

А. Г. Лютов, д-р техн. наук, проф., зав. каф., lutov1@mail.ru,

А. Н. Ильин, канд. техн. наук, доц., aleksandr.ilin.71@mail.ru,

Е. А. Филонина, аспирант, filonina.ea@gmail.com,

Уфимский государственный авиационный технический университет

Обеспечение качества свечей зажигания посредством управления их жизненным циклом

Рассматриваются вопросы управления жизненным циклом (ЖЦ) свечей зажигания посредством разработки системы поддержки принятия решений по обеспечению качества процесса производства. Показана связь различных этапов ЖЦ с качеством изготовления свечей зажигания и с особенностями обеспечивающих их технологических процессов. Выявлены контролируемые и неконтролируемые параметры свечей зажигания, влияющие на качество розжига и запуска двигательных установок. Описан подход к разработке структуры системы поддержки принятия решений для ЖЦ свечей зажигания и представлены некоторые реализованные ее элементы, прошедшие апробацию в реальном производстве.

Ключевые слова: свечи зажигания, жизненный цикл изделия, система поддержки принятия решений

Введение

На сегодняшний день приоритетным направлением деятельности промышленного предприятия является объединение взаимосвязанных процессов, регламентов, ресурсов в единую систему, которая позволяет осуществлять поддержку различных стадий жизненного цикла (ЖЦ) на основе интегрированной информационной системы. Она представляет собой хранилище данных в распределенной системе, объединяющей работу подразделений предприятия для информационного сопровождения ЖЦ продукции. Информационная система должна быть сформирована с учетом возможности использования данных на протяжении всего ЖЦ изделия в целях сокращения временных и финансовых ресурсов [1].

Проблемы обеспечения стабильности изготовления искровых свечей зажигания и эффективного использования их мощности являются актуальными, поскольку от качества изготовления свечи зависят мощность, надежность и топливная экономичность двигателя. Нормативной документацией устанавливаются технические требования к правилам приемки и методам испытаний свечей зажигания, а также к их качеству при обеспечении:

- калильного числа, которое определяет тепловую характеристику свечи;
- помехоустойчивости, работоспособности и совместной работы с электрическими устройствами, что обусловлено наличием встраиваемого резистивного герметика;
- герметичности свечи как по корпусу, так и по цепи центрального электрода;
- надежного покрытия металлических деталей;
- требуемого ресурса работы свечей.

Эти факторы определяются как технологией изготовления свечи и ее конструкцией, так и стабильностью технологического процесса.

Если анализировать свечи как элемент системы зажигания, обеспечивающий ее надежность и качество на разных стадиях ЖЦ, то возникает необходимость выдерживать характеристики, связанные с обеспечением калильного числа, герметичности и электрического сопротивления. Более глубокий анализ показывает, что перечисленные выше характеристики связаны между собой конструктивными параметрами свечи [2].

Целью исследования является повышение качества технологического процесса изготовления свечей зажигания и их эксплуатационных свойств на различных стадиях ЖЦ. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Анализ требований к качеству процесса изготовления свечей зажигания.
2. Выявление контролируемых и неконтролируемых параметров свечей, влияющих на качество розжига и запуска.
3. Разработка структуры системы поддержки принятия решений (СППР) по обеспечению качества на различных этапах ЖЦ свечей зажигания.

Анализ процесса изготовления свечей зажигания

Свечи являются важным элементом систем зажигания двигателей внутреннего сгорания. Они предназначены для воспламенения горючей смеси в цилиндрах с помощью искрового разряда. При всем разнообразии конструкций любая свеча зажигания (рис. 1) содержит керамический изолятор, металлический корпус, электроды и контактную головку для соединения с высоковольтным проводом.

Сердечник устанавливается в корпусе свечи так, что он соприкасается своей конической поверхностью с соответствующей поверхностью внутри корпуса. Между этими поверхностями устанавливается

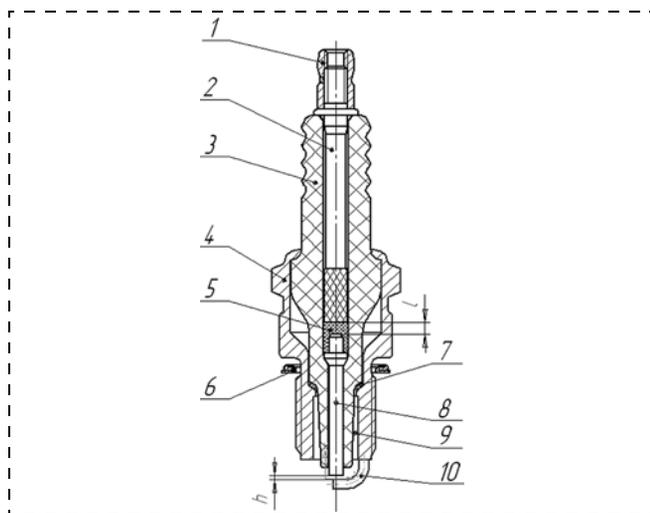


Рис. 1. Устройство свечи зажигания:
 1 — контактная гайка; 2 — контактный стержень; 3 — керамический изолятор; 4 — металлический корпус; 5 — резистивный стеклогерметик; 6 — уплотнительное кольцо; 7 — теплоотводящая шайба; 8 — центральный электрод; 9 — рабочая камера; 10 — боковой электрод; *h* — искровой зазор; *l* — высота пробки герметика

"теплоотводящая" шайба из меди или стали. Боковой электрод "массы" прямоугольного сечения приваривается к торцу корпуса и изгибается в сторону центрального электрода. На цоколь корпуса с упором в плоскую опорную поверхность устанавливается уплотнительное кольцо, предназначенное для герметизации соединения свеча — двигатель.

