

И. П. ТЕРСКИХ,  
Н. П. ТОЛСТЫХ,  
Э. С. ВЫГОДА

### НЕКОТОРЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГИДРОСИСТЕМЫ ТРАКТОРА ПРИ БЕСТОРМОЗНЫХ ИСПЫТАНИЯХ ДВИГАТЕЛЯ

Периодическая проверка мощностных и топливных показателей тракторных двигателей в эксплуатационных условиях необходима. Она осуществляется при сложных технических уходах, при подготовке тракторного парка к выполнению заданного объема работ, при нормировании, в исследовательских целях и в целом ряде других случаев.

Однако существующие тормозные установки для полевых проверок имеют тормозную мощность ниже мощности многих современных тракторных двигателей. Поэтому контроль работы двигателей с помощью таких тормозных установок в хозяйственных условиях затруднен. Создание же передвижных тормозных установок, соответствующих все возрастающей мощности тракторных двигателей, вряд ли экономически будет оправдано.

Практическую ценность представляют бестормозные методы испытания тракторных двигателей. При этом нагрузка на двигатель создается механическими потерями самого двигателя и группой выключенных цилиндров в сочетании с догрузочным устройством. В качестве догрузочного устройства можно использовать гидросистему трактора.

Работа гидросистемы при догрузке двигателя во время бестормозных испытаний принципиально отличается от обычной работы ее с навесными машинами.

При работе с навесными машинами с помощью гидросистемы передается механическая энергия и совершается работа (подъем машины). Интенсивность тепловыделения при нормальной работе

гидросистемы сравнительно невелика. Рабочая температура масла в гидросистеме устанавливается в пределах 50-70° и редко когда достигает 80°С.

При бестормозных испытаниях с догрузкой двигателя дросселированием масла в гидросистеме происходит преобразование механической энергии в тепловую, без совершения подобной работы. В результате равновесный баланс тепла, которому соответствует постоянная температура масла в гидросистеме трактора (50-70°), нарушается. Интенсивность тепловыделения резко увеличивается. Температура масла в гидросистеме возрастает и превосходит допустимую при эксплуатации. В конструкции гидросистем серийных тракторов теплоотвод при интенсивном нагреве масла не предусмотрен. Поэтому изучение гидросистемы трактора, как средства догрузки при бестормозных испытаниях, и, в частности, определение ее температурных режимов представляет определенный практический интерес.

Основная часть выделяющегося тепла при дросселировании идет на нагрев масла и деталей гидросистемы. Остальное тепло рассеивается в окружающую среду. Тепловой баланс при дросселировании можно представить в следующем виде:

$$dQ_1 + dQ_2 + dQ_3 = dQ_4 + dQ_5 + dQ_6 \quad (1)$$

где:  $dQ_1$  - тепло, выделяющееся в результате превращения подводимой к насосу от двигателя механической энергии в тепловую;

$dQ_2$  - тепло, выделяющееся от трущихся поверхностей деталей насоса;

$dQ_3$  - тепло, выделяющееся при перекачке рабочей жидкости через зазоры в насосе;

$dQ_4$  - тепло, воспринятое маслом и пошедшее на изменение его температуры;

$dQ_5$  - тепло, воспринятое деталями гидросистемы и пошедшее на изменение их температуры;

$dQ_6$  - тепло, рассеиваемое в окружающую среду.

Общее количество тепла, выделяющегося в результате дросселирования масла за промежуток времени  $dt_A$  будет равно

сумме составляющих левой части уравнения (I) и определяется по следующей формуле:

$$dQ_d = \frac{632 \cdot Q_T \cdot \Delta P}{450 \cdot \eta_m} \cdot dt_d \quad (2)$$

где  $Q_T$  - теоретическая производительность насоса, /мин;  
 $\Delta P$  - разность давлений перед дросселем и за ним, кг/см<sup>2</sup>;  
 $\eta_m$  - механический кпд насоса.

