

УДК 656

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМ  
КУЛАЧКОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ**

Киселев И.Е., студент гр. АТс-221, III курс, Ащеулов А.С., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Транспортная сфера играет важнейшую роль в современной экономике. Эффективность ее функционирования прямо влияет на производительность труда во многих отраслях промышленности, что, в свою очередь, оказывает значительное воздействие на общее экономическое процветание государства.

Основная цель автомобиля — это обеспечение транспортных услуг. В развитых странах автомобильный транспорт является самым популярным средством передвижения для пассажиров. Современный автомобиль состоит из огромного количества деталей, примерно из 15—20 тысяч, но лишь небольшая часть из них считается ключевыми и наиболее важными, что требует особого внимания, больших затрат при эксплуатации для сохранения их основных функций.

Автомобиль состоит из трех основных элементов:

- Двигатель, который преобразует тепловую энергию от сгорания топлива в механическую энергию для движения автомобиля.
- Шасси, включающее трансмиссию, подвеску и управляющие механизмы, предназначенное для передачи мощности от двигателя к колесам, движения и управления автомобилем.
- Кузов, который служит для размещения пассажиров, водителя и груза. К кузову также относятся крылья и брызговики.

Основные механизмы двигателя внутреннего сгорания (ДВС):

- Кривошипно-шатунный механизм (КШМ). Преобразует возвратно-поступательное перемещение поршня в гильзе в поршне в механическую энергию на коленчатый вал.
- Газораспределительный механизм (ГРМ). Обеспечивает своевременную подачу горючей смеси или заряда воздуха в цилиндр, а также отвод отработанных газов. Позволяет своевременно осуществлять открытие и закрытие клапанов для впуска горючей смеси и выпуска отработанных газов.

В данной статье будет более подробно рассмотрен ГРМ, а именно механизм открытия и закрытия клапанов. В ДВС за открытие и закрытие впускных и выпускных клапанов отвечает распределительный вал. Эффективность работы двигателя, его мощность, динамика и КПД зависят от особенностей конструкции мотора, распредвала и правильной настройки ГРМ. С развитием двигателей меняются форма и функции распредвала: появляются системы, которые регулируют газораспределение в зависимости от оборотов, устанавли-

ваются отдельные валы на впуск и выпуск, а также изменяются материалы и методы обработки металлов.

Основными конструктивными элементами распределительного вала являются кулачки, которые открывают клапаны через толкатели или рычаги. Кулачки являются основными элементами распределительного вала, так как от их профиля зависит продолжительность и величина открытия клапанов. Конструкторы уделяют особое внимание форме и размерам кулачков распределительного вала, так как они влияют на эффективность подачи воздуха и удаление выхлопных газов, а это уже влияет на экологические, экономические и мощностные показатели двигателя.

Существует закономерность: чем дольше открыт клапан, тем больше воздуха поступает в камеру сгорания, что позволяет прогнать через цилиндры больший объём газов, обеспечить высокие крутящий момент и мощность, а также улучшить продувку цилиндров, особенно на высоких оборотах. Однако слишком длительное открытие клапана может привести не только к столкновению с поршнем, но и к потере мощности на низких оборотах, увеличению расхода топлива, ухудшению экологических показателей автомобиля и, если зона перекрытия слишком большая, то отработанные газы будут уходить во впуск, нарушая смесь. Инженеры стараются найти оптимальное решение для этой проблемы.

Цель данной работы создать 3D модель клапанного механизма в программном комплексе САПР SOLIDWORKS и с помощью дополнения SOLIDWORKS Motion проанализировать движение клапанов в сборке с кулачками различных форм на распределительном вале.

