

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ИСКРОВЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

А. Н. Ильин¹, Е. А. Филонина²

¹aleksandr.ilin.71@mail.ru, ²filonina.ea@gmail.com

^{1,2}ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 10 октября 2014 г.

Аннотация. Объектом исследования являются искровые свечи зажигания для поршневых двигателей. В качестве элемента свечи, определяющего ее основные эксплуатационные параметры, рассмотрен резистивный герметик. Проведены эксперименты по измерению электрического сопротивления свечей и испытанию свечей различных производителей на стабильность сопротивления при изменении температуры. Предложена структура экспертной системы, реализующей комплексный подход к управлению качеством свечей зажигания. Представлены некоторые модули экспертной системы, в виде элементов базы данных, разработанные с целью сокращения затрат на подготовку производства и повышения стабильности технологического процесса.

Ключевые слова: искровые свечи зажигания; резистивный стеклогерметик; помехоподавительный резистор; калильное число; база данных; экспертная система.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особую роль играет выполнение требований по обеспечению экологичности выбросов двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Известно, что правильная регулировка двигателя позволяет уменьшить количество выбросов СО и СН. Это связано с режимами работы систем зажигания. Одним из важнейших элементов системы зажигания двигателей внутреннего сгорания, роторных и поршневых двигателей являются искровые свечи. Они предназначены для воспламенения горючей смеси в цилиндрах при помощи искрового разряда. От совершенства конструкции, качества изготовления и правильности подбора свечи к двигателю существенно зависят его пусковые свойства, надежность, мощность, топливная экономичность, а также токсичность отработанных газов. Поэтому вопросы обеспечения стабильности изготовления свечей зажигания и эффективного использования их мощности являются актуальными.

Однако, несмотря на повышенное внимание к экологичности, в настоящее время наблюдается тенденция ослабления требований к искро-

вым свечам зажигания на разных стадиях производства.

Федеральный Закон «О техническом регулировании» применительно к производству свечей зажигания предъявляет требования к 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, что также обеспечивается наличием герметика;
- надежного покрытия металлических деталей;
- требуемого ресурса работы свечей [1].

Большая часть этих задач требует решения на стадии проектирования. Наиболее сложную проблему обеспечения качества представляет соблюдение требуемых резистивных свойств свечи и ее герметичности. Эти факторы определяются как технологией изготовления свечи и ее конструкцией, так и стабильностью технологического процесса ее изготовления.

Анализ нормативных документов показывает, что в действующем стандарте ГОСТ Р 53842-2010 наблюдается существенное ослабление требований на различных стадиях производства [2]. Производителям необходимо компенсировать это. Так электрическое сопротивление необходимо контролировать на всех стадиях испытаний свечей зажигания, поскольку наблюдается его нестабильность в процессе производства. Поэтому выявление причин нестабильности электрического сопротивления является актуальной задачей для управления качеством свечей зажигания и прохождения дальнейших сертификационных процедур.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Традиционно считается, что электрическое сопротивление герметика, как металло-керамического элемента, определяется набором, входящих в него компонентов. На сегодняшний день отсутствуют данные о взаимосвязи этих компонентов со значением электрического сопротивления. Поскольку свеча является элементом электрической цепи в системе зажигания, то предполагаем, что электрическое сопротивление свечи подчиняется закону Ома. Однако данное предположение требует своего подтверждения или опровержения.

Кроме того, в процессе изготовления свечи на ее резистивные свойства оказывает влияние воздействие температуры. Температурный фактор имеет место и во время работы двигателя. Таким образом, в работе ставятся следующие задачи:

1. Выявить факторы, оказывающие влияние на стабильность электрического сопротивления свечи зажигания:

- конструктивные;
- технологические;

2. Провести испытания, отражающие изменение эксплуатационных свойств свечей посредством термоциклирования и определить их влияние на стабильность резистивных свойств;

3. Предложить структуру экспертной системы, реализующей комплексный подход к управлению качеством свечей зажигания;

4. Создать и наполнить базу данных конструкторских и технологических решений по проектированию и постановке свечей зажигания на производство.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СВОЙСТВА СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

Электрическое сопротивление резистивного герметика может варьироваться в широких пределах в зависимости от процентного содержания компонентов смеси, степени обогащения поставляемого сырья и других факторов. Однако согласно требованиям конструкторской документации, его необходимо поддерживать в заданных пределах от 4 до 13 КОм [2]. В ходе исследования нами выполнен анализ возможных причин проявления нестабильности свойств стеклогерметика в процессе серийного производства на стадиях проектирования и изготовления свечей зажигания. Для их демонстрации применяем причинно-следственную диаграмму Исикавы, или «рыбий скелет» (рис. 1).

