

СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ЦИКЛОВОГО ВОЗДУХА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА «НЕВА-25НК»© 2009 Д. Г. Федорченко¹, А. В. Федосов², Ю. И. Климнюк¹, В. И. Цибизов²¹Самарский научно-технический комплекс им. Н.Д. Кузнецова²ОАО «Моторостроитель»

Для газоперекачивающего агрегата «Нева-25НК» с двигателем НК-36СТ разработана противообледенительная система. Представлены результаты испытаний, показывающие требуемые параметры.

Система подогрева циклового воздуха, газоперекачивающий агрегат, противообледенительная система

Исключение условий обледенения воздухозаборного тракта газотурбинных установок является необходимым условием обеспечения их надежной работы. Для решения этой задачи входные очистительные устройства (ВОУ) газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и газотурбинных электростанций (ГТЭС) снабжаются системами подогрева циклового воздуха – противообледенительными системами (ПОС). В условиях обледенения (температуры наружного воздуха от плюс 5°С до минус 10°С, относительной влажности от 80 до 100%) система ПОС должна обеспечивать подогрев циклового воздуха не менее чем на 5...6°С и снижение относительной влажности до 60...70%. Номограмма относительной влажности воздуха, раскрывающая физический принцип работы системы ПОС, а также график зависимости относительной влажности воздуха от величины подогрева при постоянном влагосодержании, приведены на рис.1,2.

Как следует из [1], продолжительность периода, в течение которого возникают условия обледенения для Евро-Азиатского региона России, достигает до 74% времени в году для северных районов и до 41% для южных районов.

Для подогрева циклового воздуха газотурбинных двигателей НК-36СТ и НК37СТ, используемых в качестве приводных в ГПА и ГТЭС, до настоящего времени применяется традиционная схема, предусматривающая использование для этой цели воздуха, отбираемого от компрессора высокого давления двигателя (КВД). Учитывая, что отбор воздуха от КВД приводит к существенному па-

дению мощности двигателя, приняты ограничения по величине отбора (по нормативной документации ОАО «Газпром» - не более 2% от расхода циклового воздуха). Опыт показывает, что при такой схеме требуемый температурный режим подогрева циклового воздуха надежно не обеспечивается. Так, результаты эксплуатации ГПА-25НК на КС «Починовская» и ГТЭС на Безымянской ТЭЦ в г. Самаре показали, что при отборе воздуха от КВД ГТД до 3% от расхода циклового воздуха подогрев его составлял до 4°С, а при наличии тепловой изоляции подводящих труб - 5°С. Кроме этого, измеренный уровень шума при включенной системе ПОС достигал величины 100...107 дБА, что объясняется сверхзвуковым истечением воздуха из отверстий коллекторов ПОС (абсолютное давление воздуха, отбираемого от КВД, перед выходными отверстиями в коллекторах ПОС составляет 6...8 кгс/см²).

Таким образом, недостатком традиционных схем систем обогрева циклового воздуха является прямая зависимость величины подогрева от отборов воздуха от компрессора высокого давления ГТД, и, как следствие, отсутствие запаса по величине подогрева, высокий уровень шума.

Альтернативный вариант системы ПОС был предложен и применен ОАО «СНТК им. Н.Д.Кузнецова» на газоперекачивающих агрегатах ГПА-Ц16Р и «Волга» с двигателем НК-38СТ (патент РФ 205601) [2]. Отличительной особенностью этого варианта является применение двухрежимной эжекторной схемы, где на основном режиме в качестве активного используется воздух, отбираемый от компрессора низкого

давления (КНД) ГТД, и в качестве эжектируемого – воздух, отбираемый из продувочного контура двигателя НК-38СТ. Экстремальный режим (при наличии неблагоприятного сочетания относительной влажности и осадков) предусматривает использование дополнительного отбора горячего воздуха от КВД (0,5%...1,0%). Такая схема позволила снизить отборы воздуха от КВД с 3,5кг/с до 0,7 кг/с, существенно снизить уровень шума [3].

