

РАЗДЕЛ 2

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общий подход к решению проблемы повышения ресурса ДВС

Проблема повышения ресурса двигателей является частным случаем общей задачи повышения долговечности и износостойкости деталей машин и механизмов и включает комплекс конструкторских, технологических и эксплуатационных мероприятий. Подход к решению этой важной и актуальной задачи также должен быть комплексным и всеобъемлющим. В работе ставилась задача исследовать все аспекты, влияющие как на износостойкость материала деталей, так и на обеспечение таких условий эксплуатации, при которых надежность и долговечность трущихся деталей будет максимальной. Проводимые исследования должны создать целостную картину происходящих в двигателях процессов трения и изнашивания и влияния отдельных факторов на результаты этих процессов. Каждое отдельное исследование должно гармонично вписываться в общую программу и быть ее неотделимой и необходимой частью. С учетом большого числа факторов, влияющих на долговечность ДВС, исследования необходимо построить в такой последовательности, чтобы обеспечить максимальную эффективность принимаемых решений. Объем проводимых исследований должен быть достаточным для получения гарантированных для практики результатов с максимальным экономическим эффектом.

Комплекс конструкторско-технологических мероприятий по обеспечению повышения ресурса двигателей представлен на рис. 2.1.

Для достижения поставленной конечной цели – повышения долговечности деталей ДВС, определяющих ресурс дизеля до капитального ремонта, – исследования необходимо провести в следующей последовательности:

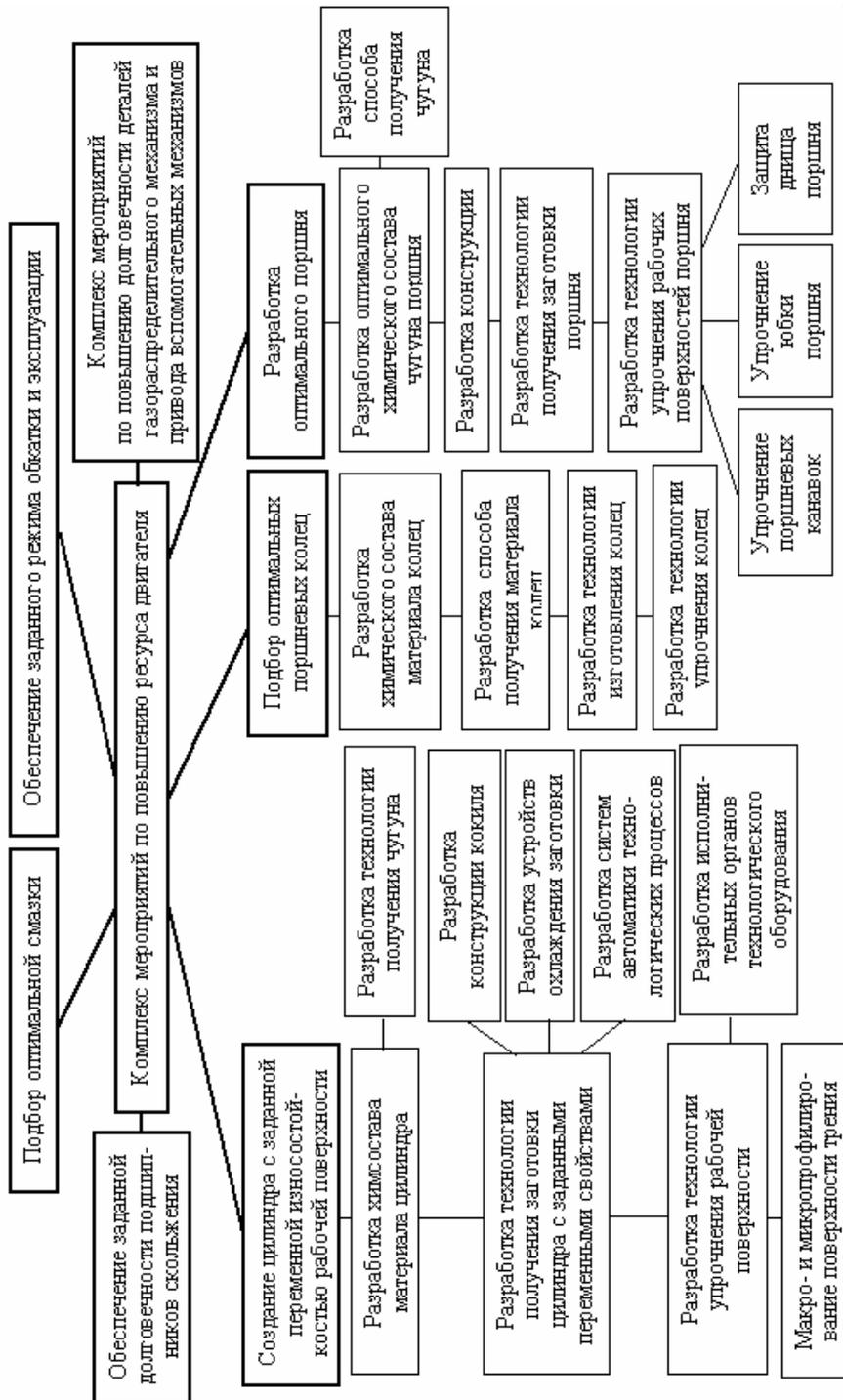


Рис. 2.1. Комплекс конструкторско-технологических мероприятий по повышению ресурса двигателя

Примечание [n1]: Заменить таблицу

- изучить условия трения в основных трущихся парах;
- выявить основные факторы, влияющие на износ сопряжений;
- разработать методику и математическую модель износа сопряжений в зависимости от основных факторов воздействия;
- произвести анализ влияния различных факторов на характер износа основных сопряжений двигателя;
- разработать оптимальный состав материала детали;
- разработать технологию получения заданного химического состава материала;
- разработать технологии изготовления деталей ДВС с заданными переменными в каждой точке рабочей поверхности износостойкими свойствами;
- произвести анализ различных технологий изготовления деталей ДВС с заданными свойствами и рекомендовать их для конкретных видов производства;
- разработать состав и технологию изготовления деталей контртела – поршневых колец, поршней и т.д.;
- произвести широкие лабораторные, стендовые и эксплуатационные испытания опытных и серийных деталей с целью выявления эффективности предложенных мероприятий.

