

ДВИГАТЕЛЬ НИЗКОГО ТРЕНИЯ ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ХОЗЯЙСТВА

Д. В. Анашин

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведено описание двигателя низкого трения, позволяющего получить максимальную эффективность использования техники при минимальных затратах.

Ключевые слова: двигатель; трение; ресурс работы; садовая техника.

LOW FRICTION ENGINE FOR HOUSEHOLD USE

D. V. Anashin

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article describes a low-friction engine that allows you to maximize the efficiency of using technology at minimal cost.

Keywords: engine; friction; service life; gardening equipment.

На всем протяжении исторического развития человека, он был тесно связан с получением продуктов питания от земли. По мере развития сегодняшней цивилизации, повышения благосостояния людей, появляется все больше материальных возможностей для жизни без непосредственного участия в сельскохозяйственном производстве. Однако, стремление человека к общению с землей, выращиванию на ней растений, годами сформировано и у многих является потребностью. Типовым для нашей страны способом реализации таких стремлений является дача. Выращивание тех видов цветов, ягод, фруктов, которые нравятся конкретному человеку – уникальная возможность для реализации на даче. Вместе с тем, сегодняшняя цивилизация накладывает жесткие временные рамки на возможность занятия приусадебным хозяйством.

Сельскохозяйственная техника – ключ к решению большинства вопросов, возникающих перед владельцем дачного участка. Сегодня есть много возможностей по использованию робототехники и автоматики в помощи на дачном участке – от автоматического полива до роботов, ухаживающих за газоном. По мере роста количества и номенклатуры различной техники, растет и энергопотребление, все более актуальна потребность в широком спектре двигателей к технике. Во многих случаях техника комплектуется электродвигателями, но, в силу ряда причин, в т.ч. логистического характера, также актуальными остаются двигатели внутреннего сгорания, работающие на углеводородном топливе.

Анализ состояния вопроса показал, что одним из путей системного подхода к решению вопроса обеспеченности сельскохозяйственной техники двигателями внутреннего сгорания, может стать создание нового вида внутреннего сгорания с пониженным трением.

На кафедре тракторов и автомобилей Института механики и энергетики РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, в результате проведения анализа существующих решений в двигателестроении, используя методы функционально-стоимостного анализа, системы решения изобретательских задач ТРИЗ, была создана новая конструкция двигателя для сельскохозяйственной техники, в частности, для техники, используемой в приусадебном хозяйстве, такой, например, как мотокультиваторы, газонокосилки, снегоуборщики. Ограничивающими факторами при разработке нового двигателя были приняты возможность производства двигателя на существующих в широком использовании на большинстве предприятий технологическом оборудовании (штамповка); многотопливность эксплуатации двигателя (газ, бензин), высокие экологические требования, низкие эксплуатационные затраты.

Проведен анализ существующих на рынке конструкций двигателей иностранных компаний, а также перспективные разработки новых конструкций двигателей в разных странах.

Химическая энергия топлива «из скважины» преобразуется в полезную работу двигателя только частично: существуют большие затраты на преобразование углеводородного сырья в топливо; большие потери химической энергии топлива по пути

преобразования в полезную механическую энергию, в т.ч. большие потери энергии «в выхлопную трубу»; на некачественно и несвоевременно сгоревшее топливо; на теплотери – в рабочем объеме через стенки цилиндра и головку двигателя. Также потери энергии в фазе сжатия: из-за того, что при нагреве воздушно-топливной смеси при сжатии начинается реакция окисления топлива без горения, сопровождаемая выделением тепловой энергии, топливо теряет калорийность.

Механические потери двигателя: инерционные потери, связанные с высокой массой поршня и шатуна (особенно в четырехтактном двигателе); потери на трение поршня, связанные с разложением сил – сила давления сгоревших газов на головку шатуна P дает составляющую S , приводящую к движению коленчатого вала и боковую составляющую N на стенку цилиндра, приводящую к трению поршня.

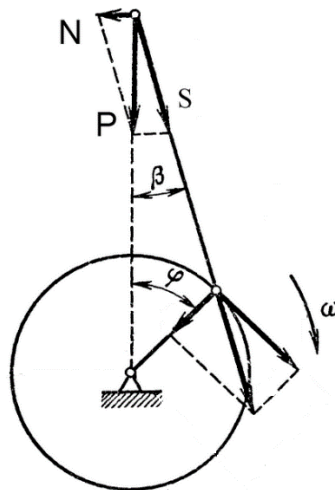


Рисунок 1 – Разложение силы давления сгоревших газов

Чем большая степень сжатия в двигателе, тем больше эти потери.

При классической схеме двигателя цилиндр больше поршня в диаметре, что приводит к появлению пятна контакта поршня и цилиндра. В этом месте идет увеличенный износ, приводящий к снижению рабочих характеристик и ресурса работы двигателя. В момент воспламенения топлива в верхней мертвой точке (ВМТ), шатун перпендикулярен оси коленчатого вала и через него происходят ударные нагрузки на поршневой палец и шейку

коленчатого вала, что приводит также к снижению ресурса работы двигателя. При переходе поршня через ВМТ происходит переколебательное движение поршня с кратковременным подклиниванием, особенно на непрогретом и плохо смазанном поршне – это также приводит к механическим потерям и износу поршневой группы. В двигателе также существуют механические потери на организацию работы вспомогательных механизмов: кулачкового распределительного механизма, привод насоса системы охлаждения.

