

УДК 621.431.7

В.Е. Тарасенко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

А.А. Жешко

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по

механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

ВЕРОЯТНОСТЬ ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ И ПЕРЕГРЕВА ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА

Введение

Климатические условия в Республике Беларусь специалисты оценивают как умеренно континентальные: мягкая с продолжительными оттепелями зима и умеренно теплое лето. Однако есть и рекордные температуры как зимой, так и летом. Например, в 1940 году температура зимой достигала минус 42°C, а летом 1946 года – плюс 38°C. В последние годы все чаще отмечается повышенная температура летом, достигающая плюс 30°C и более [1, 2]. К этому следует добавить, что тракторы, например «Беларус», используются в других регионах Европы, Азии, а также на других континентах, где температура окружающей среды значительно превышает расчетную для системы охлаждения.

Основная часть

Высокая температура окружающей среды в совокупности с нагрузочными режимами работы тракторного агрегата в летний период года способствуют перегреву дизеля и неспособности его выполнять требуемую работу. В зимний период температура охлаждающей жидкости системы охлаждения, соответственно, и тепловое состояние дизеля находятся в нижнем пределе, при котором экономичность его работы снижается. Это требует применения средств утепления дизеля. Для определения вероятности того, что дизель тракторного агрегата может переохладиться и перегреться, решим следующую задачу.

Трактор работает 12 месяцев в году с нагрузкой от 50 до 100 %. Средняя температура окружающей среды в году по месяцам изменяется в пределах от минус 25 до плюс 30°C. Определить вероятность и частоту появления событий, вызывающих переохладение и перегрев дизеля при условиях, приведенных в таблице 2.

Критическое состояние системы охлаждения (переохладение, перегрев) наступает тогда, когда состоятся независимые события. Переохладение имеет место в случае минимальной нагрузки (событие *A*) в совокупности с наибольшей минусовой температурой (событие *B*). Указанные события независимы.

Пересечение двух событий *A* и *B* представляет вероятность события *C*. Событие *C* и есть переохладение дизеля, запишем его в виде:

$$C = A \cap B.$$

Таблица 2 – Распределение нагрузки и температуры окружающей среды по месяцам года

Месяц года	Число дней работы в месяце	Средняя нагрузка тракторного агрегата, %	Число дней с критической нагрузкой*	Средняя температура окружающей среды, °С	Число дней с критической температурой*	Вероятность переохлаждения или перегрева дизеля, дней
Январь	25	50...70	-9	-6,5	-8	4,23
Февраль	24	50...70	-14	-5,9	-6	4,2
Март	26	60...80	-	-1,7	-	-
Апрель	29	90...100	+15	+5,7	-	-
Май	29	90...100	+17	+12,8	-	-
Июнь	26	80...90	-	+16,3	+6	-
Июль	26	80...100	+9	+18,0	+14	5,48
Август	30	90...100	+20	+16,7	+10	6,67
Сентябрь	30	90...100	+18	+11,7	-	-
Октябрь	27	80...90	-	+5,9	-	-
Ноябрь	26	70...80	-	+0,4	-	-
Декабрь	26	50...60	-14	-3,9	-11	6,16

Примечание – (-) – мин.; (+) – макс.

Вероятность переохлаждения дизеля определяется как

$$P(AB) = P(A) \cdot P(B | A). \quad (1)$$

Перегрев дизеля имеет место при наибольшей температуре окружающей среды (событие D) в совокупности с наибольшей нагрузкой (событие E). Пересечение событий D и E определяет появление события F , то есть имеет место вероятность перегрева дизеля, запишем это как

$$F = D \cap E.$$

Вероятность перегрева рассчитывается по формуле:

$$P(DE) = P(D) \cdot P(E | D). \quad (2)$$

Выполним расчет вероятности появления указанных событий по данным, приведенным в таблице 2. Примем условие, что при малой нагрузке и низкой температуре окружающей среды возможно переохлаждение, а при максимальной нагрузке и высокой температуре окружающей среды возможен перегрев дизеля. При анализе условий, приведенных в таблице 2, принимается температура, отличающаяся от расчетной на величину $\pm 10^\circ\text{C}$. Расчетной температурой в зимний период времени принимается температура минус 25°C , в летний период времени – плюс 35°C .

Трактор в условиях низких температур в зимний период времени способен работать без дополнительных средств до температуры минус 25°C . В совокупности с минимальной нагрузкой температурные условия окружающей среды от минус 15°C способны привести к переохлаждению дизеля. Переохлаждение нарушает равновесное устойчивое состоя-

ние системы охлаждения по температурному режиму. Дизель адекватно реагирует на отклонение системы от равновесного теплового состояния и следствием является снижение мощности. Это явление соответствует принципу Ле-Шателье: *«Внешнее воздействие, выводящее систему из устойчивого равновесия, стимулирует в ней процессы, стремящиеся ослабить результат этого воздействия»* [3].

Физические процессы, происходящие в дизеле при снижении температурного режима, связаны с ухудшением рабочего процесса сгорания топлива, увеличением мощности механических потерь, вследствие чего мощность дизеля снижается.