2.2. Общие принципы моделирования и построения алгоритмов расчетов износа поверхностей в зависимости от условий нагружения

Как показано выше, условия функционирования, или условия эксплуатации, а более конкретно – условия трения, существенно влияют на износ поверхностей трущихся деталей (цилиндров, колец, поршней и др.) и, соответственно, определяют основные показатели износостойкости рабочих поверхностей. Анализ процессов изнашивания поверхностей с целью оптимизации технологического процесса изготовления деталей представляет

собой достаточно сложную задачу и базируется на основе физического и математического моделирования, результатов натуральных экспериментов, статистических исследований и т.п. При этом если модель и исследуемый процесс идентичны, включая их структурную организацию, то изучение такой модели дает достаточно полную информацию об исследуемом процессе или системе, ее использование связано с требованием наличия полной априорной информации о структуре технологического процесса или системы. Если такая априорная информация не является полной, то исследуют гомоморфные модели, т.е. упрощенные модели, макрофункция $\eta(X, \theta)$ которых только на некотором фиксированном множестве входных контролируемых X и неконтролируемых θ воздействий совпадает с макрофункцией (функцией отклика) исследуемых процессов или систем.

Весьма удобным способом формирования моделей является проведение натуральных экспериментов и обработка их результатов с использованием методов линейной и нелинейной регрессии, множественного регрессионного и корреляционного анализа и др. [117]. Вместе с тем, необходимо помнить как о трудности (а часто и невозможности) воспроизведения в натурном эксперименте условий технологического процесса (системы), близких к реальным, так и о следующих важных обстоятельствах:

- результат эксперимента, как правило, является случайной величиной, поскольку измерение любой экспериментальной величины осуществляется под воздействием помех;

- условия проведения эксперимента не всегда являются сопоставимыми, т.е. могут меняться от одного эксперимента к другому, в частности, если помехи, накладываемые на измеряемые параметры, являются нестационарными, то дисперсия ошибки измерений будет различной и т.п.;

- при исследовании реальных систем число элементов ограничено из-за их высокой стоимости, а также из-за технических ограничений в виде пропускной способности измерительной системы или ограниченности допустимого интервала измерений и др.

С учетом вышесказанного желательным является извлечение наибольшего количества информации о системе или процессе при минимальном числе экспериментов и их стоимости.

При исследовании систем с помощью моделей целесообразно использовать либо физическое, либо математическое моделирование. Физическое моделирование позволяет провести исследование процессов или систем, непосредственный анализ которых затруднен или невозможен. Что касается математического моделирования, то сложность и многообразие процессов функционирования реальных систем делает задачу построения адекватных им математических моделей крайне затруднительной. Чаще всего формализованная математическая модель, описывающая структуру и поведение системы с использованием математических соотношений (формул, дифференциальных, интегродифференциальных или алгебраических уравнений, неравенств, логических условий, операторов и т.д.) отображает лишь наиболее существенные закономерности изучаемого процесса или системы, пренебрегая при этом второстепенными деталями или эффектами. Вместе с тем, существенным преимуществом математических моделей как абстрактных объектов является возможность их исследования математическими методами, хорошо разработанными в настоящее время.

При исследовании математических моделей изнашивания деталей ДВС наиболее наглядной и интересной является модель износа цилиндров ДВС, которая может рассматриваться применительно к различным условиям эксплуатации (рис. 2.2):

- математическая модель изнашивания цилиндров в условиях нормальной эксплуатации;
- математическая модель для исследования изнашивания в условиях преобладающего вида износа;
- математическая модель для исследования изнашивания цилиндров в зависимости от физико-механических свойств материала;

– математическая модель для исследования изнашивания цилиндров в зависимости от различных внешних условий трения (частоты вращения коленчатого вала, степени наддува и т.д.).

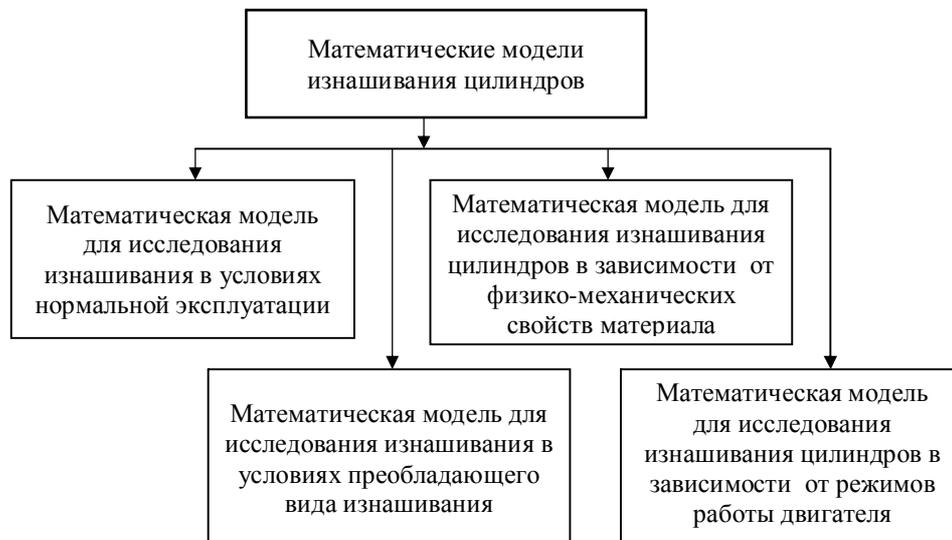


Рис. 2.2. Классификация математических моделей изнашивания цилиндров

Использование той или иной вышеупомянутой математической модели или их определенной совокупности (рис. 2.3) существенно зависит от вида и характеристик внешних воздействий и факторов, влияющих на износ цилиндров. При этом ряд одних воздействий и факторов, которые учитываются при формировании математической модели, относят к основным, а ряд других – к второстепенным, влиянием которых на процесс изнашивания в определенных условиях можно пренебречь. Таким образом, модели, описывающие процесс изнашивания цилиндров, относятся к классу гомоморфных моделей.

