



Рассмотрим возможности каждого метода в отдельности.

### Акустический метод контроля

Данный метод использует технологию ультразвука, которая позволяет при помощи приборов (рис. 2) находить различные утечки в трубопроводах; проводить диагностику клапанов; контролировать состояние подшипников.

Когда газ проходит через ограниченное отверстие под давлением, он преобразуется из ламинарного течения в турбулентное течение с низким давлением (рис. 3).

Турбулентность генерирует широкий спектр звука, который называют «белым шумом». Белый шум содержит ультразвуковые компоненты. Самый высокий ультразвук возникает на месте утечки. Утечка может быть как в системе под давлением, так и в вакуумной системе. В обоих случаях ультразвук создается так, как об этом говорилось выше. Различие между ними состоит лишь в том, что утечка в вакуумной системе генерирует меньшую ультразвуковую амплитуду, чем утечка в пневмосистеме при той же скорости потока. Это обусловлено тем, что турбулентность, создаваемая при утечке в вакуумной системе, возникает в вакуумной камере, а турбулентность, создаваемая при утечке в пневмосистеме, – в атмосфере.

При проверке клапанов проверяются их работоспособность и правильность работы. Во время протекания жидкости или газа по трубе турбулентность почти не возникает (исключениями можно считать лишь изгибы или места, где есть препят-

ствия). Если в клапане есть утечка, вытекающая жидкость или газ движутся из зоны высокого давления в зону низкого давления и создают турбулентность со стороны низкого давления или в нижнем течении. В результате создается белый шум. Ультразвуковой компонент этого «белого шума» намного сильнее слышимого компонента. Если в клапане есть внутренняя утечка, ультразвуковая эмиссия, генерируемая вблизи отверстия, будет слышна. При утечке в седле клапана звук протекающей жидкости или газа будет различным в зависимости от плотности жидкости или газа [1]. В некоторых случаях это будет хрустящий звук, а в других – громкий нарастающий звук. Качество звука зависит от вязкости жидкости и перепада давлений во внутренней трубе.

Ультразвуковая проверка и контроль состояния подшипников позволяют обнаружить первые признаки разрушения подшипников. Перед ростом температуры или повышением уровня частоты вибрации появляется ультразвуковое предупреждение. Когда металл на поверхности качения роликового или шарикового подшипника начинает уставать, появляется деформация. Деформация металла приводит к росту эмиссии ультразвуковых волн. Когда амплитуда изменяется в 12–50 раз, это указывает на начало разрушения подшипника. Если показания превышают установленное значение на 12 дБ, можно считать, что подшипник начинает работать в режиме разрушения. Первая информация была получена от национального комитета США по авиации и исследованию космического пространства (NASA), который проводил испытания



Рис. 2

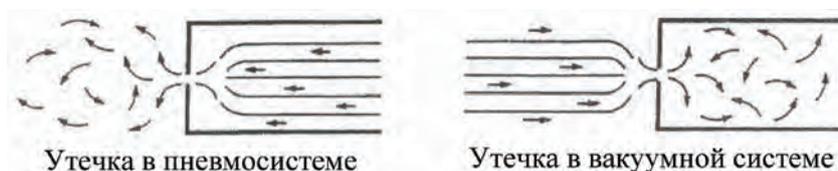


Рис. 3

шарикоподшипников. Во время испытаний подшипников на частоте 24–50 кГц было установлено, что изменения амплитуды указывают на начало разрушения подшипников раньше, чем другие показатели, такие, как изменения температуры или вибрации [1]. Чтобы распознавать дефекты, пользователь должен хорошо знать звуки, создаваемые «хорошим» подшипником. «Хороший» подшипник генерирует нарастающий или свистящий шум. Хрустящий звук указывает на то, что подшипник находится на этапе разрушения. В определенных случаях поврежденный шарик может генерировать звук, напоминающий щелчок, а равномерный глухой звук может указывать на поврежденную поверхность качения или на повреждение шарика. Высокий нарастающий звук немного глуше звука, генерируемого хорошим подшипником, может указывать на недостаток смазки. Кратковременный рост уровня звука с «глухими» или «царапающими» составляющими указывает на то, что элемент качения наткнулся на «плоское» пятно и скользит по поверхности подшипника вместо того, чтобы катиться. В таких условиях рекомендуется чаще выполнять проверку.

