

УДК 621.65

В.С. БОЙКО, докт.техн.наук, проф., НТУУ «КПИ», Киев,

Н.И. СОТНИК, канд.техн.наук, доц., СумГУ, Сумы

И.Н.СОТНИК, докт.экон.наук, доц.,СумГУ, Сумы,

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗОЛОУДАЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

У статті на прикладі транспортування освітленої технічної води системи золовидалення ТЕС, обґрунтовано оптимальні техніко-економічні рішення по відновленню пропускної здатності системи транспортування з підвищенням рівня її енергетичної ефективності.

Ключові слова: енергоефективність, водопостачання, насосне обладнання, золовидалення.

В статье на примере транспортирования осветленной технической воды системы золоудаления ТЭС, обоснованы оптимальные технико-экономические решения по восстановлению пропускной способности системы транспортирования с повышением уровня ее энергетической эффективности.

Ключевые слова: энергоэффективность, водоснабжение, насосное оборудование, золоудаление.

In this paper the example of the clarified process water transportation system of TPP ash, substantiated the best technical and economical solutions to restore the capacity of transportation systems with higher levels of energy efficiency.

Keywords: energy efficiency, water supply, pumping equipment, ash removal.

1. Постановка проблемы

Энергетические блоки украинских теплоэлектростанций (ТЭС), использующих в качестве топлива уголь, эксплуатируют системы золошлакоудаления. Одним из основных компонентов таких систем является транспортирование шлаков при помощи воды. При транспортировании осветленной воды от прудов-накопителей к котлам энергоблоков иногда возникают проблемы отложения твердого осадка в трубопроводах, которые со временем уменьшают проходное сечение трубы. При этом увеличивается сопротивление системы транспортирования воды и как следствие, снижается давление у потребителей. Иногда ситуация складывается таким образом, что существующими насосными агрегатами насосных станций подача необходимого количества воды становится затруднительной, а иногда и невозможной из-за снижения давления у потребителя ниже допустимого. По этой причине затрудняется работа энергетических блоков на их номинальных параметрах, что приводит к необходимости ограничения мощности энергоблоков и, как следствие, недовыработке электрической энергии, росту ее себестоимости. В связи с этим вопросы очистки таких трубопроводов, мероприятия по

предотвращению отложений, а также их экономическое обоснование становятся весьма актуальными, поскольку существенно влияют на объемы и эффективность выработки электроэнергии в целом по стране с замещением газа каменным углем.

Следует отметить, что проблемы отложения осадка в трубопроводах системы транспортирования осветленной технической воды золошлакоудаления украинских ТЭС в некоторых случаях обусловлены проектными решениями при строительстве энергоблоков, а именно проектной скоростью движения таких жидкостей в трубопроводах. Согласно справочным данным такая скорость должна быть в пределах 1...5 м/с, при этом предпочтительная скорость – 2 м/с [1,2]. Увеличение скорости диктуется экономической целесообразностью, которая определяется соотношением затрат на строительство системы транспортирования и ее эксплуатацию, так как при увеличении объемов перекачиваемой жидкости возрастает сопротивление и потери энергии потока в трубопроводе.

Указанная проблема выявляется, как правило, после многолетней эксплуатации систем транспортирования из-за понижения необходимого давления в системах орошения электрофильтров и смыва шлака. Это обусловлено отсутствием эффективной системы мониторинга состояния транспортных систем (физического состояния трубопроводов и оборудования, изменения удельного расхода электроэнергии на перекачивание 1 м³ жидкости в процессе эксплуатации). Обычно такие системы оснащаются манометрами для контроля давления в линии за насосами и амперметрами контроля тока нагрузки электродвигателей. При этом отсутствует контроль количества перекачиваемой воды и состояния трубопроводов, что со временем, без проведения необходимых профилактических мероприятий, приводит к отказу работы системы и необходимости осуществления значительных капитальных вложений в ее реконструкцию.

2. Анализ последних публикаций

Научные исследования, посвященные вопросам мониторинга состояния и повышения эффективности работы систем транспортирования осветленной технической воды золошлакоудаления украинских ТЭС в настоящее время не носят системного характера, что не позволяет выработать единый подход к решению проблемы, исключив ошибки в проектных решениях. Зачастую отсутствие приборов учета объемов перекачиваемой воды, поагрегатного учета потребляемой электроэнергии не позволяет производить расчеты энергоэффективности технологического процесса золошлакоудаления как поэлементно, так и в целом на действующих станциях.

