

**УДК 669.162.214****Д.В. СТАЛИНСКИЙ**, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор,**В.К. КИТЧЕНКО**, заместитель генерального директора,**А.А. ВИНОГРАДОВ**, заместитель главного инженера структурного подразделения,**Д.И. ТЕРЕПЕНЧУК**, инженер I категории

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

ПОВЫШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАРА, ВЫРАБАТЫВАЕМОГО СИСТЕМАМИ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Представлено техническое решение по повышению параметров пара, вырабатываемого системами испарительного охлаждения холодильных плит доменных печей и клапанов воздухонагревателей, с использованием технологии механической компрессии пара. Анализ экономической эффективности предложенного решения подтверждает перспективность внедрения данной технологии на предприятиях Украины и России.

Ключевые слова: система испарительного охлаждения, принудительная циркуляция, механическая компрессия пара, барабан-сепаратор, парокomppressor, химически очищенная вода.

В настоящее время десятки доменных печей (ДП) России и Украины работают с применением систем испарительного охлаждения (СИО) как с принудительной, так и с естественной циркуляцией. СИО характеризуется относительной простотой эксплуатации и небольшими капитальными вложениями при достаточно высоких показателях эффективности охлаждения и надежности. Это единственная система, которая при кратковременном отключении электроэнергии может эффективно работать на естественной циркуляции. Отсутствие большого количества оборудования (теплообменных аппаратов, насосов, градирни и т.д.), которое используется в системах охлаждения технической и химически очищенной водой с замкнутым контуром, делает испарительное охлаждение металлургических агрегатов одним из самых экономичных методов. За счет использования в СИО химически очищенной деаэрированной воды исключается накипеобразование в охлаждаемых элементах, что позволяет увеличить продолжительность кампании ДП в 1,5–2 раза по сравнению с периодом кампании печи с системами охлаждения технической водой.

Еще одним существенным преимуществом испарительного охлаждения является получение пара, который может быть использован для технологических нужд. Однако в связи с низкими параметрами пара, вырабатываемого СИО, а также ввиду того, что при прогаре холодильных плит возможно попадание в него CO , использование такого пара сопряжено с рядом трудностей.

На многих предприятиях его просто выбрасывают в атмосферу, в то время как для технологических целей применяют пар, вырабатываемый на заводских ТЭЦ, что приводит к увеличению потребления энергоресурсов в доменном производстве, а также вызывает ряд других проблем. Так, в зимнее время на многих металлургических комбинатах из-за конденсата на металлоконструкциях печи образуются наледы, что нарушает работу грузочного оборудования ДП и повышает риск травмирования работников.

Решением проблемы эффективного использования пара, вырабатываемого установками испарительного охлаждения доменных печей, является повышение его параметров. Для этого предлагается применить установку механической компрессии пара, которая обеспечит его прямое сжатие с увеличением давления и температуры до технологически необходимых величин.

Рассмотрим использование технологии механической компрессии пара на примере ДП № 4 ПАО «Металлургический комбинат «Азовсталь». В настоящее время практически весь пар, вырабатываемый системами испарительного охлаждения комбината, сбрасывается в атмосферу, так как он не находит потребителей из-за своих низких параметров. Вместе с тем на ДП № 4 используется большое количество пара, вырабатываемого ТЭЦ, ориентировочная стоимость которого составляет, по данным комбината, 337 грн за 1 Гкал. Этот пар идет на нужды потребителей, указанных в табл. 1.

**Таблица 1 – Использование пара на ДП № 4
ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ»**

Направление использования пара	Расход, т/час	Режим потребления
Колошниковое устройство	0,5 2,5	постоянно во время остановки печи
Бункера БЗУ	2,5	периодически
Продувка уравнительных клапанов и зондов	0,5	периодически
Продувка газопроводов чистого газа на воздухонагреватели	1,0	периодически
Продувка газопровода природного газа	2,5	периодически
Заполнение пылеуловителя	0,5 10,0	постоянно во время остановки печи
Уплотнение седла отсекающего клапана	0,3	постоянно
Обогрев сальника штанги отсекающего клапана	0,2	постоянно зимой
Подача к винтовому транспортеру	0,5	периодически зимой
Увлажнение дутья	3–6	постоянно
Обогрев азотопроводов и импульсных трасс	2,0	постоянно зимой
Итого:	нормальный максимальный	10,0 20,0

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработана схема размещения паровых компрессоров на существующей эстакаде воздухонагревателей (рис. 1). Такое техническое решение позволяет транспортировать насыщенный пар до установки без существенных потерь напора, а также использовать уже имеющиеся строительные конструкции.

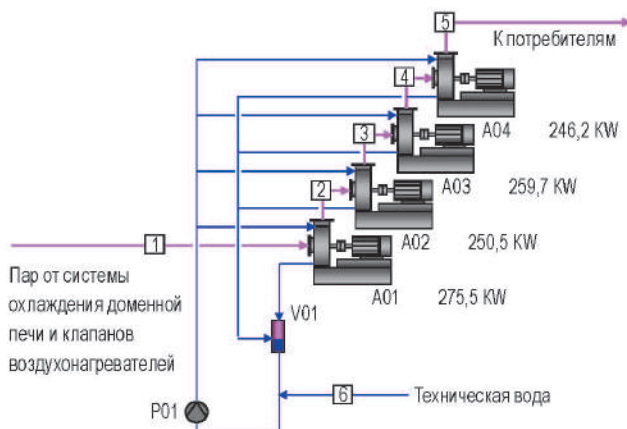


Рисунок 1 – Схема установки паровых компрессоров

Пароводяная смесь, образующаяся в СИО холодильников доменной печи и клапанов воздухонагревателей, попадает в барабаны-сепараторы, где происходит отде-

