

КУЗНЕЦОВА С.А.

Открытое акционерное общество “НЭТ”, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

## ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОНТАКТНОГО КОНДЕНСАТОРА ДЛЯ КОНТАКТНОЙ ГАЗОПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Представлено науково обґрунтовані напрямки вдосконалення системи охолодження контактного конденсатора на основі досвіду експлуатації контактної газопаротурбінної установки.

Представлены научно обоснованные направления совершенствования системы охлаждения контактного конденсатора на основе опыта эксплуатации контактной газопаротурбинной установки.

$E_w$  – показатель эффективности по возврату воды в цикл;

$G$  – расход;

$t$  – температура;

$\Delta t$  – разность температур;

АВО – аппараты воздушного охлаждения.

**Индекс верхний:**

вх – на входе в контактный конденсатор.

**Индексы нижние:**

в – воздух;

гпс – газопаровая смесь;

цв – циркуляционная вода.

### **Постановка проблемы**

Эксплуатация газоперекачивающей установки ГПУ-16К с контактной газопаротурбинной установкой КГПТУ-16К номинальной мощностью 16 МВт подтвердила, что данная установка по своим экономическим и экологическим показателям превосходит существующие как отечественные, так и зарубежные установки. Эффективность и надежность работы этой установки зависит от возврата воды в цикл, который осуществляется в системе охлаждения контактного конденсатора. Поэтому повышение эффективности работы этой системы за счет совершенствования работы ее основных элементов (контактного конденсатора и аппаратов воздушного охлаждения) и разработки новых схемных решений позволит обеспечить повышение эффективности самой установки.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Результаты работы установки ГПУ-16К во время ее эксплуатации, а также ее отдельных элементов представлены в [1, 2, 3]. В них подтверждается высокая эффективность работы установки. По результатам межведомственных приемочных испытаний, проходивших в 2005 году, получена рекомендация перейти к серийному производству этих установок. Также отмечены недостатки и возможность дальнейшего повышения эффективности этой установки. Однако какие именно мероприятия необходимо провести для повышения эффективности ее работы не представлено.

Анализ показателей эффективности по использованному потенциалу рабочей среды, при нагрузке 0,75...0,95 номинальной мощности установки, позволил установить диапазоны их изме-

нений для контактного конденсатора – 0,974...0,980, а аппарата воздушного охлаждения – 0,600...0,667 [4, 5]. При этих нагрузках и изменениях расхода циркуляционной воды 680...730 т/ч и ее температуры 15...35 °С значения показателя эффективности по возврату воды находились в диапазоне 1,16...0,93 [4]. Нижние значения этого показателя не обеспечивали эффективную работу установки летом, так как потребление воды превышало объем бака запаса конденсата – 1000 м<sup>3</sup>.

Поэтому для повышения эффективности системы охлаждения контактного конденсатора, способной обеспечить работоспособность установки с существующим баком запаса конденсата необходимо повысить эффективности ее основных элементов – контактного конденсатора и аппаратов воздушного охлаждения.

Целью работы является обоснование направлений совершенствования системы охлаждения, включающей контактный конденсатор и аппараты воздушного охлаждения, для снижения энергозатрат при эксплуатации газоперекачивающей установки ГПУ-16К.

### **Изложение основного материала исследования**

Для ГПУ-16К №1, эксплуатирующейся на газокomppressorной станции “Ставищенская” совершенствование системы охлаждения контактного конденсатора возможно за счет: изменения компоновки форсунок с заданной дисперсностью распыла для уменьшения интегральной дисперсности в оросительном устройстве контактного конденсатора; использования систем испарительного охлаждения для аппарата воздушного охлаждения; изменения числа работающих аппаратов воздушного охлаждения в разные периоды года.

