

ИЗБАШ В.И.¹, КУЧЕРУК Н.В.¹, МОВЧАН С.Н.²,
ФИЛОНЕНКО А.А.², ШЕВЦОВ А.П.³, КУЗНЕЦОВА С.А.³

¹ДК "Укртрансгаз"

²ГП НПКГ "Зоря" – "Машпроект "

³ОАО "НЭТ"

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ГПУ-16К И ЕЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Наведено науково обгрунтовані результати для покращення техніко-економічних і масогабаритних показників серійних газоперекачувальних установок типу ГПУ-16К.

Представлены научно обоснованные рекомендации для улучшения технико-экономических и массогабаритных показателей серийных газоперекачивающих установок типа ГПУ-16К.

Scientifically reasonable recommendations for improvement technical and economic indexes and mass and overall dimensions of serial gas transport plants such as GPU-16K are presented.

АВО – аппарат воздушного охлаждения;
ВТС – вспомогательные технологические системы;
ГПА – газоперекачивающий агрегат;
ГП НПКГ – Государственное предприятие Научно-производственный комплекс газотурбостроения;
ГПУ – газоперекачивающая установка;
ДК – дочерняя компания;
КГПТУ – контактная газопаротурбинная установка;

КК – контактный конденсатор;
КС – компрессорная станция;
КУП – котел утилизационный паровой;
ОАО – открытое акционерное общество;
ОВОУ – орошаемое воздухоохладительное устройство;
СОКК – система охлаждения контактного конденсатора;
СПДВ – система подготовки добавочной воды.

Постановка проблемы

Разработка и внедрение высокоэффективных энергосберегающих технологий и реализующего их оборудования – главное направление повышения энергетической и экологической безопасности страны. Для газоперекачивающих установок эту проблему можно решить путем снижения расходов топливного газа, тепловых и вредных выбросов в атмосферу при их эксплуатации.

Анализ последних исследований и публикаций

ГПУ-16К – это газоперекачивающая установка с принципиально новым газопаротурбинным приводом на базе контактной газопаротурбинной установки КГПТУ-16. Главной особеннос-

тью КГПТУ-16 является ее принцип работы, при котором одновременно осуществляются процессы утилизации теплоты и массы рабочего тела [1, 2, 3, 4, 5]. Утилизация теплоты, как процесс теплопередачи с изменением фазового состояния, реализуется в котле-утилизаторе с подачей пара в камеру сгорания газотурбинного двигателя. Утилизация массы осуществляется в контактном конденсаторе, при последовательных процессах испарительного охлаждения и конденсации воды в газопаровой смеси, с дальнейшим использованием ее в котле-утилизаторе.

К маю 2007 года ГПУ-16К №1 наработала немного более 8200 часов. За это время по сравнению с установкой аналогичной мощности ГПА-16 с газотурбинным двигателем простого цикла в результате эксплуатации сэкономлено более 12 млн кубических метров топливного газа. Од-

новременно в течение эксплуатации ГПУ-16К №1 было выявлено ряд замечаний, устранение которых должно повысить ее работоспособность.

Эксплуатация КГПТУ, анализ результатов, перспективы применения в газоперекачивающей и других отраслях хозяйствования требуют их дальнейшего совершенствования.

Цель настоящей статьи – разработка научно обоснованных рекомендаций для улучшения технико-экономических и массогабаритных показателей серийных газоперекачивающих установок типа ГПУ-16К на базе рекомендаций межведомственной приемочной комиссии по результатам комплексных испытаний, а также последующего опыта промышленной эксплуатации установки ГПУ-16К №1.

Эта цель достигается решением следующих прикладных научно-технических задач.

Контактная газопаротурбинная установка КГПТУ-16 – улучшение эксплуатационных характеристик основных элементов установки, а именно: газотурбинного двигателя ДУ71Л, котла-утилизатора КУП 2700 и контактного конденсатора КК-40.

Вспомогательные технологические системы (ВТС), включающие систему подготовки добавочной воды (СПДВ), охлаждения контактного конденсатора (СОКК), очистки циркуляционной воды и конденсата, конденсато-питательную – снижение энергопотребления и металлоемкости оборудования перечисленных систем с одновременным повышением надежности их эксплуатации в зимний период.

