УДК 621.515.656.223

А.А.ЧЕРНЯКОВ, *д-р техн. наук, профессор,* (*812*) *328-89-39*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.A.CHERNYAKHOV, *Dr. in eng. sc., professor,* (*812*) *328-89-39*
National Mineral Resources University (*Mining University*), *Saint Petersburg*

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ДИЗЕЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Турбокомпрессор – важный агрегат дизелей. В эксплуатации он подвержен агрессивным воздействиям выпускных газов. Показатели турбокомпрессора со временем ухудшаются, поэтому актуальна диагностика их значений. Представлен алгоритм определения показателей работы турбокомпрессора.

***Ключевые слова*:** турбокомпрессор, дизель, диагностика.

DIAGNOSING OF TECHNICAL CONDITION OF TURBOCHARGER OF DIESELS ROLLING STOCK

Turbocharger is an important unit of diesel engines. In operation it is exposed to aggressive influences of exhaust gases. Indicators turbocharger worsens over time, so is relevant diagnosis values. This article presents an algorithm for determining performance indicators turbocharger.

***Key words*:** turbocharger, diesel engine, diagnostics.

Анализ технического состояния турбокомпрессоров (ТК) при эксплуатации* позволил установить, что до 50 % их отказов вызывается главным образом отложением нагара в сопловых аппаратах, на лопатках турбинных колес, стенках корпусов турбин, в узлах лабиринтных уплотнений, диффузора и др.

Нагар является следствием работы дизелей на знакопеременных скоростных режимах и холостом ходу.

Большинство неисправностей ТК приводит к снижению давления воздуха в ресивере, что вызывает уменьшение его расхода через дизель и ухудшение рабочих параметров. На рабочие характеристики ТК в эксплуатации оказывают влияние:

- повреждения (износ) рабочих и сопловых лопаток турбины;
- загрязнение газового тракта турбины;
- изменение величины зазора между колесом компрессора и вставкой;
- изменение суммарного сечения сопел сопловых аппаратов;
- увеличение противодавление на выходе газа из турбины;
- закоксование или поломка лабиринтовых уплотнений;
- повреждение подшипников;
- засорение трубки подвода воздуха к уплотнителям подшипника;
- помпаж турбокомпрессоров, возникающий вследствие уменьшения расхода воздуха через компрессор из-за загрязнения

* *Черняков А.А.* Влияние технического состояния турбокомпрессоров на работоспособность / Социально-экономические проблемы современного общества. Сборник научных статей. Ташкент, 2008.

Chernyakov A.A. The technical condition of turbochargers impact on the performance / Collection of scientific articles «Socio-economic problems of the modern society». Tashkent, 2008.

газовоздушного тракта дизеля и отдельных неисправностей ТК или несимметричной работы двух параллельно работающих турбокомпрессоров.

Наиболее характерными для диагностирования технического состояния ТК в эксплуатации при двухступенчатом наддуве являются следующие параметры:

• давление и перепад давления воздуха после первой ступени нагнетания $P_{klj}\pi_{kl}$;

• давление газов перед ТК $P_{tк}$;

• температура выпускных газов перед ТК $t_{tк}$;

• отношение давлений наддува P_s и выпускных газов перед ТК P_t;

• частота вращения ротора ТК $n_{tк}$;

• перепад давлений P_s-$P_{tк}$;

• помпаж турбокомпрессоров.

Тип установленных на дизеле ТК, например, исследованные ТК34Н-04С(1) и ТК34Н-11С(2), оказывает существенное влияние на основные рабочие параметры дизелей, что необходимо учитывать при диагностировании. Турбокомпрессоры первого типа обеспечивают более высокие показатели параметров π_{kl}; P_{kl}; $P_{mк}$; $n_{tк}$, у ТК второго типа обеспечивается более высокий расход воздуха через дизель.

Граничные значения частоты вращения роторов ТК* устанавливаются по граничным значениям давления воздуха в ресивере:

• для турбокомпрессоров ТК34Н-04С $n_{tк}$ = 16900-18000 мин$^{-1}$;

• для турбокомпрессоров ТК34Н-11С $n_{tк}$ = 16400-17500 мин$^{-1}$.

На необходимость проведения диагностирования технического состояния турбокомпрессоров указывают следующие параметры, определяемые при диагностировании газовоздушного тракта дизеля:

• снижение давления воздуха в ресивере P_s;

•изменение против номинального значения отношения давлений $P_s/P_{tк}$;

• уменьшение разности давлений P_s-$P_{tк}$ против номинального значения;

• уменьшение разрежения воздухопрохода ТК против номинального значения;

Номинальное значение отношение давлений $P_s/P_{tк}$ составляет 1,25, в эксплуатации допускается его снижение до 1,1 или увеличение до 1,35. Номинальное значение разности давлений P_s-$P_{tк}$ = 0,0047 МПа. Минимальная величина разряжения воздуха после фильтра низкого давления не должна быть ниже 2000 Па.

Снижение давление выпускных газов перед ТК, увеличение отношения давлений $P_s/P_{tк}$ против номинальных значений указывает, что неисправность турбокомпрессора относится к группе турбины.