Центральный электрод устанавливается в канале изолятора, имеющем переменный диаметр. Головка электрода опирается на коническую поверхность канала изолятора в месте перехода от большего диаметра к меньшему. Закрепление электрода в канале изолятора и герметизация этого соединения осуществляются с использованием стеклогерметика. Он представляет собой смесь специального технического стекла и порошка металла. Связкой в герметике является стеклофритта, она обуславливает герметичность. Основными элементами, обеспечивающими электрическое сопротивление, являются карбид бора и карбид кремния.

После остывания герметизирующая пробка приобретает электрическое сопротивление, значение которого подбирается конструкторами и технологами эмпирическим путем на стадии изготовления опытных образцов [3].

Схема процесса изготовления свечей зажигания представлена на рис. 2. Процесс производства свечей, как и любых других деталей и узлов, начинается с приобретения сырья — керамического порошка и специальных легированных сталей.

Производство разделено на два направления. На одном изготавливают керамический изолятор, а на другом — металлические детали (корпус, сердечник, электроды и т. д.). Изолятор изготавливают из специального керамического порошка с повышенным содержанием оксида алюминия. На первом этапе производства его прессуют в специальных формах, получая требуемый профиль, при этом размеры полуфабриката на 20 % больше окончательных.

Деталь уменьшается до реальной величины на втором, самом длительном, 24-часовом этапе обжига в туннельной электропечи. Он включает в себя предварительный разогрев, обжиг и охлаждение. Каждый процесс занимает фиксированный интервал времени, происходит при определенной температуре и контролируется компьютером. На третьем этапе на изолятор наносят маркировку модели свечи, а затем покрывают его наружную часть краской, в которую добавлен цветной наполнитель. Это позволяет контролировать качество нанесения эмали. После покраски изолятор поступает в печь на сушку, где наполнитель выгорает, а на поверхности остается белая глазурь.

В другом цехе параллельно с изготовлением изолятора изготавливают металлические детали. Корпус выполняют из легирован-

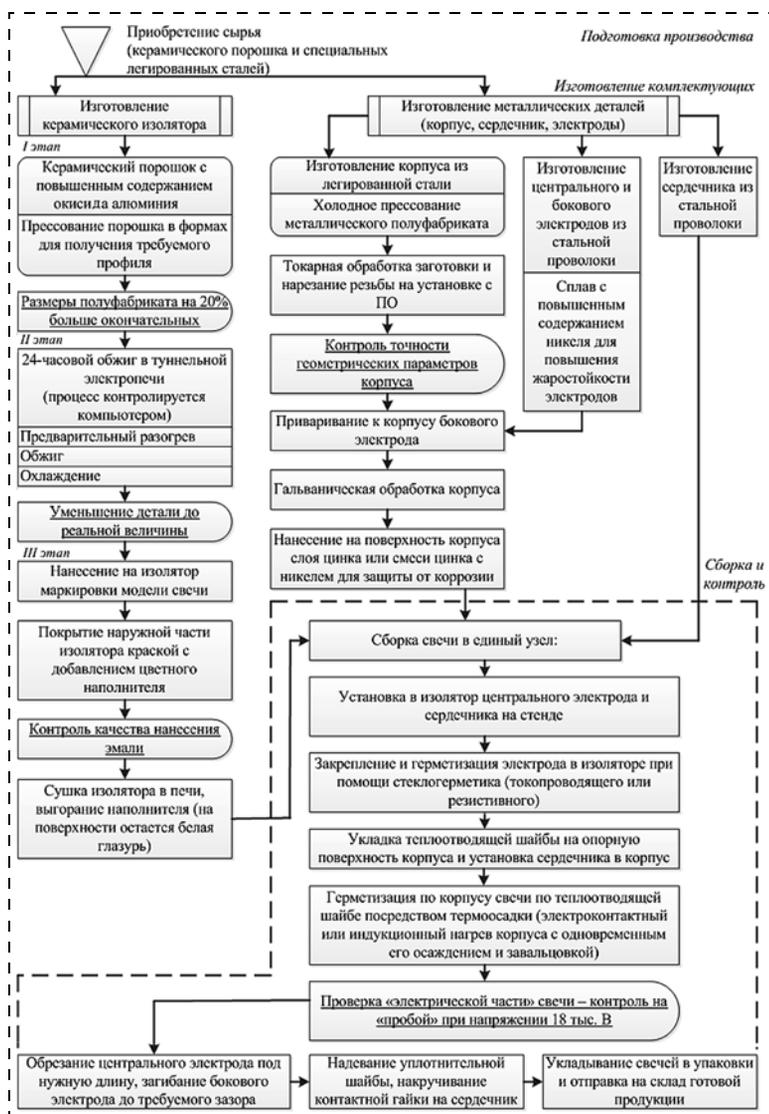


Рис. 2. Схема процесса изготовления свечей зажигания

ной стали, которая хорошо поддается обработке давлением и резанием. Очертания корпуса свечи металлический полуфабрикат принимает в процессе холодного прессования. Затем заготовка поступает на токарную обработку и нарезку резьбы в специальную установку с программным обеспечением. Далее контролируют точность геометрических форм корпуса. После этого к корпусу приваривают боковой электрод и отправляют его на гальваническую обработку.

