

Байдабеков А.К., д.т.н., профессор ЕНУ им. Л.Н.Гумилева

ӘӨЖ 515

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДВИГАТЕЛЯ С РОТОРНО-ЭВОЛЬВЕНТНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Мақалада қуш моментін жетекші білікке роторлы-эвольвентті тетігі бар іштен жанатын қозғайыш арқылы беретін, әмбебап жанармай пайдаланаалатын іштен жанатын қозғаушы жасаумен зерттеуі (газ, жанармай, дизель жанармайы тағы басқаларлар) қарастырылған.

In article research and development of an internal combustion engine with the rotor and evolvent mechanism of transfer of the moment of forces on the drive with universal fuel system are considered (gas, gasoline, diesel fuel, etc.)

Целью статьи является исследование и разработка двигателя внутреннего сгорания с роторно-эвольвентным механизмом передачи момента сил на привод с универсальной топливной системой (газ, бензин, дизтопливо и др.).

Разработка двигателя внутреннего сгорания является совершенно новым типом без кривошипно-шатунного механизма, без выпускных и впускных клапанов и без распределительного вала, также создаст практический и научный опыт и предпосылки для создания отечественного двигателестроительного комплекса.

Впервые роторный двигатель, так называемый двигатель Ванкеля, был изобретен немецким инженером Феликсом Ванкелем в 1957 году. Этот тип двигателя внутреннего сгорания использует вращательные движения для создания напряжения вместо привычной поршневой системы [1]. Особенность двигателя – применение трехгранного ротора (поршня), имеющего вид треугольника Рело, вращающегося внутри цилиндра специального профиля, поверхность которого выполнена по эпитрохоиде. Давление в роторно-поршневом двигателе образуется за счёт вращения ротора. При этом происходит последовательное осуществление процессов – впуска, сжатия, сгорания, выпуска – в разных частях корпуса одного цилиндра. Такая конструкция даёт следующие преимущества: низкий уровень вибрации; отличные динамические характеристики; высокая мощность [2]. Отсутствие громоздкого механизма газораспределения делает такой двигатель значительно проще четырехтактного поршневого за счёт меньшего количества деталей, обеспечивая необычайную компактность и высокую удельную мощность. Из минусов роторно-поршневого двигателя отмечают крайне высокую критичность к регулярному сервисному обслуживанию (замена масла, уплотнителей) и высокий нагрев двигателя, а также большой расход топлива и токсичный выхлоп, что является следствием характерной для роторно-поршневого двигателя узкой серпообразной камеры сгорания (по краям камеры сгорание топлива затрудняется). Соединение ротора с выходным валом через эксцентриковый механизм, являясь особенностью роторно-поршневого двигателя Ванкеля, вызывает давление между трущимися поверхностями, что в сочетании с высокой температурой, приводит к дополнительному износу и нагреву двигателя. В связи с этим возникает требование к частой замене масла. При правильной эксплуатации периодически производится капитальный ремонт, включающий в себя замену уплотнителей. Ресурс при правильной эксплуатации достаточно велик, но не заменённое вовремя масло неизбежно приводит к необратимым последствиям, и двигатель выходит из строя. В таком моторе очень важно следить за состоянием уплотнителей. Площадь пятна контакта очень невелика, а перепад давления очень

высокий. Следствием этого, неразрешимого для двигателей Ванкеля, противоречия являются высокие утечки между отдельными камерами и, как следствие, падение коэффициента полезного действия и токсичность выхлопа [3]. Есть еще две сложности у этой схемы мотора - малая длина рабочего хода и очень специфический режим работы кривошипного механизма - эксцентрикового вала в отношении движения поршневой поверхности ротора. От этого у однороторного мотора плохой график крутящего момента.

В разрабатываемом роторном двигателе одним из главных элементов являются зубчатые передачи, которые имеют зубчатые колеса с эвольвентным профилем. Эвольвента обладает значительными преимуществами перед другими кривыми, применяемыми для этой цели, — удовлетворяет основному закону зацепления, обеспечивает постоянство передаточного отношения, нечувствительна к неточностям межосевого расстояния (что облегчает сборку), наиболее проста и технологична в изготовлении, легко стандартизируется (что особенно важно для такого распространенного вида механизмов как зубчатые передачи).

Эвольвента — это траектория движения точки, принадлежащей прямой, перекатывающейся без скольжения по окружности. Данная прямая называется производящей прямой, а окружность, по которой она перекатывается — основной окружностью (рисунок 1).

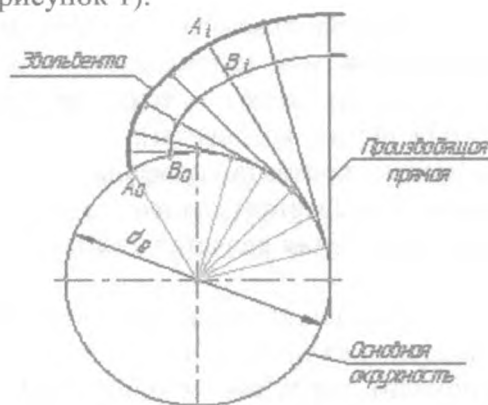


Рисунок 1

Так же эвольвента обладает следующими свойствами, которые используются в теории зацепления:

- 1) форма эвольвенты определяется радиусом основной окружности;
- 2) нормаль к эвольвенте в любой ее точке является касательной к основной окружности. Точка касания нормали с основной окружностью является центром кривизны эвольвенты в рассматриваемой точке;
- 3) эвольвенты одной и той же основной окружности являются эквидистантными (равноотстоящими друг от друга) кривыми.