Эжекторная схема ПОС применена также на ГПА-12 «Урал» (НПО «Искра», г.Пермь). Отличительной особенностью этой схемы является то, что в качестве эжектируемого применялся воздух из системы охлаждения ГТД (отбираемый из-под защитного кожуха ГТД), а в качестве активного – воздух, отбираемый от КВД ГТД [4].

Из изложенного следует, что на ГПА необходимо использовать комбинированные системы ПОС КВОУ, которые позволяют обеспечить необходимый запас по подогреву воздуха, при этом отбор воздуха от компрессора ВД может быть снижен.

На ОАО «Моторостроитель» для ГПА «Нева-25НК» совместно с ОАО «СНТК им. Н.Д.Кузнецова» разработана схема ПОС, предусматривающая применение эжектора, в котором происходит смешение активного горячего воздуха, отбираемого от КВД ГТД (до 2% от расхода циклового воздуха), и пассивного, менее горячего воздуха, отбираемого от КНД ГТД (см. рис.3). Указанная схема позволяет ограничить отбор воздуха от КВД ГТД, и иметь необходимый запас по величине подогрева. Схема позволяет обеспечить стабильность расхода в системе ПОС во всем диапазоне эксплуатационных режимов ГТД. Кроме того, в результате смешения достигаются параметры воздуха, обеспечивающие его дозвуковое истечение из отверстий коллекторов ПОС (и, следовательно, приемлемый уровень шума).

Величины подогрева определялись исходя из закона сохранения энергии по следующим формулам:

$$T_{CM1}^* = \frac{G_{кнд} \cdot T_{кнд}^* + G_{квд} \cdot T_{квд}^*}{G_{кнд} + G_{квд}};$$

$$T_{CM2}^* = \frac{G_{дв} \cdot T_n + T_{CM1} (G_{кнд} + G_{квд})}{G_{дв} + (G_{кнд} + G_{квд})};$$

$$\delta t = T_{CM2} - T_n,$$

где $G_{дв}$, $G_{кнд}$, $G_{квд}$ - расход циклового воздуха, отборы воздуха от КНД и КВД соответственно; T_n , $T_{кнд}$, $T_{квд}$ - абсолютная температура атмосферного воздуха на входе в ВОУ ГПА, абсолютные температуры отбираемого воздуха от КНД и КВД; δt - подогрев циклового воздуха.

Определено, что для подогрева циклового воздуха на $\sim 8^\circ\text{C}$ в условиях температуры наружного воздуха плюс 5°C , относительной влажности 100%, величины необходимых отборов воздуха составляют: от КНД $G_{кнд} = 2,0$ кг/с, от КВД $G_{квд} = 1,8$ кг/с. Такой подогрев обеспечивает снижение относительной влажности до величины 55%.

При опытно-промышленной эксплуатации ГПА «Нева-25НК» на КС-17 «Грязовец» ООО «Севергазпром» получены результаты, подтверждающие эффективность работы ПОС и расчетную величину подогрева циклового воздуха. Уровень шума при работе ПОС не превышает санитарных норм.

Внешний вид наружной (коллекторной) части системы ПОС ГПА «Нева-25НК» показан на рис. 4.