Для защиты корпуса от коррозии на его поверхность наносят слой цинка или смеси цинка с никелем (в свечах с увеличенным ресурсом). Сердечник, центральный и боковой электроды изготавливают из стальной проволоки. Для повышения жаростойкости электродов используется сплав с повышенным содержанием никеля. После изготовления комплектующих (изолятора, корпуса, сердечника и электродов) свечи собирают в единый узел.

Теплоотводящая шайба укладывается на опорную поверхность корпуса, после чего в корпус устанавливается готовый и проверенный сердечник (изолятор с электродом, контактной головкой, загерметизированные стеклогерметиком). По теплоотводящей шайбе происходит герметизация по корпусу свечи посредством термоосадки (электроконтактный или индукционный нагрев корпуса с одновременным его осаждением и завальцовкой). В результате происходит деформация канавки под шестигранником, которая создает натяг в посадке сердечника в корпус через компенсационный элемент в виде теплоотводящей шайбы. Шайба дополнительно играет роль теплоотвода и является одним из элементов конструкции свечи, влияющих на ее тепловую характеристику в виде калильного числа.

По окончании этого этапа сборки свечи поступает на проверку "электрической части" — контроль на "пробой" при напряжении 18 000 В. Прошедшая его деталь подается в установку, где под нужную длину обрезается центральный электрод и до требуемого зазора загибается боковой. Далее на нее надевают уплотнительную шайбу и на сердечник накручивают контактную гайку. Последний этап — укладывание свечей в упаковки и отправка на склад готовой продукции.

Анализ существующего процесса изготовления свечей зажигания показал, что в условиях реального предприятия сложность представляет идентификация каждого образца продукции. Для серийного и крупносерийного производства шифр продукции должен включать код предприятия, месяц и год (или квартал и год) изготовления, номер партии. С начала 2000-х гг. требования были ужесточены, и внутри партии выделялся также номер изделия [3].

Одна из особенностей производства свечей зажигания проявляется в том, что маркировка и отслеживание готовой продукции не вызывают трудностей. Но маркировать и отслеживать составные элементы свечи проблематично, поскольку, например, керамические компоненты также, в свою

очередь, выпускаются партиями, из которых сложно выделить конкретный экземпляр (при этом размер партии может составлять тысячи и даже десятки тысяч штук). На сварной центральный электрод, диаметр которого в среднем составляет около 2 мм, довольно сложно нанести маркировку, тем более что размер партии составляет также тысячи штук. Для стеклогерметиков маркировка также не актуальна, поскольку они представляют собой хрупкие спрессованные брикеты либо сыпучую навеску. Поэтому их можно только снабдить сопроводительным документом (паспортом), который тоже будет не индивидуальным, а групповым — для партии в целом.

Таким образом, при отказе конкретного элемента в изделии выявить, идентифицировать его и отследить этапы его изготовления крайне сложно. Для решения этой проблемы предлагается на рентген-пленке каждому изолятору (или узлу) в партии присвоить специальный виртуальный номер и занести его в базу данных. К базе данных необходимо приложить саму рентген-пленку и фотографию с нее. Это позволит идентифицировать составной элемент в готовой свече. Данный подход, в свою очередь, требует создания документированной процедуры с наполнением ее техническим инструментарием в виде программного обеспечения.

Анализ параметров свечей зажигания и факторов, влияющих на качество розжига и запуска двигательных установок

Проведенные опыты [3] показывают, что даже в случае, когда свечи соответствуют всем требованиям, предъявляемым нормативными документами, они могут не обеспечивать работоспособность двигателя и его запуск. Полученные результаты говорят о том, что это связано непосредственно с качеством искры, которая при взаимодействии с топливом образует плазменное ядро и обеспечивает работоспособность двигателя. Уже несколько десятилетий зарубежными фирмами активно ведутся работы по контролю качества свечей, связанные с непосредственным их функционированием [4—6]. Однако до настоящего времени ни один из подходов не реализован в серийном производстве и, как следствие, не регламентируется ни одним нормативным документом. Опытные работники производства при выпуске свечей зажигания могут субъективно с помощью визуального наблюдения определить качество свечи по характеру искры. В свою очередь, характер искры может зависеть от различных факторов:

- наличия скрытых дефектов;
- глубины залегания дефектов относительно поверхности;
- дефектов, которые проявляются во время эксплуатации;
- взаимного расположения центрального и бокового электродов;
- наличия или отсутствия острых кромок и заусенцев на электродах;
- формы поверхностей электродов;

- наличия загрязнений на поверхности электродов и изолятора, что, в конечном итоге, сказывается на напряженности электрического поля. Для того чтобы двигатель работал исправно и эффективно, искра должна функционировать надежно. Перебой в зажигании может привести к тому, что вся топливо-воздушная смесь в цилиндре останется несгоревшей и попадет в выхлопную систему, где сгорит в катализаторе. Нескольких перебоев в зажигании достаточно для того, чтобы повредить катализатор или вывести его из строя [3].