Все влияющие факторы можно разделить на 3 группы:

- конструктивные;
- технологические;
- эксплуатационные.

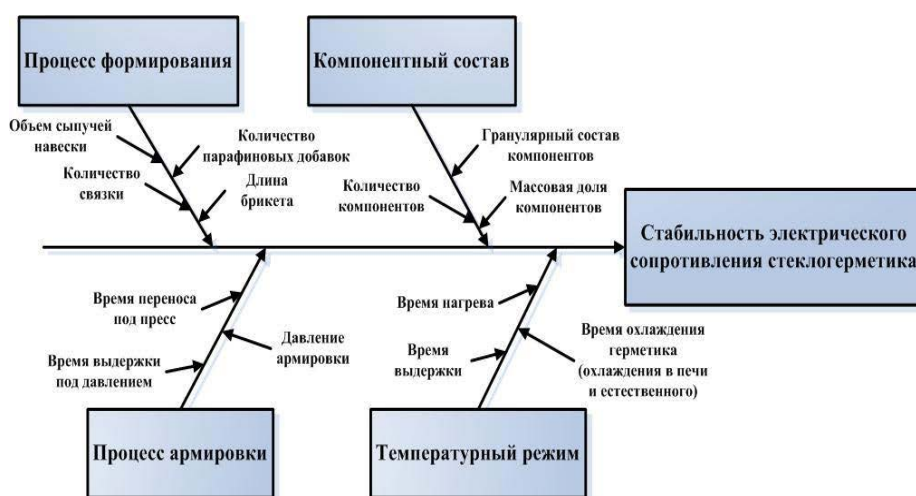


Рис. 1. Диаграмма Исикавы: факторы, обуславливающие стабильность сопротивления герметика

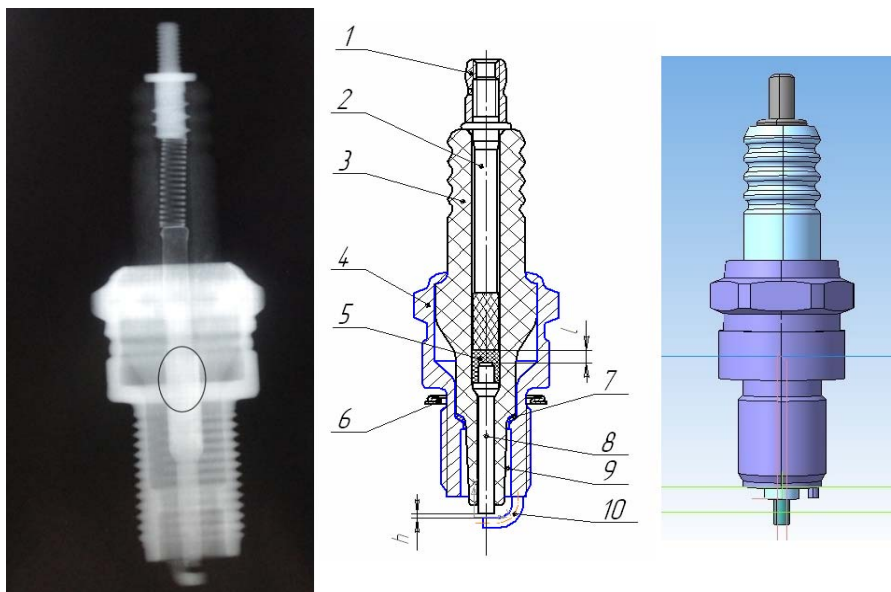


Рис. 2. Устройство свечи зажигания:

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

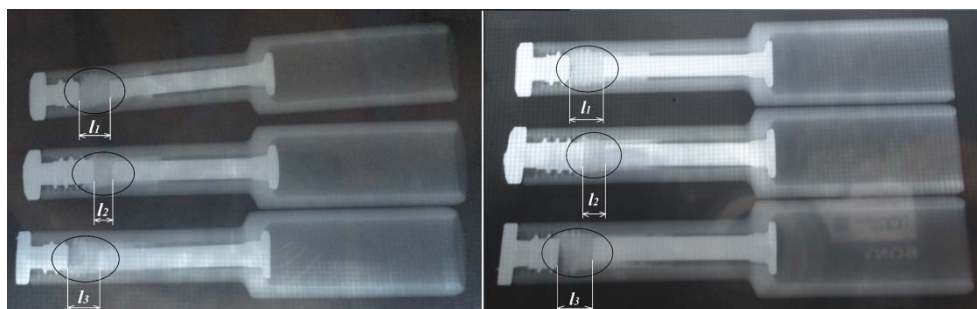


Рис. 3. Рентгенографические снимки элементов свечей зажигания (на снимках отмечен резистивный стеклогерметик)

Для анализа конструктивных факторов использовались данные о конструкциях свечей зажигания, местах расположения герметика и его геометрии. Анализ конструкторской документации показал, что наблюдаются колебания высоты пробки герметика l (рис. 2).