3. Постановка задачи

На примере транспортирования осветленной технической воды и золошлаков системы золошлакоудаления ТЭС, работающей на угле, в статье обосновываются возможные технические и оптимальные экономические решения по восстановлению пропускной способности системы транспортирования с повышением уровня ее энергоэффективности и обеспечением одновременной работы всех энергоблоков станции в номинальном режиме.

4. Техническое обоснование восстановления пропускной способности системы золошлакоудаления и повышения ее энергоэффективности

Результаты исследования. Существующая гидравлическая система подачи осветленной технической воды от насосной станции НОВ до здания энергоблоков ТЭС спроектирована в расчете на обеспечение технологического процесса золошлакоудаления при работе с номинальной нагрузкой 4-х энергоблоков. Система золошлакоудаления состоит из двух багерных насосных станций (по одной на 2 блока) и 4-х водоводов диаметром 530 мм, протяженностью около 4-х километров каждый. На каждой багерной насосной станции установлено: 2 насоса ГрТ1250/71 с электродвигателями мощностью 630 кВт и числом оборотов 1000 об./мин; 2 насоса 1ГрТ1600/50 с электродвигателями мощностью 500 кВт и числом оборотов 750 об./мин.

Действующий режим работы насосной станции НОВ системы подачи осветленной технической воды характеризуется следующими показателями:

- одновременно работают три насоса типа 350Д90;
- вода на энергоблоки подается по трем водоводам, два из которых имеют диаметры 530 мм и один – диаметр 475 мм;
- максимальный объем перекачиваемой осветленной технической воды – 2800–3000 м³/ч.

Результатом сорокалетнего периода эксплуатации гидравлической системы стало уменьшение проходного сечения водоводов в результате отложения на их внутренних стенках твердых фракций веществ, находящихся в осветленной технической воде. По нашим расчетам, проходное сечение водовода диаметром 530 мм уменьшилось до эквивалентного диаметра 398 мм, а водовода диаметром 476 мм – до эквивалентного диаметра 348 мм. Указанное обстоятельство привело к увеличению гидравлического сопротивления системы и, соответственно, к дополнительному падению напора в сети.

В настоящее время гидравлическая система подачи осветленной технической воды на предприятии не в состоянии обеспечить нормальную работу четырех энергоблоков при их номинальной нагрузке. Расчеты показывают, что при подаче воды тремя насосами в объеме 2100 м³ напор в конце водоводов близок к нулю при напоре за насосами перед напорной задвижкой – 46 м. При этом приводные электродвигатели насосных агрегатов НОВ имеют рабочую нагрузку около 111 кВт, а удельный расход электроэнергии, т.е. затраты электроэнергии на перекачивание 1 м³ осветленной технической воды, составляет 0,158 кВт·ч/м³.

Возможными вариантами решения описанной проблемы являются следующие.

1. *Замена насосного оборудования.* Для преодоления гидравлического сопротивления существующей сети при подаче осветленной воды в объеме 2800–3200 м³/ч при параллельной работе трех насосов и трех существующих водоводов напор насосов необходимо повысить на 35 м. При этом в начале линии напор будет составлять 81 м, а в конце – около нуля. Данный вариант требует замены не только насосов, но и приводных электродвигателей, поскольку их рабочая

мощность будет превышать установленную мощность существующих двигателей.

2. *Замена водоводов.* При полной замене водоводов с использованием труб того же диаметра и при подаче воды в объеме $2100 \text{ м}^3/\text{ч}$ тремя насосными агрегатами (при напоре перед напорной задвижкой на НОВ 46 м) напор в конце линии составит около 36 м. Если тремя насосами подавать воду объемом $2800 \text{ м}^3/\text{ч}$, то напор в конце линии составит 27 м. Из этого следует, что полная замена всех водоводов не представляется целесообразной, поскольку в этом случае скорость движения жидкости в водоводах будет около 1 м/с, что приведет в будущем к существующей ситуации.

3. С целью увеличения скорости движения жидкости по водоводам и повышения энергоэффективности водоподачи целесообразно провести следующий комплекс мероприятий:

- выполнить замену или очистку двух водоводов диаметром 530 мм;
- подавать воду двумя существующими насосами по двум водоводам диаметром 530 мм.