По виду износа свечи зажигания, демонтированной из двигателя, можно судить о его работе. У свечи зажигания, извлеченной из исправно работающего двигателя, зоны вокруг электродов будут сухими, сероватого, белого, желтого или коричневого оттенков. Электроды и выступ изолятора не будут иметь явных признаков повреждения.

Построение структуры системы поддержки этапов ЖЦ свечей зажигания

На сегодняшний день особенности отечественного производства искровых свечей таковы, что технологический цикл их изготовления является длительным и энергозатратным, а себестоимость изделий — высокой, при этом велика доля ручного труда и степень влияния человеческого фактора. Высоки технологические потери, связанные с браком. В совокупности эти факторы резко снижают конкурентоспособность отечественной продукции. Таким образом, обусловлена необходимость создания систем автоматизации и систем поддержки принятия решений (СППР) для повышения степени отслеживаемости и идентифицируемости продукции [7].

На современном этапе большинство руководителей начинают испытывать потребность в комплексном описании и планировании развития предприятия. При этом задачи, связанные с проектиро-

ванием и построением информационных систем, вызывают наибольший интерес. Существует множество подходов к решению этих задач. Большинство подходов опирается на инструментальные средства, позволяющие автоматизировать создание информационной системы. Задача по созданию информационной системы делится на несколько подзадач. Это распределение зависит от применяемого подхода, но в любом из них всегда присутствуют два действия:

- сбор информации и моделирование организационных и технологических процессов;
- построение архитектуры будущей информационной системы для автоматизации указанных процессов.

При моделировании процессов, как правило, рассматриваются три аспекта [7]:

- объекты, которыми оперируют в процессах;
- процессы, которые выполняются;
- события, управляющие изменениями процессов и объектов.

В настоящее время для решения задачи управления большим числом бизнес-процессов (производственных, инженерных, финансово-экономических), материальных объектов и ресурсов в едином информационном пространстве предприятий применяется программное обеспечение интегрированных автоматизированных информационных систем (например, PLM-IAIS-ERP-систем), построенных на базе многоуровневых объектно-ориентированных функциональных моделей данных систем. Предлагается для решения задач управления качеством создать систему, регулирующую конструкторские, технологические и организационно-производственные решения и обеспечивающую стабильность различных стадий ЖЦ изделий (рис. 3).

Система создается с целью охватить весь технологический процесс и решать проблемы технологи-

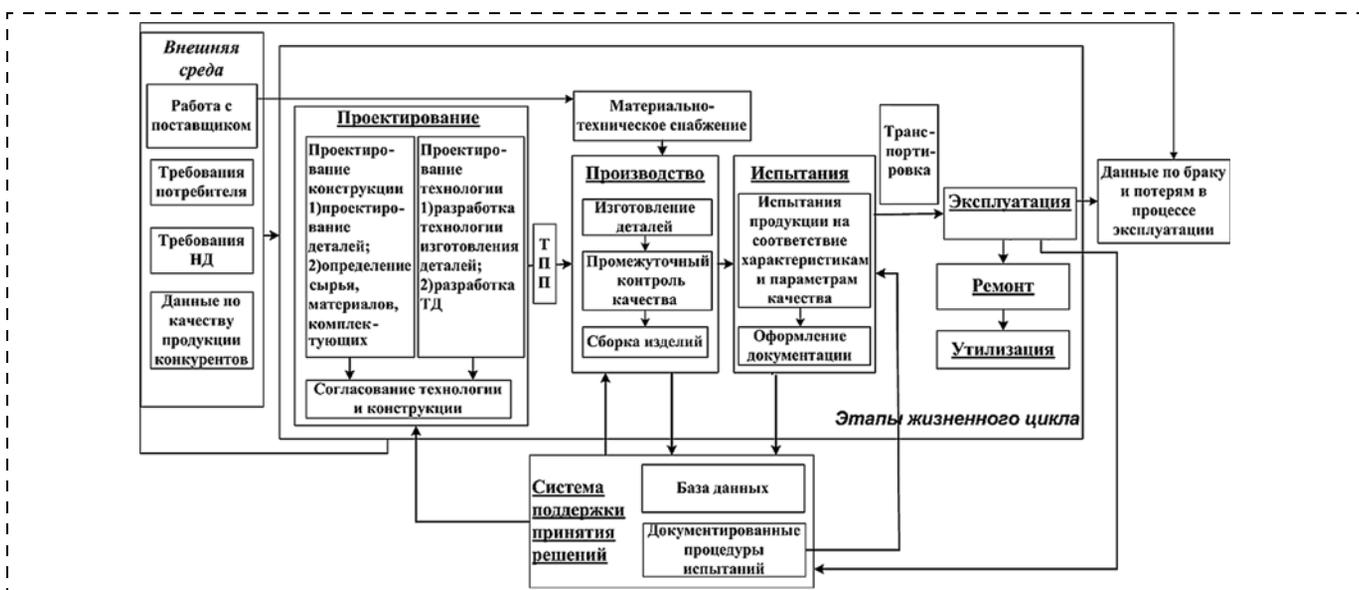


Рис. 3. Структура системы поддержки этапов жизненного цикла свечей зажигания (НД — нормативная документация; ТПП — технологическая подготовка производства)

