

ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЧНО ПЕРЕКРЫТОГО ВХОДА В ОСЕВОЙ КОМПРЕССОР НА ПОМПАЖ И МОЩНОСТЬ

И.К. Шаталов, Ю.А. Антипов, Э.Р. Рамазанов, А.Д. Тузиков

Инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Эксперименты показали, что частичное перекрытие входа в осевой компрессор с помощью специальных диафрагм позволит мгновенно исключить помпаж и уменьшить потребляемую мощность на 40%.

Ключевые слова: осевой компрессор, перекрытие входа, помпаж, крутящий момент, мощность

В последнее время возрос интерес к использованию осевых компрессоров в качестве нагнетателей природного газа в тепловых насосах и холодильных машинах для сжатия рабочих тел (агентов) [1]. Преимущество осевых компрессоров перед центробежными состоит в более высоком (на 8...10%) внутреннем КПД η_K . Недостатки — большая чувствительность к загрязнению лопаток аппарата и меньший диапазон устойчивой работы по расходу воздуха в сравнении с центробежными компрессорами.

Нагнетатели природного газа, установленные на компрессорных станциях, должны иметь степень повышения давления $\pi_K = p_K/p_B$ (p_K и p_B — абсолютные давления на выходе и входе в компрессор) в пределах 1,44...1,6.

Такую величину π_K имеют дозвуковые двух- и трехступенчатые осевые компрессоры с $\eta_K = 0,86...0,9$ при коэффициенте расхода C_a/U_K (C_a — осевая скорость, U_K — окружная скорость на периферии) порядка 0,20...0,25 [2].

При включении компрессора в сеть, а также на переходных режимах иногда возникает помпаж, грозящий установке аварией. В том случае, если компрессор является элементом газотурбинного двигателя, помпаж может возникнуть на пусковых режимах. На этих же режимах, на их первом этапе (раскрутке) желательнее снизить мощность, затрачиваемую пусковым устройством.

Анализ работы ступеней, а также эксперименты, начатые нами в политехническом институте штата Вирджиния (США) [3] и продолженные в РУДН, показали, что обе цели (мгновенное прекращение помпажа и снижение затрачиваемой мощности) могут быть достигнуты путем уменьшения с помощью специальных кольцевых диафрагм площади F входа в компрессор. Как показали дальнейшие опыты, наиболее эффективна установка диафрагм у корня (втулки) лопаток непосредственно перед входным направляющим аппаратом (рис. 1).

Испытывался двухступенчатый компрессор, приводящийся во вращение электродвигателем постоянного тока мощностью 6 кВт. Воздух подавался в ресивер

объемом $1,81 \text{ м}^3$, причем дроссельное устройство, регулирующее расход воздуха G_B , размещалось на выходе из ресивера. Лопатки статора и ротора спрофилированы по закону постоянства циркуляции и имели по высоте постоянное сечение. Относительный диаметр втулки $D_{вт}/D_k = 0,675$.

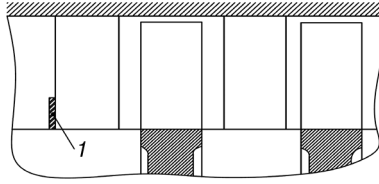


Рис. 1. Схема проточной части компрессора с кольцевой диафрагмой (1)

Крутящий момент M измерялся с помощью балансирного весового устройства. Расход воздуха определялся стандартным мерным соплом. Частота вращения n выдерживалась постоянной и равнялась 2000 мин.^{-1} , что соответствовало $U_k = 47,9 \text{ м/с}$.

Испытания проводились с двумя диафрагмами, закрывающими 25 и 50% площади входа ($\bar{F} = 0,25$ и $0,5$).

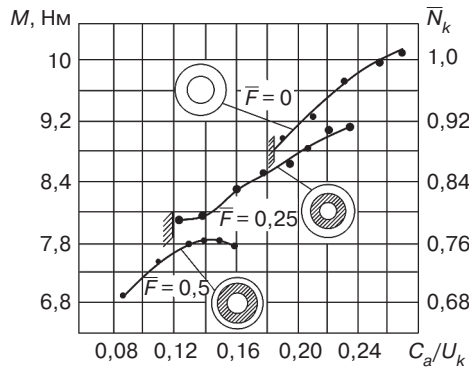


Рис. 2. Зависимость крутящего момента M и относительной мощности N от коэффициента расхода компрессора при трех величинах относительной площади перекрытия входа

На рисунке 2 приведены зависимости крутящего момента и относительной мощности $\bar{N}_k = N_k/N_{k0}$, потребляемой компрессором, от коэффициента расхода и относительной площади входа, закрываемой диафрагмами. Видно, что величины M и \bar{N}_k при установке диафрагм во всех случаях меньше, чем эти же величины при свободном входе воздуха ($\bar{F} = 0$). Компрессор при $\bar{F} = 0,25$ и $\bar{F} = 0,5$ устойчиво работал при меньших расходах воздуха, чем при $\bar{F} = 0$, и в нем не происходило помпажа при всех положениях дроссельной заслонки. При полном открытии дросселя крутящий момент и относительная мощность при $\bar{F} = 0,25$ уменьшались на 9%, а при $\bar{F} = 0,5$ — на 25% по сравнению с соответствующими величинами при $\bar{F} = 0$. Так как расход воздуха пропорционален соотношению C_a/U_k , можно утверждать, что установка диафрагм уменьшает расход воздуха соответственно на 12 и 41%. Такое непропорциональное снижение M , \bar{N}_k и расхода воздуха свидетельствует о больших потерях в компрессоре при установке диафрагм на входе.

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что установка на входе в осевой компрессор диафрагм, частично перекрывающих вход воздуха, позволяет мгновенно прекратить помпаж при малых расходах и существенно уменьшить мощность, потребляемую компрессором при пуске.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Антипов Ю.А., Барский И.А., Терехов Д.В., Шаталов И.К. Применение осевых компрессоров в холодильных машинах и тепловых насосах // Вестник международной академии холода. 2009. № 2. С. 15—17.
- [2] Холщевников К.В. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. М.: Машиностроение, 1970. 695 с.
- [3] Shatalov I.K., O'Brien W.F. Effect of hub and tip blockage on the performance of axial flow compressor // 4th international symposium on air breathing engines. Orlando, USA, Preprint No. 79-2001, pp. 1—9.

EFFECT OF PARTLY AIR BLOCAGE IN AXIAL COMPRESSOR ON SURGE AND OUTPUT

Ju.A. Antipov, I.K. Shatalov, E.R. Ramazanov, A.D. Tuzikov

Faculty of engineering
Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

Effect of partly air blockage in axial compressor on surge and output. The tests show, that partly air blockage of compressor inlet by the mean of special diaphragms allow instantly expel the surge and diminish output on 40%.

Key words: axial compressor, diminishment of inlet, surge, torque, output

REFERENCES

- [1] Antipov Y.A., Barsky I.A., Terekhov V.D., Shatalov I.K. The use of axial compressors in refrigerators and heat pumps. Journal of the International Academy of holoda. 2009. № 2. S. 15—17.
- [2] Holschevnikov K.V. Theory and Design of Aircraft turbomachinery. M.: Mechanical Engineering, 1970. 695 p.
- [3] Shatalov I.K., O'Brien W.F. Effect of hub and tip blockage on the performance of axial flow compressor. 4th international symposium on air breathing engines. Orlando, USA, Preprint No. 79-2001, pp. 1—9.