

УДК 631.3:658.512:388.24

**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
АВТОМОБИЛЬНЫХ И РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ***канд. техн. наук, доц. Н.А. КУСАКИН**(Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации, Минск);**канд. техн. наук, доц. А.П. РАКОМСИИ**(Минский автомобильный завод);**В.С. ТОЧИЛО, д-р техн. наук, проф. М.Л. ХЕЙФЕЦ**(Полоцкий государственный университет)*

Рассмотрено улучшение стабильности комплекса эксплуатационных параметров качества при упрочнении и обработке деталей, а также повышение надежности выпускаемых и ремонтируемых двигателей на основе методов технологического и метрологического обеспечения качества, путем создания систем менеджмента качества на автомобильном и ремонтном предприятии. Проведены исследования технологических процессов и испытаний после восстановления и упрочнения деталей наплавкой при обработке резанием. Выработаны рекомендации по управлению специальными процессами и организации технического контроля на предприятиях. Разработан комплекс мероприятий технологической и метрологической подготовки производства для использования в стандартах систем менеджмента качества по ИСО 9001:2000. Внедрение комплекса позволило сократить общее число отказов в 1,5 раза как за счет организационно-технологических мероприятий, так и за счет внедрения систем менеджмента качества и повысить на 20...30 % наработку двигателей.

Введение. Повышение надежности и долговечности машин и их составных частей – главная цель машиностроительных предприятий. Обеспечить высокое качество машин в процессе освоения технологий и организации производства можно за счет внедрения новых методов упрочнения и обработки деталей, сварки и сборки узлов, а также текущего контроля на технологических операциях.

Фактическая послеремонтная наработка двигателей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин существенно уступает нормативной. Наблюдается множество возвратов продукции на специализированные предприятия во время гарантийной эксплуатации для устранения рекламационных дефектов [1].

Для повышения надежности как выпускаемых, так и ремонтируемых двигателей требуются [2]:

- комплексная оценка технологических мероприятий и организационной структуры предприятия;
- изучение особенностей обеспечения качества с минимальными затратами при производстве и восстановлении изношенных деталей, выпуске запасных частей, сборке узлов;
- совершенствование системы менеджмента качества предприятия.

Для выпуска и сервисного обслуживания продукции предприятиями автотракторостроения в настоящее время проводятся работы по созданию, совершенствованию и сертификации систем менеджмента качества производств на соответствие требованиям стандарта ИСО/ТУ 16949-2002 «Системы менеджмента качества. Частные требования по применению ИСО 9001:2000 для автопроизводителей и их поставщиков».

Специфика системы менеджмента качества ремонтного предприятия отличается от системы автопроизводителя и проявляется в особенностях [3]:

- организационной структуры, учитывающей подготовку производства по восстановлению, упрочнению и обработке изношенных деталей и сборке машин;
- жизненного цикла ремонтируемой продукции, периодически охватывающего проектные и производственные стадии ремонтируемых изделий и их составных частей, инструментов и средств оснащения;
- технологических и метрологических процессов, обеспечивающих заданный уровень качества при ремонте и надежность при эксплуатации машины.

Цель работы – улучшение стабильности комплекса эксплуатационных параметров качества упрочнения, восстановления и обработки, а также повышение надежности собираемых изделий на основе методов технологического и метрологического обеспечения качества продукции путем создания систем менеджмента качества на предприятиях.

Методика исследований. Для выделения элементов и процессов системы менеджмента качества и определения их взаимосвязей на основе корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов предложены методики унификации конструктивно-технологических элементов деталей и инструментов, средств оснащения, других объектов и регламентации технологических и метрологических, специальных и других процессов производства [4].

Системный анализ надежности двигателя на диаграмме «причины – результат» (рис. 1) показал целесообразность оценивания безотказности – наработкой двигателя, повышения долговечности – продлением ресурса деталей путем упрочнения рабочих поверхностей, улучшения ремонтпригодности – предупреждением отказов при активном контроле специальных процессов.

