



## КОМПЛЕКСНЫЙ РАЗОГРЕВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Л. А. НОВОПАШИН,  
кандидат технических наук, доцент,  
Л. В. ДЕНЕЖКО,  
кандидат технических наук, доцент,  
П. В. КОЧЕТКОВ,  
аспирант, Уральский государственный аграрный университет  
(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42; тел.: 8 (343) 295-61-35).

**Ключевые слова:** *двигатель, теплоноситель, подогреватель, подшипник, трение, картер, температура, механические потери, теплопроводность.*

Современное сельское хозяйство невозможно представить без транспортно-технологических машин, сердцем которых является дизельный двигатель. На просторах нашего региона большую часть времени трактора и автомобили эксплуатируются в условиях отрицательной температуры окружающего воздуха, что негативно сказывается на их производительности. С понижением температуры окружающего воздуха резко увеличивается сопротивление прокручиванию коленчатого вала двигателя, что снижает число оборотов двигателя при прокручивании его пусковым устройством. При низких температурах в режиме пуска распределение сил трения резко изменяется. При понижении температуры деталей до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  абсолютная суммарная величина от сил трения внутри двигателя возрастает в 3–4 раза по сравнению с запуском при нормальных условиях. Пуск дизельного двигателя без должной подготовки имеет существенные последствия, это проворачивание вкладышей коленчатого вала, выход из строя пускового устройства, пусковые износы. Для комплексного процесса разогрева автотракторных дизелей нами предложен мобильный предпусковой подогреватель двигателя (МППД-20) мощностью 20 квт, обеспечивающий разогрев блока двигателя, камеры сгорания и внутрикартерного пространства (подшипники коленчатого вала, масло). Как показали расчеты, при температуре теплоносителя  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  температура подшипника за 15 минут разогрева увеличится от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $43,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при температуре теплоносителя  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  температура подшипника изменилась от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $96,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т. е. увеличения температуры подшипника пропорционально увеличению температуры теплоносителя. Параметрический анализ дифференциальных уравнений позволяет выявить пути форсирования процесса разогрева подшипников за счет повышения температуры и скорости теплоносителя и выбрать оптимальный режим разогрева по температуре  $120\text{--}150\text{ }^{\circ}\text{C}$  и по скорости теплоносителя  $12\text{--}15\text{ м/с}$  на входе в картер.

## EXTENSIVE HEATING OF THE DIESEL ENGINE

L. A. NOVOPASHIN,  
candidate of technical sciences, docent,  
L. V. DENEZHKO,  
candidate of technical sciences, docent,  
P. V. KOCHETKOV,  
graduate student  
(620075, Ekaterinburg, K. Libknehta str. 42; tel.: +7 (343) 371-33-63).

**Keywords:** *engine, coolant, heater, bearing, friction, temperature, mechanical losses, the thermal conductivity.*

Modern agriculture is impossible without transport and technological machines, the heart of which is a diesel engine. In the vastness of our region the majority of the time the tractor and cars operated under negative ambient air temperature, which negatively affects their performance. With decreasing ambient temperature dramatically increases the resistance to rotation of the crankshaft of the engine, which reduces engine speed when scrolling its starting device. At low temperatures during start-up the distribution of the friction forces change dramatically. When the temperature of the parts to  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  friction inside the engine increases by 3–4 times compared to running under normal conditions. Start the diesel engine without heating has consequences is the destruction of the bearings of the crankshaft. For complex heating process of automotive diesel engines, we have developed mobile heater (MPPD 20), which heats the cylinder block and crankshaft bearings. As shown by calculations that the temperature of the heated air to  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  degrees, the bearing temperature for 15 minutes will increase from  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  degrees up to  $43.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  degrees, and when the air temperature is 200 degrees Celsius, the temperature of the bearing has changed from  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  degrees to  $96.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  degrees, i.e. increasing the temperature of the bearing in proportion to the increase of air temperature. The analysis of the equations allows to identify ways of process of heating of the bearing by increasing the temperature and velocity of the air and to choose the optimal mode of heating at a temperature of  $120\text{--}150\text{ degrees Celsius}$  with the air speed  $12\text{--}15\text{ m/s}$  at the inlet to the engine.