Методами проведенных исследований являлись: численное моделирование составных частей установки и их элементов на математических моделях; обработка результатов, полученных при испытаниях и эксплуатации установки; обобщение теплотехнических и экологических показателей методами теории подобия.

Результаты исследования и их анализ

Дефекты газохода и связанные с ними потери эффективности установки возможно устранить путем применения дополнительной изоляции. Решение этой задачи сводится к определению

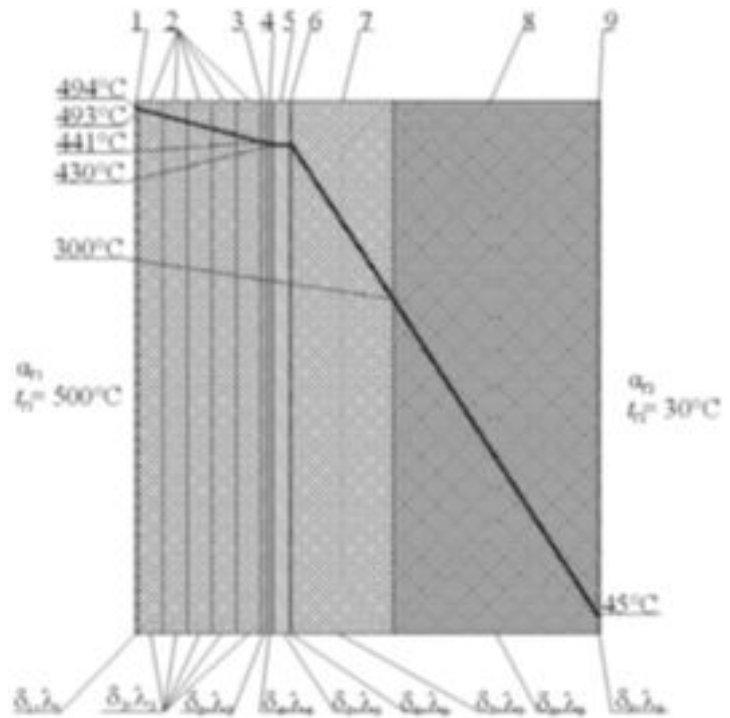


Рис. 1. Расчетная схема и результаты расчетов распределения температур во внутренних слоях изоляции для газохода. 1 – слой материала ТБП-1000, КТ-11-13; 2 – пять слоев материала МКРР-130; 3 – слой металла 12Х18Н10Т кассеты; 4 – слой воздуха; 5 – слой металла корпуса газохода; 6 – слой материала ТБП-1000, КТ-11-13; 7 – слой материала Isotec KVM-50; 8 – слой материала Isotec KVM-100; 9 – слой материала кожухи.

термического сопротивления многослойной стенки с учетом зависимости значений коэффициентов теплопроводности материалов конструкции от температуры. Значения коэффициентов теплопроводности новых изоляционных материалов типа ISOTEC, FRENZELIT, криоли-товая вата и других уточнялись по результатам измерения температур стенок изоляции. Расчетная схема и результаты расчетов приведены на рис. 1.

Совершенствование системы подвода энергетического и экологического пара к двигателю ДУ71Л вызвано необходимостью устранения дефектов от прогрева паропровода продуктами сгорания с температурой около 1200...1300 °С. Снижение температуры теплоносителя одновременно увеличивает время запуска установки. Поэтому реализация прогрева коллектора и паропроводов энергетиче-

