

СОКРАЩЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ РЕМОНТА

В.Г. АНДРУШ, Н.И. БОХАН

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Объектом исследования является двигатель ЯМЗ-238 после ремонта. Полученное уравнение показывает взаимосвязь мощности механических потерь двигателя в конце обкатки с такими факторами, как мощность механических потерь в начале обкатки, температура масла в процессе обкатки и средняя скорость изменения мощности механических потерь. Предложена структурная схема устройства управления режимами стендовой обкатки.

The object of the research it is ЯМЗ-238 engine after its repairing. The obtained equation shows correlation of mechanical power losses of the engine at the end of running-in with such factors as: mechanical power losses at the beginning of running-in, the oil temperature during the running-in and the average speed changes of mechanical power losses. The diagram of control modes of the stand running-in is presented.

Введение

В значительной мере качество ремонта двигателей внутреннего сгорания снижается в результате их приработки по различным и неоптимальным режимам.

Время приработки двигателей не должно быть одинаковым даже для одной модели, так как механические свойства поверхностного слоя деталей, чистота поверхности, размеры, значения натягов и зазоров в узлах подвержены статистическим вариациям.

Качество приработки определяется не только режимом стендовой обкатки, но и значениями исходных параметров двигателя, например, мощностью механических потерь на трение. И чем выше технологическая культура предприятия, тем меньше средняя продолжительность и рассеяние времени приработки.

Отсутствие развитой теории, обосновывающей режимы обкатки двигателя, привело к разработке экспериментальных методов поиска режимов приработки.

Назначение длительности обкатки в зависимости от исходного технического состояния двигателя позволяет сократить среднее время обкатки, сэкономить топливно-энергетические ресурсы, снизить вредные выбросы в атмосферу.

Исследованию изменения механических потерь в процессе обкатки двигателей хотя и посвящен ряд работ [1, 2], однако большинство из них устанавливают зависимость этих потерь без учета влияния величины начальной мощности механических потерь, а если и рассматривают, то только в период холодной обкатки [3]. Поэтому представляет интерес проведение математического планирования и многофакторного эксперимента с увеличением числа факторов с целью изучения их влияния на мощность механических потерь двигателя ЯМЗ-238 в процессе обкатки после ремонта.

Основная часть

Из анализа литературных источников и по результатам однофакторных экспериментов выделены для дальнейшего исследования следующие факторы:

- частота вращения коленчатого вала – n ;
- температура масла двигателя – T_M ;
- средняя скорость изменения мощности механических потерь – v ;
- мощности механических потерь в начале обкатки – $N_{0мп}$.

Фактор n – частота вращения коленчатого вала – исключаем из рассмотрения, поскольку контроль

мощности механических потерь осуществляем на одной фиксированной частоте вращения коленчатого вала.

Численные значения и диапазон варьирования факторов определены, в соответствии с руководством по капитальному ремонту, технологическими характеристиками двигателя ЯМЗ-238 после ремонта и производственным опытом Минского авторемонтного завода.

Для построения и анализа регрессионной модели были использованы результаты опытов, выполненных по плану полного трехфакторного эксперимента и композиционному плану [4, 5]. Значение уровней и интервалов варьирования для двигателей ЯМЗ-238 приведены в табл. 1, план и результаты эксперимента – в табл. 2–4.

Таблица 1. Кодирование варьируемых параметров

Кодовые обозначения факторов	x_1	x_2	x_3
Варьируемые параметры	$N_{0мп}$	\bar{v}	T_M
Единица измерения	кВт	Вт/мин	°С
Основной уровень ($X=0$)	12,10	31,5	75
Единица варьирования	0,80	6,5	20
Нижний уровень ($X=-1$)	11,30	25	55
Верхний уровень ($X=+1$)	12,90	38	95

Таблица 2. План полного трехфакторного эксперимента первого порядка

№ опыта	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Таблица 3. Результаты опытов по плану полного факторного эксперимента

Номер опыта	Факторы			$N_{мп}$, кВт		
	$N_{0,мп}$	\bar{v}	T_m	y_1	y_2	y_3
	x_1	x_2	x_3			
1	11,30	25	55	8,74	9,86	10,06
2	12,90	25	55	10,91	10,45	10,62
3	11,30	38	55	10,02	9,80	10,45
4	12,90	38	55	10,87	11,51	11,28
5	11,30	25	95	8,56	8,96	8,55
6	12,90	25	95	9,98	9,54	9,58
7	11,30	38	95	9,23	9,10	9,45
8	12,90	38	95	10,29	10,17	10,50