Это позволит увеличить скорость движения жидкости в трубопроводах до 2 м/с, обеспечить в конце линии напор около 8 м при расходе воды $2800 \text{ м}^3/\text{ч}$ и около 13 м при расходе воды $2100 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом потребление электроэнергии, согласно результатам проведенного объектно-ориентированного моделирования работы системы транспортирования воды, уменьшится на 8% или до $0,145 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$.

По информации, полученной от персонала станции при обследовании, попытки очистки трубопроводов предпринимались ранее, но технология проведения работ применялась весьма трудоемкая. Работы в полном объеме выполнены не были, хотя часть одного из трубопроводов диаметром 530 мм очищена. Результаты расчетов дают возможность предположить, что его эквивалентный диаметр составляет около 490 мм. Основываясь на этой информации, дополнительное моделирование рабочего процесса водоподачи указывает на целесообразность организации работ по замене или очистке водоводов в следующей последовательности.

1. Организовать подачу воды по двум трубопроводам диаметром 530 мм (ранее очищенном) и диаметром 475 мм, выполняя работы на трубопроводе диаметром 530 мм. При этом, подавая воду тремя насосными агрегатами, достигается подача воды в объеме $1930 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре в конце линии 0,38 м. Такой режим водоподачи позволяет работать в номинальном режиме трем энергоблокам станции.

2. После окончания работ на трубопроводе диаметром 530 мм произвести очистку или замену второго трубопровода диаметром 530 мм, организовав подачу воды по двум оставшимся водоводам. Это даст возможность работать станции в том же режиме.

3. Провести работы по консервации и последующей очистке водовода диаметром 475 мм. Это позволит организовать подачу воды двумя насосами против трех работающих в настоящее время. При таком режиме водоподачи

суммарная потребляемая мощность электродвигателями насосных агрегатов составит 306 кВт против существующей 330 кВт.

5. Экономические аспекты реконструкции системы транспортирования осветленной технической воды золошлакоудаления

Принятие решения о замене или очистке водоводов с учетом предложенного плана работ должно основываться на оценке экономической эффективности обоих вариантов. При этом прямой экологический эффект, связанный с восстановлением системы транспортирования осветленной воды золошлакоудаления, в рамках предприятия будет сопоставим по указанным вариантам. Экономический же эффект от реализации мероприятий будет определяться, кроме получаемой 8%-й экономии электроэнергии в стоимостном выражении и восстановления работы системы, уровнем затрат на их внедрение. Таким образом, принятие управленческого решения в данном случае трансформируется в задачу выбора варианта, минимального по затратам. Поскольку эксплуатационные расходы после реконструкции останутся прежними, необходимо сравнить капитальные вложения по вариантам.

Рассчитаем затраты в случае замены 2 водоводов диаметром 530 мм и длиной по 2 км. При этом возможна замена водоводов на трубы из стали (усредненная стоимость 1 м.п. трубы – 1200грн) и из полиэтилена (усредненная стоимость 1 м.п. трубы – 850 грн) [3-4]. В обоих случаях капитальные затраты будут включать стоимость материалов, работ по демонтажу и укладке (40% от стоимости материала), а также утилизации старых труб (в среднем 30 тыс. грн на 2 водовода) (табл. 1).

Таблица 1. Капитальные затраты по замене водоводов системы транспортирования осветленной воды (2 водовода диаметром 530 мм), тыс. грн

Статья затрат	Замена водоводов	
	сталь	полиэтилен
Стоимость труб	4800	3400
Затраты на демонтаж и укладку труб	1920	1360
Затраты на утилизацию старых труб	30	30
Итого	6750	4790

Согласно варианту очистки внутренних поверхностей водоводов затраты будут складываться из затрат на:

- собственно очистку труб (около 150 грн за 1 м. п);
- проведение сварочных работ (10% от стоимости затрат на собственно очистку);
- обустройство приемных устройств вымываемых отложений и их транспортирование в золоотвалы, включая зарплату водителей, амортизацию транспортных средств, стоимость топлива для автомобилей, устройство системы дренажа и т.д. (10 тыс. грн в расчете на 2 водовода);
- использование экскаватора при очистке отложений (5 тыс. грн на 2 водовода).

Результаты расчетов по видам затрат представлены в табл. 2.

