

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОМПРЕССОРНАЯ УСТАНОВКА

Д.А. Шнайдер, П.Н. Дивнич, Т.А. Барбасова

Изложены основные результаты расчета режимов струйного парового компрессора, предназначенного для повышения параметров низкопотенциального отработанного пара с целью его эффективной утилизации. Описана автоматизированная система регулирования режимов компрессорной установки.

Ключевые слова: автоматизация, компрессорная установка.

Паровой компрессор является струйным аппаратом, в котором осуществляется процесс инжекции, заключающийся в передаче кинетической энергии одного потока пара (с высокими параметрами) другому потоку пара (с низкими параметрами) путем непосредственного контакта (смешения потоков).

Повышение давления инжектируемого потока без непосредственных затрат механической энергии является основным, принципиальным качеством струйных аппаратов. Благодаря этому качеству использование струйных аппаратов во многих отраслях техники позволяет получать более простые и надежные технические решения по сравнению с применением механических нагнетателей.

Простота схем включения струйных аппаратов в различные установки наряду с исключительной простотой конструкции и несложности изготовления позволяет их использование в различных производствах, в том числе на участке энергокорпуса ПСЦ ОАО «ММК».

1. Анализ вариантов установки пароструйного компрессора для подачи пара в деаэраторы энергокорпуса

Конструктивная схема пароструйного компрессора представлена на рис. 1.

Расчет режимов работы пароструйного компрессора для подачи пара в деаэраторы энергокорпуса проведен по методике [1-3] для входных параметров рабочего пара: давление пара 6-12,5 кгс/см², расход 20-30 т/ч, температура 204 °С и входных параметров инжектируемого пара: давление пара 2-2,5 кгс/см², расход 20-30 т/ч, температура 170 °С. Результаты расчетов вариантов установки пароструйного компрессора для 8 режимов работы приведены в табл. 1.

Рабочим режимом работы пароструйного компрессора, исходя из условий эксплуатации,

Шнайдер Дмитрий Александрович - к.т.н., доцент кафедры автоматики и управления ЮУрГУ; shneider@ait.susu.ac.ru.

Дивнич Петр Николаевич - аспирант кафедры автоматики и управления ЮУрГУ; Divnich@mnmk.ru.

Барбасова Татьяна Александровна - к.т.н., доцент кафедры автоматики и управления ЮУрГУ; barbasow@mail.ru.

выбран второй режим (см. табл. 1). Соответствующие результаты расчета геометрических параметров аппарата и параметров потока на выходе компрессора приведены на рис. 2-5.

В целях проверки практической возможности использования пароструйного компрессора для подачи низкопотенциального пара с промотборов турбин на деаэраторы энергокорпуса с давлением пара на выходе компрессора 4-4,7 кгс/см² проведен производственный эксперимент, в ходе которого давление пара, подаваемого на систему деаэрации энергокорпуса, было снижено с 6 до 4 кгс/см². Расход воды через деаэраторы во время эксперимента изменялся в зависимости от режимов работы технологического оборудования в диапазоне от 100 до 400 т/ч.

Эксперимент показал, что указанного давления достаточно для нормальной работы деаэраторов при различных режимах работы технологического оборудования, что подтверждает возможность и целесообразность внедрения пароструйного компрессора для подачи избытков низкопотенциального пара с промотборов турбин на деаэраторы энергокорпуса. Результаты проведенного эксперимента приведены в табл. 2.

Однако для поддержания выбранного рабочего режима работы пароструйного компрессора необходимо осуществлять автоматическое регулирование параметров пара. С этой целью была разработана автоматизированная система управления пароструйным компрессором.

Система автоматического регулирования режимами пароструйного компрессора включает в себя: пароструйный компрессор; регулирующий клапан с электромеханическим исполнительным механизмом У1, расположенный на подводящем паропроводе рабочего пара; датчики температуры пара ТЕ1-ТЕ3 на входах и выходе компрессора; датчики давления пара РЕ1-РЕ3 на входах и выходе компрессора; датчики расхода GE1-GE2 на трубопроводах инжектируемого и смешанного пара.