$dQ_4, dQ_5, dQ_6$  за время дросселирования  $dt_d$  определяется по известным в теплотехнике формулам. После подстановки значений  $dQ_4, dQ_5, dQ_6$  в исходное уравнение теплового баланса (I) и соответствующих преобразований получим дифференциальное уравнение, решение которого имеет вид:

$$T_M = T_B + \frac{b}{c} (1 - e^{-\frac{c}{a} \cdot t_d}) \quad (3)$$

где  $a = G_M \cdot C_M + \sum_{i=1}^{i=n} G_{Ai}$ ;  $b = \frac{Q_T \cdot \Delta P}{2562 \cdot \eta_m}$

$$c = \frac{K \cdot F}{3600}$$

$T_M$  - температура масла в гидросистеме, °C;

$T_B$  - температура окружающего воздуха, °C;

$t_d$  - время дросселирования, сек;

$G_M, G_{Ai}$  - соответственно, вес масла и деталей гидросистемы, изготовленных из  $i$ -го металла, кг;

$C_M, C_A$  - соответственно, средняя удельная теплоемкость масла и деталей  $i$ -го металла,  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}};$

$K$  - общий коэффициент теплоотдачи от масла к воздуху,  $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{час}};$

$F$  - полная поверхность охлаждения,  $m^2$ .

Из уравнения 3 видно, что при  $t_d = 0$  (начало дросселирования...)  $T_M = T_B$  и изменяется по экспоненциальному закону, стрем.сь к пределу. При  $t_d = \infty$  - предельное значение температуры масла не зависит от емкости бака и определяется равенством  $\lim_{t_d \rightarrow \infty} T_M = T_B + \frac{Q}{C}$

Количество масла в гидросистеме оказывает значительное влияние только на скорость роста температуры масла.

Пользоваться уравнением 3 для практических расчетов затруднительно. Учитывая, что  $dQ_6$  по сравнению с другими членами уравнения I величина малая, ее можно пренебречь. Тогда уравнение 3 примет вид:

$$T_M = T_B + \frac{Q_T \cdot \Delta P \cdot t_d}{2562 (G_M \cdot C_M + \sum G_{дi} \cdot C_{дi})} \quad (4)$$

Из анализа формул 3,4 следует, что температура масла в гидросистеме трактора при его дросселировании зависит: от величины, потребляемой насосом, мощности ( $N_{np}$ ), которая в свою очередь зависит от режима работы насоса ( $P, Q_T$ ), от времени дросселирования ( $t_d$ ), от количества масла в гидросистеме ( $G_M$ ), от температуры окружающей среды ( $T_B$ ) и других показателей.

Для проверки теоретических предпосылок были проведены лабораторные исследования. Объектом исследования была гидросистема трактора ДТ-75, смонтированная на специальной установке, рис. I.

Опыты проводились при давлениях в гидросистеме 60, 80, 100, 120, 130, 150  $кгс/см^2$  и числе оборотов валика насоса 1300, 1500, 1700 в минуту. Количество масла ДИ-11 (МРТУ № 38 - I - 234 - 66) в гидросистеме изменялось от 20 до 40 кг. Дросселирование масла осуществлялось прибором КИ-1097 (ДР-70). Температура масла в гидросистеме измерялась электронным потенциометром ЭПИ-120, давление масла - манометром.

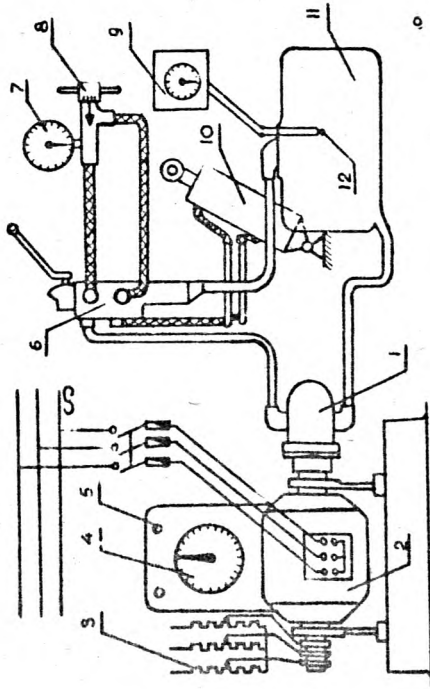


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.  
1 - насос ИШ-40А, 2 - электродвигатель, 3 - реостат жидкостной, 4 - весовой механизм, 5 - указатель числа оборотов, 6 - гидрораспределитель трактора ДТМ-120, 7 - манометр МТИ-160, 8 - дроссель ДР-70, 9 - электронный потенциометр ЭПМ-120, 10 - бак гидросистемы, 11 - термометр ТК.