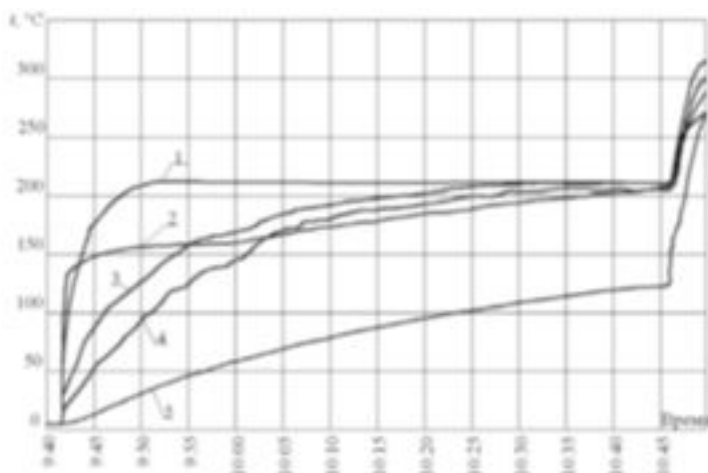


Рис. 2. Изменения температуры паропроводов энергетического пара в процессе их прогрева при пуске КГПТУ-16. 1 – температура энергетического паропровода перед бронерукавом; 2 – температура трубы перед невозвратным клапаном; 3 – температура перед регулирующим клапаном экологического пара; 4 – температура за фильтром; 5 – температура трубы после невозвратного клапана.

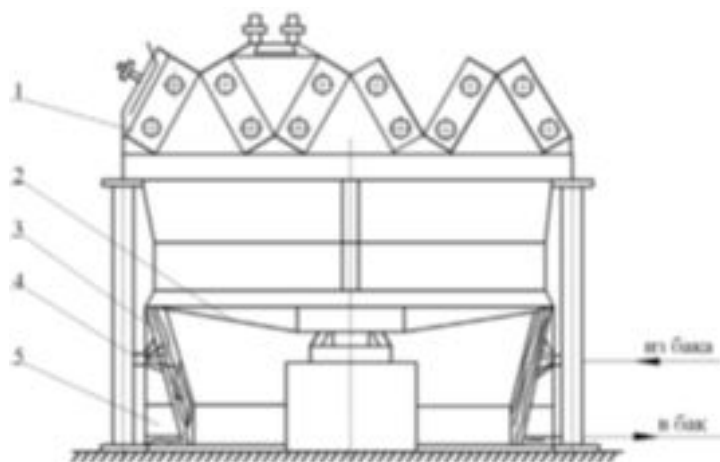


Рис. 3. Аппарат воздушного охлаждения зигзагообразного типа с орошаемым воздухоохлаждающим устройством. 1 – теплообменные секции АВО; 2 – вентилятор АВО; 3 – пакеты из волокнистого материала; 4 – коллектор с форсунками; 5 – сборник воды.

ского пара воздухом высокого давления требовала решения задачи определения уровня значений температур, при которых устраняются дефекты деформации элементов подвода пара, исключается попадание конденсата пара в камеру сгорания двигателя и сохраняется приемлемое время запуска установки.

Поставленная задача относится к задачам нестационарной теплопроводности при граничных условиях третьего рода. Расчетные значения уровня температур подтвердили возможность использования как теплоносителя для прогрева паропроводов воздуха из компрессора высокого давления. Для экспериментального подтверждения результатов расчетов выполнено измерение температур паропроводов энергетического и экологического пара на ГПУ-16К. Результаты представлены на рис. 2. Выполненные измерения показывают, что за время прогрева не менее 30 минут, температура стенок паропроводов по длине составляет 180...200 °С и выше температуры конденсации 160...170 °С. Участок между обратным клапаном и фильтром, температура которого несколько ниже 160 °С, прогре-

вается до 200 °С за 60 секунд с момента подачи пара, а отсутствие снижения температуры паропровода по ходу движения пара свидетельствует о том, что пар остается перегретым без влаги. После накопления статистических данных при эксплуатации ГПУ-16К №1 по прогреву паропроводов в разные периоды года будут установлены возможные значения времени запуска установки.

Повышение эффективности охлаждения циркулирующей воды в аппаратах воздушного охлаждения (АВО) можно достичь при испарительном охлаждении. Схема системы испарительного охлаждения применительно к СОКК ГПУ-16К приведена на рис. 3. В состав этой системы входит орошаемое воздухоохлаждающее устройство (ОВОУ). Конструктивно ОВОУ выполнено из слоев волокнистого материала невысокой плотности ВТ-4С, разделенных воздушной полостью.