#### Тепловизионный метод контроля

В настоящее время термография является хорошо зарекомендовавшим себя методом. Сейчас он признан во всем мире, в течение последних лет термография в сочетании с вибрационным анализом является основным методом полной диагностики промышленных установок завода, для выполнения программ профилактического и технического обслуживания.

Исследуемое оборудование обладает определенной температурной характеристикой, которая должна быть известна специалисту по термогра-

фии еще до начала проверки. Для каждого узла электрооборудования заранее известно, какие дефекты приводят к изменению тепловой картины. Тем не менее, полезно помнить, что в некоторых случаях перегрев является естественным признаком и не свидетельствует о развивающемся дефекте. В других случаях перегрев может означать, что исправная часть берет на себя всю нагрузку, что приводит к ее перегреванию. Таким образом, неисправные части механизма могут иметь и более высокую, и более низкую температуру по сравнению с нормальными «исправными» частями. Поэтому необходимо получить как можно больше информации об объекте исследований еще до начала проверки, чтобы иметь представление об ожидаемых результатах. Общее правило, однако, состоит в том, что локальное повышение температуры свидетельствует о возможном дефекте. Значения температуры в момент проверки какого-либо узла оборудования указывают на степень серьезности неисправности и могут служить основанием для прогнозирования последствий в случае изменения условий. Для правильной оценки результатов в каждом конкретном случае необходимо располагать подробными сведениями о тепловых характеристиках отдельных узлов оборудования, а именно, о допустимых температурах для использованных материалов и важности функционирования данного узла для нормальной работы всей системы. Чем больше знает оператор ИК-камеры (рис. 4) об исследуемом оборудовании, тем выше будет качество результатов проверки.

Сбор данных для составления отчета по проверке начинается после определения оператором местоположения дефекта, когда он убеждается, что перегрев в данной точке не связан с отражениями и не является естественным для проверяемого обо-



Рис. 4



Рис. 5

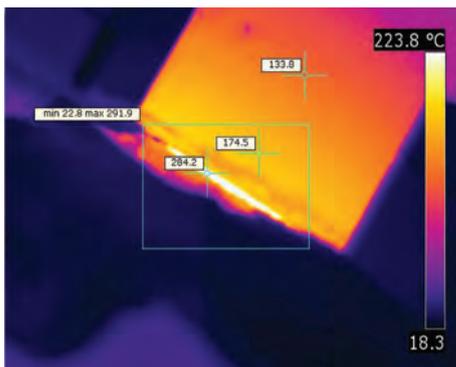


Рис. 6

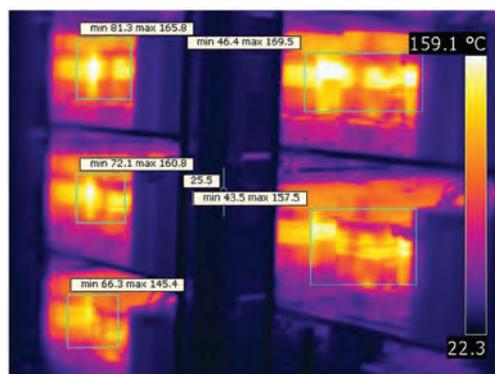


Рис. 7

рудования в нормальном режиме работы. В отчет включаются данные по коэффициенту излучения, идентификация компонента, действующие значения рабочих и других параметров, а также измененные значения температуры. Для облегчения идентификации часто делается обычная фотография исследуемого объекта. Классификация дефектов должна быть исчерпывающей и обоснованной, учитывающей не только конкретные условия съемки (что само по себе важно), но и возможность нормировки повышенной температуры для условий стандартной нагрузки и нормальной температуры окружающего воздуха. Например, повышение температуры компонента установки на + 30 °С, несомненно, свидетельствует о серьезной неисправности. Но если для одного компонента такой перегрев имеет место при 100%-ной нагрузке, а для другого – при 50%-ной, то, очевидно, что температура второго компонента поднимется еще выше при увеличении нагрузки от 50 до 100%. Критерий оценки обычно выбирается исходя из конкретных условий эксплуатации оборудования. Очень часто прогнозирование температуры отдельных компонентов делается с учетом 100%-ной нагрузки. Наличие стандартов облегчает сравнительный анализ дефектов для длительных периодов времени и дает более полную их классификацию.