Для выявления величины этих колебаний были изготовлены образцы элементов свечей зажигания трех видов с использованием герметика одной партии и различной высотой пробки. Образцы были рентгенографированы в двух взаимно ортогональных проекциях (рис. 3).

Измерение электрического сопротивления образцов позволило выявить линейную зависимость сопротивления от высоты пробки герметика l (рис. 4).

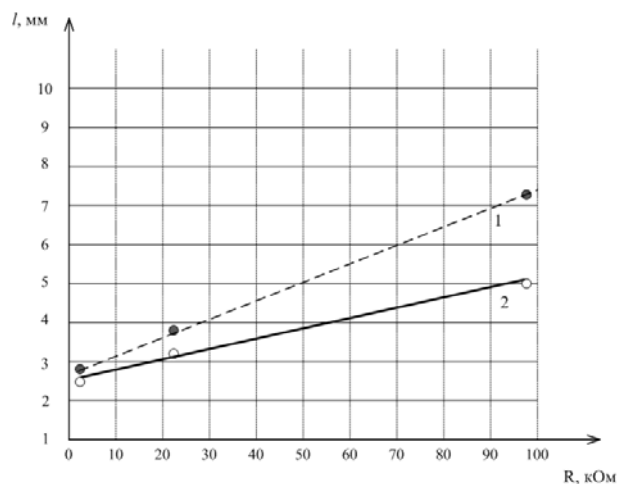


Рис. 4. Изменение электрического сопротивления в зависимости от высоты пробки герметика:

1 – прогнозируемые значения;
2 – экспериментальные данные

Этот факт дал основание полагать, что резистивный герметик можно рассматривать как сопротивление с точки зрения классической физики и электротехники, следовательно, он должен описываться соотношением:

$$R = \rho l / S, \quad (1)$$

где l – высота пробки стеклогерметика; S – площадь пробки стеклогерметика (конструктивные параметры свечи); ρ – коэффициент, обуславливающий резистивные свойства герметика в зависимости от состава входящих в него компонентов.

Площадь пробки стеклогерметика определяется диаметром канала, который, как правило, является стабильным при обеспечении усадки и малом износе пуансона:

$$S = \pi d^2 / 4, \quad (2)$$

где d – диаметр канала для стеклогерметика;

$$R = 4\rho l / \pi d^2. \quad (3)$$

Таким образом,

$$R = f(\rho; l). \quad (4)$$

Следовательно, электрическое сопротивление свечи зажигания зависит от высоты пробки резистивного герметика и его компонентного состава. Высота пробки герметика в нормативно-технической документации не регламентируется, она является переменным параметром ($l = \text{var}$) и задается как замыкающее звено при расчете размерных цепей. Вычисление коэффициента ρ при известных значениях сопротивления, а также диаметра и высоты канала производится по формуле (5):

$$\rho = R\pi d^2 / 4l. \quad (5)$$

Как видно из рис. 3, высота расположения резистивного герметика относительно рабочего торца различна, что обуславливает различное температурное влияние при работе на одних и тех же двигателях. Свечи с более высоким расположением резистивного герметика будут находиться в более благоприятных условиях, т.е. будут менее термически нагруженными, следовательно, разброс электрического сопротивления, вызванный температурным фактором, будет меньшим. Таким образом, можно определить оптимальное месторасположение резистивного герметика в сердечнике.

Стабилизация высоты пробки герметика является важной задачей. Если размер l стабилизирован ($l = \text{const}$), а $\rho = \text{var}$, то $R = f(\rho)$, а коэффициент ρ , в свою очередь, зависит от температуры. На стадии производства наблюдаются отклонения электрического сопротивления гер-

метика R от заданного значения, что связано с колебаниями состава входящих в него компонентов. Отклонения сопротивления возрастают при изменении партии герметика, а также при изменении его компонентного состава. До настоящего времени необходимая величина электрического сопротивления резистивного герметика достигалась путем изменения его химического состава. Правильный выбор геометрических параметров пробки герметика позволяет снизить нестабильность электрического сопротивления.