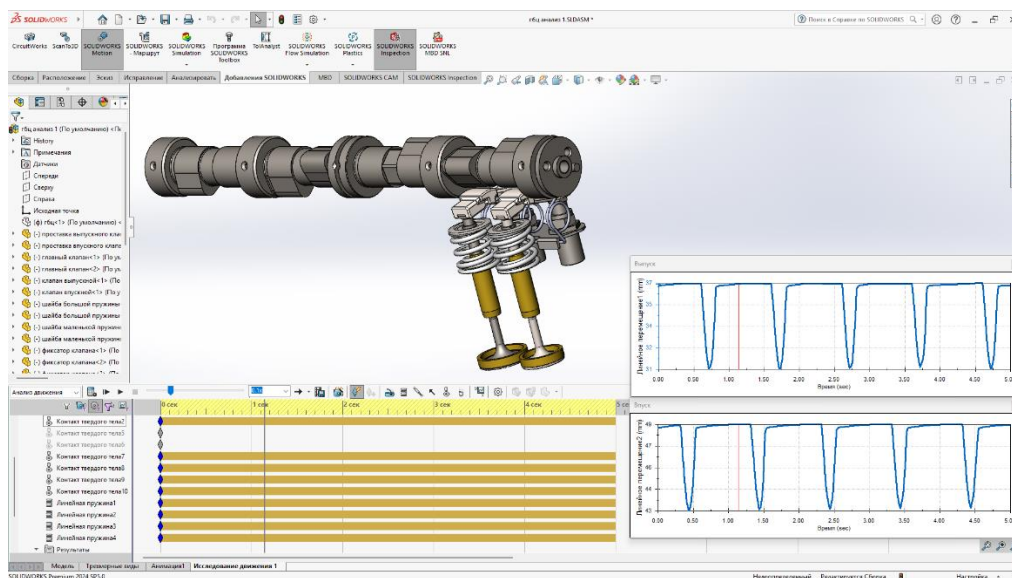


Рис. 1 – Анализ движения клапанного механизма в рабочей среде в САПР SOLIDWORKS

Таблица 1 – Общие характеристики установки:

Наименование параметра	Числовое значение
Развал кулачков распределительного вала, град	102.5
Угол наклона клапанов, град	20
Высота клапанов, мм	111.5
Жесткость внешней пружины, Н/мм	20.452
Жесткость внутренней пружины, Н/мм	75.871

Было рассмотрено несколько конструкций различных профилей кулачков распределительного вала. Для каждой конфигурации вала получены диаграммы закона подъема клапанов, технические характеристики клапанных механизмов, а также проведен сравнительный анализ полученных результатов.

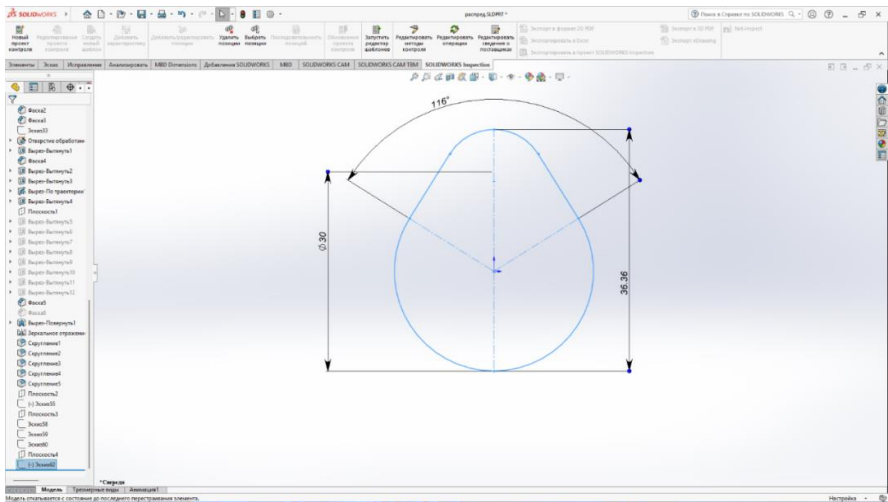


Рис. 2 – Профиль кулачка распределительного вала Образца 1 (впускного и выпускного клапанов)

