

# СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОГО АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

УДК 62-1/-9

Ю.Ю. Толстихин, ООО «Газпром трансгаз Москва» (Москва, РФ)

А.Е. Петрин, ООО «Газпром трансгаз Москва»

В.А. Баукин, филиал «Инженерно-технический центр»  
ООО «Газпром трансгаз Москва» (Москва, РФ), v.Baukin@gtm.gazprom.ru

В.А. Маланичев, ЗАО «ГИДРОАЭРОЦЕНТР» (Жуковский, РФ),  
vam@gats.tu

Энергоэффективность технологических процессов – один из основополагающих факторов, определяющих успешность и конкурентоспособность компании. Повышение данного показателя не только положительно влияет на экономический потенциал, но и уменьшает негативное воздействие промышленных процессов на окружающую среду. В этой связи особенно актуальной представляется разработка нового оборудования, соответствующего современным требованиям в отношении энергоэффективности и эксплуатационной надежности.

Используемые на компрессорных станциях аппараты воздушного охлаждения газа разрабатывались и изготавливались для решения конкретной технологической задачи. В настоящее время они физически и морально устарели: затраты на поддержание такого оборудования в исправном состоянии и его эксплуатацию неоправданно велики. На основании вышеизложенного коллективом авторов была сформулирована и реализована концепция современного аппарата воздушного охлаждения. В процессе разработки использовали актуальные программные средства проектирования, что позволило существенно сократить сроки создания опытного образца и обеспечить его высокие показатели. При конструировании особое внимание уделяли новым перспективным материалам и технологиям. Данный подход полностью оправдал затраченные на проектирование оборудования силы и средства: был выпущен конкурентоспособный продукт с хорошими технико-экономическими показателями. В ходе опытно-промышленной эксплуатации в ООО «Газпром трансгаз Москва» одного из перспективных опытных образцов аппаратов воздушного охлаждения газа «Турбо» подтверждено, что использование современных охладителей позволяет обеспечивать транспорт газа в стабильном температурном режиме и широком диапазоне его расхода.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ТРАНСПОРТ ГАЗА, АППАРАТ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ, ТЕПЛООБМЕННИК, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ОБРЕБРЕНИЯ.

Природный газ на сегодняшний день – самый востребованный в промышленности и у населения энергетический ресурс. Магистральный транспорт представляет собой наиболее экономически целесообразный способ его доставки. Однако в силу больших расстояний между месторождениями природного газа и конечными потребителями требуется сложный комплекс технологического оборудования и сооружений для поддержания заданного давления в газопроводах и обеспечения

транспортирования необходимых объемов топлива.

При транспортировке газа по магистральным газопроводам (МГ) за счет вязкого трения о стенки трубопровода и внутреннего межслойного трения энергия потока газа рассеивается и, как следствие, падает его давление. Для обеспечения необходимого объема транспортируемого газа давление в трубопроводе повышают с помощью газоперекачивающих агрегатов, входящих в состав линейных компрессорных станций (КС).

При этом закономерно возрастает температура газа: на выходе КС она может достигать 40–50 °С и более. После подачи в трубопровод, проходя участки между КС, газ не успевает охлаждаться до температуры, с которой поступил на предыдущую станцию. В результате по мере увеличения дальности транспорта от станции к станции по длине трубопровода температура газа непрерывно повышается, что приводит к увеличению затрат мощности на транспортировку  $w_{тр}$ :

**Yu.Yu. Tolstichin**, Gazprom transgaz Moscow LLC (Moscow, the Russian Federation)

**A.Ye. Petrin**, Gazprom transgaz Moscow LLC

**V.A. Baukin**, Engineering and Technical Center, branch of Gazprom transgaz Moscow LLC (Moscow, the Russian Federation), v.baukin@gtm.gazprom.ru

**V.A. Malanichev**, Hydroaerocenter Group (Zhukovsky, the Russian Federation), vam@gats.tu

### Creating an advanced air cooling unit for linear compressor stations

The energy efficiency of technological processes is one of the fundamental elements of a company's success and competitive ability. Improving this indicator has not only a positive effect on economic capacity but also reduces the environmental impacts of industrial processes. In this regard, developing of the new equipment that meets current requirements in energy efficiency and operating reliability appears to be particularly relevant.