Положение любой точки на эвольвенте может быть однозначно охарактеризовано диаметром окружности, на которой она расположена, а также характерными для эвольвенты углами: *углом развернутости* (обозначается ν), *углом профиля* (α), *эвольвентным углом* — $\text{inv}\alpha$ (рисунок 2). На рисунке 2 показаны эти углы для произвольно выбранной на эвольвенте точки Y, поэтому они имеют соответствующий индекс:

- ν_Y — угол развернутости эвольвенты до точки Y;
- α_Y — угол профиля в точке Y;

- $inv\alpha_Y$ — эвольвентный угол в точке Y (на окружности диаметра d_Y).

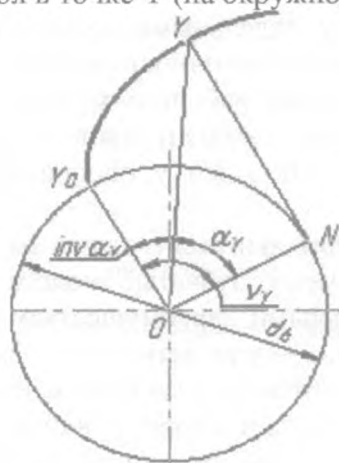


Рисунок 2

Индекс показывает, на какой окружности находится рассматриваемая точка эвольвенты, поэтому для характерных окружностей используются индексы, приведенные выше.

В связи с этим контакт двух эвольвентных профилей происходит на общей касательной к основным окружностям N_1N_2 (рисунок 3), которая одновременно будет являться общей нормалью к этим профилям в точке их касания в любой момент времени (на основании второго свойства эвольвенты).

Геометрическое место точек контакта профилей, которое они занимают в процессе работы пары зубьев, называется *линией зацепления*. Таким образом, в эвольвентной передаче линией зацепления является прямая N_1N_2 (общая касательная к основным окружностям).

На рисунке 3 показано зацепление двух эвольвентных профилей в разные моменты времени. В обоих положениях прямая N_1N_2 является общей нормалью к этим касающимся профилям и проходит через полюс зацепления W (мгновенный центр относительного вращения).

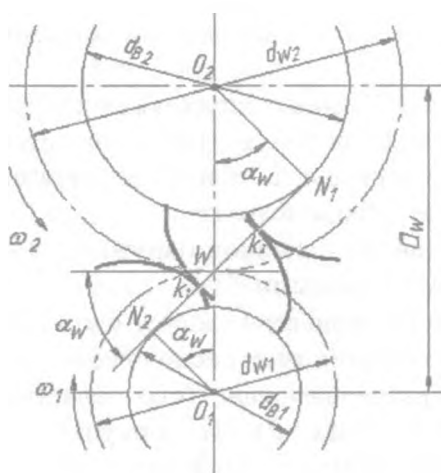


Рисунок 3

Это, с одной стороны показывает, что эвольвентные профили удовлетворяют основному закону зацепления, с другой стороны обеспечивают постоянство

передаточного отношения, т.к. полюс зацепления не меняет своего положения в процессе работы пары (отношение O_2W/O_1W остается постоянным).

С изменением межосевого расстояния будет меняться только положение линии зацепления, но вся картина зацепления останется такой же, т.е. по-прежнему будет сохраняться основной закон зацепления, величина и постоянство передаточного отношения. Это очень важное свойство эвольвентного зацепления, т.к. позволяет вписывать передачу в разные межосевые расстояния, что особенно важно при проектировании коробок скоростей, планетарных и дифференциальных механизмов.

Передача оказывается малочувствительной к неточностям межосевого расстояния, что позволяет снизить требования к точности сборки.

Угол между линией зацепления и общей касательной к начальным окружностям в полюсе называется *углом зацепления*. Угол зацепления, угол профиля на начальной окружности первого колеса и угол профиля на начальной окружности второго колеса равны между собой ($\alpha_{n1} = \alpha_{n2} = \alpha_w$), поэтому все они обозначаются одинаково – α_w (без числового индекса – см. рисунок 3).

Отрезок N_1N_2 называется *теоретической линией зацепления*. На этом участке происходит нормальная работа двух неограниченных эвольвент. В реальной передаче эвольвенты ограничены («обрезаны») окружностями вершин, поэтому вся работа пары происходит на участке линии зацепления P_1P_2 , заключенном между окружностями вершин (рисунок 4).