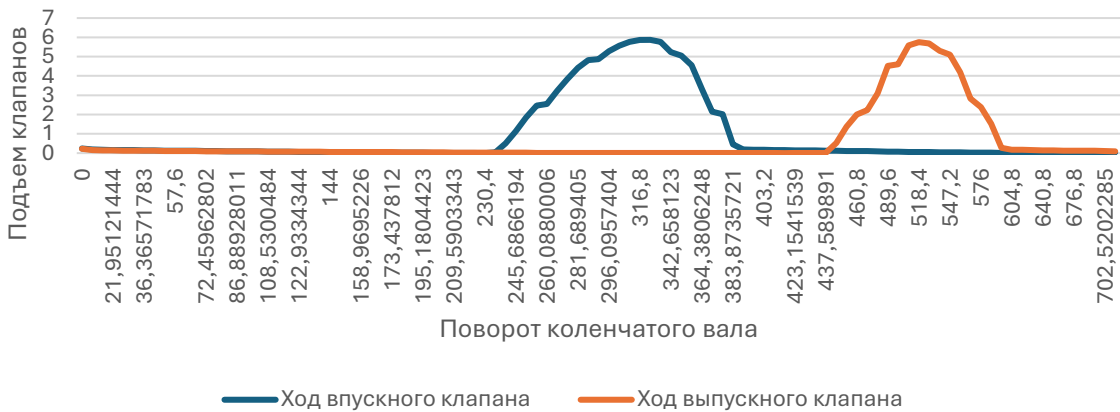


Рис. 3 – Диаграмма хода клапанов относительно поворота коленчатого вала Образца 1

По графику видно, что отсутствует перекрытие, по закону подъема – не продолжительную фазу с невысоким подъемом клапанов, но продолжительное время нахождения в верхних точках (медленный подъем). Что обеспечивает более полное наполнение цилиндра топливовоздушной смесью.

Таблица 2 – Данные, полученные в первом опыте

Наименование параметра	Числовое значение	
	Впуск	Выпуск
Базовый диаметр кулачка, мм	30	
Высота кулачка, мм	36.36	
Рабочая часть профиля кулачка, град	116	
Фазы ГРМ, град	162.9495258	167.210109
Высота подъема клапана, мм	5.870068463	5.753287265
Площадь под кривой	580.3050993	558.4128335

Так как фазы Образца 1 самые узкие (из всех представленных), то данный распределительный вал будет эффективно работать на низких оборотах. Столь большое расхождение в результатах первого опыта обусловлено неравномерностью вращения распределительного вала и возможно пропуске кадров при анализе движения в SOLIDWORKS, а также большом количестве сопряжений в самой сборке механизма.