Air cooling units used in compressor stations were designed and fabricated to handle a specific process task. At the moment, they are obsolete and worn-out: operation and maintenance costs for such equipment are unjustifiably high. Based on the above, our team has formulated and implemented a concept of an advanced air cooling unit. During the development, contemporary design software was used, which significantly reduced the time needed to develop the prototype and to ensure its good performance. At the design stage, special attention was given to the advanced materials and technologies. This approach has completely justified the effort and cost invested in equipment design: the product is competitive and has good performance indicators. Pilot operation of one of the promising prototypes of air cooling unit (Turbo by Hydroaerocenter Group and ZAO Gazkholodtekhnika) in Gazprom transgaz Moscow LLC has proved that using the advance coolers enables gas transport in stable thermal mode within a wide range of flow rate.

**KEYWORDS:** GAS TRANSPORT, AIR COOLING UNIT, HEAT EXCHANGER, MOTOR, RIBBING FACTOR.

$$w_{\text{тр}} = \frac{\lambda_{\text{пр}} \cdot \zeta_m^2 \cdot R^2 \cdot T_m \cdot u^2}{\eta_e \cdot 2 \cdot P_m^2 \cdot D \cdot E}, \quad (1)$$

где  $\lambda_{\text{пр}}$  – теоретический коэффициент сопротивления трения;  $\eta_e$  – приведенный относительный коэффициент полезного действия (КПД) энергопривода КС;  $\zeta_m$  – средний коэффициент сжимаемости газа в пределах КС;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T_m$  – средняя температура газа в пределах КС;  $P_m$  – среднее давление газа в пределах КС;  $D$  – приведенный диаметр трубопровода. Массовая скорость газа  $u$  в газопроводе определяется по соотношению:

$$u = \frac{G}{F}, \quad (2)$$

где  $G$  – массовое количество перекачиваемого газа;  $F$  – площадь сечения трубопровода. Коэффициент  $E$  характеризует гидравлическую эффективность работы линейной части трубопровода и в определенной степени чистоту его внутренней поверхности:

$$E = \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{пр}}} \cong \sqrt{\frac{\lambda_{\text{пр}}}{\lambda_{\text{пр.ф}}}}, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{ф}}$  и  $Q_{\text{пр}}$  – фактическая и проектная пропускная способность

газопровода соответственно;  $\lambda_{\text{пр.ф}}$  – фактический коэффициент сопротивления трения.

Охлаждение газа на станции после компримирования приводит к уменьшению его средней температуры на входе в следующую КС, увеличению давления в конце линейного участка газопровода, уменьшению степени сжатия на следующей станции при условии сохранения постоянного давления на выходе. В результате энергозатраты на компримирование газа на следующей КС снижаются. Согласно проведенным в ПАО «Газпром» исследованиям КС и МГ снижение температуры газа на выходе КС на 5 °С приводит к увеличению объема транспорта на 1,25 % и к экономии 4 % топлива при том же объеме транспорта. Для охлаждения природного газа после газоперекачивающих агрегатов на выходе КС устанавливаются аппараты воздушного охлаждения (АВО), которые представляют собой одну или несколько теплообменных секций, смонтированных на общей раме. Прокачивающие воздух через теплообменник вентиляторы закрепляются в специальных диффузорах, которые предназна-

чены для повышения эффективности и направления воздушного потока.

### ЭКСПЛУАТИРУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

На сегодняшний день в ООО «Газпром трансгаз Москва» используются следующие образцы охладителей:

- АВО зигзагообразного типа (АВЗ) (АО «Таллинский машиностроительный завод», Эстония);
- АВО горизонтального типа (АВГ) «2АВГ-75» (АО «Подольский машиностроительный завод», Россия);
- «1 А В 3 – 9 – 6 , 3 – Б 1 » (ООО «КРИОМАН – Балашихинский завод криогенного машиностроения», Россия);
- АВО (GE Nuovo Pignone, Италия);
- АВО (Chart Ferro, Inc., Чехия).