ческой наследственности, когда возникновение отказа свечи зажигания как проявление дефекта изготовления останавливает процесс производства, поскольку необходимо выполнить анализ распространяемости дефекта, повторяемости отказа за последнее время (от 2 до 5 лет), что заставляет увеличивать сроки отгрузки готовой продукции и приводит к возможным отзывам ее из эксплуатации.

Предполагается, что в общем случае для решения задач управления качеством должна быть создана иерархическая система, которая объединяет систему верхнего уровня, регулиющую конструкторские и технологические решения, и систему нижнего уровня, обеспечивающую стабильность технологического процесса [7]. Совмещение систем двух уровней является важной задачей. Проведенные НИОКР показали принципиальную возможность реализации системы, определили ее структуру и необходимый на текущем этапе состав программных продуктов, которые необходимо связать между собой для решения поставленной задачи.

Результаты проведенных испытаний в виде конструкторских и технологических решений унифицированных изделий позволяют наполнить созданную базу данных.

На рис. 4–7 представлены некоторые примеры частей ее реализации.

При получении задания на новую разработку или модернизацию уже выпускаемого изделия уточняются тепловые характеристики свечей в виде значения калильного числа, рабочих температур, предельного давления в камере, наличия и значения электрического сопротивления в цепи, климатических зон и условий эксплуатации, требований к термоэластичности свечи (определяют вид электрода и наличие выступания теплового конуса изолятора).

Следующим этапом на основе разработанной функциональной зависимости калильного числа от приведенной длины теплового конуса (по результатам многофакторного эксперимента и его обработки), представленной на рис. 8 (верхняя прямая соответствует биметаллическому центральному электроду, нижняя — моноэлектроду), определяется тепловой конус и на основе данных таблицы и рис. 7 делается подбор серийно изготавливаемых изоляторов, а также вычисляется камера корпуса, и на основании данных рис. 5 выбирается корпус из серийно выпускаемых с требуемой технологией изготовления (точением на многошпиндельных токарно-револьверных станках или штамповкой). Это позволяет получить ти-