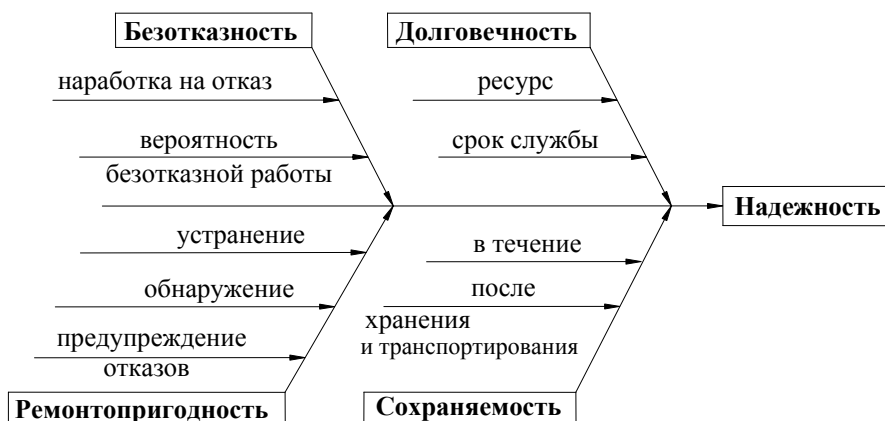


Рис. 1. Диаграмма «причина – результат» для надежности двигателя, его узлов и деталей

Обеспечение качества и надежности производится поэтапно [5 – 7].

Этапы конструкторского, технологического, метрологического и эксплуатационного обеспечения отражают жизненный цикл машины и между собой взаимосвязаны (таблица).

Этапы, отражающие жизненный цикл машины

Обеспечение надежности двигателя, его узлов и деталей			
конструкторское	технологическое	метрологическое	эксплуатационное
Построение схем нагружения	Определение предельных технологических параметров	Измерение действующих нагрузок	Диагностика при эксплуатации
Расчет запаса несущей способности	Устранение отрицательного влияния технологической наследственности	Анализ изменений нагрузки	Эксплуатация по техническому состоянию
Отработка системы контроля и диагностики	Выделение особо важных операций	Определение остаточного ресурса	Сбор информации о дефектах
Устранение выявленных недостатков конструкции	Оптимизация режимов обработки	Анализ накопления дефектов	Определение ремонтпригодности

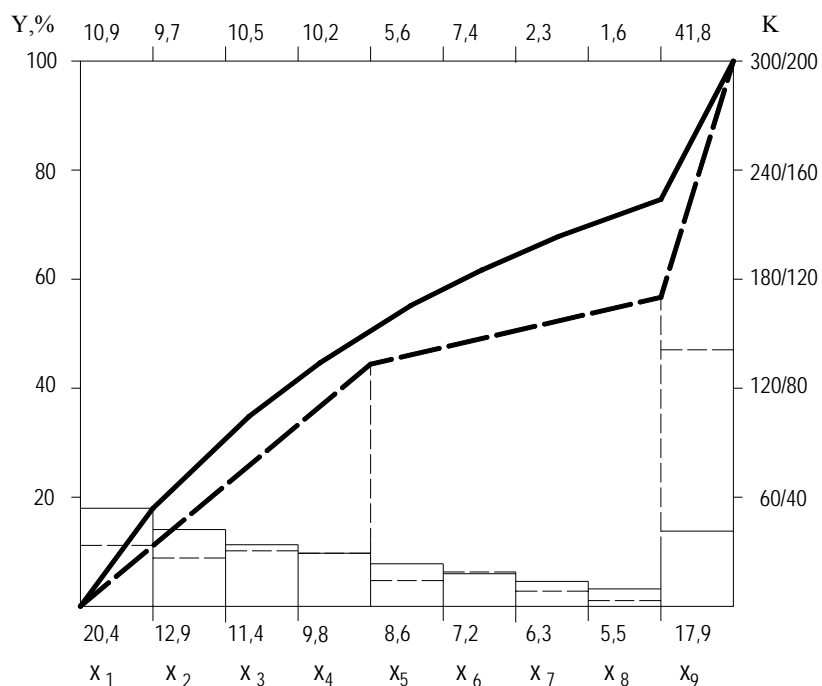
Надежность машины закладывается при проектировании, отрабатывается при доводке, обеспечивается при изготовлении и контроле в серийном производстве и поддерживается в эксплуатации.