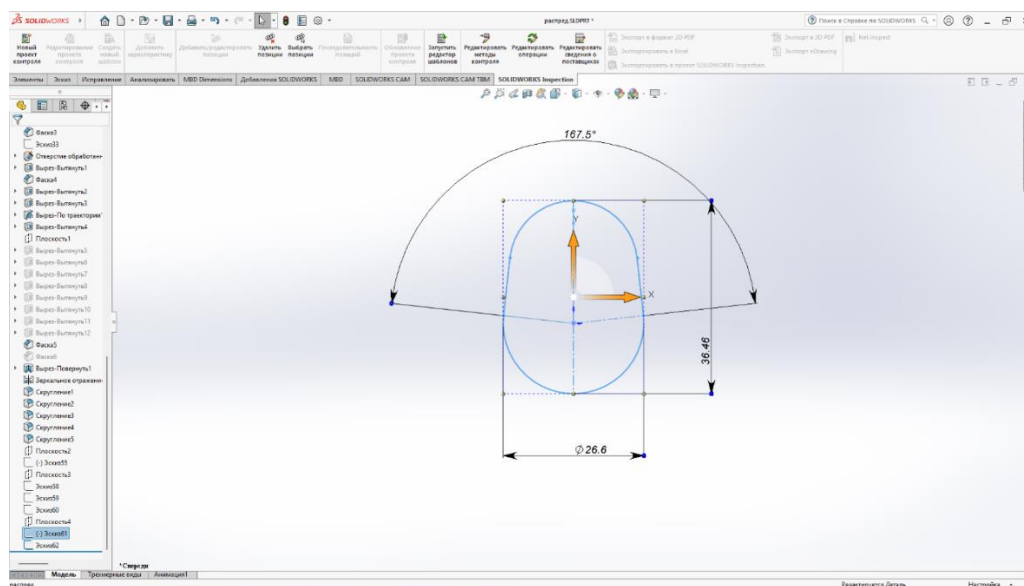


Рис. 4 – Профиль кулачка распределительного вала Образца 2 (впускного и выпускного клапанов)

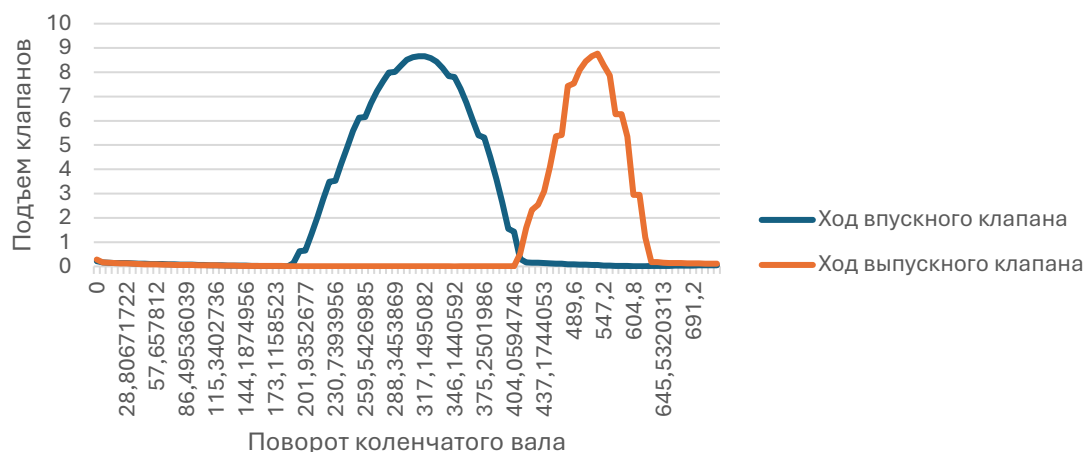


Рис. 5 – Диаграмма хода клапанов относительно поворота коленчатого вала Образца 2

По графику видно, что присутствует короткое перекрытие в точке  $412.1252742^0$  и  $0.52059177$  мм, по закону подъема – широкую фазу высоким подъемом клапанов и с продолжительным временем нахождения в верхних точках (медленный подъем).

Таблица 3 – Данные, полученные во втором опыте

Наименование параметра	Числовое значение	
	Впуск	Выпуск
Базовый диаметр кулачка, мм	26.6	
Высота кулачка, мм	36.46	
Рабочая часть профиля кулачка, град	167.5	
Фазы ГРМ, град	235.2055561	230.6163066
Высота подъема клапана, мм	8.657759698	8.765472606
Площадь под кривой	1199.827749	1199.566268

Фазы Образца 2 самые широкие, то есть данный распределительный вал будет эффективно работать на высоких оборотах.