Проведенный анализ показывает, что при расчете размерных цепей замыкающим звеном в конструкции является герметизирующий элемент. При расчете необходимо учитывать в технологии резервное звено с резистивными свойствами. В случае если требуется новое значение электрического сопротивления, можно варьировать только длину канала. Согласно общей теории многофазных систем этот параметр сложно прогнозировать из-за большого разброса возможных значений сопротивления. Проведенный эксперимент показывает, что полученные значения сопротивления подчиняются закону Ома с определенным разбросом, который, с учетом всех допусков, позволяет попасть в область допустимых по нормам значений. Необходимо также учитывать изменение резистивной составляющей при колебаниях температуры. Таким образом, при известных верхней и нижней границах сопротивления необходимо правильно задать номинальный размер резистора и, с учетом доверительных границ, рассчитать расстояние, которое будет определять резистивные свойства при возможных изменениях температуры. При этом будет наблюдаться определенная нестабильность, поскольку сумма отклонений накапливается в итоговом звене, что требует установки компенсирующего элемента. Таким образом, на этапе проектирования формулируются определенные правила и назначаются конструктивные особенности, которые дают начало разработке экспертной системы.

ИСПЫТАНИЯ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Однако свечи зажигания работают не в идеальных условиях. Они должны обеспечивать свою работоспособность в условиях электрических, механических и химических нагрузок различной интенсивности. За весь срок службы свечи должны выдержать десятки миллионов рабочих циклов. Непрерывный рост удельных мощностей двигателей, при ужесточении норм

токсичности отработавших газов, предъявляет к свечам все более жесткие требования по надежности и долговечности [3]. С целью оценить степень влияния температуры, а, следовательно, и коэффициента ρ на сопротивление герметика проведены испытания по термоциклированию.

В ходе испытаний выполнялись термонагружения свечей с различной конструкцией помехоподавительного резистора и замер электрического сопротивления в цепи центрального электрода мегаомметром с выходным напряжением 500 В по следующей схеме:

1 – проверка начального сопротивления свечей;

2 – нагрев свечей на 150° С в течение 2 ч с проверкой электрического сопротивления;

3 – проверка сопротивления через 30 мин после извлечения свечей из печи;

4 – нагрев свечей при температуре 300° С в течение 15 мин; проверка сопротивления свечей через 30 мин после извлечения свечей из печи;

5 – охлаждение свечей при температуре – 40° С в течение 2 ч с проверкой сопротивления;

6 – проверка сопротивления через 30 мин после извлечения из камеры холода;

7 – искровая наработка свечей при подключении к агрегату зажигания в течение 50 ч с измерением сопротивления в цепи центрального электрода мегаомметром.

Эксперимент проводился для свечей зажигания с различными конструкциями помехоподавительных резисторов в цепи центрального электрода:

- с однослойными стеклогерметиками, содержащими легкоплавкие стекла, необходимые для герметизации свечи, стабилизаторы сопротивления под нагрузкой, различные высокоомные наполнители, металлы, модификаторы сопротивления (углеродосодержащие соединения). Например, однослойный герметик применен в свечах А17ДВР (УАПО УЗЭТИ) с герметиком английской фирмы «Smits», А17ДВР (г. Энгельс).

- с многослойными стеклогерметиками («стеклоспаями»), в которых, как правило, один или несколько слоев, примыкающих к контактной головке и центральному электроду, имеют низкое сопротивление и содержат в своем составе легкоплавкие стекла, металлы, углерод или углеродсодержащие водорастворимые материалы и более высокоомный средний резистивный слой (пример – свеча WR7DC фирмы «Bosch»).

- встроенные помехоподавительные резисторы с заданным сопротивлением, которые устанавливаются в канале изолятора за счет легкоплавкого электропроводного стекла, либо за счет сжатого с определенным усилием упругого элемента, прижимающего резистор к контактной головке и центральному электроду. Например, встроенный резистор имеют свечи REM40E фирмы «Champion» (США).

Характеристики применяемых герметиков приведены в таблице.

Для наглядности приведены графики термоциклирования (рис. 5)

Таблица

Результаты испытаний свечей на стабильность электрического сопротивления

Обозначение свечи	№ образца свечи	№ этапа испытаний							Изменение R, % от начального значения		
		1	2	3	4	5	6	7	после 150 °С	после 300 °С	после наработки
А17ДВР (УАПО УЗЭТИ)	1	7	4,5	7	6,5	10	7,5	6,5	–	7,1	7,1
	2	7	5	7,5	7	11	8	6,5	7,1	–	7,2
	3	6	3,5	6	5	9	6,5	6	–	16,0	–
А17ДВР (г. Энгельс)	4	5,5	3	5	5	9	10	7,5	9,1	9,1	36,3
	5	3,5	2,2	3,5	3,5	5	3,5	2,5	–	14,2	28,5
	6	7	4,5	7	6	10	7,5	6,5	–	7,1	7,1
WR7DC («Bosch», Германия)	7	4,5	4,1	4,4	4,2	–	4,4	4,7	2,2	6,6	4,4
	8	4,1	4,4	4,2	4,2	–	4,4	5,2	–	2,2	21,0
	9	5,9	6	5,8	5,6	–	5,9	6,2	1,7	3,3	17,1
	10	5,6	5,1	5,5	5,2	–	5,5	5,5	1,8	7,1	1,7
REM40E («Champion», США)	11	1,1	0,85	1,1	0,6	–	3,2	–	–	45,4	191
	12	0,85	0,55	0,85	0,45	–	2,8	–	–	47,9	229
	13	0,8	0,6	0,8	0,4	–	2,7	–	–	50,0	200
	14	1,1	0,75	1,1	0,55	–	3,3	–	–	46,6	187

