

## **ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА НАПОЛНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ЗА СЧЕТ САМОЗАКРЫВАЮЩЕГОСЯ ВПУСКНОГО КЛАПАНА**

©2011 А. М. Козин, М. М. Русаков

Тольяттинский государственный университет

Исследован процесс наполнения цилиндров двигателя внутреннего сгорания с samozакрывающимся впускным клапаном. Получены зависимости коэффициента наполнения цилиндра двигателя от частоты вращения для различных вариантов и времени закрытия samozакрывающегося впускного клапана. Показана возможность повышения показателей двигателя.

*Двигатель внутреннего сгорания; впускной клапан; коэффициент наполнения.*

Рабочий процесс двигателя внутреннего сгорания сильно зависит от коэффициента наполнения цилиндра. С увеличением наполнения цилиндра возрастает максимальное давление цикла, максимальная температура и мощность. При этом снижается расход топлива и вредные выбросы. Коэффициент наполнения в большей степени зависит от угла закрытия впускного клапана [1]. Так в двигателях внутреннего сгорания без механизма изменения фаз газораспределения оптимальным по наполнению является лишь какой-то один скоростной режим работы двигателя, например, максимального крутящего момента или максимальной мощности. На других режимах наполнение цилиндра ухудшается, что приводит к ухудшению процесса сгорания, и как следствие ухудшаются мощностные, экономические и экологические показатели двигателя.

Для обеспечения максимального коэффициента наполнения многие автопроизводители разрабатывают механизмы изменения фаз газораспределения в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Используются механические и электромагнитные механизмы. Одной из распространенных систем изменения фаз газораспределения является поворот распределительного вала двигателя, что обеспечивает изменение фазы закрытия клапана в зависимости от частоты вращения коленчатого ва-

ла. Однако такие системы усложняют конструкцию двигателя, а следовательно увеличивается его стоимость.

В данной работе было проведено расчетное исследование влияния фазы запаздывания закрытия впускного клапана на коэффициент наполнения двигателя внутреннего сгорания. Расчеты проводились в программе Ricardo Wave. На рис. 1 приведены результаты расчета коэффициента наполнения цилиндра бензинового двигателя внутреннего сгорания с различными углами запаздывания закрытия впускного клапана, из которого видно, что оптимальным является уменьшение данного угла при уменьшении частоты вращения коленчатого вала двигателя. Анализ зависимости коэффициента наполнения от угла запаздывания закрытия впускного клапана относительно нижней мертвой точки (НМТ) и оценка времени закрытия впускного клапана ( $t = \varphi/bn$ ), обеспечивающие максимальный коэффициент наполнения, показали, что время оптимального закрытия впускного клапана примерно одинаково на всех частотах вращения коленчатого вала двигателя (рис. 2).

Обеспечить одинаковое время закрытия клапана ( $t = \varphi/bn = \text{const}$ ) на разных оборотах коленчатого вала двигателя можно путем закрытия клапана под действием пружины, не касаясь в этот период кулачка распределительного вала, т. е. сконструировать samozакрывающийся клапан.