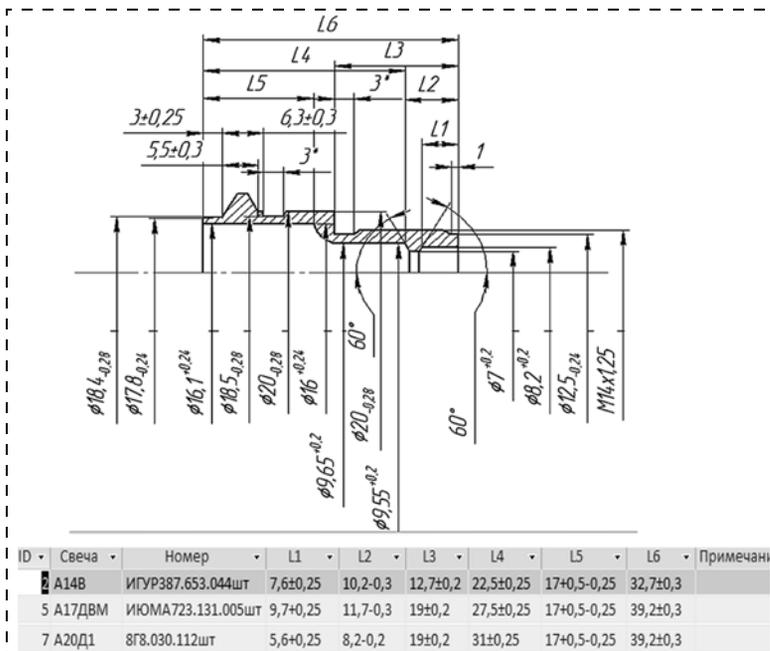


Рис. 4. Корпуса свечей штампованные и их размеры

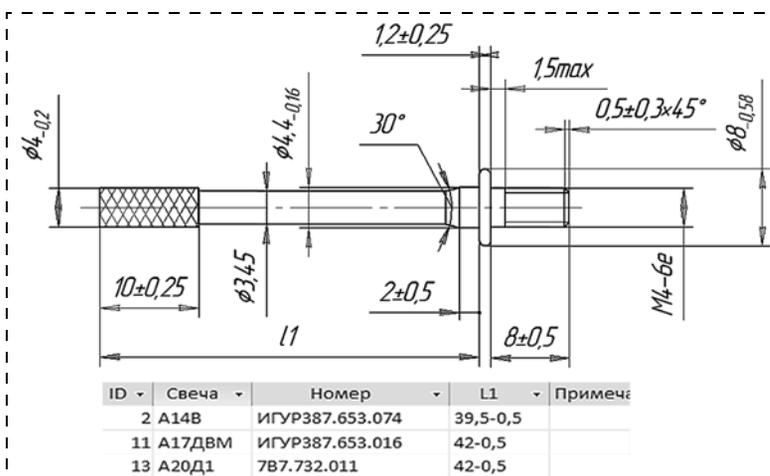


Рис. 5. Контактные головки свечей и их размеры

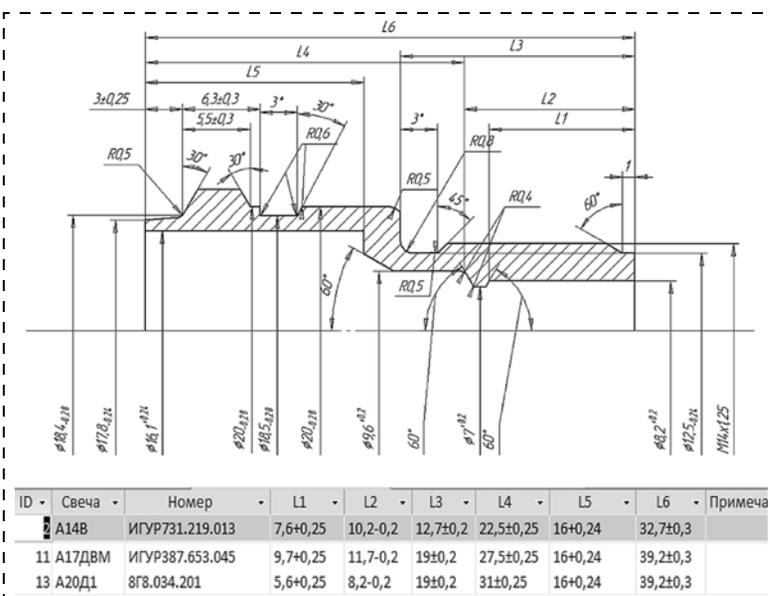


Рис. 6. Корпуса свечей точеные и их размеры

Значения исполнительных размеров изоляторов*

Свеча	Номер	XH	L1	L2	L3	L4	L5	d1
A14B	ИГУР387.653.023	62,5—0,8—0,78	65,4 ± 0,3	51,4 + 0,74	14—0,8	12—0,3	20,2—0,52	5 ± 0,25
A14BP	ИГУР387.653.023	62,5	65,4 ± 0,3	51,4 + 0,74	14—0,8	12—0,3	20,2—0,52	5,5 ± 0,15
A17B	ИГУР387.653.028	60,5	63,9 ± 0,3	51,9 + 0,74	12—0,8	10,5—0,3	23—0,52	5,5 ± 0,15
A14DB	ИГУР387.653.018	67,0	65,4 ± 0,3	51,4 + 0,74	14—0,8	12—0,3	26,9—0,52	5,5 ± 0,15
A14DBP	ИГУР387.653.018	67,0	65,4 ± 0,3	51,4 + 0,74	14—0,8	12—0,3	26,9—0,52	5,5 ± 0,15
A17Д	8Г8.890.272	65,7—1,2	63,9 ± 0,3	51,2 + 0,74	12,7—1,94	10,5—0,3	26,9—0,52	5,5 ± 0,2
A17ДВ1	8Г8.890.272	65,7—1,2	63,9 ± 0,3	51,2 + 0,74	12,7—1,94	10,5—0,3	28,5—0,52	5,5 ± 0,2
A17ДВ10	8Г8.890.272—01	65,7—1,2	63,9 ± 0,3	51,2 + 0,74	12,7—1,94	10,5—0,3	28,5—0,52	5,5 ± 0,2
A17ДВМ	ИГУР387.653.047	65,5—0,8 + 0,71	66,9 ± 0,3	49,9 + 0,74	17—0,8	14—0,3	25—0,52	5,5 ± 0,2
A17ДВР	8Г8.890.272	65,7—1,2	63,9 ± 0,3	51,2 + 0,74	12,7—1,94	10,5—0,3	28,5—0,52	5,5 ± 0,2
A17ДВРМ	ИГУР387.653.047	65,5—0,8 + 0,17	66,9 ± 0,3	49,9 + 0,74	17—0,8	14—0,3	25—0,52	5,4 ± 0,15
A20Д1	8Г8.890.265	65,7—1,2	61,8 ± 0,3	49,1 + 0,74	12,7—1,94	8,4—0,3	28,8—0,52	5,5 ± 0,2
A20Д2	8Г8.890.476	65,5—0,8 + 0,74	61,5 ± 0,3	49,8 + 0,74	12,7—0,8	8,1—0,3	28,8—0,52	5,4 ± 0,15
A23ДМ	8Г8.890.265	65,7—1,2	61,8 ± 0,3	49,1 + 0,74	12,7—1,94	8,4—0,3	28,8—0,52	5,2 ± 0,15
A23ДВРМ	8Г8.890.272—01	65,7—1,2	63,9 ± 0,3	51,2 + 0,74	12,7—1,94	10,5—0,3	28,5—0,52	5 ± 0,2