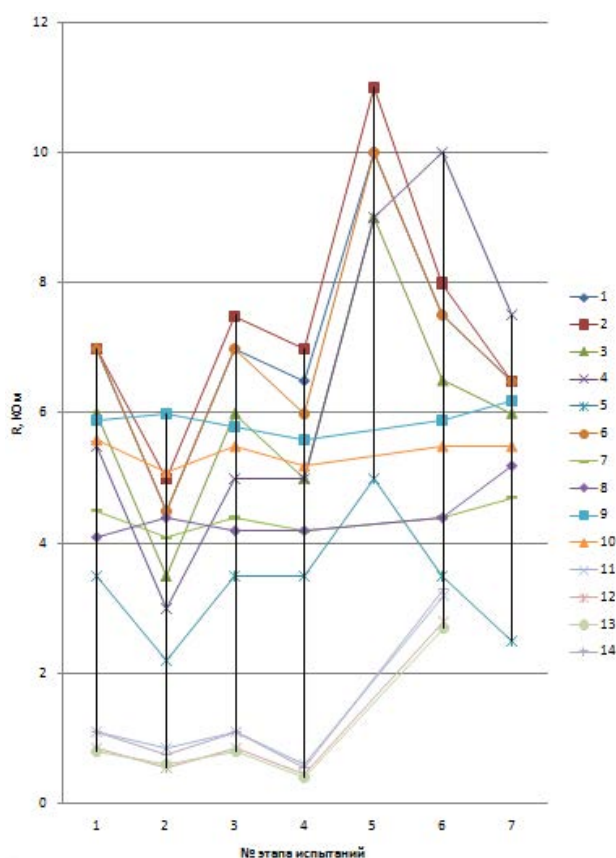


Рис. 5. Результаты испытания свечей зажигания на стабильность электрического сопротивления

Результаты испытаний показали разброс электрического сопротивления для свечей с разными составами герметиков. Резисторы различных производителей демонстрируют разные свойства в зависимости от технологии их изготовления и качества компонентного состава. Вопросы влияния компонентного состава на стабильность сопротивления свечи рассмотрены нами ранее. В работах [4] описаны результаты проведения многофакторного эксперимента, получены регрессионные модели электрического сопротивления в зависимости от параметров компонентов и температуры. Проведение многофакторного эксперимента и обработка результатов позволили выявить значимые факторы и степень их влияния на свойства герметика и получить математическую зависимость, адекватно отражающую процессы. Экспериментально установлено, что полученная регрессионная модель электрического сопротивления позволяет целенаправленно управлять технологическим процессом, как в ручном режиме, так и составе системы автоматического управления [4].

Проведенные исследования показали, что независимо от фазового состава компонентов стеклогерметика, удельное сопротивление свечи

останется приблизительно постоянным. Если герметик подобран правильно, в процессе эксплуатации значения сопротивления останутся в допустимом диапазоне от 4 до 13 кОм. Конструктивные параметры оказывают влияние на качество свечей на этапе их проектирования. В дальнейшем главную роль играет поддержание стабильности сопротивления на стадии изготовления. Только оценив влияние изменения сопротивления свечи, можно существенно повысить качество разработки изделий и добиться эксплуатационных характеристик в заданном диапазоне.

Таким образом, если анализировать свечи, как элемент системы зажигания, обеспечивающий ее надежность и качество на разных стадиях жизненного цикла, возникает необходимость выдерживать характеристики, связанные с обеспечением калильного числа, герметичности и электрического сопротивления (рис. 6).