Отрезок P_1P_2 называется *рабочей (активной) частью линии зацепления* (иногда называют просто «рабочая линия зацепления», или «активная линия зацепления»). На рисунке 4 показано два положения одной и той же пары: в начале зацепления (зуб ведомого колеса работает своей вершиной, зуб ведущего колеса – нижней рабочей точкой профиля P_1), и в конце зацепления (зуб ведущего колеса работает своей вершиной и в следующий момент выйдет из зацепления, зуб ведомого колеса работает своей нижней рабочей точкой профиля P_2) [4].

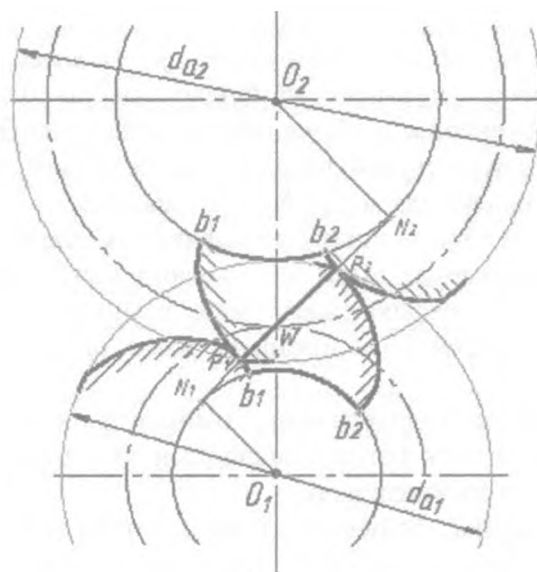


Рисунок 4

Таким образом, разработка нового двигателя внутреннего сгорания с роторно-эвольвентным механизмом, который по всем параметрам будет превышать все ныне существующие двигатели. Основная идея создания нового двигателя с роторно-эвольвентным механизмом заключается в объединении принципов роторного и

поршневого двигателей на основе образования расширяющихся и сужающихся полостей (без трения в камере сгорания) при помощи кулачка эвольвентного сечения.

Список использованной литературы:

1. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
2. Пятов И. Феликс Ванкель - изобретатель роторно-поршневого двигателя / И.Пятов // Двигатель. - 2001. - №4 (16) июль-август.
3. Старокожев М.А. Теоретические основы разработки двухблочного роторно-поршневого двигателя методом математического моделирования: дис. канд. техн. наук: 05.04.02 / БГТУ. – М., 2013. – 171 с.
4. <http://www.isopromat.ru/tmm/kratkij-kurs/cvolventnoe-zaceplenie>

Жұмабаев А.Ә., т.ғ.д., профессор, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ

ӘӨЖ 515

**«ИНЖЕНЕРЛІК ГРАФИКА» ПӘНІН ОҚЫТУДА ГРАФИКАЛЫҚ
БАҒДАРЛАМАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ДАҒДЫЛАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ**

В данной статье излагается формирование навыков работы при использовании компьютерных технологий в учебном процессе при изучении курса «Инженерная графика».

Опыт показывает, что в условиях постоянно совершенствующихся информационных технологий требуется корректировка содержания обучения компьютерной графики, разработка средств обучения. В этом случае, использования компьютерной технологии при изучении курса повышает эффективность геометрической, графической подготовки студентов.

This article describes the formation of skills by using computer technology in the educational process in the study course "Engineering Graphics".

Experience shows that in an ever-improving information technology training content requires adjustment of computer graphics, the development of training tools. In this case, the use of computer technology in the study of the course increases the efficiency of the geometric, graphic preparation of students.

Бірінші курс, әсіресе құрылыс мамандықтарында оқитын студенттер үшін Сызба геометрия және инженерлік графика пәні ең қиын пән болып есептеледі. Бұл курстың негізгі тағайындалуы студенттердің кеңістік ойлау қабілетін дамыту және арнайы пәндер үшін теориялық база жасау болып табылады.

«Инженерлік графика» пәнін оқытуда графикалық технологияларды қолданатын болсақ, онда осы пәнді меңгеруде білім алушыларға көп көмек жасалған болар еді. Бүгінгі күні компьютерлік графика адам мен компьютердің арасындағы негізгі байланыс құралы ретінде үлкен роль атқарады және ол өзінің қолданылу аумағын күннен-күнге кеңейтуде [1].

Қазіргі кезде кез-келген бағдарламаны компьютерлік графикасыз көзге елестету мүмкін емес және компьютерлік бағдарламалардың көмегімен орындалған сызбалар түсінікті әрі көрнектілігімен ерекшеленеді.

Компьютерлік графика бойынша жұмыс істей білу алған білімдері мен дағдыларын жаңа немесе күрделі жағдайда дұрыс қолданғанда ерекше байқалады [2]. Сондықтан студенттердің болашақ кәсіби іс-әрекеттері алған дағдыларына байланысты. Дағды бұл адамның саналы әрекетінің және оны орындау процесінде қалыптасатын автоматтандырылған компоненті [3].

Дағды алғашқыда компьютерлік графика бойынша тапсырманы саналы автоматтандырылған орындау іс-әрекеті ретінде пайда болса, одан кейін бұл іс-әрекет