

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ
АГРЕГАТОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИИ И ИЗНОСА**

Д.И. Борисов

Научный руководитель – доцент Н.В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Проблемы повышения эффективности, надежности и безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов становятся актуальными по причине длительного срока эксплуатации и изменившихся условий, износа магистральных насосных агрегатов (МНА).

Оценить техническое состояние магистрального насосного агрегата позволяет один из основных параметров – вибрация [4-5]. Следовательно, первостепенной задачей при совершенствовании методов вибродиагностики, является изучение закономерностей параметров вибрации и износа, зависящих от технического состояния узлов МНА.

Значения вибрации при прогнозировании остаточного ресурса насосного агрегата необходимо приводить к значениям при номинальной подаче агрегата и бескавитационном режиме работы агрегата. Оценку технического состояния МНА производить: на основании результатов диагностики и прогноза по каждой контрольной точке; на основании анализа сравнения уровней вибрации по всей совокупности контролируемых точек агрегата. На анализе тенденции изменения вибрации базируется прогнозирование технического состояния насосного агрегата. Возможные значения вибрации определяются методом взвешенной линейной регрессии на задаваемое время упреждения.

Тенденцию изменения вибрации предлагается определять (аппроксимация методом линейной регрессии) по формуле (1) [3]:

$$v_{np} = A + B \cdot N, \quad (1)$$

где: A и B – коэффициенты (определяются методом «взвешенных» наименьших квадратов).

Значение вибрации (прогнозируемое) определять по формуле (2):

$$v_{np} = A + B(N + L), \quad (2)$$

где L – число членов в последовательности средних точечных значений вибрации на задаваемое время упреждения.

Прогнозирование остаточного ресурса насосного агрегата по параметрам вибрации предлагается осуществлять графоаналитическим методом [1] с использованием статистических данных по надежности МНА и результатов инспекционных обследований. Если состояние насосного агрегата описывается совокупностью диагностируемых параметров, то прогнозирование остаточного ресурса агрегата проводить по каждому параметру. Момент наступления предельного состояния должен определяться по времени его достижения всей совокупностью параметров. Прогноз остаточного ресурса агрегата следует проводить по каждому из параметров, а предельное состояние следует определять по достижению его одним из прогнозируемых параметров, если неисправность описывается несколькими независимыми параметрами, и техническое состояние определяется по наибольшему из них.

Для краткосрочного прогноза характер развития неисправности описывается линейной аппроксимацией, в которой параметр α определяется методом наименьших квадратов [3]:

$$v = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t, \quad (3)$$

где: α_0 – постоянный коэффициент;

α_1 – параметр, аппроксимирующий статические данные.

При прогнозировании (при долгосрочном прогнозе), особенно при большом числе измерений, для минимизации ошибок следует проводить уточнение прогноза (периодически) по последним пяти измерениям.

Сглаживание параметров перед прогнозированием следует проводить по формуле экспоненциального сглаживания (4) [2]:

$$X_{i(csl)} = \gamma \cdot X_i + (1 - \gamma) \cdot X_{(i-1)csl}, \quad (4)$$

где: $X_{i(csl)}$ и X_i – сглаженный и не сглаженный параметры i -го замера;

γ – постоянная сглаживания (0,1 ÷ 0,3);

$X_{(i-1)csl}$ – сглаженный параметр предыдущего замера.

Рекомендуется определять и учитывать:

– время остаточного ресурса насосного агрегата графически (точка пересечения прогнозного значения верхней доверительной границы и линии предельного состояния);

– доверительные границы: отклонения прогноза и результатов измерений.

Сравнение модели прогноза с рассмотренным функциями представлено на рис. 1.