метром типа "МТИ" ГОТ 2405/63.

Эксперименты показали, что наибольшее влияние на температурный режим гидросистемы при дросселировании оказывает величина потребляемой насосом мощности ( $N_{лр}$ ), которая одновременно является догрузочной мощностью двигателя ( $N_{дог}$ ) при работе группы цилиндров [1]. Величина догрузочной мощности зависит от эффективной мощности двигателя и варианта выключения цилиндров. Она составляет соответственно для четырех- и шестицилиндровых двигателей, работающих на двух цилиндрах 29-36%, 5-15% от номинальной мощности двигателя [2].

Поскольку на номинальном режиме обороты насоса постоянные, следовательно, постоянна и его теоретическая производительность ( $Q_T$ ). Необходимая величина догрузочной мощности достигается путем создания дросселем соответствующего давления ( $P$ ) в гидросистеме.

Зависимость нагрева масла от режима работы насоса и продолжительности дросселирования показана на рис.2. Средняя за цикл дросселирования скорость роста температуры масла  $\Delta T_{мср}$  изменяется в зависимости от давления и оборотов валика насоса линейно, рис.3 и рис.4.

Скорость роста температуры масла ( $\frac{dT_M}{dt_A} = \Delta T_M$ ) по времени (рис.5) не постоянна. В начальный период она больше, что объясняется небольшой теплоотдачей и меньшей теплоемкостью масла при малых температурах.

Зависимость нагрева масла от количества его в системе показана на рис.6. Увеличение масла в гидросистеме с 20 до 30 кг. снижает среднюю за цикл дросселирования скорость ( $\Delta T_{мср}$ ) роста температуры с  $11^\circ$  до  $8,5^\circ$  в минуту или на 23%, а при увеличении количества масла в 2 раза (40 кг) - с  $11^\circ$  до  $7^\circ\text{C}$  или на 37% ( $n = 1500$  об/мин.  $P = 100$  кгс/см<sup>2</sup>,  $T_g = 17^\circ\text{C}$ ). Температура окружающего воздуха, практически, влияния на температурный режим гидросистемы при дросселировании не оказывает. Изменение температуры окружающего воздуха с  $10^\circ$  до  $24^\circ\text{C}$  увеличивает ско-

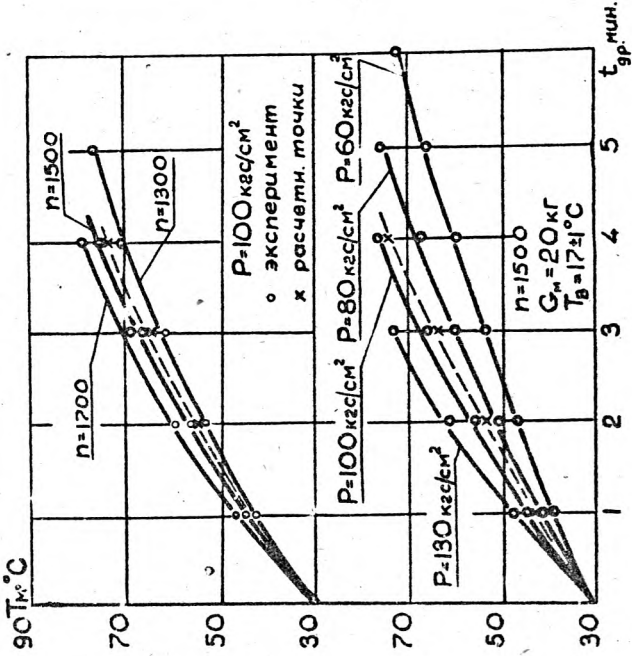


Рис. 2. Зависимость изменения температур масла от режима работы насоса (оборотов и давления) и времени дресселирования.