Тепловизионный метод контроля позволяет обнаруживать дефекты уплотнений, подшипников, износ футеровки, контактных соединений, участки перегрузки кабелей, произвести оценку теплового состояния трансформаторов различного назначения, электродвигателей, разрядников в процессе их эксплуатации. Такая диагностика информативна, экономична и удобна.

Примеры выявленных дефектов:

1) повышенная температура подшипникового узла и выходного вала редуктора четвертой клетки стана PQF на отметке + 5.0 (109°C) по причине разрушения лабиринтного уплотнения (рис. 5);

2) повышенная температура выходного вала редуктора четвертой клетки стана PQF на отметке

0.0 (290°C) по причине разрушения подшипника (рис. 6);

3) повышенная температура катушек «R-С цепочек» (от 145 до 170 °С), вызванная не соответствием мощности установленных и заявленных проектом емкостных элементов (рис. 7).

#### Визуально-оптический метод контроля

Данный метод контроля включает в себя как обычную ревизию с частичной разборкой оборудования, так и осмотр с использованием дистанционных зеркал и видеоэндоскопа. Визуальная фиксация дефектов является финальной стадией диагностики оборудования, которая определяет необходимость ремонтного вмешательства. Наиболее эффективный способ осмотра оборудования – осмотр с помощью видеоэндоскопа, поскольку исключается операция по демонтажу и разборке оборудования. Видеоэндоскоп представляет собой переносную высокоэффективную систему, используемую для дистанционного визуального контроля с возможностью видео- и фотофиксации. Полученная информация передается на компьютер пользователя для дальнейшей обработки, высокое разрешение позволяет выявлять даже мелкие дефекты (рис. 8).



Рис. 8

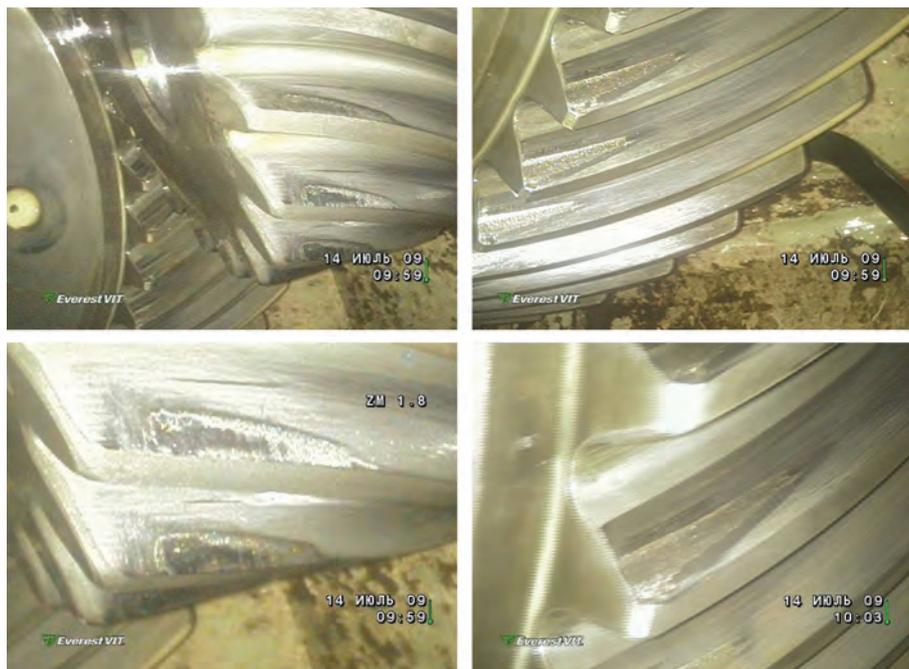


Рис. 9

Примеры выявленных дефектов:

1) выявленные дефекты зубчатых зацеплений редукторов стана PQF без разборки редуктора (рис. 9).

#### Выводы

Обнаружение дефектов оборудования на ранней стадии исключает появление аварийных простоев, позволяет своевременно спланировать проведение ремонта, совместить его с технологиче-

скими простоями (перевалками), что неизбежно ведет к увеличению межремонтных интервалов. Накопленный статистический опыт по диагностике оборудования, типовых дефектах, сроках их возникновения позволяет определить критический срок службы оборудования и его остаточный ресурс, что дает возможность не только спланировать сроки проведения ремонтов, но и разработать цикл их проведения с учетом статистических данных.