Структурная схема АСУ пароструйного компрессора представлена на рис. 6. Как видно из рис. 6 сигналы с датчиков давления, температуры и расхода пара передаются в микропроцессорный

Результаты расчетов режимов работы пароструйного компрессора

№	Параметры режима	Давление на выходе, кгс/см ²	Диаметр камеры смещения, м	Длина камеры смещения, м	Расстояние сопла от камеры смещения, м	Длина диффузора, м	Критич. диаметр рабочего сопла, м	Выходной диаметр сопла, м
1	$P_{инж} = 2 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 6 \text{ кгс/см}^2$ $G_{раб} = 20 \text{ т/ч}$ $G_{инж} = 20 \text{ т/ч}$	3,21	0,206	1,238	1,567	1,819	0,085	0,333
2	$P_{инж} = 2 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 12,5 \text{ кгс/см}^2$ $G_{инж} = 20 \text{ т/ч}$ $G_{раб} = 20 \text{ т/ч}$	4,05	0,152	0,914	1,535	2,086	0,061	0,321
3	$P_{инж} = 2,5 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 6 \text{ кгс/см}^2$ $G_{инж} = 20 \text{ т/ч}$	3,80	0,210	1,260	1,567	1,741	0,085	0,329
4	$P_{инж} = 2,5 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 12,5 \text{ кгс/см}^2$ $G_{инж} = 20 \text{ т/ч}$ $G_{раб} = 20 \text{ т/ч}$	4,79	0,145	0,872	1,481	2,128	0,061	0,310
5	$P_{инж} = 2 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 6 \text{ кгс/см}^2$ $G_{инж} = 30 \text{ т/ч}$ $G_{раб} = 30 \text{ т/ч}$	3,21	0,219	1,516	1,722	1,490	0,104	0,369
6	$P_{инж} = 2 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 12,5 \text{ кгс/см}^2$ $G_{инж} = 30 \text{ т/ч}$ $G_{раб} = 30 \text{ т/ч}$	4,05	0,187	1,120	1,690	1,880	0,075	0,355
7	$P_{инж} = 2,5 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 6 \text{ кгс/см}^2$ $G_{раб} = 30 \text{ т/ч}$ $G_{инж} = 30 \text{ т/ч}$	3,80	0,257	1,543	1,696	1,457	0,104	0,364
8	$P_{инж} = 2,5 \text{ кгс/см}^2$ $P_{раб} = 12,5 \text{ кгс/см}^2$ $G_{инж} = 30 \text{ т/ч}$ $G_{раб} = 30 \text{ т/ч}$	4,79	0,178	1,067	1,632	1,933	0,075	0,343

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования режимов подачи пара на деаэраторы энергокорпуса

№ опыта	Время	Давление пара перед системой деаэрации, кгс/см ²	Расход пара на деаэраторы, т/ч	Температура питательной воды, °С
1	09:30	6,0	39,0	100
2	09:40	5,2	34,0	100
3	09:50	4,8	37,5	100
4	10:00	4,0	42,0	100
5	15:10	4,0	32,0	102

контроллер, который обеспечивает выполнение функций автоматического регулирования давления пара, сигнализации выхода параметров за установленные допустимые пределы, передачи текущих данных по параметрам пара и приема команд управления с рабочей станции диспетчера.

Установка пароструйного компрессора с автоматизированной системой управления, осуществляющего смещение низкопотенциального пара с промотборов турбин давлением 2,0-2,7 кгс/см² с высокопотенциальным паром давлением 12,5-16,0 кгс/см², дает возможность получить на выходе компрессора пар давлением около

4,0-4,7 кгс/см², который может быть использован для подачи на деаэраторы.

Схема включения пароструйного компрессора в технологическую схему пароснабжения представлена на рис. 7. Как видно из схемы на рис. 7 паровой компрессор включен параллельно существующей автоматической редуцирующей установке 1, настроенной на поддержание давления пара на выходе равным 4 кгс/см (РУ 16/4). При нормальном режиме работы давление пара на выходе компрессора превышает 4 кгс/см², в результате чего РУ 1 закрыто. Расход пара с промотборов турбин идет через компрессор на деаэраторы.

