

Уважаемая редакция газеты «Автодвор — помощник главного инженера». Спасибо Вам за практические рекомендации по эксплуатации техники. Вы неоднократно писали, а мы на собственном опыте убедились, что двигатели, оборудованные турбонаддувом (а ММЗ Д-260.4 даже регулируемым наддувом) развивают большую мощность и имеют лучшую экономичность. Но наличие турбокомпрессора требует особого отношения к эксплуатации двигателя. Слышал, что нарушение правил запуска и остановки такого двигателя, существенно снижает ресурс турбокомпрессора. Расскажите, пожалуйста, подробно как правильно запускать (особенно при отрицательных температурах) и останавливать такие двигатели. По каким причинам турбокомпрессор может досрочно выйти со строя?

Заранее благодарен, Ваш постоянный читатель А. Бондаренко.

Особенности запуска дизеля с наддувом зимой или после длительной стоянки

Шевченко Игорь Александрович, доцент кафедры «Тракторы и автомобили» ХНТУСХ им. П. Василенка

К сожалению, неоднократно приходилось наблюдать, когда после запуска дизеля механизатор сразу устанавливает обороты, близкие к максимальным «чтобы движок быстрее прогрелся и не заглох». Двигатель то прогреется быстрее, но при этом происходит интенсивный износ его деталей и узлов, в том числе и турбокомпрессора. Рассмотрим процесс пуска при отрицательных температурах (а особенно после длительной стоянки) более подробно.

Одним из наиболее неблагоприятных эксплуатационных режимов работы дизеля является режим пуска при отрицательных температурах. В этих условиях происходит значительная задержка поступления масла к подшипникам турбокомпрессора, обусловленная гидравлическим сопротивлением трубопроводов на линии всасывания масляного насоса и на линии нагнетания масла повышенной вязкости (в том числе в маслоочистителе). Задержка поступления масла приводит к изменению гидродинамических условий работы подшипников турбокомпрессора, и при нарушении требуемого режима пуска и прогрева дизеля после пуска возможен его отказ.

Турбокомпрессор является наиболее удаленной от масляного насоса точкой смазки. Это обстоятельство требует соблюдения определенных условий запуска и прогрева дизеля особенно при отрицательных температурах окружающего воздуха. Для определения времени задержки поступления масла к подшипникам турбокомпрессора в заводских лабораториях были проведены исследования в камере холода. Все пуски дизеля с различными фильтрующими элементами фильтра турбокомпрессора проводили в одинаковых условиях при температуре минус 20°C. Перед каждым пуском дизель выдерживался при этой температуре не менее 15 часов. Испытания проводили на одинаковом масле.

Как показали опыты, при пуске дизеля масло к месту отбора из главного канала к фильтру турбокомпрессора поступает только через 16 секунд. Поэтому вне зависимости от сопротивления фильтра задержка поступления масла к его подшипникам при температуре минус 20°C не может быть меньше 16 секунд.

Опытным путем установлено, что для обеспечения нормальной работы подшипников турбокомпрессора при пуске, необходимо обеспечить расход масла через них 150–200 мл/мин, в течение первой минуты, что соответствует давлению перед турбокомпрессором 0,5–1 кгс/см².

В действительности в начальный момент пуска через подшипники турбокомпрессора проходит всего 50 мл/мин. масла. По мере увеличения частоты вращения ротора резко возрастает пропускная способность подшипников и уже при частоте вращения 23–27 тыс. об/мин (что соответствует режиму максимальных холостых оборотов дизеля) расход масла составляет уже около 450 мл/мин. Этому условию могут удовлетворять только чистый или частично загрязненный (продолжительность работы около 100 часов) фильтрующий элемент при перепадах давления в нем до 1 кгс/см².

Задержка поступления масла к подшипникам турбокомпрессора при использовании нового элемента или частично загрязненного, отработавшего на дизеле менее 100 часов — не более 1 мин., а при установке сильно загрязненного элемента, отработавшего на дизеле более 200 часов при диаметре маслоподводящей трубки 8 мм — может достигать нескольких минут.

В ходе проведения исследований были выявлены условия, позволяющие

многократно запускать дизель при отрицательной температуре, не ухудшая работоспособности узла подшипников турбокомпрессора.