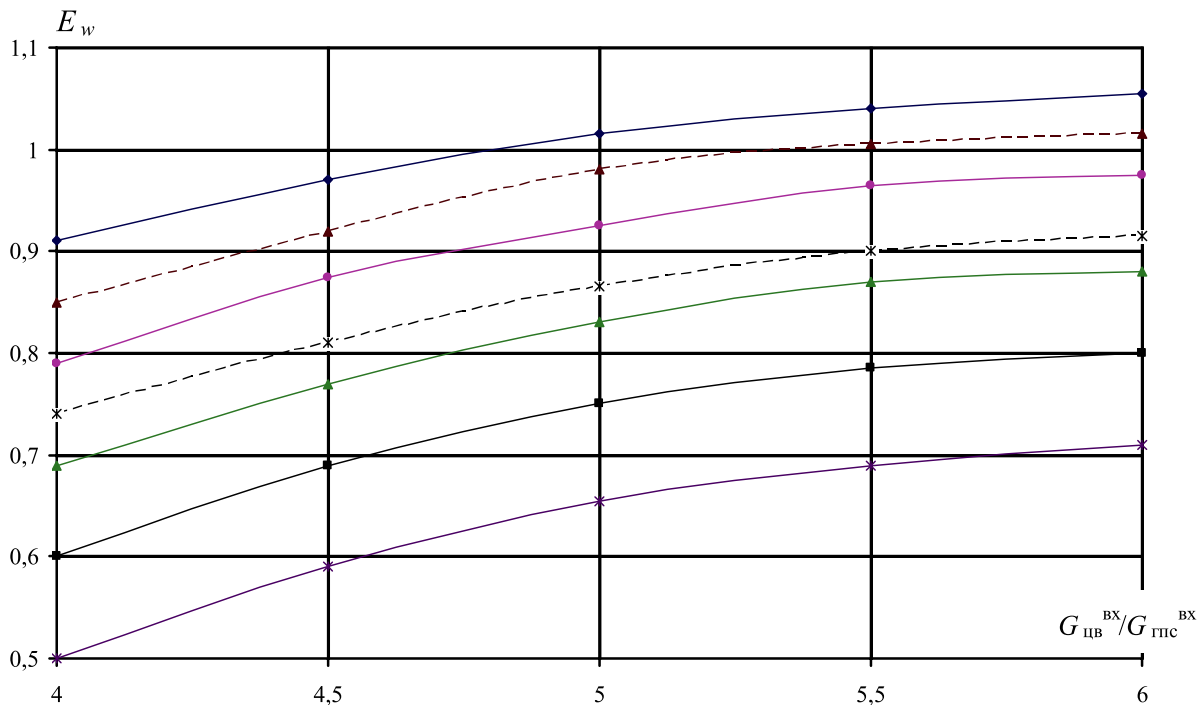
Результаты для обоснования направлений совершенствования системы охлаждения получены численным моделированием тепломассообменных и гидродинамических процессов в основных элементах системы [6]. Достоверность используемой модели была подтверждена при сопоставлении расчетных значений показателя эффективности по возврату воды со значениями, полученными при эксплуатации [3].

Повышение эффективности контактного конденсатора предусматривается за счет увеличения поверхности контакта газопаровой смеси и охлаждающей циркуляционной воды. Это достигается за счет снижения диаметра капель при увеличении давления циркуляционной воды, подаваемой на форсунки и увеличения угла распыла. При температуре воздуха 19...21 °С снижение диаметра капель с 0,07 мм до 0,05 мм увеличивает эффективность по возврату воды с 0,975 до 1,02 при расходе циркуляционной воды 690...700 т/ч.