Перечисленное оборудование обладает рядом схожих недостатков.

*Неудачная компоновка* вызывает перетоки нагретого воздуха с боковых поверхностей теплообменного блока на всас вентилятора.

*Устаревший по конструкции и материалам профиль* лопастей вентиляторов приводит к формированию неравномерного воздушного потока и, как следствие, к низкому КПД

Таблица 1. Основные характеристики аппарата воздушного охлаждения газа  
Table 1. Key figures for the air cooling unit

| Основные показатели<br>Key parameters                             | Обозначение<br>Symbol   | Единица измерения<br>Measurement units   | Значение параметра<br>Parameter values               |
|---|-------------------------|--|--|
| Барометрическое давление<br>Barometric pressure                   | $P_{a,0}$               | кПа<br>kPa   | 101,3  |
| Абсолютное давление на входе<br>Absolute pressure, inlet          | $P_{1,0}$               | МПа<br>MPa   | 7,40   |
| Расход газа<br>Gas flow rate                                      | $G_0$                   | кг/ч (кг/с)<br>kg/h (kg/s)   | 100 050 (27,8)                                       |
| Расход воздуха<br>Air flow rate                                   | $W_{a,0}$<br>$W_{a,0}$  | м <sup>3</sup> /ч (м <sup>3</sup> /с)<br>m <sup>3</sup> /h (m <sup>3</sup> /s) | 250 000 (69,4)                                       |
| Температура газа на входе в аппарат<br>Unit inlet temperature     | $t_{1,0}$               | °С   | 50   |
| Температура газа на выходе из аппарата<br>Unit outlet temperature | $t_{2,0}$               | °С   | 33   |
| Температура воздуха<br>Air temperature                            | $t_{a,0}$               | °С   | 20   |
| Тепловая мощность<br>Heat power                                   | $Q_p$                   | кВт<br>kW  | 3013   |
| Гидравлическое сопротивление<br>Hydraulic resistance              | $\Delta P_0$            | кПа<br>kPa   | 13   |
| Диаметр колеса<br>Impeller diameter                               | $D_k$<br>$D_l$          | м<br>m   | 2,7  |
| Тип приводного электродвигателя<br>Type of drive motor            | –                       | –  | МВЭДВ 132 5,5 0,73 УХЛ1<br>MDVEDV 132 5.5 0.73 UKhL1 |
| Мощность электродвигателя<br>Motor power                          | $N_0$                   | кВт<br>kW  | 7,5  |
| КПД электродвигателя<br>Motor efficiency                          | $\eta_{эд}$<br>$\eta_m$ | %  | 90   |
| Частота вращения<br>Speed of rotation                             | $n_0$                   | мин <sup>-1</sup> (с <sup>-1</sup> )<br>min <sup>-1</sup> (s <sup>-1</sup> )   | 490 (8,2)  |

вентилятора и неэффективному расходу электроэнергии.

*Малый коэффициент обребрения обусловлен технологическими ограничениями прокатных форм, применяемых при производстве биметаллических трубных заготовок, изготавливаемых методом поперечно-винтовой холодной прокатки.*

*Отсутствие возможности регулировки оборотов электропривода (ввиду громоздкости и дороговизны частотного регулирования оборудования прошлых поколений) увеличивает его износ из-за больших пусковых токов, одновременно растет потребление электроэнергии за счет неоптимального возбуждения электродвигателя.*

*Большие габариты и металлоемкость как следствие комплек-*

са вышеописанных недостатков, для компенсации которых производители вынуждены использовать большие поверхности теплообмена.

В результате для покрытия технологических нужд в охлаждении газа устанавливались АВО с избыточной величиной электрической мощности, что приводило к росту финансовых издержек и себестоимости технологического процесса.

#### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Развитие высокоточных методов диагностики, исследований и анализа результатов в области энергоэффективности оборудования дает возможность достоверно выявлять малоэффективные конструктивные и технологические решения. Полученные аналитические данные позволяют на их базе



Рис. 1. Опытный образец аппарата воздушного охлаждения газа для линейных компрессорных станций  
Fig. 1. Prototype of advanced air cooling unit for linear compressor stations

формировать технические задания на разработку нового оборудования с улучшенными характеристиками, исключая выявленные недостатки. Ниже перечислены основные задачи разработчиков при проектировании современных АВО.

Оптимизация аэродинамической схемы тока охлаждающей среды

в межтрубном пространстве теплообменного аппарата для исключения неравномерности поля скоростей, перетоков нагретого воздуха с боковых поверхностей аппарата на всас вентилятора.

Увеличение поверхности теплообмена в теплообменном аппарате путем повышения коэффициента оребрения.

Создание композитных лопастей вентиляторов переменного профиля, позволяющих реализовать сложные механизмы закрутки и тангенциального навала для повышения напора вентилятора.

Проектирование входных направляющих диффузоров вентиляторов, в том числе с использованием поверхностей лемнискаты Бернулли, с возможностью сглаживать неравномерное поле скоростей воздушного потока и минимизировать возникновение турбулентных явлений.

Снижение удельных затрат электроэнергии на охлаждение путем создания оптимальной аэродинамической схемы аппарата



а) а)



б) б)

Рис. 2. Стенды для натурных испытаний: а) «НВС-5,0» – тестирование вентилятора «ГАЦ-50»; б) «СГС-1» – определение гидравлического сопротивления трубных пучков  
Fig. 2. In-situ test facilities: а) NVS-5.0 – testing GATs-50 fan; б) SGS-1 – determination of hydraulic resistance of tube nests

и, как следствие, обеспечение возможности использования электродвигателей меньшей мощности, в том числе современных вентиляционных двигателей.

#### СОЗДАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ АЛЬТЕРНАТИВЫ

Для повышения эффективности транспорта газа посредством применения современных АВО силами ООО «Газпром трансгаз Москва» и ЗАО «ГИДРОАЭРОЦЕНТР» разработан инновационный АВО

газа «Турбо» (рис. 1, табл. 1). Его конструкция определена путем комплексного математического моделирования с последующим испытанием всех узлов изделия на аттестованном комплексе специализированных натуральных стендов (рис. 2). Данный подход позволил реализовать в АВО требуемые характеристики с погрешностью менее 2 %.

При создании охладителя были проведены следующие мероприятия.

