



УДК 621.43.04

## УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДВС

### IMPROVE THE PERFORMANCE OF THE IGNITION SYSTEM OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

**Квон Алексей Михайлович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры  
электротехники и электрических машин,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
alexndinasofi@yandex.ru

**Автайкин Илья Николаевич**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры  
электротехники и электрических машин,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
glubokovodnik@yandex.ru

**Аннотация.** В работе рассчитаны напряжения пробоя искрового промежутка свечи зажигания при пуске и разгоне двигателя внутреннего сгорания. На основе анализа полученных характеристик предложены мероприятия, позволяющие повысить энергетическую эффективность системы зажигания ДВС.

**Ключевые слова:** система зажигания; двигатель внутреннего сгорания; напряжение пробоя искрового промежутка; повышение энергетической эффективности ДВС.

**Kvon Aleksei Mikhailovich**

Candidate of technical Sciences,  
Associate Professor,  
Department of electrical engineering  
and electrical machines,  
Kuban state technological University  
alexndinasofi@yandex.ru

**Avtaykin Ilya Nikolaevich**

Candidate of technical Sciences,  
Associate Professor,  
Department of electrical engineering  
and electrical machines,  
Kuban state technological University  
glubokovodnik@yandex.ru

**Annotation.** In this paper, the breakdown voltage of the spark gap of the spark plug is calculated at the start and acceleration of the internal combustion engine. Based on the analysis of the obtained characteristics, measures are proposed to improve the energy efficiency of the engine ignition system.

**Keywords:** ignition system; internal combustion engine; breakdown voltage of the spark gap; improving the energy efficiency of the internal combustion engine.

При проектировании и анализе работы системы зажигания двигателя внутреннего сгорания выходными характеристиками являются напряжения пробоя, а так же энергия и продолжительность искрового разряда. Данные параметры относятся свече зажигания, которая работает в тяжелых термических условиях в импульсном режиме. У современных автомобилей искровой промежуток свечи составляет от 0,9 до 1,1 мм. Кроме того, необходимо знать рабочую степень сжатия в цилиндре, скорость вращения коленчатого вала, тактность рабочего процесса и углы опережения зажигания. Процесс воспламенения топливно-воздушной смеси в цилиндре посредством искрообразования является многокритериальным. Используя экспериментальные номограммы, в [1] получена энергия и продолжительность искрового разряда при разгоне двигателя внутреннего сгорания. Приняты следующие исходные данные: воздушные зазоры от 0,9 до 1,1 мм, скорость при разгоне от 1000 до 5000 об./мин, степень сжатия в цилиндрах от 6 до 10 атм, в расчетах предполагался четырехтактный рабочий процесс.

В результате построений были определены энергия ( $A_{ИР}$ ) и продолжительность искрового разряда ( $\tau_{ИР}$ ) при разгоне двигателя внутреннего сгорания. При восьми атмосферах  $A_{ИР}$ , находится в диапазоне 10–20 мДж ( $\tau_{ИР}$  более 1,25 мс), что является типичной величиной  $A_{ИР}$  для современных автомобилей.

Кроме того современные свечи зажигания имеют увеличенные воздушные зазоры (свыше 1,0 мм). Увеличение воздушного зазора уменьшает требуемую энергию и продолжительность искрового разряда, но режим работы системы зажигания становится более тяжелым, так как увеличиваются напряжения пробоя.

Пуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС) не простой режим с точки зрения надежного воспламенения топливно-воздушной смеси (ТВС). Этому препятствует ряд факторов, а именно: низкая температура в цилиндрах, низкая турбулизация и высокая неоднородность ТВС. Именно в таких условиях система зажигания должна давать максимальную энергию искрового разряда в свечах зажигания, но воздушный промежуток свечи, который является конечной нагрузкой всей системы зажигания, может получить и преобразовать количество энергии равное:



$$\int_{t_0}^{t_k} i^2 R_{ИП} dt = \int_{t_0}^{t_k} \frac{u^2}{R_{ИП}} dt,$$

где  $i$  – сила тока в искровом промежутке;  $u$  – напряжение искрового промежутка;  $R_{ИП}$  – сопротивление искрового промежутка.

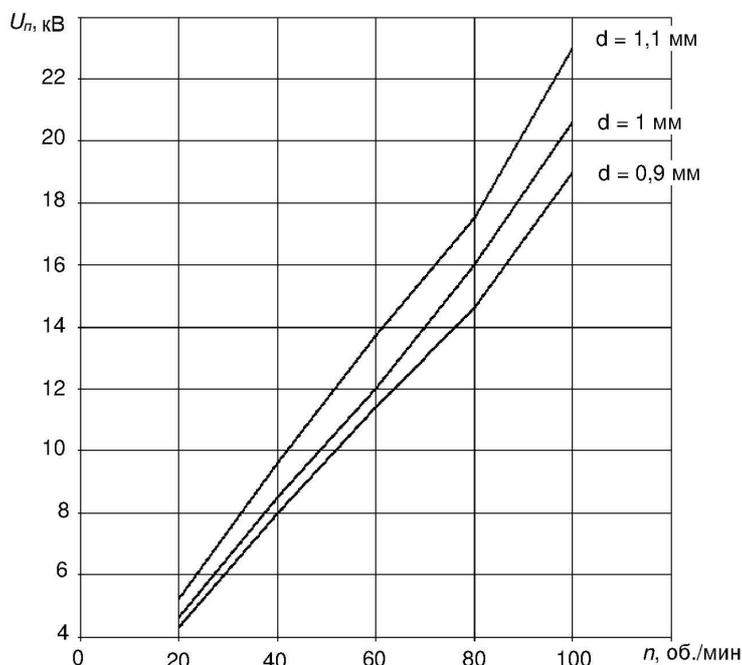
В [2] исследован процесс пуска. Напряжение пробоя подчиняется закону Пашена

$$U_{П} = f\left(\frac{p\delta}{T}\right),$$

где  $p$  – давление в рабочем цилиндре;  $\delta$  – высота искрового промежутка;  $T$  – температура вещества в области искрового промежутка.