Обеспечение надежности складывается из анализа работоспособности узлов и деталей, отработки конструкции и ее параметров при проектировании, изучения разработчиком технологической надежности и стабильности качества на стадии доводки и серийного производства с использованием контроля и диагностики, исследования разработчиком надежности и ремонтпригодности в эксплуатации.

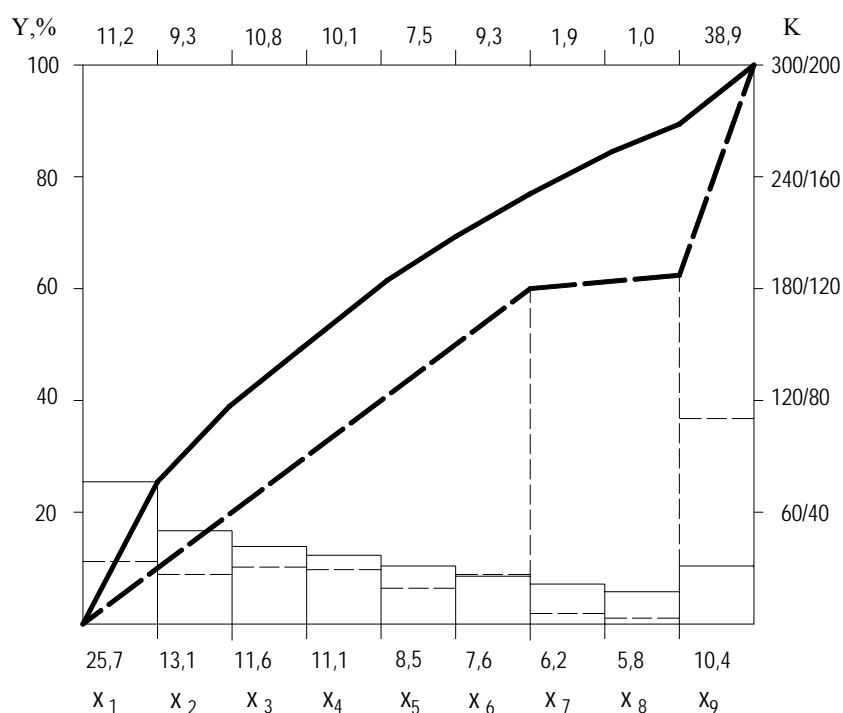
Надежность двигателя на автомобильных, моторных и ремонтных предприятиях обеспечивается технологическими и метрологическими мероприятиями (см. таблицу).

Статистический комплексный анализ по диаграмме Парето выявил основные причины недостаточной надежности и низкой послеремонтной наработки двигателей (рис. 2): малый ресурс по усталостной прочности и износостойкости, низкое качество обработки поверхностей коленчатых и распределительных валов, гильз цилиндров и других деталей поршневой группы, а также недостаточный контроль при сборке.

Установлено, что для главных рекламационных дефектов как после производства (рис. 2, а), так и после ремонта (рис. 2, б), проявляющихся с частотой: 20...26 % – поломка коленчатого вала; 12...14 % – повышенный расход топлива; 10...12 % – повышенный расход масла; 9...11 % – вода в масляный картер и др., основными причинами являются малый ресурс по усталостной прочности и износостойкости, невысокое качество обработки коленчатых и распределительных валов, гильз цилиндров и других деталей поршневой группы, а также отсутствие управления процессами упрочнения и обработки рабочих поверхностей деталей.



а)



б)

Рис. 2. Диаграммы Парето для годового количества признанных рекламаций К и относительная накопленная частота Y по выпущенным (а) и отремонтированным (б) двигателям по видам дефектов X:
 1 – поломка коленчатого вала; 2 – повышенный расход топлива; 3 – повышенный расход масла;
 4 – вода в масляный картер; 5 – выпадение седла клапана; 6 – обрыв болта шатуна и шатуна;
 7 – обрыв, откол поршня; 8 – течь масла по сальникам; 9 – прочее
 (сплошной и штриховой линиями, значениями в числителе и знаменателе для К показаны результаты до и после внедрения организационно-технологических мероприятий)

Результаты исследований и их обсуждение. Управление специальными процессами на предприятии: *относящимися к производству* (сварка, наплавка, термомеханическая и другая упрочняющая обработка) и *относящимися к контролю и испытаниям* (бесконтактный контроль физико-механических характеристик, испытания на износостойкость, обкатка и др.), предложено проводить на основе анализа нелинейных многофакторных моделей процессов с использованием методов статистического контроля [3, 8].