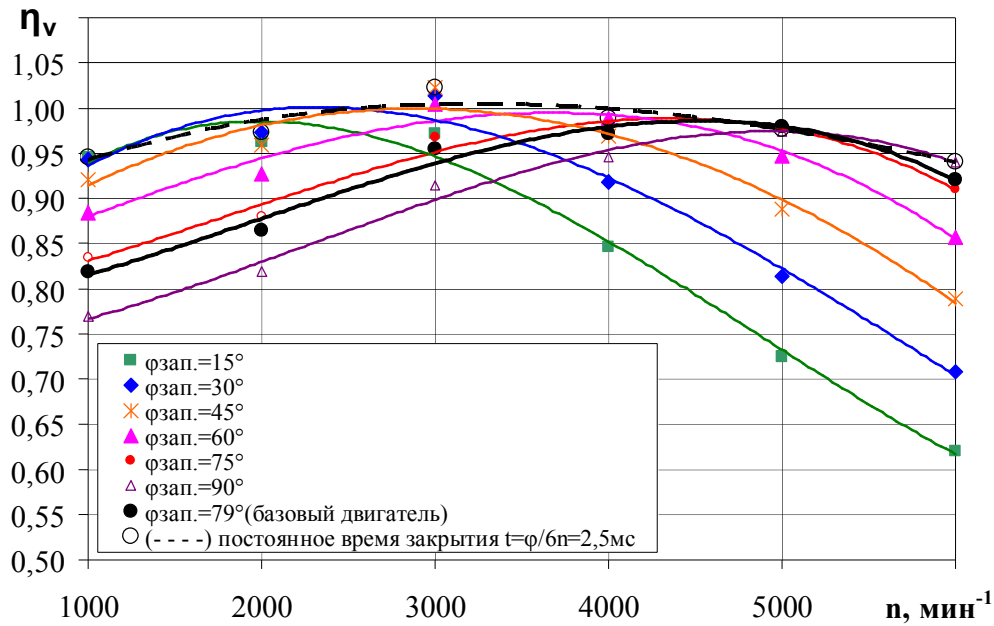


Рис. 1. Зависимости коэффициента наполнения цилиндра двигателя ВА3-1111 от частоты вращения при различных углах запаздывания закрытия впускного клапана и при постоянном времени закрытия

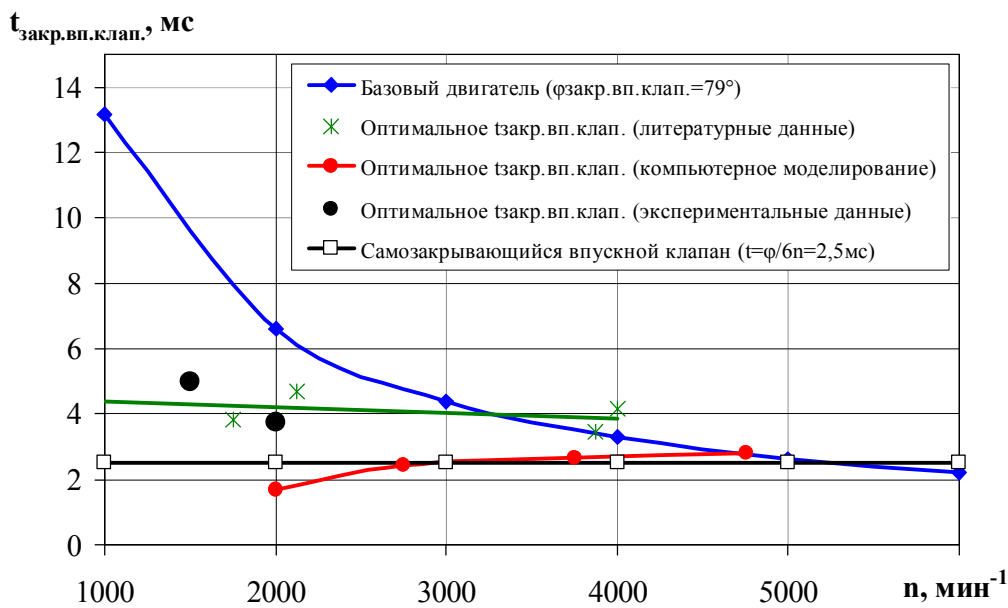


Рис. 2. Сравнительные зависимости времени закрытия впускного клапана двигателя

Для оценки коэффициента наполнения и показателей двигателя с самозакрывающимся клапаном был проведен расчет в программе Ricardo Wave. Ставилась задача определить коэффициент наполнения цилиндра поршневого двигателя внутреннего сгорания в зависимости от варианта профиля впускного кулачка распределительного вала и времени закрытия самозакрывающегося впускного клапана. Было исследовано четыре варианта самозакрывающегося впускного клапана: вариант 1 – начало закрытия при

НМТ без изменения профиля кулачка на стороне открытия впускного клапана; вариант 2 – начало закрытия при максимальном подъеме впускного клапана без изменения профиля кулачка на стороне открытия; вариант 3 – начало закрытия при максимальном подъеме клапана в НМТ при полном открытии клапана от максимального подъема до НМТ; вариант 4 – начало закрытия при максимальном подъеме клапана в НМТ при изменении профиля впускного кулачка на стороне открытия. Графики профилей подъема

самозакрывающегося впускного клапана для различных частот вращения коленчатого вала и разных вариантов представлены на рис. 3. Результаты расчета коэффициента напол-

нения цилиндра двигателя для различных вариантов самозакрывающегося впускного клапана представлены на рис. 4.