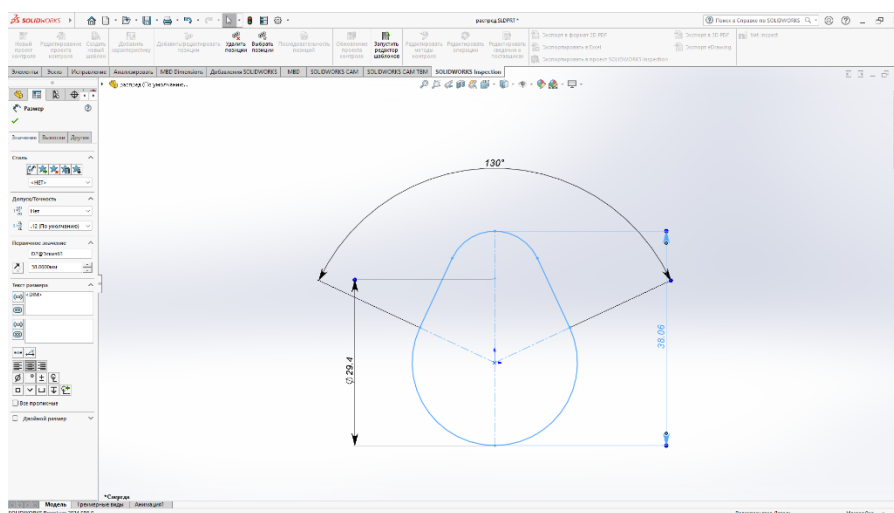


Рис. 6 – Профиль кулачка впускного клапана Образца 3

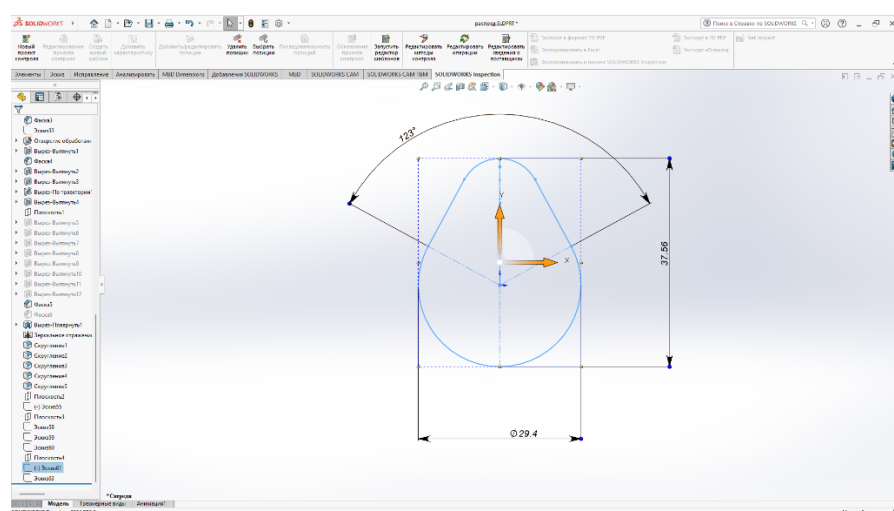


Рис. 7 – Профиль кулачка впускного клапана Образца 3

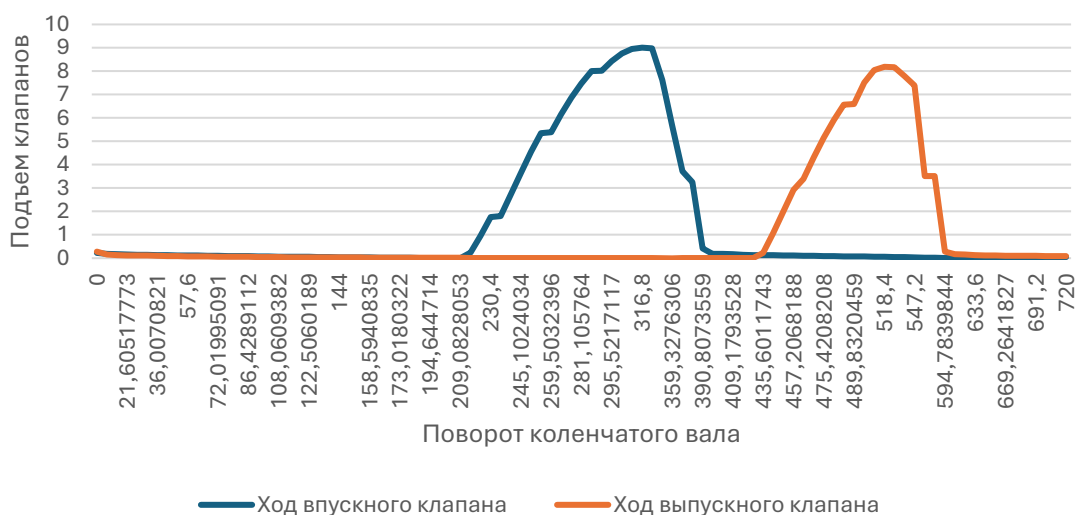


Рис. 8 – Диаграмма хода клапанов относительно поворота коленчатого вала Образца 3

