

вия, 2000. - с. 25-30.

4. Варнаков В.В., Погодин А.В., Укстин Д.И. Система информационной поддержки на транспорте: Сборник материалов международной научно-технической конференции «Современные научно-технические проблемы транспорта России». – Ульяновск: УВАУГА, 1999, - с. 132-133.

УДК 621.8

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФАКТОРОВ ПРИРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ПРИ УСКОРЕННОЙ ОБКАТКЕ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИСАДОК

М.А.Карпенко, ст.преподаватель, В.В.Варнаков, доктор
технических наук, профессор

Благодаря разработанным теориям в области триботехники можно прогнозировать явления, происходящие в процессе приработки деталей, и разрабатывать пути их ускорения [1].

Процессы контакта, трения и изнашивания, как правило, связаны с непосредственными физическими взаимодействиями поверхностей, совершающих относительные движения. На все эти процессы оказывает влияние смазка, которая выполняет следующие функции: разделяет трущиеся поверхности и уменьшает площадь непосредственного контакта металлических поверхностей; охлаждает поверхности трения деталей и смывает с них или вымывает из зазоров частицы металлов и их оксидов, оказывающие абразивное воздействие на поверхности трения.

В научных исследованиях многообразных процессов наибольшее место отводится планированию эксперимента для получения математической модели процесса.

Всё многообразие решаемых задач можно объединить в три основных вида: выявление количественных зависимостей между параметрами объекта или процесса; отыскание оптимальных параметров протекания процесса; выбор оптимального состава. Под оптимальностью понимается получение наилучших результатов в конкретных условиях. Задачи первого вида – интерполяционные, требуют отыскания лишь зависимости между параметром оптимизации и факторами, в той или иной мере влияющими на него.

В нашем случае при решении задачи оптимизации режимов обкатки двигателей с применением присадки в моторное масло требуется провести многофакторный эксперимент, где одновременно варьированию подлежат несколько факторов (нагрузка, частота вращения, температура, шероховатость, концентрация присадки и т. п.) [2].

При выборе факторов нами были учтены следующие требования:

- управляемость – возможность установления и поддержания фактора на выбранных условиях;
- независимость – возможность устанавливать фактор на выбранном уровне вне зависимости от уровней других факторов;
- совместимость – все комбинации факторов осуществимы и безотказны.

Основными факторами, влияющими на качество приработки, являются нагрузка (Н), частота вращения образца (мин^{-1}), и концентрация присадки в масле (%) по массе.

Для осуществления эксперимента предварительно определили граничные условия вышеуказанных факторов, локализирующих область его проведения.

Минимальное значение нагрузки ограничено необходимым прилеганием контактирующих поверхностей исследуемых образцов. Максимальная величина ограничена величиной допускаемых пластических деформаций их поверхностей. Были приняты: нижний уровень – 50 Н; верхний уровень – 1800 Н.

Верхний и нижний пределы частоты вращения образцов ограничены теплообразованием в их поверхностном слое. При малой частоте вращения образца будет наблюдаться недогрев поверхностного слоя материала в зоне контакта, а при высокой – происходит десорбция смазки и размягчение металла. Значения частоты вращения приняли: нижний уровень – 300 мин^{-1} ; верхний уровень – 1000 мин^{-1} .

Концентрация присадки в масле была принята в следующих пределах: нижний уровень – 0%; верхний уровень – 2%.

В эксперименте уровни одного фактора сочетаются с уровнями всех остальных факторов. Многофакторный эксперимент имеет много преимуществ, из которых наиболее существ-

венны следующие.

1. Значительно сокращается число опытов.
2. Появляется возможность обобщить материалы исследований в виде математической модели и дать им статистическую оценку.
3. За счёт получения данных о роли взаимодействий различных факторов между собой увеличивается объём полученной информации.

Чтобы получить некоторое представление о функции отклика при действии ряда факторов, нужно представить её в виде

$$\eta = \varphi(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad (1)$$

где η - критерий оптимизации (отклик), которым оценивается объект исследования;

X_1, X_2, \dots, X_k – независимые переменные (факторы).

Функцию отклика можно аппроксимировать [2] полиномом вида

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^K \beta_i X_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^K \beta_{ii} X_i^2 \quad (2)$$

где $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}$ – теоретические коэффициенты регрессии.

По результатам опытов получают коэффициенты регрессии b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} , которые являются оценками теоретических коэффициентов. Уравнение (2) принимает вид

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^R b_i X_i + \sum_{i < j} b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^K b_{ii} X_i^2 \quad (3)$$

где y – выборочная оценка для η .

Таким образом, формально целью эксперимента является определение численных значений коэффициентов уравнения регрессии (3), а для определения оптимальных условий протекания процессов находят значения факторов X_1, X_2, \dots, X_k , соответствующих экстремуму функции (3), именуемой целевой функцией.