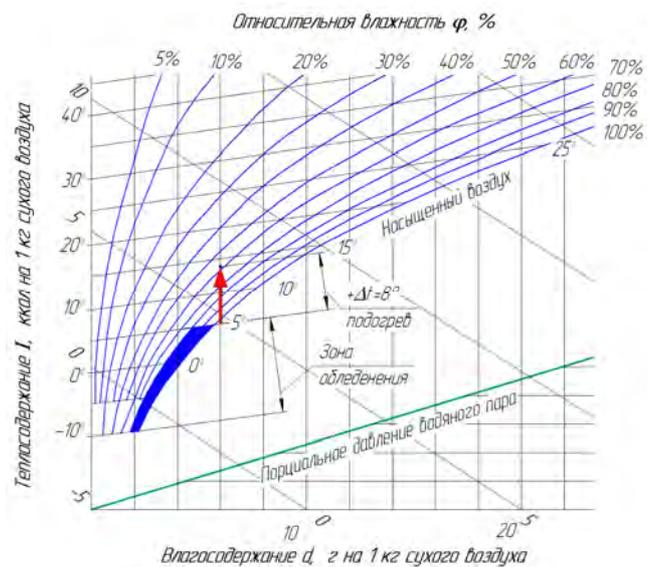


Рис.1. Номограмма относительной влажности воздуха

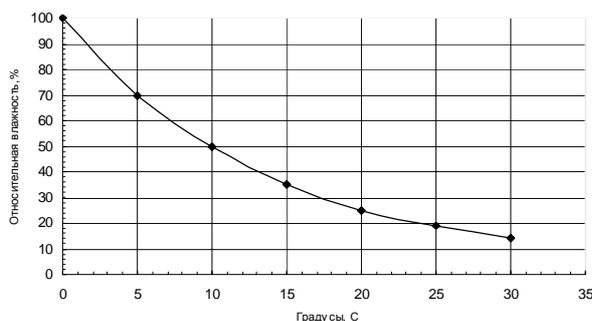


Рис. 2. Влияние величины подогрева на относительную влажность воздуха

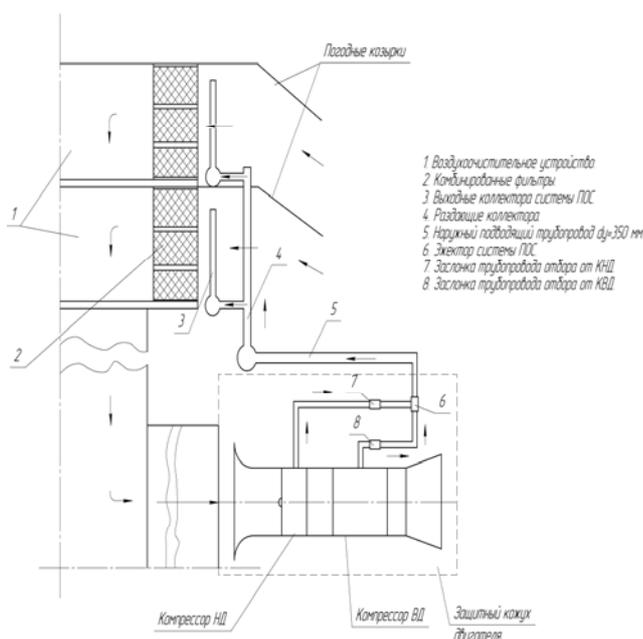


Рис. 3. Состав противообледенительной системы ГПА «Нева-25НК»

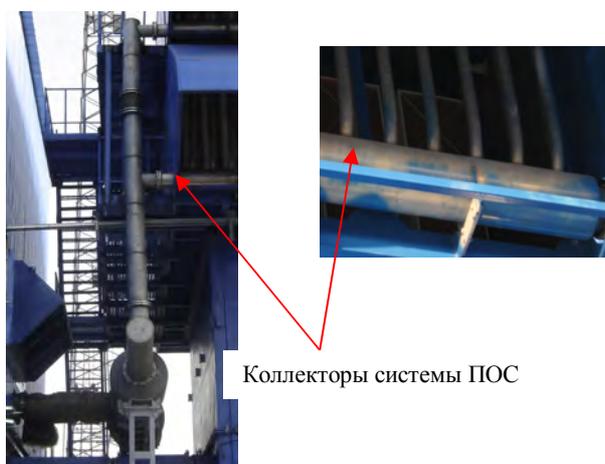


Рис. 4. Внешний вид наружной (коллекторной) части системы ПОС ГПА «Нева-25НК»

Выводы. В системе подогрева циклового воздуха для ГПА «Нева-25НК» реали-

зована эжекторная схема со смешением активного горячего воздуха, отбираемого от КВД и пассивного, менее горячего воздуха, отбираемого от компрессора низкого давления.

Такая схема позволила:

- при ограниченном (до 1,8%) отборе воздуха от КВД обеспечить относительно более высокую (до 8°C) степень подогрева циклового воздуха по сравнению с традиционными схемами;
- обеспечить постоянство расхода воздуха в системе ПОС во всем диапазоне эксплуатационных режимов;
- обеспечить уровень шума, соответствующий санитарным нормам.