В дальнейшем рассмотрим некоторые из воздействий и факторов, влияющих на износ цилиндров ДВС, в частности, давление на поверхности трения, температуру поверхности цилиндра, скорость поршня, физико-механические свойства материала, качество масла, качество очистки воздуха, топлива и др.

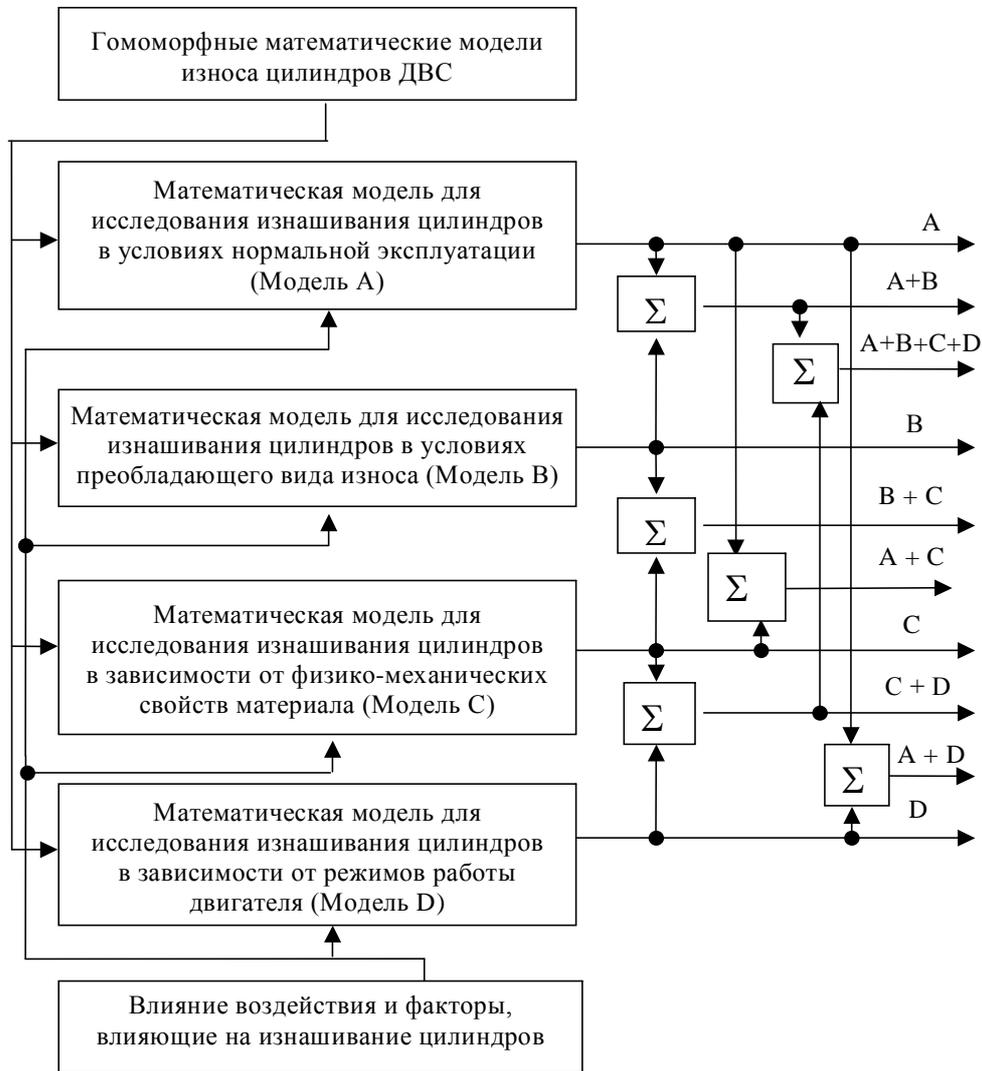


Рис. 2.3. Типы гомоморфных моделей изнашивания цилиндров ДВС

Примечание [n2]: заменить таблицу

Осуществляя декомпозицию полной математической модели процесса изнашивания цилиндров, можно определить ряд ее компонентов, представляющих собой самостоятельные задачи исследований. К числу таких задач следует отнести (рис. 2.4):

- f_1 – расчетные зависимости определения эпюры износа поверхности цилиндра;
- f_2 – функциональная зависимость требуемой для равномерного износа переменной износостойкости в каждой точке рабочей поверхности цилиндра,

от формы эпюры износа детали с постоянными физико-механическими свойствами;

– f_3 – структура материала в зависимости от требуемой износостойкости в каждой точке рабочей поверхности;

– f_4 – значение механических свойств поверхности в зависимости от заданной структуры;

– f_5 – функциональная зависимость скорости кристаллизации и охлаждения отливки в каждой точке для обеспечения заданных механических свойств;

– f_6 – функциональная зависимость между интенсивностью охлаждения (количеством подаваемого для охлаждения хладагента) и скоростью охлаждения ($^{\circ}\text{C}/\text{мин}$).

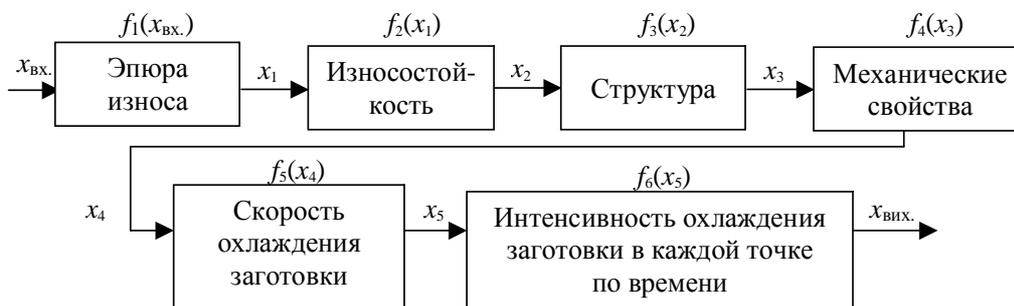


Рис. 2.4. Структура технологического процесса изготовления деталей с заданными переменными износостойкими свойствами

При исследовании любых моделей изнашивания цилиндров такие факторы, как давление на поверхности трения, температура поверхности цилиндра и скорость поршня, всегда относят к основным (рис. 2.5).