**PRC** : RUSSIA & CIS

ORGANIZER  
**BGS**  
group

## ЕЖЕГОДНЫЙ ЗАКРЫТЫЙ КОНГРЕСС ПО НЕФТЕХИМИИ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ: РОССИЯ И СНГ

КАТАЛИЗАТОР ИНДУСТРИИ

ДЕЛАЕМ ОБЩЕНИЕ  
В МИРЕ B2B ПРОСТЫМ  
И ЭФФЕКТИВНЫМ



РЕГИСТРАЦИЯ  
PRCRUSSIA.COM  
+7 (495) 204-14-65

Март 30–31, 2020 | Санкт-Петербург

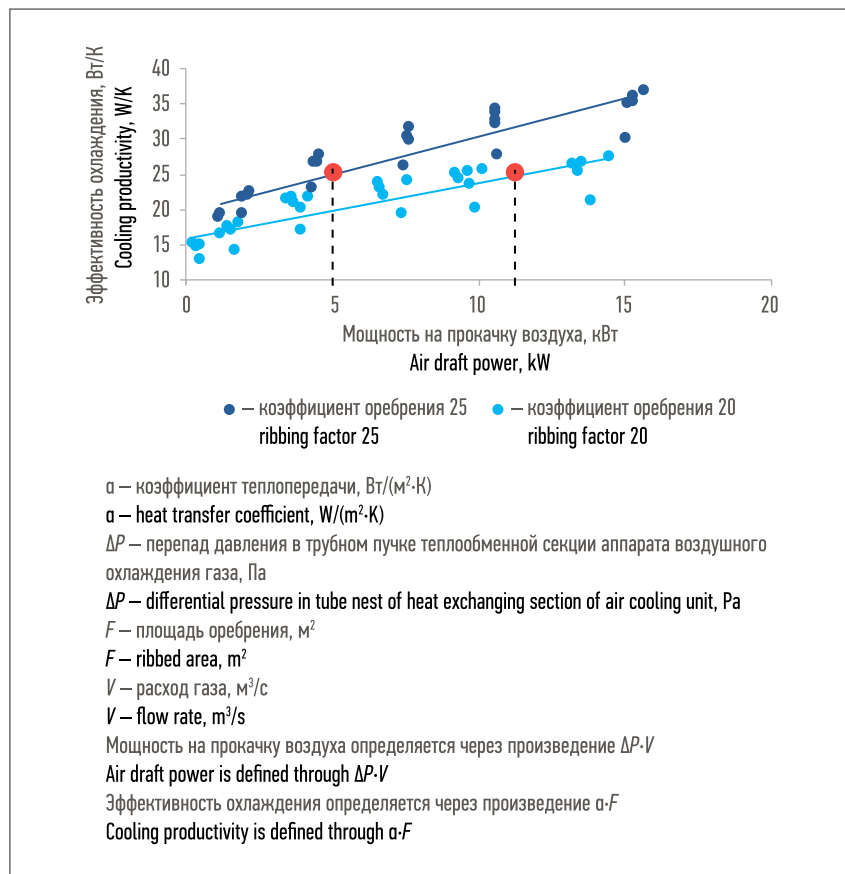


Рис. 3. Эффективность оребренных труб  
Fig. 3. Effectiveness of roughed tubes

Внедрены передовые технологии производства теплообменных секций: орбитальная сварка толстостенных труб в аргоне, полуавтоматическая сварка в среде защитных газов, автоматическая сварка параллельных швов до 4000 мм под флюсом, технология мелковиткового оребрения труб, позволившая получить коэффициент оребрения, равный 25. Графики эффективности теплообменных аппаратов с различными значениями коэффициента оребрения приведены на рис. 3. Поскольку используются шестирядные аппараты, коэффициенты для каждого из рядов определили при испытаниях натуральных образцов на стенде «СВТ-1», результаты аппроксимировали линейной функцией, оптимальные значения коэффициентов регрессии рассчитали методом наименьших квадратов. По результатам была построена зависимость теплопередачи от коэффициента оребрения. Далее величины коэффициентов теплопередачи, которые можно определить только эмпирическим путем, использовали для моделирования АВО.

В вентиляционных блоках использовали современные композиционные материалы (рис. 4), что позволило уменьшить массу входных диффузоров и лопастей вентиляторов, выполненных по сложнопрофилированной аэродинамической схеме, и увеличить напор и эффективность теплообмена за счет более равномерного тока воздуха. Одновременно за счет снижения веса вращающихся деталей и уменьшения радиальных и вибрационных нагрузок на подшипниковые узлы повысилась надежность конструкции.

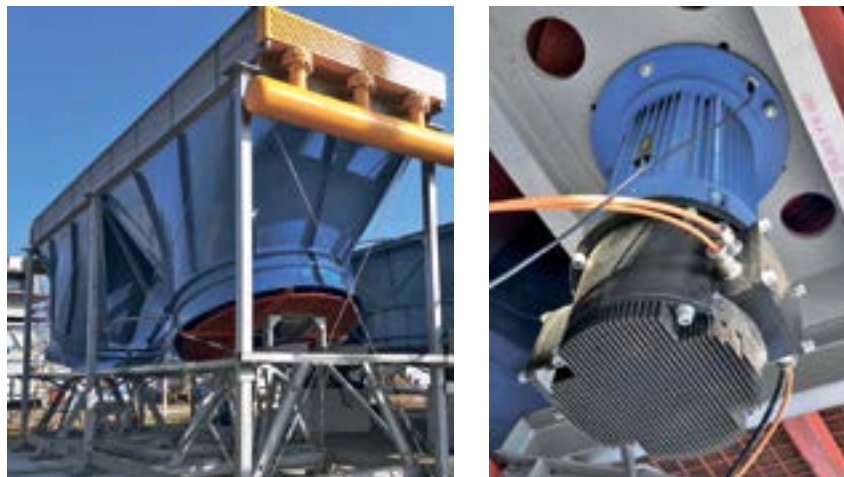


Рис. 4. Вентилятор из композиционных материалов с ЕС-двигателем (electronically commutated) мощностью 3 кВт  
Fig. 4. 3 kW EC-motor fan made of composite materials