Рабочий режим компрессора обеспечивается регулирующим клапаном 3 по сигналу с датчиков давления рабочего и смешанного пара (см. рис. 6). Если, в случае недостаточной подачи рабочего пара, давление на выходе компрессора становится меньше 4 кгс/см^2 , то РУ 1, автоматически открывается обеспечивая требуемое давление и расход пара на деаэраторах 4 кгс/см^2 за счет использования высокопотенциального пара (существующий режим). При этом, однако, снижается полезная подача пара на выработку электроэнергии.

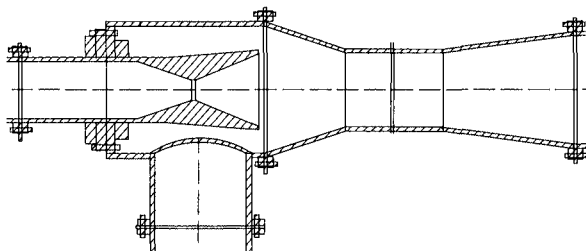


Рис. 1. Схема пароструйного компрессора:
 А – рабочее сопло;
 В – конфузор;
 С – камера смешения;
 D – диффузор

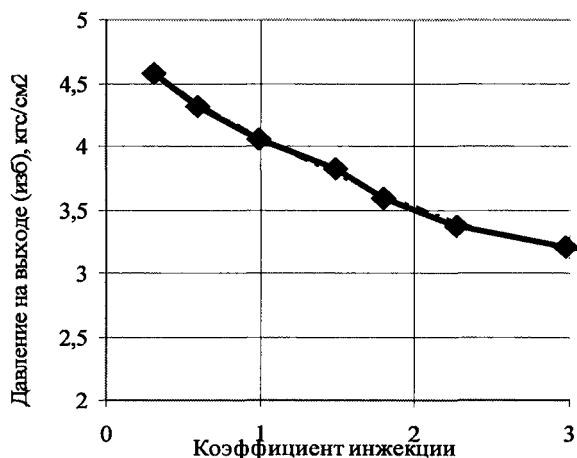


Рис. 2. Зависимость давления пара на выходе компрессора от коэффициента инжекции

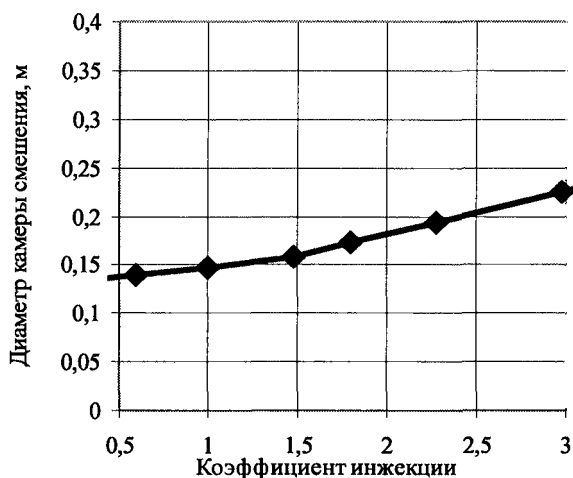


Рис. 3. Зависимость диаметра камеры смешения от коэффициента инжекции

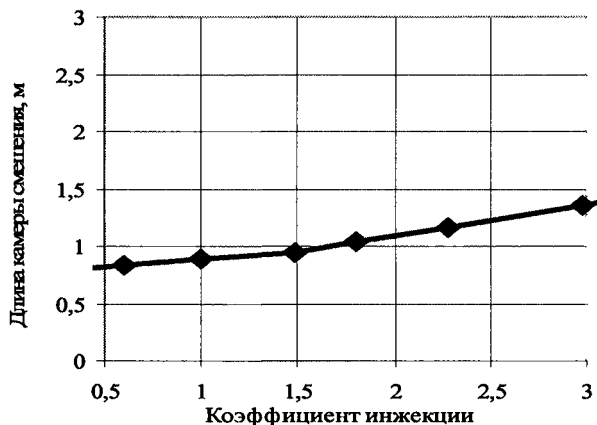


Рис. 4. Зависимость длины камеры смешения от коэффициента инжекции

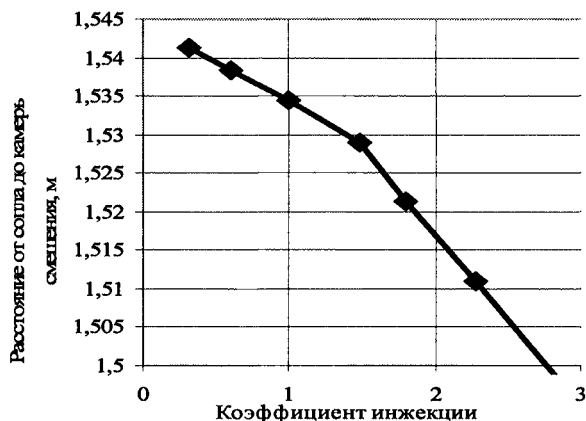


Рис. 5. Зависимость расстояния среза сопла от камеры смешения от коэффициента инжекции

Для защиты паровых турбин от повышенного давления в промотборе, связанного с изменением режимов работы парового компрессора в результате аварийных либо плановых остановов технологического оборудования энергокорпуса, предусмотрен предохранительный клапан 2.

Избыток пара с промотборов может также быть использован в сетевых бойлерах для нагрева теплофикационной воды.

Заключение

Паровой компрессор позволяет повысить давление инжектируемого потока низкопотенциального пара без непосредственных затрат механической энергии путем непосредственного смешения с паром более высоких параметров. Благодаря этому качеству паровой компрессор может быть использован для утилизации отработанного пара в различных отраслях промышленности, в том числе в металлургическом производстве.

В этой связи проведен расчет и анализ режимов работы парового компрессора, предназначенного для подачи пара в деаэраторы энергокорпуса паросилового цеха ОАО «ММК».

При этом для выявления диапазона допустимого снижения давления пара, подаваемого в систему деаэрации, был проведен производственный