Если качество очистки масла, воздуха и топлива является высоким, то эти факторы относят к вспомогательным, а в противном случае – к основным факторам. Физико-механические свойства материала, как фактор (или воздействие), в зависимости от необходимости построения эпюры износа в относительных или абсолютных единицах относят к вспомогательным или основным факторам, соответственно.

Одним из важнейших этапов определения требуемых показателей износостойкости является процесс построения эпюры износа, алгоритм осуществления которого, как и любой алгоритм, представляет собой конечный упорядоченный набор точных правил, указывающих, какие действия и в каком порядке необходимо выполнить, чтобы после конечного числа шагов получить требуемый результат [80; 117].

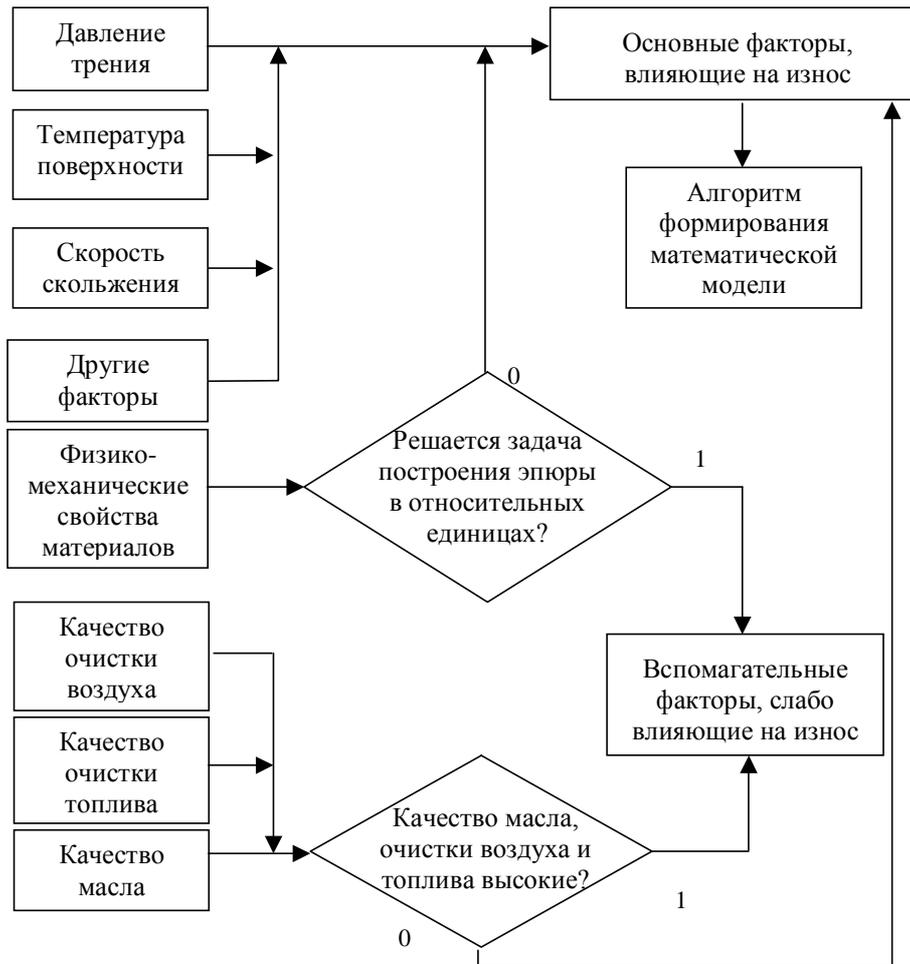


Рис. 2.5. Блок-схема анализа факторов, влияющих на износ

Совокупность правил, по которым строится любой алгоритм, должна обладать эмпирическими свойствами: полнотой (в любой ситуации имеется предписание для дальнейших действий), недвусмысленностью (все предписания понимаются единственным образом), непротиворечивостью

(отсутствуют противоречащие друг другу или взаимоисключающие предписания), массовостью (предписания, составляющие сущность алгоритма, применимы к начальным данным, которые могут варьироваться), результативностью или направленностью (алгоритм после конечного числа шагов должен привести к остановке операций и получению результата).

Если алгоритм содержит предписания для арифметических действий или логических действий над исходными данными, то он является, соответственно, численным или логическим алгоритмом. Реальный алгоритм определения эпюры износа цилиндров ДВС представляет собой совокупность арифметических и логических действий, реализуемых в определенной последовательности, т.е. является комбинированным алгоритмом.

Блок-схема алгоритма оценки интенсивности изнашивания цилиндров в условиях нормальной эксплуатации в зависимости от угла поворота коленчатого вала α приведена на рис. 2.6.

Рассмотрим алгоритм определения интенсивности охлаждения как алгоритм управления [152], под которым понимают совокупность предписаний, определяющих характер воздействия блока принятия решений сложной системы на исполнительные органы для выполнения ими заданного алгоритма функционирования (в нашем случае – для изменения интенсивности охлаждения отливки цилиндра в зависимости от вида или характера эпюры износа). Под алгоритмом функционирования при этом принимается совокупность предписаний, ведущих к правильному выполнению технической задачи в системе.

Укрупненная блок-схема управления процессом обеспечения требуемых показателей износостойкости приведена на рис. 2.7.

При этом (рис. 2.6) исходные кривые $I(t)$, $I(P)$, $I(C)$ формируются на основе результатов натуральных экспериментов и расчетных данных, где $I(t)$ – зависимость износостойкости чугуна от температуры; $I(P)$ – зависимость износостойкости чугуна от давления на поверхности трения; $I(C)$ – зависимость износостойкости чугуна от скорости взаимного перемещения.