Исследованы режимы работы новых МГ и КС, на которых предполагалась эксплуатация АВО, построенных с применением гладкостенных труб, эквивалентная шероховатость которых не превышает 0,01 мм (в 2–3 раза

меньше, чем у труб предыдущего поколения), что оказывает существенное влияние на конечное значение температуры газа.

Выполнены экспериментальные замеры характеристик всех элементов АВО газа.

#### ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЕЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Опытный образец АВО «Турбо» был смонтирован в компрессорном цехе №2 КС «Долгое» Орловского линейного производственного управления МГ ООО «Газпром трансгаз Москва». Приемочная комиссия испытаний по завер-

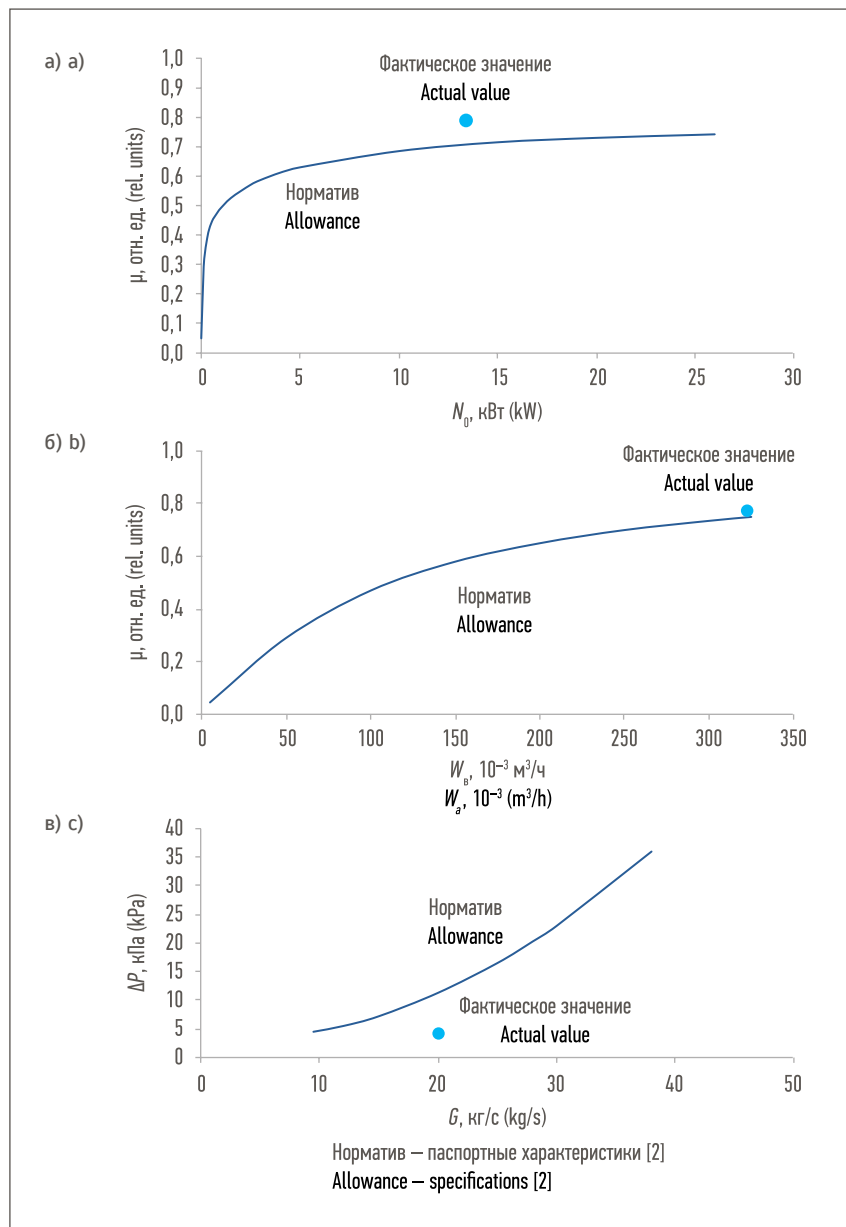


Рис. 5. Результаты испытаний опытного образца аппарата воздушного охлаждения газа: а) зависимость степени охлаждения  $\mu$  от мощности электродвигателей вентиляторов  $N_0$ ; б) зависимость степени охлаждения  $\mu$  от расхода воздуха через секцию  $W_0$ ; в) зависимость потерь давления в секции  $\Delta P$  от массового расхода газа  $G$   
Fig. 5. Test results for air cooling unit prototype: а) dependence of cooling degree  $\mu$  on fan motor power  $N_0$ ; б) dependence of cooling degree  $\mu$  on air flow rate through the section  $W_0$ ; в) dependence of pressure loss in section  $\Delta P$  on gas mass flow  $G$

шении опытно-промышленной эксплуатации, действуя в соответствии с утвержденной программой, выполнила полный объем предписанных мероприятий:

- проверку комплектности и маркировок, контрольной сборки АВО, наличия заземляющих зажимов и знаков заземления;
- определение величины электрического сопротивления между

заземляющими зажимами и каждой доступной нетоковедущей частью, которая может оказаться под напряжением;

- испытания на прочность аппарата и трубопроводной обвязки путем опрессовки рабочим давлением;