Таблица 2. Капитальные затраты по очистке водоводов системы транспортирования осветленной воды (2 водовода диаметром 530 мм), тыс. грн

Статья затрат	Сумма
Затраты на очистку труб от отложений	600
Выполнение сварочных работ	60
Обустройство приемных устройств вымываемых отложений и их транспортирование в золоотвалы	10
Использование экскаватора при очистке отложений	5
Итого	675

Таким образом, оптимальным по затратам из трех вариантов: замены труб на стальные (6,75 млн грн), замены труб на полиэтиленовые (4,79 млн грн) и очистки труб (675 тыс. грн) является последний, предусматривающий очистку труб от внутренних отложений и обеспечивающий практически 10-кратную экономию капитальных вложений по сравнению с альтернативными вариантами. Учитывая возможную экономию электроэнергии (8% от существующего уровня или в среднем около 100 тыс. грн/год) в случае реализации любого из вариантов, оценим сроки окупаемости мероприятий (табл. 3).

Таблица 3. Сравнение вариантов реконструкции водоводов системы транспортирования осветленной воды (2 водовода диаметром 530 мм)

Показатель	Замена труб		Очистка труб
	сталь	полиэтилен	
Капитальные вложения, тыс. грн	6750	4790	675
Годовая экономия электроэнергии, тыс грн	100	100	100
Срок окупаемости капитальных вложений*, лет	67,5	47,9	6,75

* рассчитан на основе показателей годовой экономии электроэнергии

Из проведенных расчетов следует, что минимальным сроком окупаемости (менее 7 лет) характеризуется проект по очистке водоводов, в то время как по альтернативным вариантам сроки окупаемости мероприятий превышают либо сравнимы с нормативными сроками службы труб (для стали – 20-30 лет, для полиэтилена – 50 лет). При этом, как свидетельствует опыт практической эксплуатации системы транспортирования осветленной воды на ТЭС, работающих на угле, повторная очистка либо замена водоводов потребуется не ранее, чем через 20 лет, т.е. суммарный экономический эффект от реализации проекта без учета фактора времени составит $100000 \cdot 20 - 675000 = 1325$ тыс. грн, а среднегодовой – 66,25 тыс. грн.

Работы по очистке водоводов могут быть выполнены со средней скоростью очистки 50 м в сутки, т.е. на протяжении, в среднем, 80 расчетных рабочих дней. Если такие работы проводить во время пониженной нагрузки сети (летний период), когда работают не более трех блоков станции, можно избежать потерь от недовыработки электроэнергии и в перспективе:

- восстановить работоспособность системы транспортирования осветленной воды;
- обеспечить возможность одновременной работы 4-х энергоблоков станции в номинальном режиме;
- получить 8%-ю экономию электроэнергии при приемлемом уровне капитальных затрат и сроке окупаемости вложений.

6. Реконструкция системы транспортирования золошлаковой смеси

Целесообразность модернизации системы транспортирования золошлаковой смеси к месту ее складирования на предприятии обуславливается обустройством новых карт хранения и, в связи с этим, изменением режима работы багерных насосных станций, необходимостью повышения энергоэффективности их работы.

Существующие режимы работы насосного оборудования багерных насосных станций характеризуются следующими параметрами.

1. При работе на номинальной нагрузке *2-х энергоблоков* для золоудаления используется обратная вода в объеме $1400 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом работает 1 багерный насос ГрТ1250/71 или насос 1ГрТ1600/50.

Режим работы насоса ГрТ1250/71 с диаметром рабочего колеса 710 мм следующий: подача $Q = 1400 \text{ м}^3/\text{ч}$; напор $H = 67 \text{ м}$.

Режим работы насоса 1ГрТ1600/50 с диаметром рабочего колеса 790 мм характеризуется подачей $Q = 1400 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором $H = 52 \text{ м}$.

При работе *4-х энергоблоков* на номинальной нагрузке работают две багерные станции.

2. В режиме работы электростанции *3-мя энергоблоками* также работают две багерные станции. Одна из станций перекачивает пульпы $700 \text{ м}^3/\text{ч}$. В этом случае любой из имеющихся насосов работает на нерасчетных режимах с малой энергоэффективностью.

Имеющимся на станции проектом реконструкции системы золошлакоудаления и шлакоаккумуляторов («Реконструкция золоотвалов») предполагается, в том числе, модернизация насосного оборудования путем устройства регулирования оборотов насоса с применением тиристорных преобразователей. Стоимость такой модернизации в имеющемся проекте оценивается в 1400 тыс. грн.