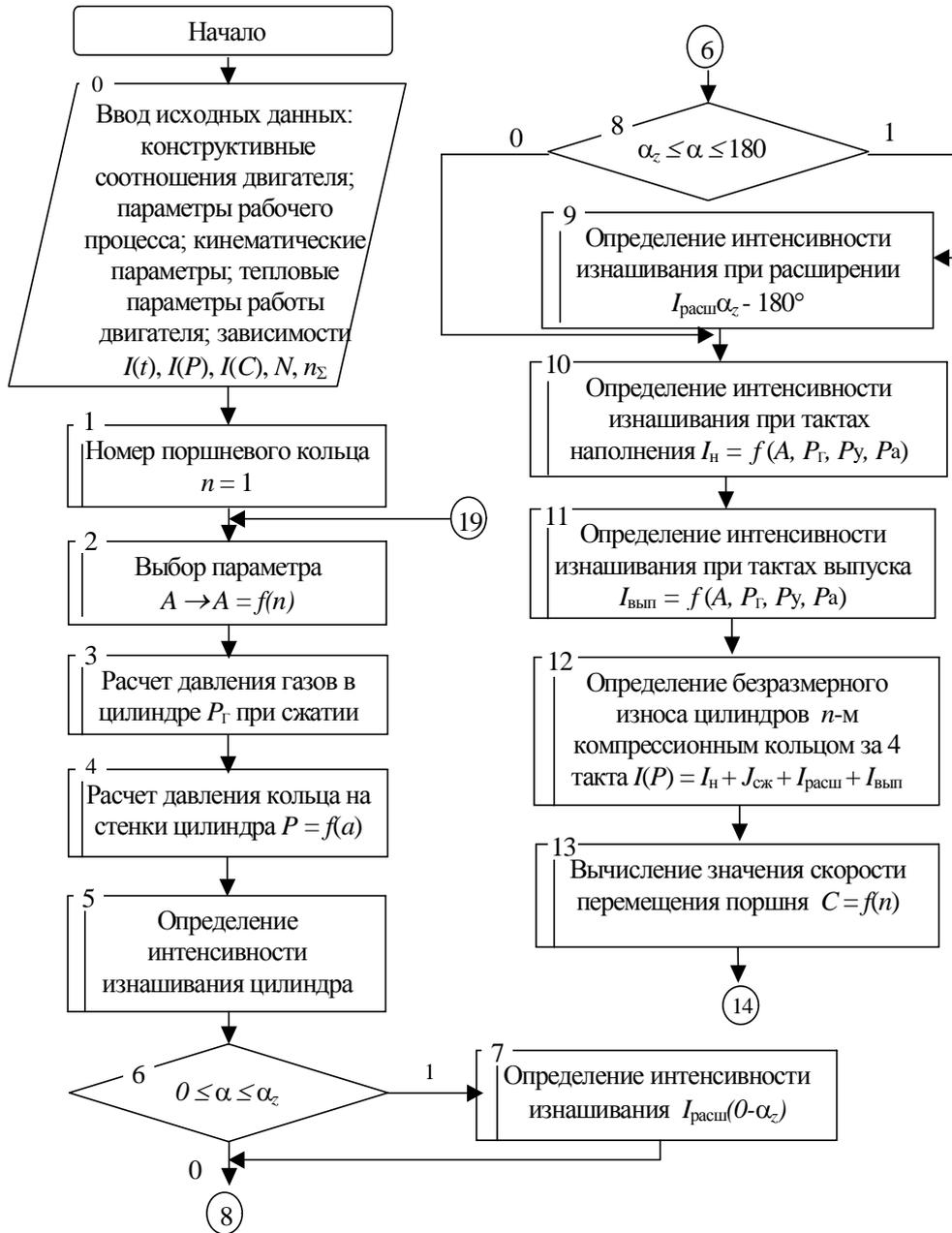


Рис. 2.6. Алгоритм расчёта эюры износа цилиндра в нормальных условиях эксплуатации



Продолжение рис. 2.6

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет создать математическую модель расчета технологического процесса изготовления цилиндров с заданной переменной по высоте износостойкостью рабочей

поверхности в зависимости от конструктивных соотношений двигателя и режимов его работы.