Для определения возможностей управления специальными процессами упрочнения деталей двигателей на первом этапе была рассмотрена совмещенная обработка – нанесение покрытия с его поверхностным деформированием. Чередую материалы наносимого покрытия, последовательно сокращалось сначала число контролируемых параметров, а затем технологических факторов, чтобы предложить схему управления комплексом основных параметров совмещенной обработки, используя наиболее значимые и наименее взаимосвязанные факторы [5, 6].

На втором этапе было исследовано управление специальными процессами комбинированной упрочняюще-размерной обработки наплавленных покрытий. Для комбинированной обработки при разнообразных технологиях предварительного нанесения различных материалов последовательно сокращалось число технологических факторов, чтобы предложить схему управления комплексом параметров [6, 7].

На заключительном этапе были проанализированы взаимосвязи контролируемых параметров и регулируемых факторов на схемах управления и предложена методика управления специальными процессами совмещенной и комбинированной обработки [4].

Для восстановления до ремонтного размера коренных и шатунных шеек коленчатого вала была выбрана электромагнитная наплавка ферропорошков с поверхностным пластическим деформированием, обеспечивающая термомеханическое упрочнение и выглаживание поверхности при минимальном короблении детали, вследствие малой теплопередачи в поверхностный слой [9, 10].

Изучались зависимости регламентируемых параметров упрочнения и восстановления:

- физико-механического HRC – твердости;

- геометрического Ra – шероховатости;

- эксплуатационного ϵ – относительной износостойкости и производительности нанесения покрытия Q от основных технологических факторов электромагнитной наплавки композиции ферропорошков (силы разрядного тока I , магнитной индукции в рабочем зазоре B и совмещенной механической обработки: подачи инструмента S , скорости вращения детали V и усилия деформирования P).

Для обработки восстановленных наплавкой поверхностей распределительного вала использовалось упрочняюще-размерное резание с плазменным оплавлением срезаемого дефектного слоя, совмещающее операции термообработки с удалением припуска резанием и деформированием обрабатываемой поверхности, значительно сокращающее объем последующей механической обработки. Износостойкие покрытия на опорные шейки вала наносились плазменной наплавкой композиции порошков, вибродуговой наплавкой стальной проволокой и газопламенной наплавкой хромоникелевым порошком [11, 12].

Изучались зависимости регламентируемых параметров плазменно-механической обработки:

- физико-механических HRC – твердости и U_n – поверхностного наклепа;

- геометрических Sm_w – волнистости и Ra – шероховатости;

- производительности обработки K , определяемой отношением скорости дополнительного V_r и главного V движения инструмента от основных технологических факторов, таких как сила тока плазменной дуги I , расстояние от пятна нагрева до режущей кромки инструмента L , скорость подачи инструмента S , скорость главного движения V и глубина резания t .

Сравнивая управление при последовательном снижении числа параметров для совмещенной обработки с управлением при последовательном сокращении числа факторов для комбинированной обработки [3, 4] и учитывая связи в технологической системе, сделаны выводы о различии и сходстве в управлении специальными процессами, формирующими в первую очередь физико-механические или геометрические свойства.

При совмещенной обработке прослеживается строгая иерархия технологических воздействий. Так, при электромагнитной наплавке с поверхностным деформированием от термоэлектрических, через механические, к электромагнитным их влияние падает. Комбинированная обработка, как например, при резании с нагревом, демонстрирует тесную взаимосвязь термоэлектрических и механотермических воздействий. Для стабилизации процесса управление совмещенной термомеханической обработкой в электромагнитном поле при формировании структуры материала с обеспечением рельефа поверхности целесообразно проводить, используя последовательность факторов, обеспечивающих интенсивность ($I - P - B$) и производительность обработки ($S - V$). Для повышения эффективности обработки управление комбинированным плазменно-механическим процессом при формообразовании рельефа поверхности с модифицированием поверхностного слоя следует осуществлять путем регулирования производительности ($S - I - V$), применяя масштабные факторы ($L - t$).