Таблица 4. Результаты дополнительных опытов по композиционному плану

9	9,06	31,5	75	9,86	9,72	9,64
10	8,27	31,5	75	9,40	8,94	9,02
11	9,86	31,5	75	10,67	10,51	10,44
12	9,06	23,6	75	9,53	9,57	9,13
13	9,06	39,4	75	10,00	10,44	10,04
14	9,06	31,5	50,7	10,05	10,63	11,13
15	9,06	31,5	99,3	9,42	9,77	9,40

Сравнивая коэффициенты регрессии с доверительными интервалами, отбрасываем незначимые коэффициенты регрессии, и получаем уравнение

$$y = 9,81 + 0,56x_1 + 0,3x_2 - 0,44x_3 + 0,16x_1x_3$$

Полученная модель адекватно описывает результаты эксперимента.

В явном виде уравнение имеет вид:

$$\begin{aligned} N_{мп} = & 9,81 + 0,56(1,25N_{0,мп} - 15,13) + 0,3(0,15\bar{v} - 4,85) - \\ & - 0,44(0,05T_m - 3,75) + 0,16(0,05T_m - 3,75)(1,25N_{0,мп} - 15,13) = \\ & = 10,61 - 0,05N_{0,мп} + 0,045\bar{v} - 0,14T_m + 0,01N_{0,мп}T_m. \end{aligned}$$

Поясним физический смысл математической модели. Полученное уравнение показывает взаимосвязь мощности механических потерь двигателя в конце обкатки с такими факторами, как мощность механических потерь в начале обкатки, температура масла в процессе обкатки и средняя скорость изменения мощности механических потерь. С увеличением значений факторов $N_{0,мп}$ и \bar{v} мощность механических потерь увеличивается, а с увеличением температуры – снижается. Наибольшее влияние оказывает $N_{0,мп}$, а наименьшее – \bar{v} . Парное взаимодействие $N_{0,мп}$ и T_m не оказывает значительного влияния.

Учитывая то, что температура масла в процессе обкатки должна поддерживаться в пределах, указанных в технических условиях на двигатель, а средняя скорость изменения мощности механических потерь, прежде всего, зависит от выбранного режима, то величина мощности механических потерь в конце обкатки будет зависеть, в первую очередь, от мощности механических потерь в начале обкатки.

Величину мощности механических потерь обкатываемого двигателя определяем по моменту сопротивления методом прокручивания коленчатого вала двигателя балансирной электрической машиной (при ее работе в моторном режиме).

Для назначения длительности обкатки двигателей в зависимости от мощности механических потерь в начале обкатки было разработано устройство управления, структурная схема которого приведена на рис. 1.

Нагрузочное устройство (в качестве которого используется электродвигатель с жидкостным или индукционным реостатом) (1) при холодной обкатке работает в двигательном режиме, а при горячей обкатке под нагрузкой – в тормозном.

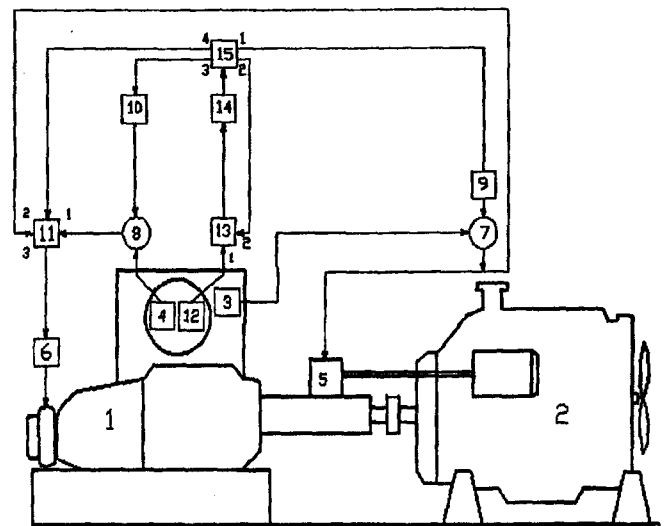


Рис. 1. Структурная схема устройства управления режимами обкатки: 1 – нагрузочное устройство; 2 – обкатываемый двигатель; 3 – датчик частоты вращения; 4 – датчик нагрузочного момента; 5 – исполнительный механизм частоты вращения; 6 – исполнительный механизм нагрузочного момента; 7 – первый вычитающий элемент; 8 – второй вычитающий элемент; 9 – задатчик частоты вращения; 10 – задатчик нагрузочного момента; 11 – переключатель; 12 – датчик момента сопротивления прокручиванию; 13 – устройство опроса; 14 – блок назначения длительности обкатки; 15 – блок управления

Режим работы нагрузочного устройства (1) зависит от положения исполнительного механизма нагрузочного устройства (6), на который поступает сигнал через переключатель (11) с выхода первого вычитающего элемента (7) при холодной обкатке (частота вращения) или с выхода второго вычитающего элемента (8) при горячей обкатке под нагрузкой (нагрузочный момент).