*Примечание. Обозначения соответствуют рис. 7

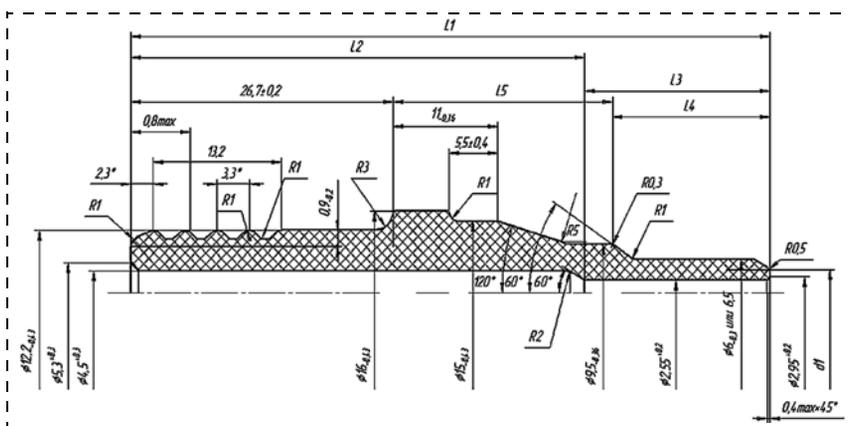


Рис. 7. Изолятор свечи

повые конструкторские решения сборочных единиц и изделия в целом на основе серийно изготавливаемых деталей и унифицированные технологические процессы в виде документированных процедур, конструкторской и технологической документации в соответствии со стандартом ГОСТ РВ 15.307—2002 [8].

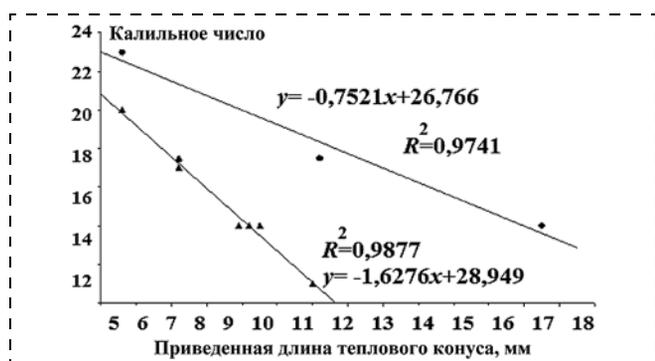


Рис. 8. Взаимосвязь значения калильного числа с приведенной длиной теплового конуса изолятора или камеры корпуса свечи зажигания

Таким образом, рассмотренный подход дал возможность сократить количество конструкторской и технологической документации и осуществить переход на типовые конструкторские решения, технологические процессы и унифицированную оснастку. Это позволило сократить затраты на подготовку производства и способствовало стабилизации всего технологического процесса, поскольку минимизировалась необходимость перестройки технологического цикла.

Предложенная структура экспертной системы позволяет решать задачи параметрической идентификации на стадии проектирования и выявлять проблемы, возникающие при технологической эксплуатации изделий. Комплексный подход управления качеством свечей зажигания дает возможность стабилизировать качество изделий на разных стадиях технологического процесса, что позволяет сократить затраты при проектировании и изготовлении и повысить конкурентоспособность продукции. Предложенный алгоритм апробирован в производстве и реализован на предприятии ФГУП УАПО УЗЭТИ (г. Уфа), что позволило сократить срок от начала разработки до серийного выпуска изделия с двух-трех лет до двух месяцев.

Заключение

Описанные этапы разработки системы управления качеством технологического процесса производства свечей зажигания и различные стадии ЖЦ позволили выявить и установить обратные связи от этапов испытаний и эксплуатации к этапам проектирования и изготовления продукции.

В рамках данной системы описаны элементы создания подсистемы диагностики и принятия решений, для чего был проведен анализ источников неисправностей, дефектов и брака свечей зажигания.

Предложенная структура системы позволяет решать задачи параметрической идентификации изделий на стадии проектирования и выявлять проблемы, возникающие при технологической эксплуатации изделий. Описанный подход дает возможность управлять качеством изделий (свечей зажигания) на разных стадиях технологического процесса, что позволяет сократить затраты при проектировании, изготовлении и повысить качество и конкурентоспособность продукции.

Представленный подход к построению системы может быть применен и к другим объектам, поскольку ее основная задача — охватить технологический цикл изделия на различных стадиях его ЖЦ.

Список литературы

1. Колчин А. Ф., Овсянников М. В., Стрекалов А. Ф., Сумароков С. В. Управление жизненным циклом продукции. М.: Анахарсис, 2002. 304 с.