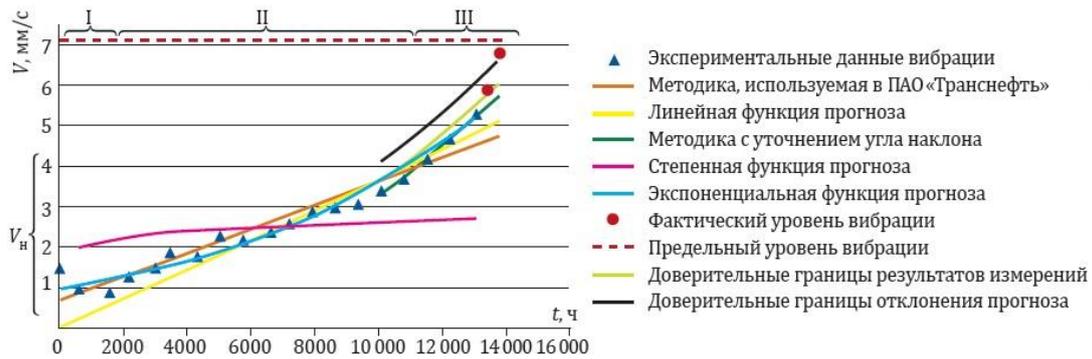


Рис. 1 Тренд изменения общего уровня вибрации электродвигателя магистрального насосного агрегата. Периоды: I – приработки; II – износа (нормального); III – износа (повышенного); V_n – уровень вибрации (нормальная работа магистрального насосного агрегата)

Сравнение значений экспериментальных данных вибрации и значений ожидаемого уровня вибрации показывает достоверность методики прогнозирования остаточного ресурса МНА с периодическим уточнением угла наклона кривой.

В ходе проведенного анализа экспериментальных данных и обзора литературных источников выявлено, что на интенсивность изнашивания подшипников скольжения наибольшее влияние оказывает давление (удельное) на вкладыш подшипника и скорость скольжения (относительного) цапфы ротора, если поддерживать качественную работу системы смазки.

Прогнозирование остаточного ресурса подшипника скольжения электродвигателя МНА по параметрам вибрации и износа необходимо осуществлять с помощью зависимости (аналитической):

$$V_k = V_0 + K \cdot P^2 \cdot v_c \cdot t_k, \quad (5)$$

где: V_k и V_0 – значения уровня вибрации электродвигателя МНА после приработки (текущее и начальное), мм/с;

K – коэффициент пропорциональности;

P – давление (удельное) на вкладыш подшипника скольжения, Н/м²;

v_c – скорость скольжения (относительного) цапфы ротора, м/с;

t_k – значение временного интервала наблюдений (текущее), ч.

Сравнение функции (5) с экспериментальными данными представлено на рис. 2.

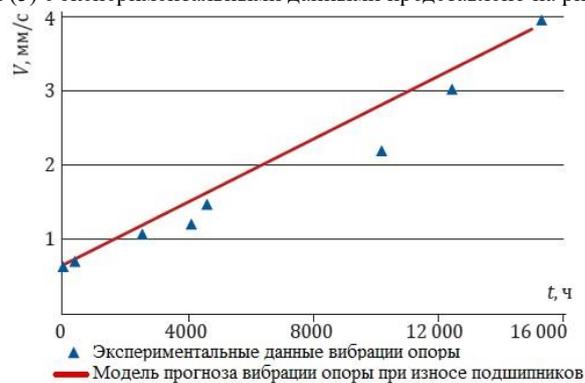


Рис. 2 Определение остаточного ресурса подшипника скольжения электродвигателя МНА

В результате проведенной работы представлена методика прогнозирования остаточного ресурса МНА. Методика прогнозирования по параметрам вибрации и износа позволяет перейти к эксплуатации по фактическому техническому состоянию. Погрешность моделей прогноза не более 7 %.

Литература

1. РД 75.200.00-КТН-178-09 Положение о диагностировании, порядке технического освидетельствования и продления срока службы энергоустановок НПС магистральных нефтепроводов. – М.: ОАО АК «Транснефть», 2009. – 205 с.
2. Розенберг Г.Ш. Вибродиагностика. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 284 с.
3. Гумеров А.Г. Диагностика оборудования нефтеперекачивающих станций – М.: Недра-Бизнесцентр, 2003.
4. Ширман А. Р., Соловьев А. Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования //Москва. – 1996. – Т. 7.
5. Bently D. E. Fundamentals of Rotating Machinery Diagnostics. – Canada: Bently Pressurized Bearing Press, 2002. – 726 p.