Библиографический список

1. Тесленко, А.И. Обледенение авиационных газотурбинных двигателей/ А.И. Тесленко.- М.: Оборонгиз, 1961.
2. Газотурбинная установка с противообледенительным устройством / Ю.А. Климнюк [и др.] // Пат. №2095601 РФ. 10.12.93г.
3. Гриценко, Е.А. Результаты испытаний высокоэффективной противообледенительной системы ВОУ ГПА-Ц16 НК-38 на компрессорной станции «Тольяттинская»/ Е.А. Гриценко, Ю.И. Климнюк, О.А. Степаненко Газотурбинные технологии». -2002- №4.
4. Будусов, В. Система подогрева циклового воздуха ГПА серии «Урал» / В. Будусов, А. Кобелев, А. Токранов // «Газотурбинные технологии». - 2001. - №3 (13).

References

1. Teslenko A.I., Icing of the gas turbine aviation engines. Department of defense of the USSR.
2. Patent of RF №2095601, “Gas turbine setting with anti-icing device”.
3. Gritsenko E.A., Klimnyuk Yu.I., Stepanenko O.A. The test results of highly effective anti-icing systems for the GPU C-16 NK-38 at the compressor station “Tolyattinskaya”. «Gas turbine technologies». № 4, 2002.
4. Budusov V., Kobelev A., Tokranov A., The system of warming up the cyclic air in the series “Ural” GPU. «Gas turbine technologies». № 3(13), 2001.

CYCLE AIR HEATING SYSTEM OF GAS PUMPING UNIT NEVA- 25NK

© 2009 D. G. Fedorchenko¹, A. V. Fedosov², Yu. I. Klimnyuk¹, V. I. Tsibisov²

¹Scientific-technical Complex named after N.D. Kusnetsov

²JSC Motorostroitel

An ice protection system for gas pumping unit Neva-25NK with NK-36ST engine is developed. The results of full-scale test are presented providing validation of the required parameters.

Cycle air heating system, gas pumping, ice protection system

Информация об авторах

Федорченко Дмитрий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета, Генеральный конструктор Самарского научно-технического комплекса имени Н.Д. Кузнецова. Тел. (846) 998-59-00. E-mail: sntk@samtel.ru. Область научных интересов: динамика и прочность, конструкция авиационных двигателей и энергетических установок.

Федосов Александр Викторович, главный конструктор ОАО «Моторостроитель», г. Самара. Тел. (846) 992-68-68. E-mail: scb@motor-s.ru. Область научных интересов: конструкция энергетических установок.

Климнюк Юрий Иванович, начальник отдела Самарского научно-технического комплекса имени Н.Д. Кузнецова. Тел. (846) 998-59-00. E-mail: sntk@samtel.ru. Область научных интересов: термодинамика.

Цибизов Владимир Ильич, начальник отдела ОАО «Моторостроитель», г. Самара. Тел. (846) 992-68-68. E-mail: scb@motor-s.ru. Область научных интересов: конструкция энергетических установок.

Fedorchenko Dmitry Gennadyevich, candidate of technical science, general designer of Scientific-technical Complex named after N.D. Kusnetsov. Phone: (846) 998-59-00. E-mail: sntk@samtel.ru. Area of research: Dynamic and Strength, Aircraft Engines Design and the Power Stations.

Fedosov Alexandr Viktorovich, chief designer of Special Design Bureau on Gas Pumping unit & Power Stations, JSC Motorostroitel. Samara, Phone: (846) 992-68-68. E-mail: scb@motor-s.ru. Area of research: Power Stations.

Klimniuk Yuriy Ivanovich, head of section of Scientific-technical Complex named after N.D. Kusnetsov, Samara. Phone: (846) 998-59-00. E-mail: sntk@samtel.ru. Area of research: thermodynamic.

Tsibisov Vladimir Ilyich, head section of Special Design Bureau on Gas Pumping unit & Power Stations, JSC Motorostroitel. Samara. Phone: (846) 992-68-68. E-mail: scb@motor-s.ru. Area of research: Power Stations.