При нанесении упрочняющих покрытий электромагнитной наплавкой с поверхностным пластическим деформированием целесообразно следить за устойчивостью процесса Q и проводить экспресс-оценку твердости покрытия HRC , а контроль осуществлять для физико-механических U_n , геометрических Ra и эксплуатационных ϵ параметров качества после обработки. При упрочняющем резании износостойких покрытий с предварительным плазменным нагревом рекомендуется наблюдать за работой инструмента K , осуществлять экспресс-оценку рельефа поверхности Sm_w и твердости покрытия HRC , а контроль проводить для геометрических Ra и физико-механических U_n параметров качества.

Заключение. Проведенные на производстве исследования процессов и испытания после восстановления и упрочнения деталей наплавкой при совмещении нанесения покрытий с деформированием, при комбинировании упрочняющей и размерной обработки резанием позволили выработать рекомендации по управлению специальными процессами и техническому контролю на предприятии.

В результате управления процессами восстановления, упрочнения и обработки уменьшился на 20...40 % разброс физико-механических и на 15...20 % геометрических параметров качества деталей. Вследствие этого сократилось количество рекламаций по коленчатым валам до 12 %, связанных с распределительными валами до 9 % за счет снижения уровня термических напряжений и повышения качества механической обработки при использовании управления технологическими процессами упрочнения. По деталям цилиндропоршневой группы относительное число рекламаций снизились до 10 % за счет обеспечения требуемого комплекса физико-механических и геометрических свойств.

Разработанный комплекс мероприятий технологической и метрологической подготовки производства, а также схемы взаимодействия процессов в организационной структуре предприятия использованы в стандартах систем менеджмента качества по ИСО 9001:2000. Внедрение комплекса позволило сократить общее число отказов в 1,5 раза как за счет организационно-технологических мероприятий, так и внедрения систем менеджмента качества и повысить на 20...30 % наработку двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лялякин, В.П. Восстановление и упрочнение деталей на современном этапе экономических реформ / В.П. Лялякин // Восстановление и упрочнение деталей – эффективный способ повышения надежности машин. – М.: ЦРДЗ, 1997. – С. 3 – 7.
2. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
3. Менеджмент качества предприятий машиностроения / В.Н. Корешков [и др.]. – Минск: Экономика и право, 2003. – 224 с.
4. Статистический анализ конструктивных элементов и технологических параметров деталей машин / М.Л. Хейфец [и др.]. – Новополоцк: ПГУ, 2001. – 112 с.
5. Технологические основы управления качеством / А.С. Васильев [и др.]. – Минск: ФТИ; Полоцк: ПГУ, 2001. – 216 с.
6. Технологические основы управления качеством машин / А.С. Васильев [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
7. Технологические основы обеспечения качества деталей машин / А.С. Васильев [и др.]. – Житомир: ЖГТУ, 2005. – 219 с.
8. Кусакин, Н.А. Статистические методы контроля качества продукции / Н.А. Кусакин, М.Л. Хейфец // Контроль. Диагностика. – 2003. – № 9. – С. 32, 37 – 41; № 10. – С. 40 – 46; № 11. – С. 31 – 32, 37 – 40.
9. Мрочек, Ж.А. Прогрессивные технологии упрочнения и восстановления деталей машин / Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, И.П. Филонов. – Минск: Технопринт, 2000. – 268 с.
10. Ракомсин, А.П. Упрочнение и восстановление изделий в электромагнитном поле / А.П. Ракомсин. – Минск: Парадокс, 2000. – 201 с.
11. Теория практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь [и др.]. – Минск: Бел наука, 1998. – 583 с.
12. Обработка износостойких покрытий / Л.М. Кожуро [и др.]. – Минск: ДизайнПРО, 1997. – 208 с.

Поступила 21.12.2007