При холодной обкатке режим работы (частота вращения) устанавливается задатчиком частоты вращения (9) по сигналу с первого выхода блока управления (15). На первом вычитающем элементе (7) сравниваются сигналы задатчика частоты вращения (9) и датчика частоты вращения (3), в результате чего на выходе первого вычитающего элемента (7) появляется сигнал, равный разности сигналов на входе, который подается через переключатель (11) и исполнительный механизм (6) на нагрузочное устройство (1), в результате чего исполнительный механизм нагрузки (6), перемещаясь пропорционально сигналу на входе, вызывает увеличение или уменьшение частоты вращения нагрузочного устройства (1) и, соответственно, связанного с ним обкатываемого двигателя (2).

При горячей обкатке под нагрузкой нагрузочным устройством (1) регулируется момент на валу обкатываемого двигателя, а частота вращения регулируется перемещением штока исполнительного механизма частоты вращения (5) и, соответственно, рычага топливodosирующего органа двигателя (2). В установленном режиме по частоте вращения при горячей обкатке сигнал на выходе датчика частоты вращения (3) равен сигналу от задатчика частоты вращения (9). Если частота вращения двигателя (2) превышает установленное значение, то сигнал (напряжение) на выходе первого вычитающего элемента (7) вызывает перемещение штока исполнительного механизма (5) и рычага топливodosирующего органа двигателя (2) на уменьшение частоты вращения. Если частота вращения становится меньше установленного значения, то все процессы происходят в обратном направлении. Аналогично работает контур автоматического управления нагрузочным моментом.

На втором вычитающем элементе (8) сравнивается сигнал задатчика нагрузочного момента (10) и

датчика нагрузочного момента (4), при этом сигнал (напряжение) на выходе, равный разности сигналов на входах, через переключатель (11) поступает на исполнительный механизм (6), посредством которого происходит изменение нагрузочного момента. Частота вращения и нагрузочный момент устанавливаются задатчиком частоты вращения (9) и задатчиком нагрузочного момента (10), а задание на изменение величины этих параметров, в соответствии с режимом обкатки, происходит по команде с выходов блока управления (15).

По команде блока управления (15) стенд переводится в режим прокручивания, в устройстве опроса (13) анализируется и запоминается сигнал датчика момента сопротивления прокручиванию (12), и в зависимости от величины момента сопротивления прокручиванию блоком назначения длительности приработки (14) задается длительность приработки двигателя до конца обкатки или следующей точки измерения.

Датчик момента сопротивления прокручиванию (12) может быть размещен на весовом механизме, при этом на шкале устанавливается плата с герконными контактами (герконами), а на стрелку – постоянный магнит. Герконы соединены в соответствующие группы (секторы). При прохождении стрелки в определенном секторе вырабатывается сигнал (герконный контакт замыкается). Расположение герконов выбирается таким образом, чтобы при прохождении стрелки в секторе хотя бы один геркон из этого сектора был замкнут.

Заключение

Таким образом, полученное уравнение показывает взаимосвязь мощности механических потерь двигателя в конце обкатки с возмущающими факторами.

Реализация устройства управления режимами обкатки двигателя внутреннего сгорания с контролем его технического состояния по мощности механических потерь в начале обкатки позволяет достичь в конце обкатки мощности механических потерь, соответствующей области обкатанных двигателей с максимальной скоростью. Это сокращает длительность обкатки в среднем на 15–30 % с экономией топливно-энергетических ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубилов, А.К. Оценка качества ремонта автотракторных дизелей по динамике диагностических параметров в период приработки / А.К. Трубилов // Агротранспорт. – 1999. – № 3. – С. 6–9.
2. Кольченко, В.И. Исследование механических потерь тракторных дизелей / В.И. Кольченко // Исследование и испытание тракторов, их узлов и агрегатов: Труды НПО НАТИ. – М., 1986. – С. 48–59.
3. Батхан, Л.З. Влияние температуры и вязкости масла на механические потери в дизеле Д-240 / Л.З. Батхан [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1986. – Вып. 29. – С. 117–122.
4. Бохан, Н.И. Планирование экспериментов в исследованиях по механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства / Н.И. Бохан, А.М. Дмитриев, И.С. Нагорский. – Горки: БСХА, 1986. – 80 с.
5. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – С. 30–32, 132.