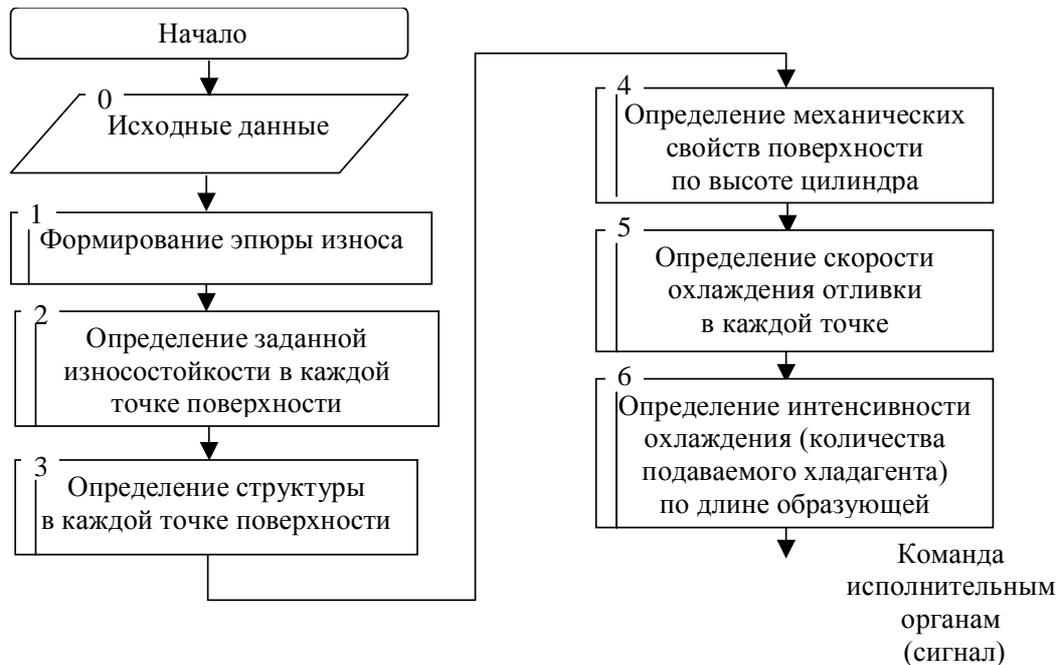


Рис. 2.7. Блок-схема управления технологическим процессом изготовления деталей

2.3. Исследование свойств материала втулок и гильз цилиндров

Выплавка чугунов опытных плавов проведена в индукционной высокочастотной печи марки МГП-102 с кислой футеровкой. Мо, Ti, V, Cr вводились в печь в виде ферросплавов. При проведении плавов в процессе выпуска металла в ковш под его струю подавалась лигатура на основе церия марки ММ-5 следующего состава: 39,3 % редкоземельные металлы (РЗМ) (Ce – 70 %; La – 5 %; Si – 10,2 %), 47,3 % Mn, сопутствующие Ca, Fe. Температура при этом контролировалась с помощью оптического пирометра и платино-платинородиевой термопары погружения ПП-1.

Образцы для изучения влияния термообработки на структуру и свойства чугунов, а также для проведения испытаний износостойкости заливались в сухие песчано-глинистые формы в виде штоков диаметром 50 мм и длиной 400 мм. Механические свойства опытных плавок определялись в соответствии с ГОСТ 2055-83.

Промышленные плавки чугунов для судовых втулок проведены в высокочастотной индукционной печи марки МГП-252 с кислой футеровкой.

Металл сливался из печи в ковш, затем транспортировался к центробежной машине с горизонтальной осью вращения, на которую был установлен кокиль. Частота вращения кокиля оставалась постоянной во всех плавках – 930 1/мин. При охлаждении отливок до температуры 650...600 °С они извлекались из формы и укладывались в томильный колодец, где находились в течение 2-3 суток. Перед механической обработкой заготовки подвергались отжигу по следующему режиму: нагрев до температуры 650 °С, выдержка 6 часов и последующее охлаждение с печью.

Металлографические исследования. Получение деталей с заданными эксплуатационными свойствами в первую очередь связано с получением заданной структуры материала цилиндра в каждой точке рабочей поверхности. Поэтому изучение и описание структуры чугунов имеет приоритетное значение в работе. Вопросам металлографии уделено ключевое значение.

Для исследования фазового состава и структуры металлов и сплавов в металлографии используются многочисленные методы, включающие обычную световую и ультрафиолетовую микроскопии, электронную и рентгеновскую микроскопии, электронную, рентгеновскую дифракции, электронно-зондовый микроанализ и т.п.

Изготовление образцов для исследований. Изготовление образцов для микроисследований включает их вырезку из детали и приготовление исследуемой поверхности. Вырезка образцов должна осуществляться по разработанной схеме с обязательным предотвращением возможного

пластического деформирования исследуемой поверхности и нагрева, могущих вызвать структурные изменения в изучаемых чугунах. Целью всех стадий изготовления шлифа является последовательное создание поверхности требуемого качества. Каждая следующая стадия процесса проводится с целью удаления повреждения поверхности, внесенного предыдущей обработкой, и, в свою очередь, она должна вызывать минимальное повреждение поверхности, которое будет удалено на последующих стадиях. Фотографированию должны подвергаться “типичные” для данного шлифа участки.

Описание микроструктуры чугуна проведено в соответствии с требованиями ГОСТ 3443-87.

Травление шлифов для определения структуры металлической основы проводилось раствором азотной кислоты в этиловом спирте из расчета 4 см³ азотной кислоты (удельный вес 1,40 г/см³) на 100 см³ этилового спирта.

Размеры отдельных структурных составляющих определяли методом секущей (по А.С.Салтыкову) по формуле

$$\Sigma l = \frac{\pi}{2Z} m,$$

где Σl – суммарная удельная длина графитовых выделений;

m – среднее число пересечений;

Z – длина секущей.

Микроструктура чугунов исследовалась с помощью оптических микроскопов Neafot-21, ММР-2Р, МИМ-9М. Микротвердость структурных составляющих замерялась на твердомере ПМТ-5 при нагрузке 20 и 50 г в соответствии с ГОСТ 9450-89. В каждом случае проводилось не менее 9 замеров микротвердости исследуемой структурной составляющей. Приведенные значения микротвердости являются среднеарифметическими значениями замеров. Тонкая структура чугуна изучалась с помощью электронного микроскопа УЭМВ-100К методом двухступенчатых серебряных реплик, оттененных окисью вольфрама.

Образцы для микроисследований вырезались из пробного кольца в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.8.

Механические испытания образцов чугунов, вырезанных из деталей, проведены методом клиновых проб. В каждой точке испытаны 3 образца, и результаты этих испытаний осреднены. Значения прочности материала опытно-промышленных плавок – результат осреднения данных испытаний в точках 2, 3, 4 (рис. 2.8).

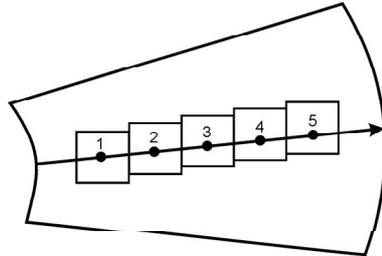


Рис. 2.8. Места вырезки образцов для микроисследований отливок втулок цилиндров и проведения замеров твердости по сечению отливки

Макроструктура чугуна изучалась после травления шлифа в реактиве следующего состава: 85 г хлорной меди, 53 г хлористого аммония в 1000 см³ воды.

Выявление дефектов, нарушающих сплошность металла и строения литого чугуна, было произведено глубоким травлением водным раствором соляной кислоты (50%-ным).

Ликвация серы определялась методом Баумана.

Фазовый анализ и определение периодов кристаллической решетки исследуемых чугунов проводились на установке ДРОН-2. Для определения фазового состава исходного и опытного чугунов сняты соответствующие рентгенограммы при углах от 2θ до 150°.