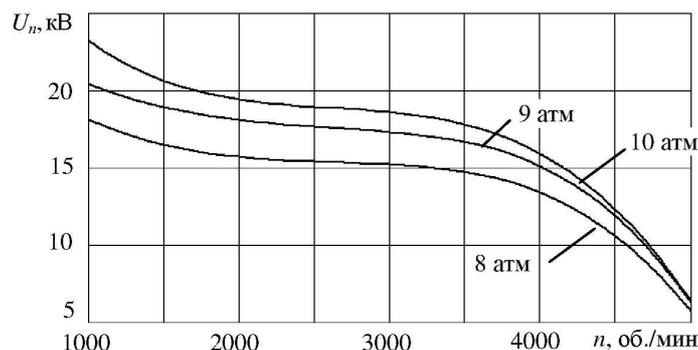
На рисунке 1 приведены зависимости напряжения пробоя при пуске для степени сжатия 10 атм и воздушных зазорах 0,9–1,1 мм.

При равномерном росте скорости вращения коленчатого вала напряжение пробоя растет по зависимостям близким к линейным. При этом рост оборотов несколько повысит температуру, что должно понизить напряжение пробоя, но при пуске, как показывают характеристики, влияние температуры незначительное. Так как все показатели закона Пашена практически фиксированы, то основные причины резкого роста напряжения связаны с характеристиками сложного характера, а именно, с турбулизацией и составом и консистенцией ТВС.



**Рисунок 1** – Напряжение пробоя при пуске для степени сжатия 10 атм и воздушном промежутке от 0,9 до 1,1 мм

На рисунке 2 представлена зависимость напряжения пробоя от скорости вращения при разгоне [3] для  $d = 0,9$  мм и степеней сжатия 8–10 атм.



**Рисунок 2** – Напряжение пробоя для  $d = 0,9$  мм и степеней сжатия от 8 до 10 атм



При пуске ДВС без регулирования угла опережения зажигания (УОЗ) напряжение пробоя резко растёт. Во время разгона с учетом регулирования УОЗ в наиболее вероятной области скоростей вращения 2000–3500 об./мин оно находится в сравнительно узкой полосе 15–20 кВ. Если же взять весь исследуемый диапазон 1000–5000 об./мин, то с ростом скорости наблюдается даже падение напряжения пробоя. В абсолютных цифрах при разгоне напряжения пробоя выше, чем при пуске. Сам процесс разгона более энергоёмкий, чем пуск, который может рассматриваться как запуск не нагруженного агрегата. Разгон же, с этой точки зрения, является набросом нагрузки.

Для решения вопроса энергетической эффективности ДВС при неизменных массогабаритных показателях эволюционным путем с точки зрения системы зажигания необходимо увеличить энергию искрового разряда и оптимизировать качество системы управления УОЗ. Вопрос увеличения энергии может быть решен путем увеличения искрового промежутка свечи, что повысит нагрузку на катушку зажигания и другие элементы силовой части системы зажигания. В качестве неэлектрических путей повышения энергии можно увеличить давление или уменьшить температуру в рабочем цилиндре. Но данные меры сопряжены с большими экономическими затратами.

### Литература:

1. Квон А.М., Автайкин И.Н., Егоров А.С. Энергия и продолжительность искрового разряда в свечах зажигания : Технические и технологические системы // материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (10–11 октября 2013); КубГАУ. – Краснодар, 2013. – С. 126–129.
2. Квон А.М., Автайкин И.Н., Юрьев Е.К. Напряжение пробоя в свечах зажигания при пуске ДВС : Технические и технологические системы // Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. ТТС-14 : сборник материалов. – Краснодар : ФВУНЦ ВВС ВВА, 2014 г. – С. 100–104.
3. Квон А.М., Автайкин И.Н. Напряжение пробоя в свечах зажигания при разгоне двигателя внутреннего сгорания : Технические и технологические системы // Материалы седьмой международной научной конференции «ТТС-15»; ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»; Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – 2015. – С. 161–164.

### References:

1. Kvon A.M., Avtaikin I.N., Egorov A.S. Spark discharge energy and duration in the spark plugs of ignition : Technical and technological systems // Proc. of V Intern. (October 10–11, 2013); Kuban State Agrarian University. – Krasnodar, 2013. – P. 126–129.
2. Kvon A.M., Avtaykin I.N., Yuriev E.K. Breakage voltage in the spark plugs at the launch of the internal combustion engine : Technical and technological systems // Proc. of VI International Scientific-Practical Conference TTS-14 : collection of materials. – Krasnodar : FVNSC VVS VVSVA, 2014. – P. 100–104.
3. Kvon A.M., Avtaykin I.N. Voltage of breakdown in spark plugs at acceleration of internal combustion engine: Technical and technological systems // Materials of the seventh international scientific conference «TTS-15»; FGBOU VPO «Kuban State Technological University»; Krasnodar Higher Military Aviation School named after A.K. Serov; under general editorship of B.H. Gaitov. – 2015. – P. 161–164.