*Положительная рецензия представлена Е. Е. Баженовой, доктором технических наук, профессором, директором института автомобильного транспорта и технологических систем Уральского государственного лесотехнического университета.*

**Актуальность темы.** Современное сельское хозяйство невозможно представить без транспортно-технологических машин, сердцем которых является дизельный двигатель. На просторах нашего региона большую часть времени трактора и автомобили эксплуатируются в условиях отрицательной температуры окружающего воздуха, что негативно сказывается на их производительности. С понижением температуры окружающего воздуха резко увеличивается сопротивление прокручиванию коленчатого вала двигателя, что снижает число оборотов двигателя при прокручивании его пусковым устройством. Одновременно с этим число пусковых оборотов растет пропорционально снижению окружающей температуры и, как следствие, надежный пуск не обеспечен. При низких температурах в режиме пуска распределение сил трения резко изменяется. При понижении температуры деталей до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  абсолютная суммарная величина от сил трения внутри двигателя возрастает в 3–4 раза по сравнению с запуском при нормальных условиях. Около 60 % всех механических потерь составляют потери в подшипниках коленчатого вала. Пуск дизельного двигателя без должной подготовки имеет существенные последствия, это проворачивание вкладышей коленчатого вала, выход из строя пускового устройства, пусковые износы. Для достижения требуемого результата при пуске двигателя необходимо не только производить обогрев блока двигателя, но и обеспечить разогрев масла в картере и подшипников коленчатого вала.

Для комплексного процесса разогрева автотракторных дизелей нами предложен мобильный предпусковой подогреватель двигателя (МППД 20) мощностью 20 кВт, обеспечивающий разогрев блока двигателя, камеры сгорания и внутрикартерного пространства (подшипники коленчатого вала, масло). Работа устройства заключается в одновременном разогреве блока двигателя и подшипников коленчатого вала.

Рассмотрим процесс разогрева двигателя на примере нестационарного разогрева отдельного узла, а именно коренного подшипника коленчатого вала, который находится в потоке воздуха, поступающего во внутрикартерное пространство двигателя через масло-заливную горловину (рис. 1).

Основными объектами разогрева двигателя при подаче горячего воздуха во внутрикартерное пространство (рис. 2.) являются подшипники коленчатого вала, картерное масло и др. при этом передача тепла от воздуха к объекту разогрева осуществляется посредством теплопередачи при соприкосновении теплоносителя с поверхностью объекта разогрева, затем тепло передается внутренним частям путем теплопроводности. Тепло проводится непрерывно.

Наряду с разогревом имеет место и теплопередача в окружающую среду наружной поверхностью двигателя. Таким образом, процесс предпускового разогрева двигателя представляет собой процесс сложного теплообмена, включающий в себя и конвекцию и теплопроводность. Процесс теплопередачи между