Межплоскостные расстояния определяли из формулы Вульфа-Брэгга:

$$n\lambda = 2d \sin \theta;$$

$$\frac{d}{n} = d_{HKL} = \frac{\lambda_{k_{\text{аэп}}}}{2 \sin \theta}.$$

Принимая во внимание погрешность, значение которой наименьшее при максимальных углах отражения, расчет применен к $2\theta_{\text{ц.т.}} = 146$ для индексов НКЛ (220). Излучение Fe $\lambda_{k\alpha} = 1,93597$ А, $\lambda_{k\alpha_2} = 1,937283$ А. Для нахождения максимума интенсивности пользовались формулой

$$2\theta_{\text{ц.т.}} = \frac{\sum_{k=1}^n kI_k}{\sum_{k=1}^n I_k} \Delta 2\theta + 2\theta_1,$$

где $2\theta_{\text{ц.т.}}$ – угол, соответствующий центру тяжести кривой;

k – номер участка под кривой;

I_k – соответствующая ему интенсивность, мм;

$2\theta = \frac{2\theta_2 - 2\theta_1}{k - 1}$ – протяженность одного интервала;

$2\theta_1$ – начало отсчета;

$\sum_{k=1}^n I_k$ – площадь под дифракционной кривой.

Параметр решетки определялся по формуле $a = d_{\text{НКЛ}} \sqrt{H^2 + K^2 + L^2}$.

Распределение легирующих элементов между структурными составляющими чугуна, а также химический состав отдельных структурных составляющих изучали с помощью микрорентгеноспектрального анализатора "Самеса" MS-46 чувствительностью 0,05. Рабочий диаметр зонда – 1 мкм. Увеличение светового микроскопа - 400 крат.

Количественное содержание Ti, Si, Cu, Cr измерялось на режиме 20 kV, 25 mA. Ошибка при расчете концентрации соответствовала 2,5 %.

Абсолютное содержание элементов определяли сравнением интенсивности излучения образца и эталона. В качестве эталона использовали сплавы, представляющие твердые растворы, выплавленные из чистых металлов.

Лабораторные исследования износостойкости серийных и опытных чугунов проводились на машинах трения типа СМЦ-2 при трении колодок из

исследуемых чугунов по роликам из серого комплексно-легированного чугуна, вырезанных из контрольных колец цилиндрических втулок. Испытания проводились при следующих параметрах трения: давлении 8 МПа, скорости скольжения 1,0 м/с, температуре в зоне трения 85...90 °С, смазке маслом М12В₂. Замер износа выполнялся по методу искусственных баз при нанесении лунок на твердомере типа Виккерса.

Износ определялся по формуле

$$I = \frac{d_1 - d_2}{7} \pm \frac{d_1^2 - d_2^2}{8R},$$

где d_1 и d_2 – диагонали отпечатка до и после определенного периода испытаний,

R – радиус кривизны поверхности образцов,

\pm – относятся к вогнутой и выпуклой поверхностям.

В процессе испытаний определялся коэффициент трения. База испытаний – $600 \cdot 10^3$ циклов (20 часов). На ролик наносилось 4 лунки по окружности, на колодку – 3. Данные замеров усреднялись. Для каждого материала были испытаны по 3 пары образцов.

Также износостойкие характеристики образцов, вырезанных из готовых деталей, проверялись на четырехпостовой машине трения с возвратно-поступательным движением большего образца при различных давлениях и средних скоростях скольжения.

2.4. Стендовые испытания опытных деталей

2.4.1. Методика проведения ускоренных стендовых испытаний гильз цилиндров ДВС на износ в ПО “Киевтрактородеталь”. Результаты проведенных лабораторных испытаний опытных гильз цилиндров дизелей на износ показали перспективность проводимой работы и целесообразность проведения дальнейших исследований износостойких свойств. Поэтому решено было

провести сравнительные стендовые испытания гильз цилиндров тракторных дизелей на износ.

Испытания проводились в лаборатории стендовых испытаний дизелей отраслевого конструкторско-технологического бюро (ОКТБ) ПО “Киевтрактородеталь” (г. Киев). Методика проведения испытаний гильз цилиндров на износ разработана ОКТБ и утверждена ГСКБД (г. Харьков).

Серийно выпускаемые двигатели устанавливаются на стенды, оборудованные генераторами постоянного тока, для создания нагрузки на валу дизеля. Запуск в работу, регулировка, контроль параметров и остановка двигателя осуществляются со стенда, оснащенного контрольно-измерительной аппаратурой.

На четырехцилиндровый четырехтактный тракторный двигатель устанавливаются две опытные гильзы цилиндров и две серийные (для шестицилиндровых - три опытные и три серийные). Испытания проводятся в несколько этапов, причем на каждом этапе меняют номера цилиндров, в которые ставят опытные и серийные гильзы.

Испытания на износ проходят на режиме 90 % от максимальной мощности и номинальных частотах вращения коленвала двигателя. Тепловой режим на всех этапах поддерживается постоянным, температура воды и масла на выходе из дизеля находится в пределах 80...85 °С. Для получения картины реального износа и установления постоянного теплового режима, ДВС после его полной сборки и первого запуска проходит обкатку по ТУ завода-изготовителя в течение 1,5...2 часов.

Для ускорения износа деталей цилиндропоршневой группы в топливо вводится 1 % присадки АЛП-4Д, образующей при сгорании в цилиндре абразивные частицы оксида алюминия Al_2O_3 . Однако добавка этой присадки в топливо приводит к ускоренному засорению распылителей топливных форсунок. В связи с этим через каждые 5 часов наработки двигатель останавливается и производится контроль работы форсунок. Такая проверка позволяет поддерживать одинаковый режим работы всех цилиндров дизеля.

После наработки двигателем 20...30 моточасов (за это время от абразивного действия присадки происходит износ хромового покрытия на поршневых кольцах и наступает период лавинообразного износа деталей ЦПГ) происходит его остановка, естественное охлаждение и неполная разборка двигателя.

Замеры всех параметров проводятся согласно ГОСТ 18509-80, затем они сопоставляются с данными замеров перед испытанием и вычисляются износы деталей. Выполняют замеры двух деталей ЦПГ, наиболее подверженных износу, – гильзы цилиндра и поршневого кольца, затем проводят анализ их совместной работы.