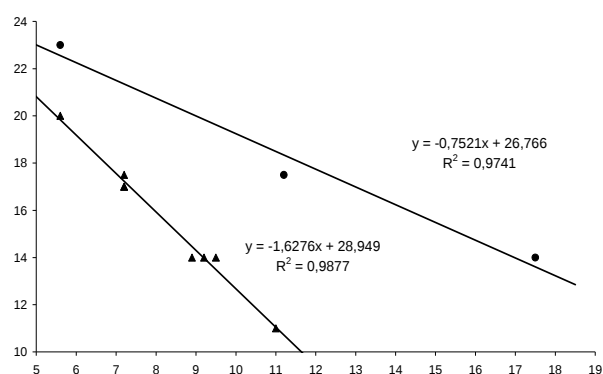


Рис. 6. Взаимосвязь приведенной длины теплового конуса свечи и ее калильного числа

СТРУКТУРА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

Предполагается, что в общем случае для решения задач управления качеством должна быть создана иерархическая система, которая объединяет систему верхнего уровня, регулируемую конструкторские и технологические решения (рис. 7), и систему нижнего уровня, обеспечивающую стабильность технологического процесса. Совмещение систем двух уровней является важной задачей. Проведенные эксперименты показали возможную структуру данной иерархической системы и определили 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. 8–10 представлены некоторые разделы ее реализации. Таким образом, появляется возможность сократить количество конструкторской и технологической документации, т.е. осуществить переход на типовые конструкторские решения и технологические процессы. Это позволяет сократить затраты на подготовку производства и, следовательно, способствует стабильности процесса, поскольку минимизирует необходимость перестройки технологического цикла.

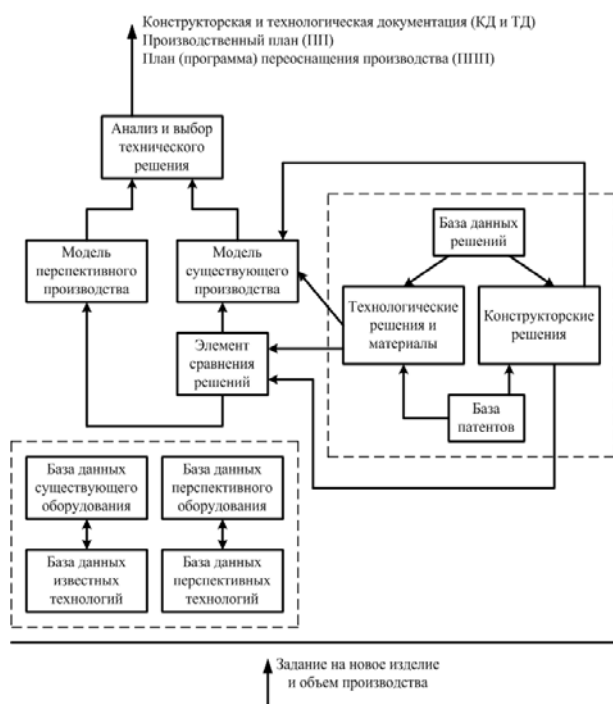
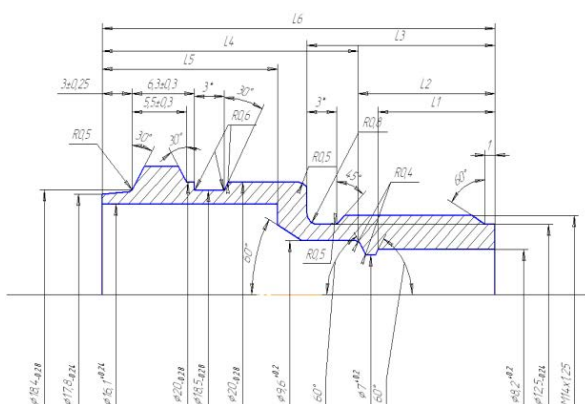
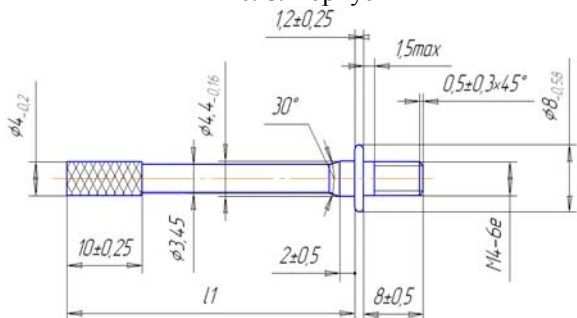