Необходимость изменения режимов работы насосных агрегатов багерных станций диктуется, прежде всего, повышением их энергоэффективности. Насос 1ГрТ1600/60 может обеспечить работу 2-х энергоблоков при их номинальной нагрузке. При этом энергоэффективность его работы выше, чем насоса ГрТ1250/71:

- энергоэффективность насоса 1ГрТ1600/50 – $0,186 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$.
- энергоэффективность насоса ГрТ1250/71 – $0,209 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$.

До и после проведения реконструкции предлагается работать насосами 1ГрТ1600/50, что позволяет уменьшить энергопотребление багерной насосной станции на 11%.

В режиме работы электрической станции *3-мя энергоблоками* одна из багерных насосных станций работает с низкой энергоэффективностью, т. к. насосы ГрТ1250/71 и 1ГрТ1600/50 по своим рабочим параметрам подачи и

напора не соответствуют режиму пульпоподачи $Q = 700 \text{ м}^3/\text{ч}$. В связи с этим, нами предлагается провести модернизацию насоса ГрТ1250/71 путем изменения проточной части насоса без замены электродвигателя и корпусных деталей. По нашим расчетам, такая модернизация будет менее затратной, чем реализация предложений ранее разработанного на предприятии рабочего проекта «Реконструкция золоотвалов», так как замене в существующих насосах в этом случае подлежит рабочее колесо, спроектированное на новые параметры рабочей точки насоса, с учетом геометрии отвода существующего корпуса насоса.

7. Экономические аспекты внедрения энергосберегающих мероприятий на багерных насосных станциях

Предлагаемые нами энергосберегающие мероприятия, касающиеся части технологического процесса золошлакоудаления (от багерных насосных станций до золошлакоотвалов), включают, как уже указывалось выше, организационные и технические.

Вне зависимости от реализации проекта «Реконструкция золоотвалов», включение в работу насосов 1ГрТ1600/50 вместо ГрТ1250/71 позволяет получить годовую экономию электроэнергии (при существующем тарифе на электроэнергию 0,5121грн/кВт.ч) в объеме порядка 145 тыс. грн на одном насосном агрегате без всяких дополнительных затрат со стороны предприятия.

Организация работы багерной насосной станции при трех работающих энергоблоках предполагает затраты на проведение модернизации насоса ГрТ1250/71. По предварительным оценкам, такие затраты составят около 50 тыс. грн на один насосный агрегат. Внедрение же мероприятия позволит дополнительно снизить энергопотребление багерной насосной станцией на 52 тыс. грн в год.

Реализация рассмотренных мероприятий не предполагает увеличение эксплуатационных расходов предприятия в дальнейшем. Сравнение затрат на внедрение в размере 100 тыс. грн (в расчете на 2 модернизируемых насоса) и получаемого экономического эффекта показывает, что период окупаемости составляет от 3,3 до 11 месяцев. Такой диапазон колебаний сроков окупаемости обуславливается возможными различными режимами работы энергоблоков ТЭС в течение года.

Так, в случае работы 2-х энергоблоков потенциальная экономия электроэнергии составит порядка 145 тыс. грн в связи с оптимизацией работы насосных агрегатов на одной из имеющихся багерных насосных станций. При работе 3-х энергоблоков дополнительно к предыдущей сумме экономии можно получить еще 145 тыс. грн вследствие оптимизации работы второй багерной насосной станции и 52 тыс. грн, задействуя модернизированный насос ГрТ1250/71 на одной их станций. Работа ТЭС 4-мя блоками в течение всего года обеспечивает дополнительную экономию электроэнергии к уже полученной в размере 52 тыс. грн в связи с использованием второго модернизированного насоса ГрТ1250/71. Результаты расчетов получаемого экономического эффекта и сроков окупаемости мероприятий по реконструкции насосного оборудования багерных насосных станций представлены в табл. 4.

Таблица 4. Показатели экономической эффективности мероприятий по реконструкции насосного оборудования багерных насосных станций

Показатель	Режим работы ТЭС		
	2 энергоблока	3 энергоблока	4 энергоблока
Капитальные вложения, тыс. грн	100	100	100
Среднегодовая экономия электроэнергии, тыс. грн	145	342	394
Экономия электроэнергии за весь период реализации мероприятия*, тыс. грн	435	1026	1182
Среднегодовой экономический эффект без учета фактора времени, тыс. грн	111,7	308,7	360,7
Полный экономический эффект без учета фактора времени, тыс. грн	335	926	1082
Срок окупаемости капитальных вложений, месяцев	10,7	3,9	3,3

* период получения экономии электроэнергии определяется расчетным сроком службы модернизированных насосов до замены рабочих колес, который составляет минимум 3 года

Таким образом, реконструкция багерных насосных станций позволяет обеспечить предприятию получение экономического эффекта (без учета фактора времени) за весь период реализации мероприятия в размере от 335 до 1082 тыс. грн при приемлемых сроках окупаемости и капитальных вложений, существенно повысив уровень энергоэффективности системы транспортирования золошлаковой смеси к месту ее складирования.