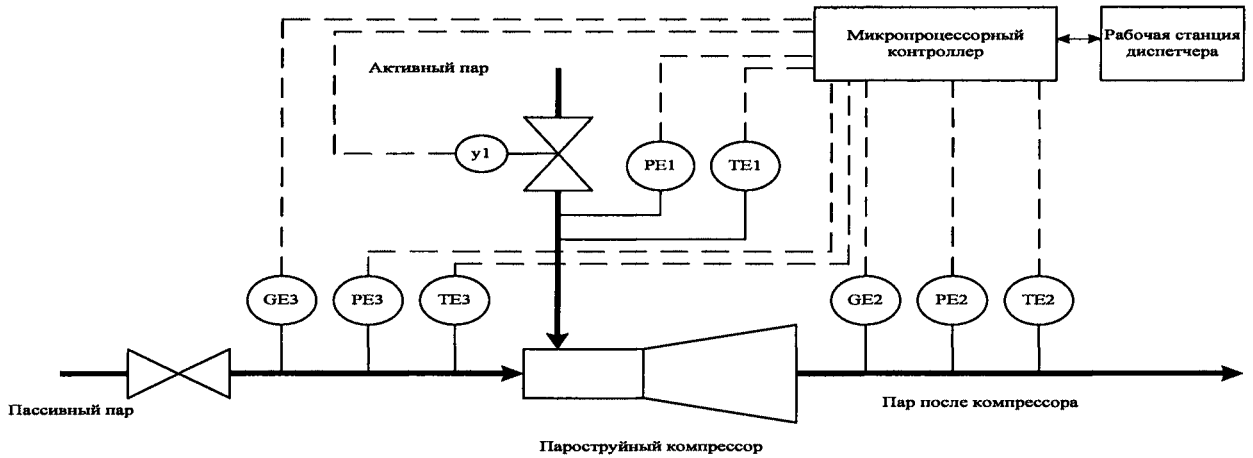


Рис. 6. Структурная схема АСУ пароструйного компрессора

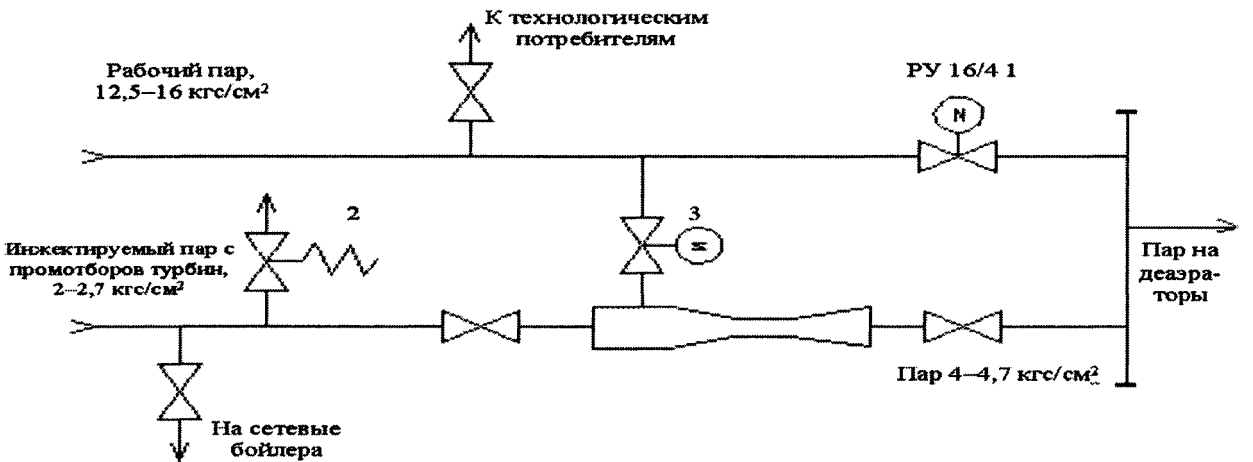


Рис. 7. Структурная схема включения пароструйного компрессора

эксперимент, который показал, что давления пара 4 кгс/см^2 достаточно для нормальной деаэрации при изменении расхода питательной воды в широком диапазоне (от 100 до 400 т/ч).

В результате получено максимальное расчетное давление пара на выходе компрессора $4,79 \text{ кгс/см}^2$ при коэффициенте инжекции $u = 1$, давлении рабочего пара $12,5 \text{ кгс/см}^2$ и инжектируемого пара $2,5 \text{ кгс/см}^2$. При снижении давления инжектируемого пара до минимального значения $2,0 \text{ кгс/см}^2$ расчетное давление на выходе компрессора составляет $4,05 \text{ кгс/см}^2$, что выше допустимого порога давления на деаэрацию, выявленного в ходе эксперимента.

Для поддержания заданного рабочего состояния пароструйного компрессора при различных режимах работы технологического оборудования энергокорпуса необходимо производить автоматизированное регулирование работы аппарата, путем изменения подачи рабочего пара. С этой целью разработана микропроцессорная системы автоматического регулирования режимов пароструйного компрессора. Регулируемым параметром является давление рабочего пара на входе компрессора. Дополнительным регулируемым параметром, накладывающим ограничения на контур регулирования давления рабочего пара, является давление пара на выходе компрессора,

поддержание которого в допустимом диапазоне необходимо по условиям технологии.

Практическое использование разработанной автоматизированной компрессорной установки позволит утилизировать низкопотенциальный пар с промотборов турбин путем его использования в системе деаэрации энергокорпуса и тем самым повысить эффективность существующей системы пароснабжения потребителей промплощадки ОАО «ММК».

Литература

1. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 352 с.
2. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник. Рекомендован Государственной службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98 / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. - М.: Изд-во МЭИ, 1999. - 168 с.
3. Зингер, Н. М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем / Н. М. Зингер. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 250 с.

Поступила в редакцию 12 мая 2008 г.