По графику видно, что отсутствует перекрытие, по закону подъема – продолжительную фазу (более долгую, чем в первом опыте) с высоким подъемом клапанов, но с не продолжительным временем нахождения в верхних точках (быстрый подъем).

Таблица 4 – Данные, полученные в третьем опыте

Наименование параметра	Числовое значение	
	Впуск	Выпуск
Базовый диаметр кулачка, мм	29.4	
Высота кулачка, мм	38.06	37.56
Рабочая часть профиля кулачка, град	130	123
Фазы ГРМ, град	191.0787272	170.2790771
Высота подъема клапана, мм	9.007758596	8.187742665
Площадь под кривой	995.7448406	830.4084902

Фазы Образца 3 средние, данный распределительный вал будет эффективно работать на средних оборотах.

Исходя из результатов проведенного исследования, можно заключить следующее:

- Распредвал первого образца целесообразнее устанавливать в моторы для грузовых автомобилей или автомобилей повышенной проходимости, ведь, полученные технические характеристики, показывают, что данный двигатель будет реализовывать свой максимальный момент на низких оборотах
- Второй распредвал эффективнее себя покажет в автоспорте, так как мотор можно максимально раскрутить, тем самым увеличить потребление двигателем топливо-воздушной смеси, а топливная экономичность и экологическая безопасность не так важна, как для гражданских автомобилей
- Третий образец, ввиду своих усреднённых показателей, может устанавливаться в ДВС для гражданского автотранспорта, осуществляющего пассажироперевозки в городской среде.

Профиль кулачка распредвала влияет на момент и закон движения клапанов, а также на величину их хода.

Для режима работы на холостом ходу уместны узкие фазы газораспределения с поздним открытием и ранним закрытием клапанов без перекрытия. Так удаётся исключить заброс выхлопных газов во впускной коллектор и выброс части горючей смеси в выхлопную трубу.

Работа на максимальной мощности. С повышением оборотов время открытия клапанов сокращается, но для обеспечения высоких крутящего момента и мощности через цилиндры необходимо прогнать больший объём газов. Для этого делают фазы максимально широкими, что улучшает наполнение цилиндров рабочей смесью. Увеличение подъёма клапана позволяет уве-

личить наполнение цилиндров рабочей смесью. Увеличивается максимальная мощность и скорость автомобиля за счёт сдвига пика работы мотора в зону высоких оборотов.

Таким образом, форма кулачка влияет на мощность мотора, его экономичность и экологичность. Поиск инженеров оптимального профиля кулачка привел к появлению систем изменения фаз ГРМ различных типов.

#### **Список литературы:**

1. Стуканов В. А., Леонтьев К. Н. Устройство автомобилей: учебное пособие. — М.: ИД «ФОРУМ», 2010.
2. Тур Е.Я. Устройство автомобиля: Учебник
3. Туревский И.С. Теория двигателя: Учебное пособие/ И.С. Туревский. - М.: Высш. шк., 2007. - 238 с.
4. Тарасик В.П. Теория автомобилей и двигателей: Учебное пособие/ В.П. Тарасик, М.П. Бренч. - Мн.: Новое знание, 2008. - 400 с.
5. Вахламов В.К. Подвижной состав автомобильного транспорта: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 480 с.
6. Тюнинг автомобиля / Е. Д. Черных, С. С. Михайлова, М. В. Груздов, А. С. Ащеулов // Россия молодая : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII ВСЕРОССИЙСКОЙ, НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ, Кемерово, 21–24 апреля 2020 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. – С. 525341-525346. – EDN DVAQOC.