Рис. 7. Система верхнего уровня



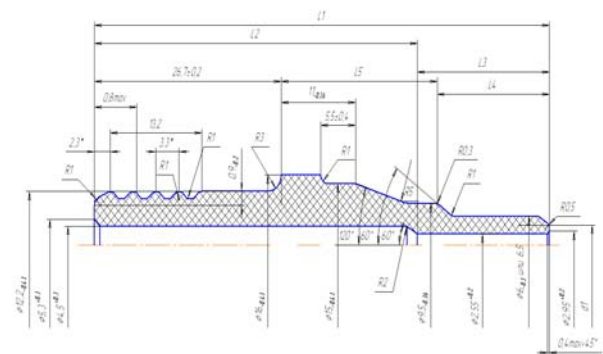
Свеча	Номер	L1	L2	L3	L4	L5	L6
1 A14B	ИГУР731.219.013	7,6±0,25	10,2-0,2	12,7±0,2	22,5±0,25	16±0,24	32,7±0,3
3 A14BP	ИГУР387.653.024	7,6±0,25	10,2-0,2	12,7±0,2	22,5±0,25	16±0,24	32,7±0,3
4 A17B	ИГУР387.653.030	5,6±0,25	8,2-0,2	12,7±0,2	24,5±0,25	16±0,24	32,7±0,3
5 A14DB	8Г8.034.472	7,2±0,25	9,8-0,2	19±0,2	29,4±0,25	16±0,24	39,2±0,3
6 A14DBP	8Г8.034.472	7,2±0,25	9,8-0,2	19±0,2	29,4±0,25	16±0,24	39,2±0,3
7 A17D	8Г8.034.472	7,2±0,25	9,8-0,2	19±0,2	29,4±0,25	16±0,24	39,2±0,3
9 A17DB1	8Г8.034.201	5,6±0,25	8,2-0,2	19±0,2	31±0,25	16±0,24	39,2±0,3
10 A17DB10	8Г8.034.201	5,6±0,25	8,2-0,2	19±0,2	31±0,25	16±0,24	39,2±0,3
11 A17DBM	ИГУР387.653.045	9,7±0,25	11,7-0,2	19±0,2	27,5±0,25	16±0,24	39,2±0,3
12 A17DBPM	ИГУР387.653.045	9,7±0,25	11,7-0,2	19±0,2	27,5±0,25	16±0,24	39,2±0,3
13 A20D1	8Г8.034.201	5,6±0,25	8,2-0,2	19±0,2	31±0,25	16±0,24	39,2±0,3

Рис. 8. Корпус



ID	Свеча	Номер	L1	Примеч.
2	A14B	ИГУР387.653.074	39,5-0,5	
3	A14BP	ИГУР387.653.016	39,5-0,5	
4	A17B	ИГУР387.653.074	39,5-0,5	
5	A14DB	7В7.732.011	42-0,5	
6	A14DBP	7В7.732.011	42-0,5	
7	A17D	7В7.732.011	42-0,5	
9	A17DB1	7В7.732.011	42-0,5	
10	A17DB10	7В7.732.011	42-0,5	
11	A17DBM	ИГУР387.653.016	42-0,5	
12	A17DBPM	ИГУР387.653.016	42-0,5	
13	A20D1	7В7.732.011	42-0,5	
14	A23DM	7В7.732.011	42-0,5	
15	A23DBPM	7В7.732.011	42-0,5	

Рис. 9. Контактная головка



ID	Свеча	Номер	L1 униф.	L1 факт. измерен.	L2	L3	L4	L5	d1
2	A14B	ИГУР387.653.023	65,4±0,3	62,5-0,8-0,78	51,4±0,74	14-0,8	12-0,3	20,2-0,52	5±0,25
3	A14BP	ИГУР387.653.023	65,4±0,3	62,5	51,4±0,74	14-0,8	12-0,3	20,2-0,52	5,5±0,15
4	A17B	ИГУР387.653.028	63,9±0,3	60,5	51,9±0,74	12-0,8	10,5-0,3	23-0,52	5,5±0,15
5	A14DB	ИГУР387.653.018	65,4±0,3	67,0	51,4±0,74	14-0,8	12-0,3	26,9-0,52	5,5±0,15
6	A14DBP	ИГУР387.653.018	65,4±0,3	67,0	51,4±0,74	14-0,8	12-0,3	26,9-0,52	5,5±0,15
7	A17D	8Г8.890.272	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2±0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	26,9-0,52	5,5±0,2
8	A17DB1	8Г8.890.272	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2±0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5,5±0,2
9	A17DB10	8Г8.890.272-01	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2±0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5,5±0,2
10	A17DBM	ИГУР387.653.047	66,9±0,3	65,5-0,8±0,71	49,9±0,74	17-0,8	14-0,3	25-0,52	5,5±0,2
11	A17DBP	8Г8.890.272	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2±0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5,5±0,2
12	A17DBPM	ИГУР387.653.047	66,9±0,3	65,5-0,8±0,17	49,9±0,74	17-0,8	14-0,3	25-0,52	5,4±0,15
13	A20D1	8Г8.890.265	61,8±0,3	65,7-1,2	49,1±0,74	12,7-1,94	8,4-0,3	28,8-0,52	5,5±0,2
14	A20D2	8Г8.890.476	61,5±0,3	65,5-0,8±0,74	49,8±0,74	12,7-0,8	8,1-0,3	28,8-0,52	5,4±0,15
15	A23DM	8Г8.890.265	61,8±0,3	65,7-1,2	49,1±0,74	12,7-1,94	8,4-0,3	28,8-0,52	5,2±0,15
16	A23DBPM	8Г8.890.272-01	63,9±0,3	65,7-1,2	51,2±0,74	12,7-1,94	10,5-0,3	28,5-0,52	5±0,2