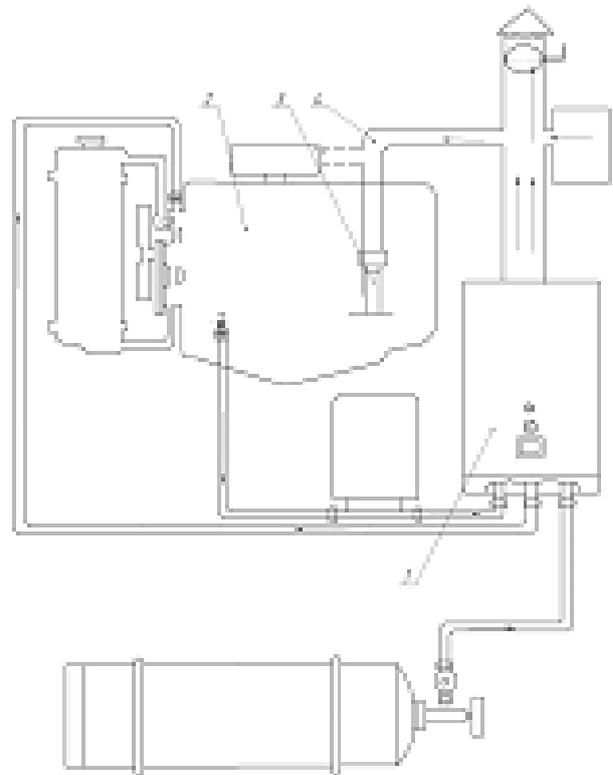


Рис. 1. Схема разогрева коренных подшипников

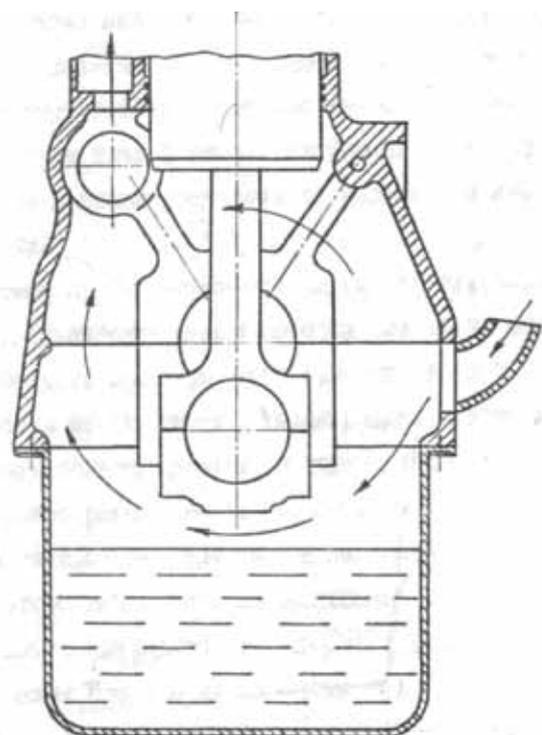


Рис.2 Схема циркуляции нагретого теплоносителя во внутрикартерном пространстве



воздухом и подшипником коленчатого вала аналогичен процессу при обтекании цилиндра с диаметром, равным эквивалентному

$$d_3 = \frac{4F}{P}$$

где  $d_3$  – эквивалентный диаметр,  
 $F$  – площадь поперечного сечения,  
 $P$  – периметр.

Основной закон теплопроводности Фурье утверждает, что плотность теплового потока  $\vec{q}$  (количество тепла, проходящее в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности) прямо пропорционально градиенту температуры

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad} T,$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности

Количество тепла  $Q$ , проходящее через поверхность  $S$  твердого тела конечных размеров за время  $\tau$ , равно

$$Q = \lambda \int_0^\tau \int_{(s)} \frac{dT}{dl} dS_l d\tau$$

Как показали расчеты, при температуре теплоносителя 100 °С температура подшипника за 15 минут разогрева увеличится от -20 °С до 43,5 °С, а при

температуре теплоносителя 200 °С температура подшипника изменилась от -20 °С до 96,5 °С, т. е. увеличение температуры подшипника пропорционально увеличению температуры теплоносителя.

Параметрический анализ дифференциальных уравнений позволяет выявить пути форсирования процесса разогрева подшипников за счет повышения температуры и скорости теплоносителя и выбрать оптимальный режим разогрева по температуре 120–150 °С и по скорости теплоносителя 12–15 м/с на входе в картер. Проведенные теоретические исследования позволяют сделать заключение, что при подаче горячего воздуха во внутрикартерное пространство обеспечивается достаточно эффективный разогрев подшипников коленчатого вала перед пуском двигателя.

**Выводы.** При тепловой подготовке двигателя необходимо уделить внимание как разогреву блока, так и разогреву внутрикартерного пространства. Учитывая продолжительность предпускового разогрева, целесообразно температуру теплоносителя подаваемого во внутрикартерное пространство держать в пределах 120–150 °С, так как с повышением температуры до 200 °С и выше негативно сказывается на качестве внутрикартерного масла

### Литература

1. Боровских А. М., Морозов А. Г. Исследование момента сопротивления при запуске двигателя : тр. Свердловской СХИ. Т. 30. Свердловск : СХИ, 1973. С. 65–68.
2. Дальской А. Н. Справочник технолога машиностроителя Т. 2. М. : Машиностроение, 2001. 944 с.
3. Брилинг Н. Р. Исследование рабочего процесса и теплопередачи в двигателях дизеля. М. : ГНТИ, 1981.
4. Новопашин Л. А., Боровских А. М. Влияние различных факторов на момент сопротивления прокручиванию и износ двигателя // Транспорт Урала. 2007. № 2.

### References

1. Borovskih A. M. Study of the moment of resistance at starting the engine. Proceedings of the agricultural Institute. Sverdlovsk, 1973. 65–68 с.
2. Dalskei A. N. Guide technologist mechanical engineer, mechanical engineering. Vol. 2. М. : Mashinostroenie, 2001. 944 с.
3. Briling N. R. Research workflow and heat transfer in diesel engines. М. : GNTI, 1981.
4. Novopashin L. A., Borovskih A. M. The influence of various factors on the scroll resistance moment and engine wear // Transport of the Urals. 2007. № 2.