Вероятность переохлаждения дизеля, рассчитанная по формуле (1), в течение года при заданных условиях эксплуатации тракторного агрегата равна

$$P(AB) = 0,114 \left(\frac{25}{62} \right) = 0,046.$$

Таким образом, за год эксплуатации общее суммарное количество дней возможного переохлаждения составляет

$$n_{\text{охл}} = 0,046 \cdot 324 = 14,9.$$

Средств регулирования теплоотдачи от дизеля в охлаждающую жидкость не существует, то есть уменьшить количество теплоты в системе охлаждения невозможно. Автоматическое регулирование теплового состояния дизеля возможно за счет термостата, обеспечивающего циркуляцию жидкости по малому кругу и исключая теплоотдачу от охлаждающих поверхностей радиатора. В этом случае теплота перераспределяется и используется для повышения теплового состояния массы дизеля. Работа дизеля длительное время с закрытым термостатом не является рациональной, так как это может привести при низких температурах окружающей среды к размораживанию и разрушению радиатора.

Для исключения переохлаждения дизеля при низких температурах на тракторе предусмотрены средства, уменьшающие отвод теплоты от радиатора. К ним следует отнести автоматически отключаемый вентилятор, шторку или жалюзи, устанавливаемые перед фронтом радиатора. Эти технические средства исключают или уменьшают расход воздуха через сердцевину радиатора и тем самым уменьшают количество теплоты, отводимое в окружающую среду. На тракторе также возможно капотирование дизеля и применение вспомогательных средств, обеспечивающих утепление дизеля по контуру. Поэтому при расчете количества теплоты, поступающей в охлаждающую жидкость системы охлаждения, какие-либо ограничения вследствие возможного переохлаждения не принимаются.

Вероятность перегрева, рассчитанная по формуле (2), в течение года при заданных условиях эксплуатации тракторного агрегата равна

$$P(DE) = 0,09 \frac{24}{63} = 0,034.$$

Следовательно, за год эксплуатации общее суммарное количество дней возможного перегрева составляет

$$n_{\text{пер}} = 0,034 \cdot 324 = 11.$$

При температуре окружающей среды плюс 25°C и выше в совокупности с максимальной нагрузкой возможен перегрев дизеля, что приводит к нарушению равновесного теплового устойчивого состояния системы по температурному режиму. Противодействия внешнему воздействию системы дизеля, как правило, приводят к снижению мощностных показателей. Следовательно, принцип Ле-Шателье, сформулированный при изучении физических систем, вполне универсален и применим при изучении технических систем.

Опираясь на данные множественных источников, отметим, что за последнее столетие отмечено увеличение среднегодовой температуры на планете. Особенно сильное потепление отмечается в последние три десятилетия, причем наибольший рост температуры характерен для зимнего периода года. Летом при одновременном повышении температуры наблюдаются тенденции к засушливости. За последние десятилетия возросло и количество экстремальных климатических явлений (засухи, заморозки, град, ураганы, ливни). Следовательно, вероятность перегрева дизеля трактора возрастает.

Перегрев дизеля наступает при начале кипения охлаждающей жидкости в системе. При применении низкотемпературной жидкости типа «Тосол» и давлении в системе охлаждения 0,065 МПа кипение жидкости начинается при температуре 107°C. Принимая во внимание, что рабочая температура жидкости составляет 93–98°C, температурный запас системы охлаждения составляет от 9 до 14°C в зависимости от рабочей температуры жидкости. Исследованиями авторов установлено, что повышение температуры окружающей среды на 1°C приводит к повышению температуры жидкости в системе охлаждения на 0,8°C. Таким образом, при верхнем пределе рекомендуемой рабочей температуры жидкости системы охлаждения 98°C начало кипения жидкости в системе охлаждения может наступить при повышении температуры окружающей среды на 11°C.

Технических средств, регулирующих или способствующих снижению теплового состояния дизеля при перегреве, на тракторе не существует. Перегрев требует немедленной остановки тракторного агрегата, продолжение работы при перегреве может привести к разрушению дизеля. Приведенный расчет показывает, что при работе тракторного агрегата даже при температуре окружающей среды ниже расчетной (плюс 35°C)

возможен перегрев дизеля. Поэтому при расчете теплоты, поступающей в охлаждающую жидкость, предусматривается запас по тепловой эффективности, то есть расчетное количество теплоты, которое может отвести система охлаждения в окружающую среду, принимается больше, чем требуется по тепловому балансу.

Заключение

Таким образом, решение приведенной задачи показывает, что при проектировании системы охлаждения необходимо принимать расчетное количество теплоты, поступающее в систему охлаждения несколько больше требуемого, чтобы проектируемая система охлаждения исключала возможный перегрев дизеля. Система охлаждения является вероятностной системой и зависит не только от ее параметров, но и ряда случайных факторов, оказывающих возмущающее воздействие на ее функционирование.

17.05.13

Литература

1. Макроклиматические районы земного шара с холодным и умеренным климатом. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей: ГОСТ 25870–83. – Введ. 01.07.84. – М.: Гос. комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, 1984. – 55 с.
2. Метеоцентр [Электронный ресурс] / Погода в России и мире, прогноз погоды от Метеоцентра. – М., 2008. – Режим доступа: <http://www.meteocenter.net>. – Дата доступа: 14.03.2008.
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976. – Т. V. – Ч. 1. – 583 с.

УДК 621.431.7

В.Е. Тарасенко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

А.А. Жешко

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по

механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

РАСТИТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Введение

Широкое использование мобильных тяговых и транспортных средств является характерной чертой наступившего столетия.

Рост энерговооруженности сельского хозяйства при эксплуатации тракторов, автомобилей, комбайнов и другой техники привел к интенсивному использованию нефтесодержащих видов топлива и к активному