Контроль износа поршневых колец проводят по трем параметрам:

- по изменению радиальной толщины (в пяти точках по периметру кольца) – микрометром;
- по увеличению зазора в замке (предварительно вставив кольцо в стандартную обечайку) – щупами;
- по потере веса – на аналитических весах.

Контроль износа гильз цилиндров проводят индикаторным нутромером. Проверка выполняется на 4...5 поясах по высоте гильзы. Замеры снимаются в четырех плоскостях – в плоскости движения шатуна, перпендикулярной ей плоскости и 2-х плоскостях, расположенных под углом 45° к предыдущим.

Такая методика испытаний ДВС и контроль износа деталей ЦПГ позволяют давать заключения о достоинствах и недостатках испытываемых пар трения “гильза – поршневое кольцо”.

2.4.2. Методика стендовых испытаний двигателя Д-240 на Минском моторном заводе. Методика стендовых испытаний на Минском моторном заводе включает в себя наработку 80 моточасов на режиме 90 % максимальной мощности с добавкой 1 % обкаточной присадки АЛП-2.

Испытания с увеличением наработки моточасов проводились на дизеле Д-240, соответствующем ТУ, имеющим стабильные мощностно-

экономические показатели. Дизель был установлен на стенд, оборудованный электробалансирной машиной типа САК-Н-670. Стенд прошел метрологическую аттестацию на соответствие требованиям ГОСТ 18509-80.

Методикой испытаний предусматривалось:

1. Сборка дизеля с новыми поршневыми кольцами 240-1004065 и установка новых штатных гильз 50-1002021-А3 и новых опытных гильз цилиндров. Штатные гильзы устанавливались в 1-й и 3-й цилиндры, опытные – во 2-й и 4-й.

2. Технологическая обкатка дизеля в соответствии с программой приемо-сдаточных испытаний.

3. Испытания проводились циклами по режимам, приведенным в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Режимы работы дизеля

Режим работы	Продолжительность, мин.
Холостой ход, 2280 1/мин	10
Максимальный крутящий момент, 1700 1/мин	10
Номинальная мощность, 55 кВт при 2200 1/мин	210
Холостой ход, 2280 1/мин	10

2.4.3. Стендовые испытания судового дизеля 8ЧН 25/34 (в составе ДГР 500/500). Для ужесточения режимов эксплуатации и более быстрого получения данных испытания проводились при работе дизеля на тяжелом топливе ГОСТ 1667-88.

Целью испытаний являлась комплексная проверка работы основных узлов и деталей, приспособленных для работы двигателя на дизельном топливе ГОСТ 1667-88 с использованием масла М10ДЦЛ20.

Пунктом 1.3 программы испытаний предусмотрено “Определение эффективности центробежной отливки цилиндрических втулок из чугуна, влияние этого способа на надежность и срок службы цилиндрических втулок”. В

паре со втулками работали опытные компрессионные кольца: I – с плазменным покрытием окисью железа, II – с плазменным покрытием молибденом, III-VI – серийные.

Испытания проводились продолжительностью 5000 моточасов в пять этапов по 1000 часов каждый этап.

Режимы испытаний – чередование 10-часового цикла:

- XX – 0,5 часа;
- 25 % Ne – 0,5 часа;
- 50 % Ne – 1 час;
- 75 % Ne – 1 час;
- 100 % Ne – 6 часов;
- 110 % Ne – 1 час,

где XX – холостой ход;

Ne – номинальная эффективная нагрузка.

В конце каждого этапа испытаний проводился сброс 100% нагрузки и сброс-наброс 70 % нагрузки. Перед началом испытаний в двигатель заливалось необходимое количество свежего масла M10ДЦЛ20. В период работы дизеля очистка масла производилась фильтрами грубой полнопоточной очистки масла и аппаратами типа СЦ-1,5 (центрифуги должны быть отключены).

Обкатка дизеля производилась согласно действующей инструкции и техпроцесса (230 часов).

После обкатки производился микрометраж деталей дизеля, результаты которого заносились в карты обмера установленной формы. Микрометражу подвергались следующие детали:

- втулки цилиндров;
- поршни (включая поршневые канавки);
- поршневые кольца;
- впускные и выпускные клапаны и их направляющие втулки.

Обслуживание дизель-генераторной установки производилось в соответствии с инструкцией по эксплуатации серийно выпускаемых дизель-генераторов ДГР 500/500.

После первого этапа испытаний (1000 ч) производился осмотр поршневых колец и состояния цилиндрических втулок. Объем осмотра зависел от состояния испытываемых деталей ЦПГ. Объем осмотра после 2-го и 3-го этапов испытаний решался отдельно совместно с Регистром Судоходства Украины. Испытания дизель-генераторной установки проводились в испытательном цехе ПО «Первомайскдизельмаш» под техническим надзором представителя Первомайского участка Николаевской инспекции Регистра Судоходства Украины.

Замер износов втулок цилиндров выполнялся по методу искусственных баз с использованием прибора УПОИ-6 и микрометром. На втулки наносили по 12 лунок в трех поясах – 70, 300 и 700 мм от верхнего торца (рис. 2.9).

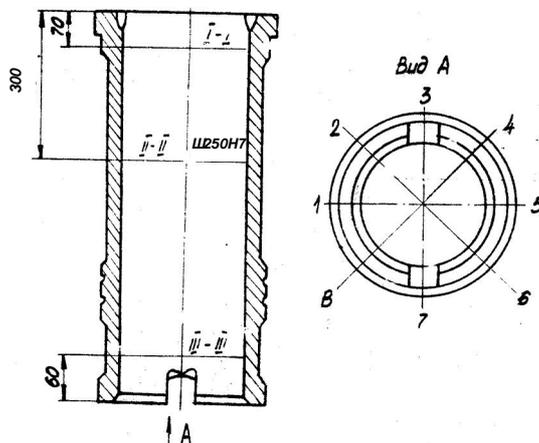


Рис. 2.9. Места нанесения лунок на втулку цилиндра

Таким образом, комплексные исследования по изучению свойств опытных и серийных деталей, проводимые в диссертационной работе, позволяют дать полную и объективную картину решаемой проблемы.