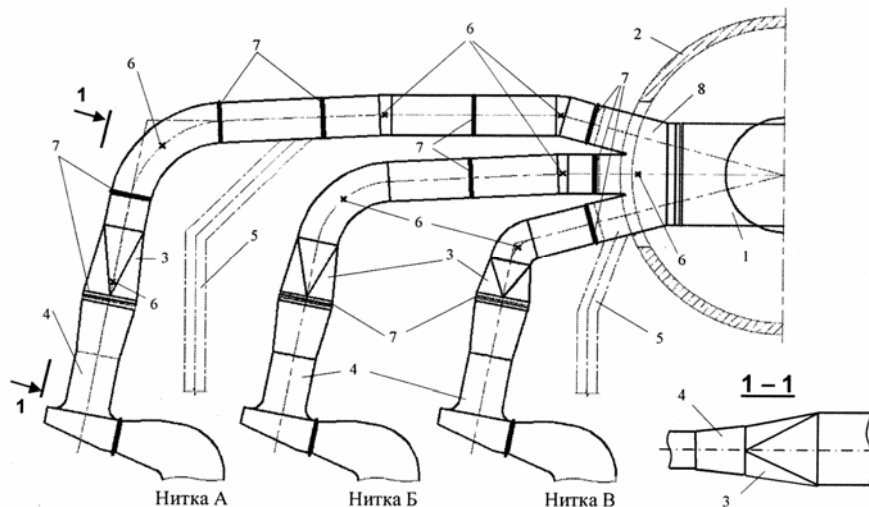


Рис. 4. Схема внешних газоходов по проекту реконструкции: 1 – цокольная часть дымовой трубы №3; 2 – железобетонная оболочка; 3 – диффузор-переход после дымососа; 4 – дымосос ДОД-43ГМ; 5 – газоход от ДРН; 6 – неподвижная опора; 7 – компенсатор; 8 – крестовина

Таблица 2. Результаты сравнительного анализа рекомендованной схемы газоходов блока 1200 МВт с существующей

Газоход	Сопротивление, мм вод. ст.		Снижение сопротивления, мм вод.ст.	Снижение мощности на привод дымососов, кВт
	Существующая схема	Рекомендованная схема		
Нитка А	39,8	26,4	15,2	89,4
Нитка Б	37,3	25	12,3	72,4
Нитка В	31	11	20	117,6
Сумма	-	-	-	279,4

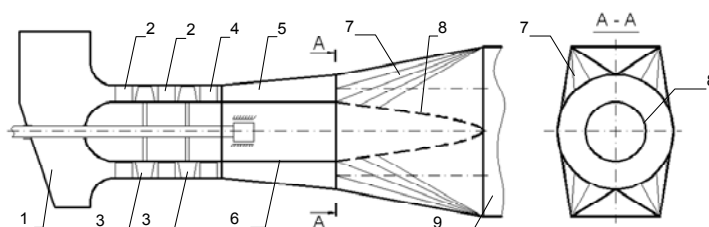


Рис. 5. Схема осевого дымососа и участка сопряжения с газоходом: 1 – всасывающий карман; 2 – поворотный направляющий аппарат; 3 – рабочие лопатки; 4 – спрямляющий аппарат; 5 – выходной диффузор дымососа; 6 – внутренний кожух выходного диффузора; 7 – участок сопряжения дымососа с газоходом; 8 – обтекатель; 9 – газоход

Результаты экспериментальных исследований (табл. 3) показали, что установка обтекателей на срезе внутреннего кожуха выходного диффузора дымососа позволяет при мало затратных мероприятиях сократить коэффициент местного сопротивления участка «дымосос – цокольная часть» для новой схемы внешних газоходов блока 1200 МВт на 4–9,5 %. Снижение мощности, затрачиваемой на привод дымососов ДОД-43 при этом составляет 80 кВт, экономия топлива – 120 т/год (при  $\tau_{уст} = 5500$  ч/год).

Таблица 3. Коэффициенты местного сопротивления участка «дымосос – цокольная часть» для новой схемы внешних газоходов

Наименование характеристик	Нитка А	Нитка Б	Нитка В
Коэффициент местного сопротивления без обтекателя/ с обтекателем	0,849/0,809	0,783/0,718	0,874/0,832
Снижение сопротивления, мм вод. ст./%	2,11/6,5	3,43/4	5,02/9,5
Снижение мощности на привод дымососов, кВт	15,2	28,8	36,1

Разработанная схема участка сопряжения дымососов с газоходами рекомендована к внедрению на блоках 300, 500, 800 МВт, при этом конструкция обтекателя разрабатывается индивидуально, в зависимости от типа дымососа, длины и формы поперечного сечения участка сопряжения дымососа с газоходом, отметки расположения участков газоходов и их трассировки.

## Заключение

В результате анализа работы газоотводящего тракта энергоблока 1200 МВт были выявлены недостатки, приводящие не только к повышенным затратам электроэнергии на привод дымососов, ограничению располагаемой мощности энергоблока, но и к разрушению самих конструкций внешних газоходов.

В целях повышения надежности и экономичности работы газоотводящего тракта был разработан технический проект реконструкции внешних газоходов и участка сопряжения дымососов с газоходами, который был принят за основу при рабочем их проектировании Нижегородским Теплоэлектропроектом. Реконструкцию планируется провести в 2010 г.

Экономический эффект от реконструкции газоходов на участке «дымосос – цокольная часть» заключается в снижении мощности на привод дымососов до 360 кВт, что составляет 5 % от их максимальной мощности. Экономия топлива составит 540 т.у.т/год.

## Список литературы

1. **Повышение** эффективности работы газоотводящего тракта энергоблока 1200 МВт ОАО «Костромская ГРЭС» / С.Н. Балдин, Н.Н. Балдин, Ю.В. Салов, В.В. Варнашов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2003. – № 4. – С. 56–60.
2. **Компьютерный** анализ и проектирование внешних газоходов ТЭС / Ю.В. Салов, В.А. Семашко, В.В. Варнашов и др. // Вестник ИГЭУ. – 2002. – Вып. 1. – С. 56–60.
3. **Рихтер Л.А.** Газовоздушные тракты тепловых электростанций. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. **Заявка** на полезную модель №2009134437. Осевой дымосос.

Салов Юрий Васильевич,  
Ивановский государственный энергетический университет,  
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры тепловых электрических станций, академик Российской академии промышленной экологии,  
телефон (4932) 38-73-34.

Варнашов Виктор Васильевич,  
Ивановский государственный энергетический университет,  
кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций,  
e-mail: onil-ovvb@yandex.ru

Горшенин Сергей Дмитриевич,  
Ивановский государственный энергетический университет,  
аспирант кафедры тепловых электрических станций,  
телефон (4932) 38-73-34.