Повысить эффективность аппаратов воздушного охлаждения возможно при применении испарительной системы с орошаемым воздухоохлаждающим устройством, состоящим из волокнистых слоев, разделенных воздушной полостью. В качестве материала предлагается использовать волокнистый материал невысокой плотности

ВТ-4С. Это устройство прошло апробацию и получило положительную оценку при испытаниях в составе ГПА ГТ –700-5 на КС-4 Газаватского ЛПУ Среднеазиатского управления магистральных газопроводов (г.Ташауз). Применение орошаемого устройства позволит при расходе воды 24 т/ч из бака продуктов регенерации получить следующее: за счет испарения 12 т/ч воды возможно снизить температуру воздуха перед аппаратами на 7...12 °С и повысить показатель эффективности по возврату воды на 0,12...0,22 (см. рис 1). Это позволит увеличить возврат воды в конденсаторе на 2,0...2,7 т/ч и тем самым обеспечить баланс воды в летний период при полностью заполненном баке запаса конденсата.

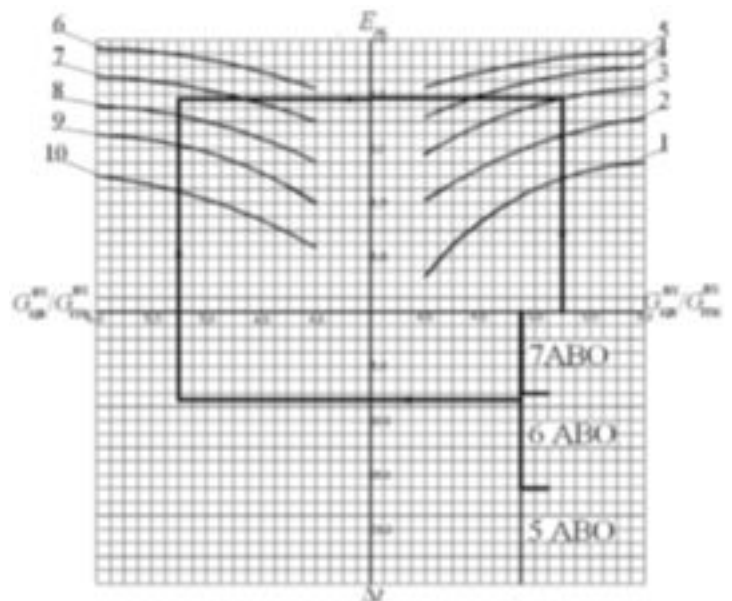
Результаты исследования влияния температуры наружного воздуха на количество работающих аппаратов воздушного охлаждения в различные периоды года для снижения энергозатрат на привод вентиляторов при эксплуатации ГПУ-16К №1 приведены в номограмме (см. рис 2). Количество работающих аппаратов воздушного охлаждения определялось с учетом разности действительной температуры циркуляционной воды и ее значения при поддержании баланса воды в цикле ( $E_w = 1$ ). Исходя из этого, рекомендуется: при среднемесячной температуре воздуха ниже 4 °С и заполненном баке запаса конденсата



**Рис. 1. Характеристика показателя эффективности по возврату воды:**  
 — — без использования испарительного охлаждения АВО и - - - - - с использованием испарительного охлаждения АВО при  $\blacklozenge - t_b = 15^\circ\text{C}$ ;  $\bullet - t_b = 20^\circ\text{C}$ ;  $\blacktriangle t_b = 25^\circ\text{C}$ ;  $\blacksquare - t_b = 30^\circ\text{C}$ ;  $* - t_b = 35^\circ\text{C}$ .

отключить два из семи аппаратов, при среднемесячной температуре воздуха 5...11 °С и заполненном баке запаса конденсата должны работать не менее шести аппаратов, при среднемесячной температуре воздуха 12...18 °С баланс воды обеспечивается семью работающими аппаратами.