Остальные показатели – уменьшение π_{kl}, снижение n_{tk} , снижение P_{kl} , уменьшение P_z (максимальное давление сгорания топлива) могут изменяться как из-за неисправностей компрессора, так и из-за неисправности турбины.

Увеличение отношения давлений $P_s/P_{tк}$ при одновременном повышении частоты вращения ротора ТК, давления выпускных газов перед турбиной $P_{tк}$ против номинальных значений и повышенная вибрация ротора указывают на отложение нагара в газовом тракте турбины.

Увеличение отношения давлений $P_s/P_{tк}$ при одновременном снижении частоты вращения ротора ТК, снижение давления выхлопных газов перед турбиной $P_{тк}$ по сравнению с номинальными значениями свидетельствуют об увеличении суммарного сечения соплового аппарата компрессора или загрязнении каналов колеса и диффузора компрессора, нарушении осевого зазора между колесом компрессора и вставкой.

Увеличение отношения давлений $P_s/P_{tк}$ при одновременном снижении частоты вращения ротора ТК $n_{tк}$, давления выпускных газов перед турбиной $P_{tк}$ против номинальных значений указывает на закоксование лабиринтных уплотнений вала ротора ТК.

Повышение давлений выпускных газов перед турбиной $P_{тк}$ при одновременном снижении частоты вращения ротора ТК против номинальных значений указывает на износ и повреждение лопаток турбинного колеса.

---

* *Черняков А.А.* Граничные значения диагностических параметров технического состояния дизеля. СПб, 2008.

Chernyakov A.A. Boundary knowledge of the diagnostic parameters of technical condition of diesel. Saint Petersburg, 2008

Повышенная вибрация ротора ТК свидетельствует об износе, повреждении лопаток турбинного и воздушного колес, отложении нагара на лопатках турбинного колеса. Переход режима работы турбокомпрессора в зону помпажа указывает на износ или повреждение лопаток турбинного колеса, или несимметричную работу параллельно включенных ТК, или закоксование газового тракта турбины, а также на закоксование газотурбинного тракта дизеля.

Повреждение подшипников турбокомпрессора, отложение нагара в лабиринтах и проточных частях турбины вызывает увеличение сопротивления вращению вала ротора ТК. Для количественной оценки этого сопротивления может быть использован интервал времени падения частоты вращения ротора в момент остановки вала дизеля с холостого хода.

Газовоздушный тракт является одним из наиболее важных обустройств дизеля. Из-за засорения его воздушных фильтров, воздухоохладителей, нагароотложений в турбокомпрессорах, закоксования окон цилиндров и прочего снижается расход воздуха дизелем. Это приводит к нарушению рационального соотношения количества воздуха и топлива в цилиндре, вызывает рост температуры газовой смеси и деталей цилиндро-поршневой группы, ухудшает топливную экономичность дизелей.

При интенсивном нагароотложении уже через $(10\text{-}20)\cdot 10^3$ км пробега тепловоза возникает необходимость очистки турбокомпрессоров двигателей типа Д100. Параметры технического состояния газо-воздушного тракта целесообразно проверять уже в этот период.

Интенсивное нагарообразование в дизелях типа Д100 обусловлено самим рабочим процессом и условиями их эксплуатации. Исследования использования таких дизелей в Казахстане показали, что интенсивность роста нагароотложений в проточной части турбокомпрессоров составляет 30-35 г на 10^3 км пробега тепловоза. Это вызывает снижение давления наддува на 0,2-0,3 кПа и появление дисбаланса на роторах. В результате через $(10\text{-}20)\cdot 10^3$ км пробега требуется очистка – операция весьма трудоемкая, требуется демонтаж турбокомпрессора.

Был разработан метод очистки выхлопного тракта (защитных решеток и турбокомпрессоров ДГУ 10Д100) от нагара путем промывки без демонтажа с дизелей. Применение промывки газовых полостей в 70 % случаев приводит к восстановлению балансировки роторов турбокомпрессоров и позволяет поддерживать параметры наддува в пределах, приемлемых для нормальной эксплуатации тепловоза, такие данные были получены на дизелях тепловозах многих регионов России.

Сущность метода заключается в том, что через первый лючок выхлопного коллектора дизеля типа Д100 подается вода или моющий раствор под давлением 5-20 кПа. Подача воды производится на холостых ходах при прогретом работающем дизеле в течение 5-10 мин через сопловой наконечник с отверстием 1,2-2 мм, направленный по потоку газа. При этом для лучшей очистки рекомендуется изменять частоту вращения коленчатого вала в пределах 100-150 $мин^{-1}$ от номинального значения.

Промывку можно осуществить при помощи стационарных устройств (от водопроводной сети), переносных (баках с водой емкостью $30\cdot 10^{-3}$ $м^3$ и давлением воздухом от тормозного компрессора или сети локомотивных депо) или бортовых (когда к сопловому наконечнику вода подводится от специальной системы, создаваемой на тепловозе, или непосредственно от водяного насоса системы охлаждения дизеля).

Промывка турбокомпрессоров эффективна для любых типов двигателей внутреннего сгорания.