Полином (3) имеет порядок второй степени, который для практического описания большинства технологических процессов в сельском хозяйстве и других отраслях бывает достаточно.

Для построения математической модели применяем полный факторный план эксперимента, обладающий оптимальной

матрицей планирования. Строим план матрицы планирования эксперимента.

После построения плана матрицы планирования необходимо проверить её свойства:

- **симметричность относительно центра эксперимента** – алгебраическая сумма элементов столбца каждого фактора должна быть равна нулю, кроме столбца, отвечающего свободному члену, b_0 , т.е.

$$\sum_{v=1}^N i, v = 0 \quad (4)$$

где v – номер точки опыта;

i – номер фактора;

N – число различных точек плана матрицы;

- **нормировку** – сумма квадратов элементов каждого столбца равна числу точек плана матрицы, т.е.

$$\sum_{v=1}^N X_{i,v}^2 = N \quad (5)$$

- **ортогональность** – сумма построчных произведений плана матрицы любых двух столбцов равна нулю, т.е.

$$\sum_{v=1}^N X_{i,v} \cdot X_{j,v} = 0 \quad (6)$$

где j – комбинация факторов в v -й точке, $i \neq j$.

Ортогональность матрицы позволяет оценить все коэффициенты регрессии независимо друг от друга.

Для проверки гипотезы однородности дисперсий следует пользоваться критерием Кохрена, который основан на законе распределения отношения максимальной дисперсии к сумме всех дисперсий, т.е.

$$G = \frac{S_{v \max}^2}{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots + S_N^2} = \frac{S_{v \max}^2}{\sum_{v=1}^N S_v^2} \quad (7)$$

где G – критерий Кохрена;

$S_{v \max}^2$ – максимальная дисперсия в v -й точке;

$\sum_{v=1}^N S_v^2 \sum S^2_r$ – сумма всех дисперсий.

Значимость коэффициентов регрессии определяют по t – критерию Стьюдента.

$$t_i = \frac{|t_i|}{S(b_i)}, \quad (8)$$

где t_i – критерий Стьюдента;

$|b_i|$ – рассчитанные коэффициенты регрессии;

$S\{b_i\}$ – среднеквадратическое отклонение дисперсии коэффициента регрессии.

Адекватность модели проверяют по формуле

$$F = \frac{S^2 a, d}{S^2(Y)} \quad (9)$$

где F – критерий Фишера;

$S^2 a, d$ – оценка дисперсии адекватности;

$S^2(Y)$ – дисперсия параметра оптимизации.

В результате проведенного эксперимента было разработано и приготовлено 16 составов приработочных присадок на основе тетрагидротатратората этилендиаммония, олеиновой кислоты и других компонентов.

Было испытано на машине трения 2070СМТ-1 по стандартной методике [3] 48 образцов колодок из чугуна СЧ-25. Наилучшие характеристики приработки были получены на составе №1. Момент трения к 10 минуте испытаний стабилизировался на уровне 0,35 н.м. Величина среднего износа составила 0,0156 гр.

Проведенные исследования позволяют провести планирование эксперимента уже непосредственно по факторам приработки цилиндрической поршневой группы отремонтированных двигателей.

Литература

1. Радин Ю.А., Сулов П.Г. *Безызносность деталей машин при трении*. М. Машиностроение. 1989, 230с.

2. *Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов*. РДМУ 109-77. М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР. 1978.

З.Стрельцов В.В., Карпенков В.Ф., Попов В.Н., Подзоров А.Н. Новые составы для приработки деталей цилиндропоршневой группы. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1997, №12.

УДК 621.8

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВВОДЕ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.А.Карпенко, ст.преподаватель

Цели экспериментальных исследований определяются разработкой метода и оптимизацией режимов обкатки двигателей УМЗ-421 с применением присадок. Для получения достоверных результатов исследований использован комплексный метод оценки качества приработки деталей двигателя, включающий лабораторные, стендовые и эксплуатационные испытания.

Для получения полной характеристики степени приработки деталей двигателя недостаточно исследовать какой-либо один показатель. О качестве приработки деталей можно судить только по совокупности наиболее важных показателей, к числу которых относятся: величина момента механических потерь на трение в период его стабилизации, износ деталей, шероховатость рабочих поверхностей деталей и температура поверхности.

В большинстве случаев величины момента механических потерь на трение (момента силы трения) в период его стабилизации говорят о начале периода установившегося изнашивания деталей, т.е. по окончании приработки. При стабилизации момента силы трения устанавливается постоянная температура трущихся деталей и смазочного состава. Чем меньше значения этих показателей, тем качественнее осуществляется приработка. Поэтому эти показатели рекомендуется использовать для характеристики процесса приработки.

В период приработки происходит относительно быстрая потеря массы, изменение размеров детали. Поэтому допускается определять износ деталей при приработке микрометром или их взвешиванием. Окончание приработки характеризуется наступ-