8. Выводы

Представленные предложения по реконструкции системы транспортирования осветленной технической воды золошлакоудаления ТЭС, работающей на угле, путем очистки водоводов основываются на результатах исследования состояния металла трубопроводов и объектно-ориентированного моделирования режимов работы насосных станций, характеризуются приемлемыми объемами капитальных вложений и сроками окупаемости. Современные технологии очистки позволяют выполнить такие работы в течение 3-4 месяцев в период неполной загрузки станции (периода, когда работают 3 энергоблока), что позволяет избежать потерь от недовыработки электроэнергии. Кроме того, в случае реализации проекта путем изменения технологии и режима подачи воды можно увеличить скорость движения жидкости по трубопроводам, исключив в дальнейшем их «зарастание». При этом целесообразно подавать воду 2 насосами, повысив их энергоэффективность на 8%, что эквивалентно экономии электроэнергии на сумму примерно на 100 тыс. грн в год при существующем тарифе на электроэнергию.

Предложенные мероприятия по модернизации насосного оборудования багерных насосных станций и организации режима золошлакоудаления учитывают возможности модернизации существующего насосного оборудования

без применения дорогостоящих устройств изменения частоты вращения роторных частей агрегатов. Энергоэффективность работы багерных станций при этом повышается на 11% без увеличения эксплуатационных затрат. Затраты на внедрение оцениваются в объеме 50 тыс. грн на одну багерную станцию. Соотношение затрат по предлагаемым мероприятиям и проекту “Реконструкция золоотвалов”, а также сроки их окупаемости показывают привлекательность рассматриваемых мероприятий в техническом и экономическом плане.

В целом реализация на предприятии комплексного энергосберегающего проекта, включающего очистку водоводов и модернизацию насосных агрегатов, позволяет получить экономический эффект без учета фактора времени в размере от 1660 до 2407 тыс. грн (в зависимости от режимов работы ТЭС) в течение 20 лет при уровне капитальных затрат 775 тыс. грн. Сроки окупаемости проекта, рассчитанные на основе среднегодового экономического эффекта, колеблются по проводимым мероприятиям от 3,3 месяцев до 10,2 лет, при этом средний срок окупаемости по комплексу мероприятий составляет 6,4-9,3 года.

Предложенные технико-экономические решения в рамках разработанного комплексного энергосберегающего проекта реконструкции системы оборотного водоснабжения золошлакоудаления ТЭС могут быть с успехом применены как базовые и на других украинских электростанциях, работающих на угле и эксплуатирующих систему золошлакоудаления.

Список литературы: 1.СНиП II-35-76 “Котельные установки” [Электронный ресурс]. – Режим доступа : // <http://www.vashdom.ru/snip/II-35-76>. 2.Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций ВНТП 81 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : // http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=313. 3.Трубы стальные – Холдинговая компания «Интербуд» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : // <http://www.interbud.org.ua/price>. 4.Водопроводные трубы из полиэтилена ТМ РАСКО [Электронный ресурс]. – Режим доступа : //http://rasko.ua/assets/files/rasko_price_all.pdf.

Поступила в редколлегию 15.02.2012

УДК 669.162.231:51.007.004.8

А.В. КОШЕЛЬНИК, канд. техн. наук, с.н.с., ИПМаш НАН Украины,
Харьков,

В.М. КОШЕЛЬНИК, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков,

А.А. МИГУРА, маг., НТУ «ХПИ», Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В НАСАДКЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

У статті показано можливість використання нейронних мереж, що прогнозують коефіцієнти теплообміну регенеративного повітрянагрівача скловарної печі. Розглянуто порівняння нейронної мережі типу багатозаровий перцептрон (MLP) та радіально базисна функція (RBF).

В статье показана возможность применения нейронных сетей для прогнозирования коэффициентов теплообмена регенеративного воздухонагревателя стекловаренной печи.