2. Ильин А. Н., Филонина Е. А. Комплексный подход к управлению качеством искровых свечей зажигания для поршневых двигателей на различных стадиях жизненного цикла // Вестник УГАТУ. 2015. Т. 19, № 3 (69). С. 163—170.
3. Ильин А. Н., Филонина Е. А. Испытания свечей зажигания как подготовительный этап разработки системы контроля // Научный журнал "Prospero". 2014. № 5. С. 43—46.
4. Liu Y., Dong Y., Yeom J. K., Chung S. An experimental investigation of the engine operating limit and combustion characteristics of the RI-CNC engine // Journal of Mechanical Science and Technology. 2012. N 26 (11). P. 3679—3689.
5. Walters S. D., Howson P. A., Howlett B. R. J. Production Testing of spark-plugs using a Neural Network // ERC, School of engineering the University of Brighton. 2005. LNAI 3684. P. 74—80.
6. Walters S. D., Howson P. A., Howlett R. J. Semi-automatic production testing of spark-plugs // E. R. C., School of engineering the University of Brighton. Part II. 2007. LNAI 4693. P. 671—680.
7. Лютов А. Г., Загидуллин Р. Р., Схиртладзе А. Г., Огородов В. А., Рябов Ю. В., Чугунова О. И. Компьютерные системы управления качеством для автоматизированных производств. М.: Машиностроение, 2010. 717 с.
8. ГОСТ РВ 15.307—2002. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Испытания и приемка серийных изделий. Основные положения. М.: Госстандарт России, 2002. 21 с.

Life Cycle Control to Ensure the Spark Plugs' Quality

A. G. Lutov, lutov1@mail.ru, A. N. Ilin, aleksandr.ilin.71@mail.ru, E. A. Filonina, filonina.ea@gmail.com, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, 450000, Russian Federation

Corresponding author: Ilin Aleksandr N. Ph.D., Associate Professor of the Standardization and Certification Chair, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, 450000, Russian Federation, e-mail: aleksandr.ilin.71@mail.ru

Received on April 21, 2015

Accepted on September 22, 2015

The aim of the given research is improvement of the quality of the spark plugs' manufacturing technological process and of their operating properties at different stages of their life cycle.

The article is devoted to control of the spark plugs' life cycle through development of a decision support system for the quality of the production process. It demonstrates the correlations between the different stages of the life cycle and spark plugs' manufacturing quality with a view to improve the technological processes, and also identifies the spark plugs' controllable and uncontrollable parameters, affecting the engine unit ignition and starting quality. The article describes an approach to development of a decision support system for the spark plugs' life cycle and certain elements of the system, implemented in real production.

The described stages of development of the quality control system for spark plugs' manufacturing technological process and different life cycle stages establish a feedback between the testing and operating steps, and the steps of the product engineering and manufacturing. Within this system certain elements of a subsystem for diagnostics and decision-making were described, and for this purpose an analysis of the faults, defects and reject sources was done. The proposed system structure allows us to solve the problems of the products' parametrical identification at the designing stage and to reveal the problems, which arise during the technological operations. The described approach permits to control the quality of products (spark plugs) at different stages of the technological process, which makes it possible to reduce the designing and manufacturing costs and to increase the products' quality and competitiveness.

Keywords: spark plugs; products' lifecycle; decision support system

For citation:

Lutov A. G., Ilin A. N., Filonina E. A. Life Cycle Control to Ensure the Spark Plugs' Quality, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2016, vol. 17, no. 3, pp. 199—205

DOI: 10.17587/mau/17.199-205

References

1. Kolchin A. F., Ovsjannikov M. V., Strekalov A. F., Sumarokov S. V. *Upravlenie zhiznennym ciklom produkcii* (The product life cycle management), Moscow, Anaharsis, 2002, 304 p. (in Russian).
2. Il'in A. N., Filonina E. A. *Kompleksnyj podhod k upravleniju kachestvom iskrovых svechej zazhiganiya dlja porshnevых dvigatelej na razlichnyh stadijah zhiznennogo cikla* (The piston engine spark plugs quality management integrated approach throughout the lifecycle), *Vestnik UGAТУ*, 2015, vol. 19, no. 3 (69), pp. 163—170 (in Russian).
3. Il'in A. N., Filonina E. A. *Ispytaniya svechej zazhiganiya kak podgotovitel'nyj jetap razrabotki sistemy kontrolya* (Spark plugs testing as a preparatory stage for control system development), *Prospero*, 2014, no. 5, pp. 43—46 (in Russian).

4. Liu Y., Dong Y., Yeom J. K., Chung S. An experimental investigation of the engine operating limit and combustion characteristics of the RI-CNC engine, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2012, no. 26 (11), pp. 3679—3689.
5. Walters S. D., Howson P. A., Howlett B. R. J. Production Testing of spark-plugs using a Neural Network, *E. R. C., School of engineering the University of Brighton*, 2005, LNAI 3684, pp. 74—80.
6. Walters S. D., Howson P. A., Howlett R. J. Semi-automatic production testing of spark-plugs, *E. R. C., School of engineering the University of Brighton*. Part II, 2007, LNAI 4693, pp. 671—680.
7. Ljutov A. G., Zagidullin R. R., Shirtladze A. G., Ogorodov V. A., Rjabov Ju. V., Chugunova O. I. *Komp'yuternye sistemy upravleniya kachestvom dlja avtomatizirovannyh proizvodstv* (Quality management computer systems for automated manufacturing), Moscow, Mashinostroenie, 2010, 717 p. (in Russian).
8. *GOST RV 15.307—2002. Sistema razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo. Voennaja tehnika. Ispytaniya i priemka serijnyh izdelij. Osnovnye polozhenija* (The system of product design and implementation in production. The military technics. Testing and acceptance of serial products. The main provisions), Moscow, Gosstandart Rossii, 2002, 21 p. (in Russian).