Для перспективных контактных газопаротурбинных установок других компрессорных и энергетических станций совершенствование системы охлаждения контактного конденсатора возможно за счет: применением новых схемных решений систем охлаждения за счет применения контактного конденсатора и аппаратов воздушного охлаждения с большей эффективностью; новых конструктивных решений контактного конденсатора, обеспечивающих интенсификацию процессов конденсации газопаровых смесей с относительно невысоким влагосодержанием за счет сочетания процессов теплопередачи и теплообмена; новых конструктивных решений аппаратов воздушного охлаждения, обеспечивающих высокую эффективность и надежность при эксплуатации в течение года за счет интенсификации процессов теплопередачи и снижения энер-



**Рис. 2. Номограмма влияния температуры наружного воздуха на количество работающих АВО при 1 -  $t_b = 20^\circ\text{C}$ , 2 -  $t_b = 15^\circ\text{C}$ , 3 -  $t_b = 10^\circ\text{C}$ , 4 -  $t_b = 5^\circ\text{C}$ , 5 -  $t_b = 0^\circ\text{C}$ , 6 -  $t_{цв}^{BX} = 15^\circ\text{C}$ , 7 -  $t_{цв}^{BX} = 20^\circ\text{C}$ , 8 -  $t_{цв}^{BX} = 25^\circ\text{C}$ , 9 -  $t_{цв}^{BX} = 30^\circ\text{C}$ , 10 -  $t_{цв}^{BX} = 35^\circ\text{C}$ .**

гопотребления вентиляторов при охлаждении циркуляционной воды.

### **Выводы**

1. Совершенствование системы охлаждения контактного конденсатора возможно за счет повышения эффективности контактного конденсатора и аппаратов воздушного охлаждения или разработки новых схемных решений системы.

2. Повышение эффективности контактного конденсатора возможно за счет модернизации оросительного устройства с целью интенсификации процессов в нем и обеспечения баланса воды при температурах до 21 °С.

3. Повышение эффективности аппаратов воздушного охлаждения возможно при применении орошаемых воздухоохлаждающих устройств, позволяющих снизить температуру воздуха перед аппаратами на 7...12 °С и увеличить возврат воды в конденсаторе на 2,0...2,7 т/ч.

4. Снизить затраты электроэнергии на привод вентиляторов при эксплуатации ГПУ-16К №1 целесообразно путем регулирования числа работающих аппаратов при заполненном баке запаса конденсата и среднемесячной температуре воздуха ниже 4 °С – не менее пяти, а при 5...11 °С – не менее шести аппаратов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Исаков Б.В., Мовчан С.М., Рассошанский В.С., Бочкарев Ю.В., Шевцов А.П., Кузнецова С.А., Ко-*

*ломеев В.М., Избаш В.И., Ксендзюк М.В.* Контактный конденсатор установки ГПУ-16К // *Нафтова і газова промисловість.* – 2005. – № 5 (223). – С. 53 – 55.

2. *Коломеев В.М., Ксендзюк М.В., Романов В.В., Мовчан С.М., Шевцов А.П., Кузнецова С.А., Дикий М.О.* ГПУ-16К: дослідно-промислова експлуатація, міжвідомчі приймальні випробування, перспективи використання // *Нафтова і газова промисловість.* – 2006. – № 4 (228). – С. 38–40.

3. *Кузнецова С.А., Ксендзюк Н.В.* Обеспечение баланса воды в контактных газопаротурбинных установках при эксплуатации // *Зб. наук. пр. НУК.* – Миколаїв: НУК. – 2006. – № 4. – С. 138–144.

4. *Кузнецова С.А.* Исследование статических характеристик контактного конденсатора в составе газопаротурбинной установки // *Зб. наук. пр. УДМТУ.* – Миколаїв: УДМТУ. – 2003. – № 2. – С. 60 – 67.

5. *Кузнецова С.А.* Исследование статических характеристик циркуляционного контура газопаротурбинной установки // *Зб. наук. пр. УДМТУ.* Миколаїв: УДМТУ. – 2003. – № 3. – С. 63–71.

6. *Кузнецова С.А.* Моделирование тепло-массообменных и гидродинамических процессов в элементах циркуляционного контура контактных газопаротурбинных установок // *Промышленная теплотехника.* – 2003. – Т.25, №. 6 – С. 23–28.