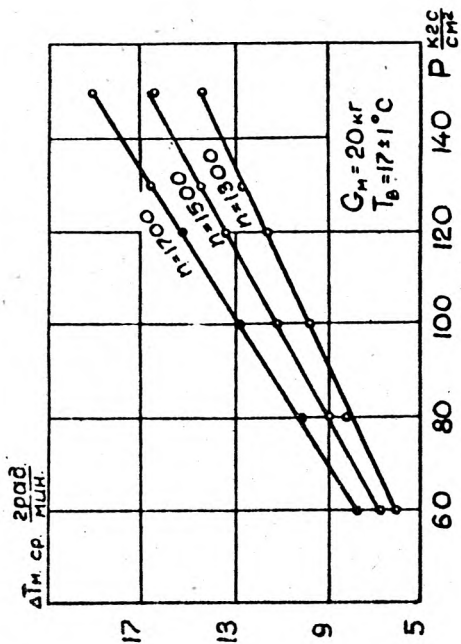


Рис.3. Зависимость изменения средней за цикл дросселирования скорости роста температур масла от давления масла в гидросистеме.



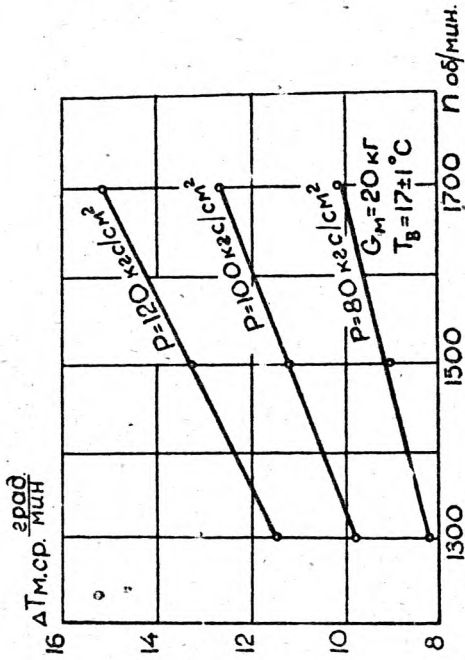


Рис. 4. Зависимость изменения средней за цикл дросселирования скорости роста температуры масла от оборотов валика насоса.

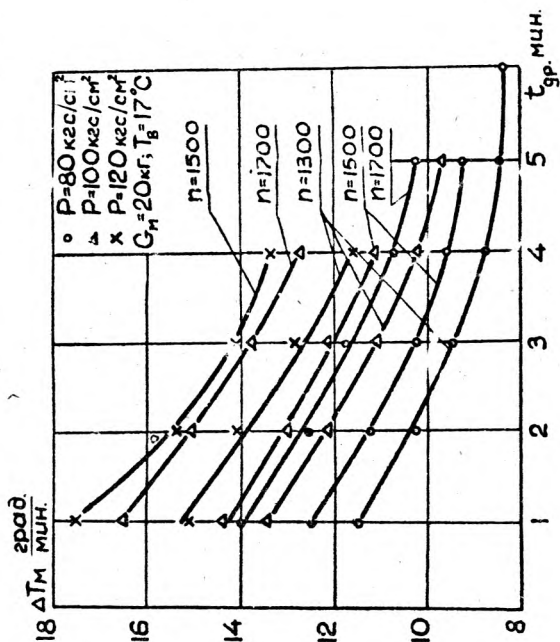


Рис.5. Зависимость скорости роста температуры масла от времени дросселирования и режима работы насоса.