Рис. 10. Изолятор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Освещена картина причинно-следственных связей обеспечения стабильности электрического сопротивления свечей зажигания в производственном цикле и предложен подход к решению задачи снижения нестабильности электрического сопротивления, который заключается в уже-сточении допусков на геометрические размеры пробки стеклогерметика. Проведенная апробация предложенного в работе комплексного подхода к управлению качеством в производстве на базе УАПО УЗЭТИ (г. Уфа) показала его эффективность. Использование подхода для корректировки производственного процесса позволило снизить общий брак и стабилизировать технологический процесс.

Предложенная структура экспертной системы позволяет решать задачи параметрической идентификации на стадии проектирования и выявлять проблемы, возникающие при технологической эксплуатации изделий. Комплексный подход к управлению качеством свечей зажигания дает возможность управлять качеством изделий на разных стадиях технологического процесса, что позволяет сократить затраты при проектировании и изготовлении и повысить качество и конкурентоспособность продукции. Предложенный алгоритм проектирования при разработке свечей и постановке их на производство опробован на предприятии УАПО УЗЭТИ. В результате удалось сократить сроки от этапа разработки до серийного выпуска изделия с литерой «О₁» с двух-трех лет до двух месяцев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный закон** «О техническом регулировании». М.: Кремль, 2002. 56 с. [*Federal law «On technical regulation»*, (in Russian), Federal law, Moscow, Kremlin, 2002, p. 56.]
2. **ГОСТ Р 53842-2010**. Детали автомобильные. Свечи зажигания искровые. Технические требования и методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2010. 43 с. [*Automobile items. Spark plugs. Technical requirements and methods of testing*, (in Russian), Federal standard R 53842-2010, Moscow, Standatrinform, 2010, p. 43.]
3. **Басс Б. А.** Свечи зажигания. Краткий справочник. М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. 120 с. [B. A. Bass, *Spark plugs. Brief guide*, (in Russian). Moscow: ZAO KZHI "Za rulem", 2002, p. 120.]
4. **Ильин А. Н., Филонина Е. А.** Разработка системы управления технологическим процессом изготовления резистивного герметика // Научно-технические конференции в машиностроении и авиадвигателестроении: матер. IV Междунар. науч.-техн. конф. (Рыбинск, 3–5 сент. 2012). Рыбинск: РГАТУ, 2012. Ч. 2. С. 335–340. [A. N. Ilin and E. A. Filonina, "The control system of resistive sialant production process design," in *Proc. 4th Conference on High technol-*

ogy in engineering and aviation engine construction, vol. 2, pp. 335-340, 2012.]

ОБ АВТОРАХ

ИЛЬИН Александр Николаевич, доц. каф. стандартизации и сертификации. дипл. инж. (УГАТУ, 1995). Канд. техн. наук (УГАТУ, 2000). Иссл. в обл. создания перспективных свечей и систем зажигания, автоматизации технологических процессов, диагностики технических объектов.

ФИЛОНИНА Евгения Александровна, асп. каф. автоматизации технологических процессов. Дипл. инж. (УГАТУ, 2011), м-р техн. и технол. (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. управления качеством.

METADATA

Title: The piston engine spark plugs quality management integrated approach throughout the lifecycle.

Authors: A. N. Ilin¹, E. A. Filonina².

Affiliation: ^{1,2}Ufa State Aviation Technical University (USATU), Russia.

Email: ¹aleksandr.ilin.71@mail.ru, ²filonina.ea@gmail.com

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 19, no. 3 (69), pp. 163-170, 2015. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The piston engine spark plugs are investigated. The resistive sealant is considered to be the element of the plug which determines its base operating parameters. The spark plugs electrical resistance measurements experiment and different manufacturer's spark plugs electrical resistance stability tests at varying temperatures were carried out. The spark plug quality management integrated approach expert system structure is proposed. Several units of the expert system in the form of database elements for pre-production costs reduction and technological process stability raise are performed.

Key words: spark plugs; resistive sealant; suppression resistor; heat rating number; database; expert system.

About authors:

ILIN, Alexander Nikolaevich, Docent, Dept. of Standardization and Certification. Dipl. engineer (USATU, 1995). Ph.D. (USATU, 2000). The investigator in the field of advanced spark plugs and systems creation, technological processes automation, technical objects diagnosis.

FILOININA, Evgeniya Aleksandrovna, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Technological Processes Automation. Dipl. engineer (USATU, 2011). Master of Technics & Technology (UGATU, 2013). The investigator in the field of quality management.