- оценку гидравлического сопротивления аппарата, уровня звукового давления, вибростоя-

ния основных узлов и корпусных элементов, рабочих параметров вентильных электродвигателей, тепловой мощности и расходной характеристики вентиляторов;

- тестирование работоспособности системы управления АВО, защит и переключений.

В заключение было установлено соответствие рабочих характеристик АВО требованиям [1, 2].

Испытания прошли успешно, нарушений выявлено не было, некоторые результаты представлены на рис. 5. Номинальные характеристики проектируемого оборудования закладывали с использованием результатов расчетов (рис. 3) при различных значениях расхода воздуха. Определенные в ходе опытных испытаний фактические (рабочие) параметры превосходили нормативные значения в силу погрешностей конструкторских расчетов, примененных при проектировании и реализованных в математическом аппарате программных комплексов. Анализ графиков (рис. 5) позволяет утверждать, что рабочие характеристики опытного образца охладителя полностью соответствуют заявленным при проектировании требованиям и превосходят условия эффективности АВО [1].

На следующем этапе провели сравнительные испытания штатной секции «АВГ-75» и новой секции опытного образца АВО «Турбо» для оценки различий в уровне энергопотребления при работе с одинаковой степенью охлаждения (табл. 2). Ниже приведены основные результаты тестов:

- суммарная активная мощность по трем фазам электродвигателей опытного образца в 5,2 раза ниже;
- суммарная полная мощность по трем фазам электродвигателей опытного образца в 8,5 раза ниже;
- максимальное суммарное значение потребляемого тока по трем фазам электродвигателей опытного образца в 9,3 раза ниже;
- среднее значение коэффициента мощности электродвигателей опытного образца в 1,6 раза выше.

Таблица 2. Результаты сравнительных испытаний  
Table 2. Comparative tests results