При остановке турбокомпрессора в полости корпуса подшипников остается небольшое количество масла. Этого количества масла достаточно для исключения задира втулок в течение времени прогрева дизеля, если окружная скорость вала ротора не будет превышать 13 м/с. При этих условиях в случае работы турбокомпрессора без подвода масла не наблюдаются изменения на поверхностях трения узла подшипников.

Аналогичные опыты без подачи масла к узлу подшипников были повторены на дизеле в процессе эксплуатации. В результате этих опытов было подтверждено, что непродолжительная работа турбокомпрессора без подачи масла на режимах холостого хода дизеля при частоте вращения коленчатого вала до 1500 об/мин не приводит к заметным износам деталей узла подшипников. Работоспособность узла подшипников не нарушается.

При резком увеличении частоты вращения коленчатого вала до 1700 об/мин неоднократно наблюдалось образование задириков подшипников турбокомпрессора. Таким образом, до окружной скорости вала ротора равной 13 м/с еще создаются допустимые условия гидродинамической смазки подшипников, и турбокомпрессор может некоторое время работать без значительного износа.

Недостаточная подача масла при высокой частоте вращения ротора приводит к потере устойчивости масляного слоя в узле подшипников. Это усугубляется почти полным отсутствием демпфирования в масляном слое, в результате чего отмечается мгновенное возрастание амплитуды прецессионного движения конца вала ротора. В этот момент на подшипники турбокомпрессора передаются дополнительные нагрузки из-за большой амплитуды прецессирования (колебания) ротора. Эти нагрузки приводят к контактированию поверхностей трения. При осмотре деталей узла подшипников было отмечено засветление участков контакта. При длительном контактировании поверхностей появляются натирки, а в случае наличия в масле абразивных частиц — риски. Последовательное накопление натиров и рисков приводит к качественным изменениям в работе сопряженных поверхностей узла подшипников и, в конечном счете, к возникновению задириков и отказу узла подшипников турбокомпрессора. Приведенное описание процесса отказа подтверждается и данными эксплуатации. При работе дизеля с таким дефектом наблюдается синий дым на выпуске, подтекание масла через соединения после турбины. При разборе турбокомпрессора характерным является наволакивание бронзы на вал ротора, потеря подвижности колец турбинного уплотнения и повышенное нагароотложение непосредственно за кольцами.

Неблагоприятные моменты, сопутствующие пуску при отрицательных температурах, учтены в рекомендациях для эксплуатации дизелей зарубежных фирм: Каминс, Катерпиллер, Скания и др. Например, фирма Скания ограничивает верхний предел частоты вращения коленчатого вала дизелей с турбонаддувом после пуска 1000 об/мин. (45 % от номинальной частоты) в течение 30 секунд, а фирмы Каминс и Катерпиллер не допускают резкого повышения частоты вращения коленчатого вала во время прогрева после пуска и работы двигателя под нагрузкой в этот период.

В инструкции по эксплуатации отечественных дизелей также обычно оговариваются условия пуска.

Перед пуском дизеля, у которого производилась смена масла с заменой фильтрующего элемента, после длительной (5 суток и более) стоянки или замены турбокомпрессора, особенно если пуск происходит при отрицательных температурах, необходимо установить рычаг регулятора топливного насоса в положение выключенной подачи топлива. В течение 10–15 секунд рекомендуется проворачивать стартером коленчатый вал и по показаниям манометра определить, есть ли давление масла в главном масляном канале и, соответственно, в системе смазки турбокомпрессора. При наличии давления можно пускать дизель. После пуска дизель должен работать на режиме холостого хода при частоте вращения не выше 1000 об/мин, до появления стабильного давления масла в турбокомпрессоре не менее 1 кгс/см².

Такой простой и дешевый прием — предварительная прокрутка коленчатого вала дизеля без запуска и поддержание минимально устойчивых оборотов после пуска значительно продлевает ресурс не только турбокомпрессора, но и деталей кривошипного, газораспределительного механизмов.

Затратив несколько лишних минут при пуске, Вы продлите ресурс своему двигателю. Удачных Вам пусков.

Редакция благодарит за интересные вопросы и ожидает новых. Продолжение темы по правильной эксплуатации дизеля, оборудованного турбокомпрессором, в частности о том, как правильно останавливать такие двигатели и по каким причинам турбокомпрессор может досрочно выйти со строя, читайте в следующих номерах газеты «Автодвор — помощник главного инженера».