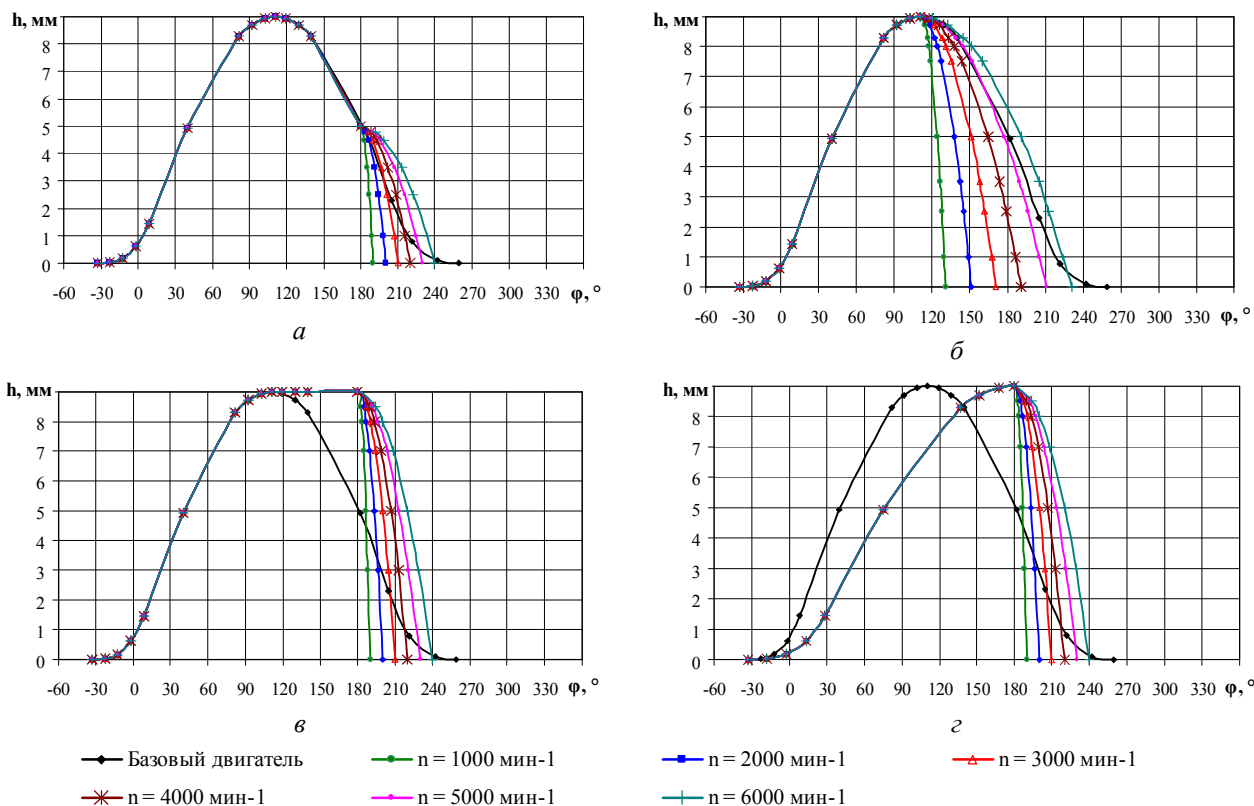


Рис. 3. Варианты профилей подъема самозакрывающегося впускного клапана: а - вариант 1: начало закрытия впускного клапана в НМТ без изменения профиля кулачка на стороне открытия впускного клапана; б - вариант 2: начало закрытия впускного клапана при максимальном подъеме клапана без изменения профиля кулачка на стороне открытия впускного клапана; в - вариант 3: начало закрытия впускного клапана в НМТ, от максимального подъема клапана до НМТ клапан полностью открыт; г - вариант 4: начало закрытия впускного клапана в НМТ, открытие клапана до максимального подъема в НМТ