Результаты расчетов применения системы испарительного охлаждения в климатических условиях КС-35 "Ставищенская" при эксплуатации ГПУ-16К представлены в табл. 1. Эти результаты свидетельствуют о следующем. Для полного испарительного охлаждения 1 кг воздуха с параметрами (температура – 35 °С, относительная влаж-

Табл. 1. Расчетные результаты применения ОВОУ в СОКК ГПУ-16К

| Температура воздуха на входе в ОВОУ, °С | Относительная влажность воздуха, % | Температура воздуха на выходе из ОВОУ, °С | Снижение температуры воздуха в ОВОУ, °С | Показатель эффективности охлаждения АВО | Повышение эффективности возврата воды |
|---|------------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|
| 25 | 90 | 24 | 1 | 0,66 | 1,01 |
| | 70 | 21 | 4 | | 1,04 |
| | 50 | 18 | 7 | | 1,06 |
| 35 | 90 | 34 | 1 | 0,66 | 1,03 |
| | 70 | 30 | 5 | | 1,05 |
| | 50 | 23 | 12 | | 1,07 |
| 45 | 90 | 44 | 1 | 0,66 | 1,03 |
| | 70 | 40 | 5 | | 1,07 |
| | 50 | 36 | 9 | | 1,13 |

ность – 50 %, абсолютное давление – 0,1 МПа) необходимо около 4 кг воды. При расходе воздуха в одном АВО около 100 м³/с расход воды на орошение волокнистого материала должен быть не менее 0,5 кг/с. При расходе воды на орошение семи АВО около 24 т/ч, из которых 12 т/ч испарится и охладит воздух, а остаток возвратится, дополнительный возврат конденсата составит 2,7 т/ч.

В ГПУ-16К, работающей по сложному циклу, существенное значение имеет качество используемой воды. Для пополнения воды в установке предусмотрена СПДВ. Технологические схемы такой системы зависят от показателей качества исходной и потребляемой воды и могут включать как водоумягчительные установки, так и установки обратного осмоса.

В качестве исходной воды для ГПУ-16К используется вода из артезианской скважины, а качество потребляемой воды должно соответствовать требованиям к питательной воде для котлов-утилизаторов. Результаты технико-экономических расчетов для водоумягчительных установок и установок обратного осмоса свидетельствуют о следующем. Расчетный срок окупаемости при использовании установок обратного осмоса в СПДВ составляет 2 года. Указанный срок окупаемости не учитывает дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с поддержанием эксплуатационных свойств мембран при их периодической работе.

Выводы

Предложенные мероприятия совершенствования установки ГПУ-16К с целью её серийного производства являются научно обоснованными, частично проверенными эксплуатацией, технологически реализуемыми на специализированных предприятиях Украины и позволяют обеспечить в газоперекачивающей и энергетической отраслях существенное снижение потребления топливного газа и загрязнения окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В.І., Коломеев В.М., Дикий М.О., Шевцов А.П., Кучеренко О.С. Удосконалення термодинамічного циклу КГПТУ "Водолій" // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – № 4 (186). – С. 40–42.
2. Романов В.І., Коломеев В.М., Дикий М.О., Кривуця В.А., Шевцов А.П., Кучеренко О.С. Підвищення ефективності функціонування утилізаційного контуру КГПТУ "Водолій" // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 6 (194). – С. 43–46.
3. Коломеев В.М., Дикий М.О., Избаш В.І., Ксендзюк М.В., Мовчан С.М., Шевцов А.П. Аналіз техніко-економічних показників і перспективи використання контактних газопаротурбінних установок на КС МГ України. // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 3 (221). – С. 43–46.

4. *Ісаков Б.В., Мовчан С.М., Рассо- шанський В.С., Бочкарев Ю.В., Шевцов А.П., Кузнецова С.А., Коломєєв В.М., Ізбаш В.І., Ксендзюк М.В.* Контактний конденсатор установки ГПУ-16К //Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 5 (223). – С. 53–55.

5. *Коломєєв 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.