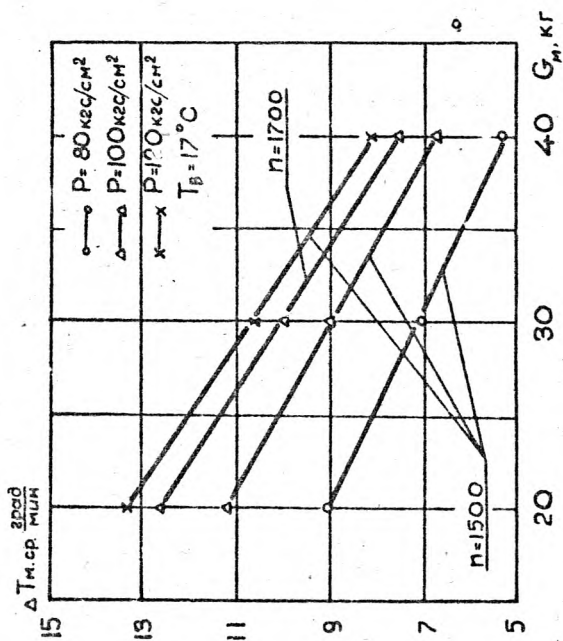


Рис. 6. Зависимость изменения температуры масла от времени дросселирования и емкости гидросистемы.

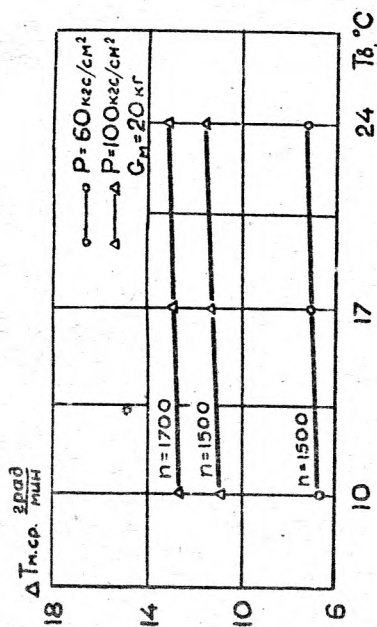


Рис. 7. Зависимость изменения средней за цикл дросселирования скорости росла температуры масла от температуры окружающего воздуха.

рость роста температуры масла всего на  $0,5^{\circ}\text{C}$  в минуту независимо от режима дросселирования (рис. 7)

$$\text{При } G_M = 20 \text{ кг.}, \quad G_A = 38 \text{ кг.}, \quad C_M = 0,45, \\ C_A = 0,12, \quad K = 10 \text{ и} \quad F = 0,7 \text{ м}^2$$

в пределах дросселирования максимальное отклонение опытных и расчетных (по уравнениям 3, 4) данных составляет 6% и наблюдается в начале дросселирования, рис. 2. В конце дросселирования ( $T_M = 80^{\circ}\text{C}$ ) наибольшее отклонение не превышает 2%.

В ы в о д н ы.

1. Температура масла в гидросистеме при его дросселировании изменяется по экспоненциальному закону и зависит в основном от величины догрузочной мощности  $N_{дог}$ , которая является функцией режима работы насоса

$$N_{дог} = N_{пр} = f(Q_T, \Delta P),$$

от продолжительности дросселирования и количества масла в гидросистеме.

2. Скорость изменения температуры масла в гидросистеме зависит в основном от режима работы насоса ( $P, Q_T$ ) и количества масла в гидросистеме. Температура окружающего воздуха, практически, влияние на скорость изменения температуры масла при дросселировании не оказывает.

3. Продолжительность непрерывного дросселирования до достижения предельнодопустимой (при эксплуатации гидросистемы) температуры масла зависит от скорости изменения последней. Гидросистемы современных тракторов, емкость которых двадцать кг., обеспечивают нормальный температурный режим и необходимое время дросселирования  $\tau$  и  $N_{дог} = \approx 15 \text{ л.с.}$ , а гидросистемы емкостью 30 кг при  $N_{дог} \approx 20 \text{ л.с.}$  При более высоких режимах дросселирования необходим охладитель масла.

4. Уравнение 4 может использоваться для практических расчетов теплового режима гидросистемы при дросселировании масла и определения ( $G_M$ ).

5. Для охлаждения масла в гидросистеме в перерывах между дросселированием необходимо производить прокачку его через рабочий цилиндр (15-20 подъемов).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С.А.ИОФИНОВ, И.П.ТЕРСКИХ " Определение мощностных показателей тракторного дизельного двигателя с помощью работомера РЕИ и гидродогрузателя". Записки Ленинградского СХИ , т. 93, 1963 г.
2. Н.С.АДАНОВСКИЙ "Бестормозные испытания тракторных двигателей". МЛ, 1966 г.