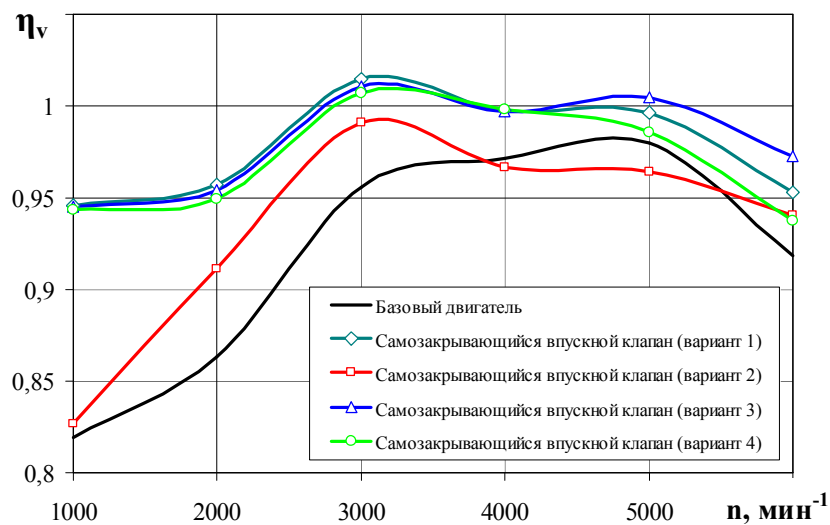


Рис. 4. Зависимости коэффициента наполнения цилиндра двигателя VAZ-1111 от частоты вращения при различных вариантах профилей самозакрывающегося впускного клапана по сравнению с базовым двигателем

Как видно из рис. 4, двигатели с самозакрывающимся впускным клапаном имеют значительное увеличение коэффициента наполнения по сравнению с базовым двигателем без изменения фаз газораспределения. С вариантами 1, 3 и 4 профиля подъема клапана коэффициент наполнения на низких и средних частотах вращения повышается примерно одинаково, а на высоких частотах имеет некоторые отличия, что, скорее всего, связано с разным временем сечения. Вари-

ант 2 имеет несколько меньшее увеличение коэффициента наполнения.

Также был проведен расчет коэффициента наполнения самозакрывающегося впускного клапана для первого предложенного варианта профиля подъема клапана (вариант 1 с началом закрытия впускного клапана в НМТ без изменения профиля кулачка на стороне открытия впускного клапана) для различного времени закрытия (от 0,5 до 3 мс). Результаты расчета представлены на рис. 5.

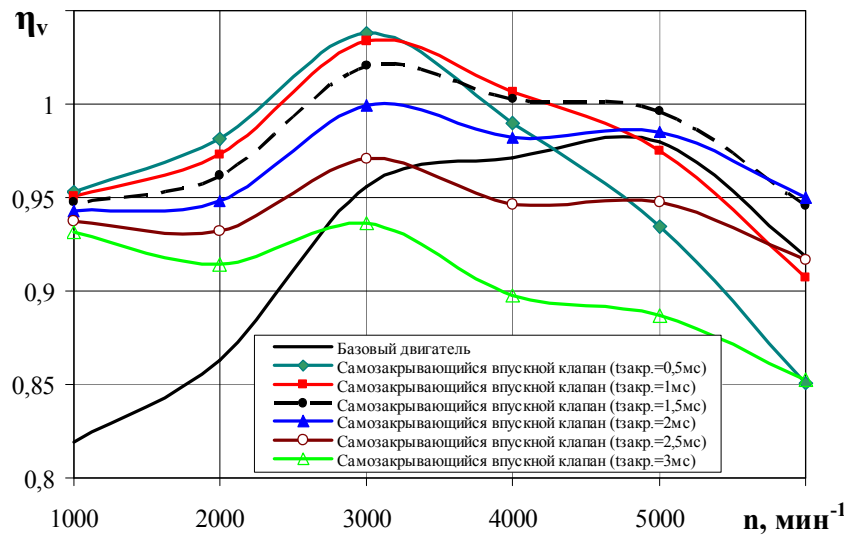


Рис. 5. Зависимости коэффициента наполнения цилиндра двигателя VA3-1111 от частоты вращения при различном времени закрытия впускного клапана для первого варианта профиля самозакрывающегося впускного клапана с началом закрытия впускного клапана в НМТ без изменения профиля кулачка на стороне открытия впускного клапана

Из рис. 5 видно, что чем меньше время закрытия впускного клапана (после НМТ), тем выше коэффициент наполнения на низких частотах вращения коленчатого вала двигателя. При увеличении времени закрытия более 2 мс происходит ухудшение коэффициента наполнения, особенно на средних и высоких частотах вращения. Для времени закрытия 1,5 мс получено, что при  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$  увеличение коэффициента наполнения составило 15,6 %, при  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$  – 11,4 %, при  $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$  – 6,8 %, при  $n = 4000 \text{ мин}^{-1}$  – 3,3 %, при  $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$  – 1,7 % и при  $n = 6000 \text{ мин}^{-1}$  – 3 %, т.е. повышение коэффициента во всем диапазоне частот вращения в среднем на 7 %.