ление насыщенного пара от воды. Отсепарированный пар с давлением 1,5 бара и температурой 111,4 °С поступает на первый компрессор (1-я ступень), где его давление увеличивается до 2 бар, а температура – до 121,15 °С. Далее пар поступает на второй компрессор, где его давление и температура возрастают до 2,7 бара и 130,15 °С соответственно. Конечные параметры достигаются после четвертого компрессора. В итоге благодаря применению особой схемы размещения парокompрессоров параметры пара повышаются с $P_{абс} = 1,5$ бара и $T = 111,4$ °С до $P_{абс} = 4,6$ бара и $T = 200$ °С (с общим расходом 12,9 т/час), что позволяет обеспечить паром СИО всех потребителей ДП № 4.

Как показывают расчеты, при выработке 1 т пара будет получено 0,643 Гкал тепла, что в общем годовом расходе составит $12,9 \cdot 0,643 \cdot 24 \cdot 365 = 72\ 662$ Гкал, или $337 \cdot 72662 = 24\ 487\ 094$ грн. При этом паровые компрессоры в целом будут расходовать 1 090 кВт·час электроэнергии, что ориентировочно соответствует затратам 1 090 грн/час. Таким образом, годовое потребление электроэнергии в денежном эквиваленте будет равно $1\ 090 \cdot 24 \cdot 365 = 9\ 548\ 400$ грн. За год работы установки экономия составит $24\ 487\ 094 - 9\ 548\ 400 = 14\ 938\ 694$ грн. Укрупненные расчеты капиталовложений на строительство установки механической компрессии пара приведены в табл. 2. Из нее видно, что общие затраты на строительство этой установки составят 2 460 000 евро, а общая экономия достигнет 1 422 700 евро в год. Расчетный срок окупаемости данного проекта – 21 месяц.

Таблица 2 – Укрупненный расчет капиталовложений

Описание	Стоимость, евро
Турбокомпрессор	1 000 000
Бак для конденсата	200 000
Насос для впрыска воды	
Базовый инжиниринг	
Детальный инжиниринг	110 000
Монтажные, строительные работы на объекте, включая материалы (ориентировочно, на основе аналогичных проектов)	210 000
Силовое, электрическое оборудование, включая монтаж и наладку	320 000
Трубопроводы к потребителям пара, включая монтаж, материалы	100 000
Возведение необходимых металлических конструкций, включая монтаж, материалы	20 000
Покраска и изоляция, включая работу и материалы	40 000
Транспортные расходы	50 000
Итого	2 050 000
Стоимость с НДС	2 460 000



ВЫВОДЫ

Анализ применения технологии механической компрессии пара СИО свидетельствует о перспективности ее использования на металлургических предприятиях Украины и России. Внедрение данной технологии позволит уменьшить энергопотребление и снизить негативное влияние выбросов пара на окружающую среду, а высокие технологические показатели дадут возможность окупить капиталовложения за короткий срок и в дальнейшем получать прибыль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Андоньев С.М.** Испарительное охлаждение металлургических печей / С.М. Андоньев. – М. : Металлургия, 1970. – 420 с.
2. **Андоньев С.М.** Охлаждение доменных печей / С.М. Андоньев, О.В. Филиппев, Г.А. Кудинов. – М. : Металлургия, 1972. – 368 с.
3. **Кузнецкий Р.С.** Гидравлика установок испарительного охлаждения / Р.С. Кузнецкий, А.М. Рабинович, О.В. Филиппев. – М. : Металлургия, 1984. – 256 с.
4. **Городецкий Я.И.** Система испарительного охлаждения металлургических агрегатов / Я.И. Городецкий, В.С. Пустовар, О.В. Филиппев. – М. : Металлургия, 1987. – 272 с.
5. **Виноградов А.А.** Современные технические решения систем охлаждения доменных печей / А.А. Виноградов, К. Шауэр // Проблемы доменного производства в современных экономических условиях работы горно-металлургического и топливно-энергетического комплексов : III Междунар. конгресс по агло-коксо-доменному производству, 04–08 октября 2010, Ялта. – Д. : Объединение производителей чугуна, 2010. – С. 126–131.
6. **Виноградов А.А.** Утилизация пара систем испарительного охлаждения / А.А. Виноградов, Ю.И. Цыгулев, И.П. Лазыко, А.С. Павлов // Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды : сб. тр. I Межотраслевой науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, 27–28 марта 2012 г., г. Харьков / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х., 2012. – С. 135–140.

Поступила в редакцию 28.02.2013

Надано технічне рішення з підвищення параметрів пари, що виробляють системи випарного охолодження холодильних плит доменних печей і клапанів повітрянагрівача, з використанням технології механічної компресії пари. Аналіз економічної ефективності наданого рішення підтверджує перспективність запровадження цієї технології на підприємствах України і Росії.

Article provides technical solutions for increase of steam conditions generated by evaporation cooling systems of cooling plates of blast furnaces and valves of air heaters using technologies of steam mechanical compression. Analysis of cost efficiency of the proposed solution confirms availability of this technology implementation at enterprises of Ukraine and Russia.