| Наименование параметра<br>Parameter   |   | Опытный образец<br>Prototype  |      |      | 2АВГ-75<br>2AVG-75 |       |       |       |
|---|---|---|------|------|--------------------|-------|-------|-------|
| Температура газа на выходе из аппарата при всех включенных вентиляторах с выдержкой 40 мин (давление газа на входе в аппараты 7,026 МПа; температура газа на входе в аппараты 31,8 °С; внешняя температура –5,0 °С), °С<br>Outlet gas temperature with all fans turned on with 40 min exposure (inlet gas pressure 7.026 MPa; inlet gas temperature 31.8 °C; ambient temperature –5 °C), °C |   | –1,0  |      |      | 3,0                |       |       |       |
| Параметры электродвигателей при сравнительном испытании (напряжение 395 В)<br>Motor parameters in comparative test (395 V)  | Электродвигатель № 1 (вход газа)<br>Motor No. 1 (gas inlet)   | Сила тока по фазам, А<br>Amperage by phases                                   | 10,5 | 11,0 | 11,1               | 90,4  | 90,5  | 88,0  |
|   |   | Мощность активная по фазам, кВт<br>Active power by phases, kW                 | 6,76 | 6,28 | 7,37               | 35,1  | 34,3  | 34,4  |
|   |   | Мощность реактивная по фазам, кВт<br>Reactive power by phases, kW             | 2,91 | 2,66 | 3,06               | 52,4  | 53,7  | 52,0  |
|   |   | Мощность полная по фазам, кВт<br>Total power by phases, kW                    | 7,30 | 7,83 | 7,93               | 63,3  | 63,7  | 62,6  |
|   |   | Коэффициент мощности по фазам, отн. ед.<br>Power factor by phases, rel. units | 0,92 | 0,94 | 0,92               | 0,55  | 0,54  | 0,56  |
|   | Электродвигатель № 2 (выход газа)<br>Motor No. 2 (gas outlet) | Сила тока по фазам, А<br>Amperage by phases                                   | 10,3 | 10,7 | 11,1               | 103,1 | 101,6 | 100,0 |
|   |   | Мощность активная по фазам, кВт<br>Active power by phases, kW                 | 6,45 | 7,20 | 7,20               | 43,8  | 43,7  | 41,8  |
|   |   | Мощность реактивная по фазам, кВт<br>Reactive power by phases, kW             | 2,88 | 2,56 | 3,05               | 57,4  | 56,2  | 57,2  |
|   |   | Мощность полная по фазам, кВт<br>Total power by phases, kW                    | 7,09 | 7,65 | 7,68               | 71,9  | 70,7  | 70,7  |
|   |   | Коэффициент мощности по фазам, отн. ед.<br>Power factor by phases, rel. units | 0,91 | 0,94 | 0,92               | 0,60  | 0,61  | 0,59  |

Таким образом, применение высокоэффективных вентиляторов совместно с оптимизированными входными диффузорами, а также новых вентильных электродвигателей совместно с устройствами частотного регулирования дает возможность существенно понизить мощность используемых электродвигателей в опытном образце АВО без потери эффективности оборудования, а значительно меньшее потребление токов позволяет существенно сократить затраты на прокладку кабельной обвязки за счет меньшего сечения кабелей.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате натурных испытаний доказано превосходство технических характеристик нового обо-

рудования над эксплуатируемым сегодня, что подтверждает актуальность разработки и последующего внедрения современных АВО на технологических объектах транспорта газа ООО «Газпром трансгаз Москва». Применение данных АВО при строительстве новых объектов и модернизации уже имеющихся позволит значительно повысить энергоэффективность транспорта газа, сократить экономические издержки и снизить негативное воздействие на окружающую среду за счет всесторонней оптимизации успешных технических решений прошлых лет и обширных технологических и научных достижений современности при разработке принципиально новых изделий. ■

#### ЛИТЕРАТУРА

- 000 «Газпром ВНИИГАЗ». СТО Газпром 2-1.20-534-2011. Требования к показателям энергоэффективности оборудования, машин и устройств, закупаемых для нужд дочерних обществ Группы «Газпром» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
- 000 «ГИДРОАЭРОЦЕНТР». ТУ 28.25.11-001-85983116-2017. Аппараты воздушного охлаждения газа горизонтальные блочные типа «ТУРБО» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.

#### REFERENCES

- Gazprom VNIIGAZ LLC. *Company Standard STO 2-1.20-534-2011. Requirements for energy efficiency performance of equipment, machinery, and devices purchased for the needs of Gazprom group subsidiaries.* [Access restricted]. (In Russian)
- Hydroaerocenter Group. *TU 28.25.11-001-85983116-2017. Modular horizontal air cooling units, TURBO type.* [Access restricted]. (In Russian)