Использование самозакрывающегося впускного клапана дает наибольшую выгоду при малых частотах вращения коленчатого вала, что позволяет увеличить крутящий момент и мощность двигателя (рис. 6).

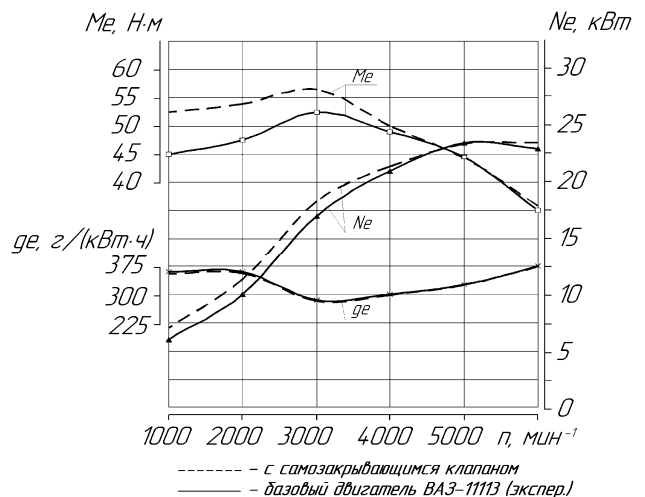


Рис. 6. Внешняя скоростная характеристика двигателя VA3-11113 с самозакрывающимся впускным клапаном по сравнению с базовым двигателем

Таким образом, результаты расчетов и экспериментов показывают, что с помощью самозакрывающегося впускного клапана

можно обеспечить коэффициент наполнения в пределах  $0,95 \div 1,03$  во всем скоростном диапазоне работы двигателя, тогда как обычная клапанная система обеспечивает коэффициент наполнения в пределах  $0,82 \div 0,98$ . При этом повышается мощность и крутящий момент двигателя в среднем на 7 % во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя и, особенно, на низких частотах вращения (до 10 – 15 %), снижается расход топлива, а увеличение крутя-

щего момента на низких частотах вращения приводит к улучшению динамики автомобиля.

#### **Библиографический список**

1. Ленин, И.М. Теория автомобильных и тракторных двигателей: учебник для вузов [Текст] / И.М. Ленин – М.: Машиностроение, 1969. – 368 с.

### **THE POSSIBILITIES OF ENGINE VOLUMETRIC EFFICIENCY INCREASING AT THE EXPENSE OF SELF-CLOSING INLET VALVE**

©2011 A. M. Kozin, M. M. Rusakoff

Togliatti State University

The volumetric efficiency process of engine cylinders with self-closing inlet valve was studied. The relations of engine cylinder volumetric efficiency from engine speeds for various variants and closing times of self-closing inlet valve are established. The possibilities of increasing engine performance are shown.

*Engine; intake valve; volumetric efficiency.*

#### **Информация об авторах**

**Козин Александр Михайлович**, инженер кафедры «Тепловые двигатели», Тольяттинский государственный университет. Тел.: (8482) 54-64-65. E-mail: [Kozin.crc@tltsu.ru](mailto:Kozin.crc@tltsu.ru). Область научных интересов: система впуска ДВС, эффективность ДВС, повышение наполнения ДВС, инерционный наддув ДВС, вычислительная газодинамика.

**Русаков Михаил Михайлович**, доктор технических наук, профессор-консультант кафедры «Тепловые двигатели», Тольяттинский государственный университет. Тел.: (8482) 53-92-65. E-mail: [crc@tltsu.ru](mailto:crc@tltsu.ru). Область научных интересов: газовая динамика, сгорание в ДВС, детонация, наддув ДВС.

**Kozin Aleksandr Mihailovich**, engineer of the chair «Heat Engines». Togliatti State University. Phone: (8482) 54-64-65. E-mail: [Kozin.crc@tltsu.ru](mailto:Kozin.crc@tltsu.ru). Area of research: volumetric efficiency process of engine, self-closing inlet valve.

**Rusakoff Mihail Mihailovich**, Doctor of the technical sciences, Consulting professor of the chair «Heat Engines». Togliatti State University. Phone: (8482) 53-92-65. E-mail: [crc@tltsu.ru](mailto:crc@tltsu.ru). Area of research: volumetric efficiency process of engine, self-closing inlet valve.