

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ,
ОТРАБОТАВШИХ НАЗНАЧЕННЫЙ РЕСУРС***Т.В. Игнатова, Б.Л. Житомирский*

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия

Надежность – одно из важнейших эксплуатационных свойств газоперекачивающего агрегата (ГПА), оказывающее существенное влияние на эффективность процесса компримирования природного газа и характеризующееся рядом показателей [1]. Вместе с тем, указанный подход к оценке надежности ГПА относится только к периоду времени, определяемому как назначенный ресурс агрегатов, в связи с чем особо актуальным представляется вопрос определения показателей надежности значительного количества агрегатов, эксплуатируемых на компрессорных станциях газотранспортной системы России, но выработавших назначенный ресурс.

При оценке эффективности надежность ГПА целесообразно оценивать по двум группам свойств: безотказности и ремонтпригодности [2].

Безотказность ГПА рекомендуется оценивать:

- средней наработкой на отказ – T_n , ч;
- интенсивностью потока отказов – λ , 1/ч; $\lambda = 1/T_n$.

Ремонтпригодность ГПА можно оценивать по:

- среднему времени восстановления работоспособного состояния, $T_в$, ч;
- интенсивности потока восстановлений μ , 1/ч; $\mu = 1/T_в$.

Т.к. ГПА является сложной системой, для упрощения расчетов ограничиваются учетом показателей надежности для двух основных последовательно соединенных элементов ГПА – газотурбинной установки (ГТУ) и нагнетателя. Опыт эксплуатации ГПА показывает, что с течением времени после определенной наработки надежность ГПА снижается. При этом показатель безотказности ГПА – интенсивность потока отказов λ – начинает увеличиваться [2].

В настоящее время нормативные документы устанавливают требование о полном восстановлении номинальной мощности и коэффициента полезного действия (КПД) ГПА при капитальном ремонте (КР). В действительности, данное требование выполнимо только при условии замены в ходе КР около 80...90% всех входящих в него узлов и агрегатов, что не предусмотрено ни одной ремонтной документацией заводов-изготовителей. Этот факт подтверждается практическими исследованиями [3; 4]. Так, например, на заводе «Тюменские моторостроители» при заводских испытаниях ГТУ после завершения КР было установлено, что снижение давления за компрессором высокого давления p_2 , оказывающего существенное влияние на основные характеристики установки, составило 0,5...0,7 кг/см². Учитывая начальное значение этого параметра $p_2 = 18...19$ кг/см², можно сделать вывод об ухудшении технических характеристик ГТУ после КР на

2,8...3,7%, что соответствует итоговому снижению характеристик установки после четырех проведенных КР к моменту окончания назначенного ресурса на 10...12%.

На основании изложенного факта справедливо предположение, что пропорционально увеличивается и интенсивность потока отказов λ , причем если в течение назначенного ресурса эксплуатации T_9 это увеличение незначительно, то при продлении сроков безопасной эксплуатации ГПА свыше назначенного ресурса возрастание λ необходимо учитывать в расчетах, как фактор, снижающий эффективность применения ГПА.

Для ГПА любых типов, выработавших назначенный ресурс, при продлении их эксплуатации в диспетчерских и технических расчетах целесообразно вводить поправочный коэффициент, учитывающий снижение показателей надежности. Так, например, для назначенного ресурса агрегатов ГПА-Ц1-16С/76-1,44М1, установленных на КС «Котельниковская», составляющего 100 000 ч, при его продлении в расчетах предлагается брать значения интенсивности потока отказов λ с увеличением на 10% на каждые 100 000 ч. [5].

Изменение интенсивности потока отказов ГПА λ , выработавших назначенный ресурс, с достаточной степенью точности можно определять по формуле

$$\lambda(t) = \lambda_n \cdot (1 + 0,1 \cdot (T + T_9)) / T_9, \quad (1)$$

где λ_n – интенсивность потока отказов, установленная заводом-изготовителем для нового ГПА, 1/ч;

T_9 – назначенный ресурс эксплуатации, ч;

T – срок эксплуатации, превышающий назначенный ресурс, ч.

С учетом продолжительности эксплуатации каждого ГПА вероятность его нахождения в работоспособном состоянии P_u , выраженная через показатели надежности $\lambda_{ГПА}$ и $\mu_{ГПА}$, примет вид:

$$P_u = \frac{\mu_{ГПА}(t)}{\lambda_{ГПА}(t) + \mu_{ГПА}(t)}. \quad (2)$$

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

– для значительного количества ГПА, эксплуатируемых после завершения назначенного срока службы, является актуальной проблема определения показателей надежности;

– отсутствуют актуальные нормативные документы, регламентирующие методы корректировки показателей надежности ГПА, выработавших назначенный ресурс;

– в процессе капитального ремонта полностью не восстанавливаются все эксплуатационные характеристики ГПА;

– при оценке эффективности ГПА для определения их показателей надежности целесообразно использовать подход, изложенный в представленной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 24 с.
2. Техническая эксплуатация газотурбинных компрессорных станций на магистральных газопроводах / В.Г. Дубинский, Б.Л. Житомирский, А.С. Лопатин, В.А. Михаленко – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2019. – 331 с.
3. Саубанов О.М., Валеев А.Р., Акимов В.И. и др. Разработка комплексного подхода к определению технического состояния насоснокомпрессорного оборудования // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2019.– №2.– С.30-35.
4. Фрейман К.В. Система диагностического обслуживания газоперекачивающих агрегатов на газопроводах: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19. – Москва: 2014. – 177 с.
5. Игнатова Т.В., Житомирский Б.Л. К вопросу о влиянии температуры окружающего воздуха на эффективность газоперекачивающих агрегатов // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2022. – № 1 (306). – С. 83-91.