Таким образом, проанализировав процессы, происходящие в классическом двигателе внутреннего сгорания, выявилось, что резервы ДВС можно найти в следующем:

- переход от четырехтактного цикла ДВС к двухтактному, в случае с садовой техникой – воздушного охлаждения. Это приведет к снижению габаритов и массы двигателя внутреннего сгорания, отказ от потерь во вспомогательных механизмах.
- снижение потерь в двигателе на трение.

При изучении существующих и перспективных конструкций двигателей, а также технической литературы, была проведена исследовательская работа и разработана конструкция двигателя внутреннего сгорания с попарным встречным движением поршней, находящихся в одном рабочем объеме. Такое техническое решение не является принципиально новым. Схема двигателя с ПДП (противоположно движущимися поршнями) известна с конца XIX века и в последствии двигатели по этой схеме были созданы в Германии, Англии, США, России. Двигатели на дизельном топливе с ПДП использовались, например, на немецких военных самолетах Юнкерс времен 2 мировой войны.

После войны, подобную конструкцию двигателей в нашей стране разрабатывал академик А. Д. Чаромский. Впоследствии, на Рыбинском КБ Моторостроения был изготовлен авиационный 3-х цилиндровый дизель с турбонаддувом с ПДП, имеющий крейсерскую мощность 130 л. с. при 2700 об/мин. Масса двигателя составляла 145 кг (удельная масса 1,12 кг / л. с). Также, двигатели конструкции ПДП выпускались в г. Коломне – для установки на тепловозах и в Ленинграде – для использования в качестве судовых двигателей.

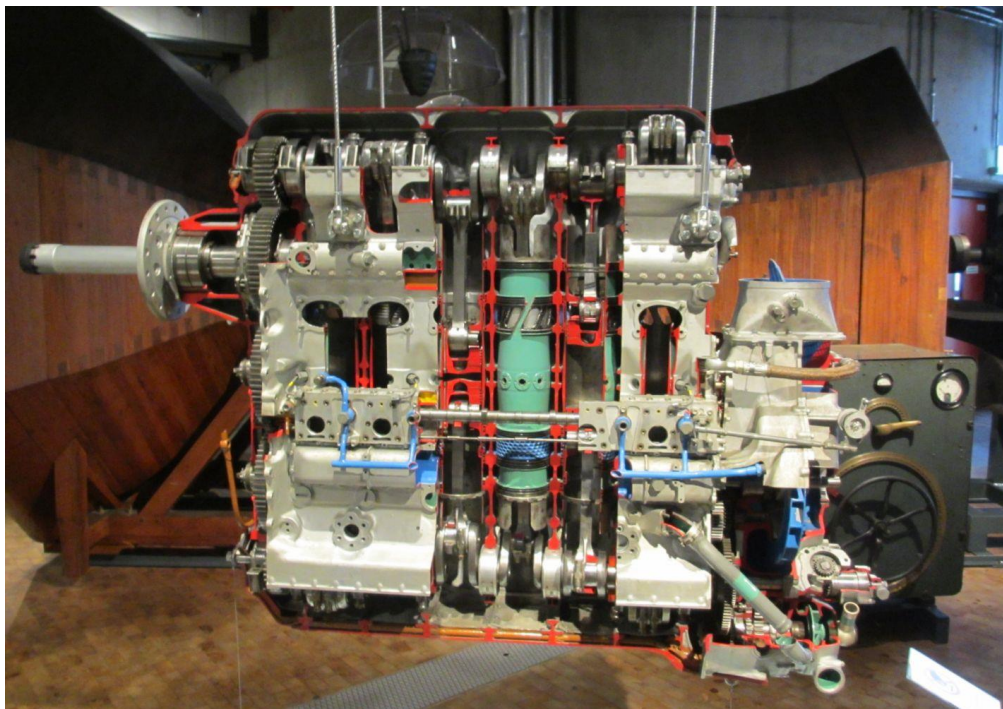


Рисунок 2 – Экспонат JUMO-205 из политехнического музея Берлина (фотография автора)

Примером сегодняшних разработок двигателя со встречными поршнями может быть двигатель E-REX от компании INNEngine, а также двигатель OP Engine от компании Achates Power (США). Двигатели с ПДП имеют в 1,5...2 раза меньшую удельную поверхность камеры сгорания, отнесенную к ее объему, т.е. меньшие тепловые потери рабочего заряда и выше индикаторный КПД цикла. Если тепловые потери в систему охлаждения у 4-х тактного двигателя составляют 20...35 %, то у двигателя с ПДП без охлаждения поршня они составляют порядка 12...15 %.

Отличительной особенностью предлагаемого в Тимирязевской академии двигателя является то, что поршни имеют прямоугольное сечение и совершают колебательное движение в рабочем объеме подковообразной формы, также прямоугольного сечения, при этом поршни не имеют прижимающего к стенкам «цилиндра» усилия. Это дает эффект снижения трения (стремится к нулю) и увеличения ресурса работы (примерно в 2 раза). Вторым положительным аспектом такого решения является то, что внешняя сторона такого «цилиндра» длиннее внутренней, благодаря чему скорости слоев газа в рабочем

пространстве будут различные и будет происходить турбулизация газовой смеси, что является положительным явлением для улучшения смесеобразования и процесса горения, особенно при использовании газового топлива.

Такая конструкция двигателя была в 2022 году направлена для регистрации в федеральный институт промышленной собственности и на нее был получен патент № 2796421.

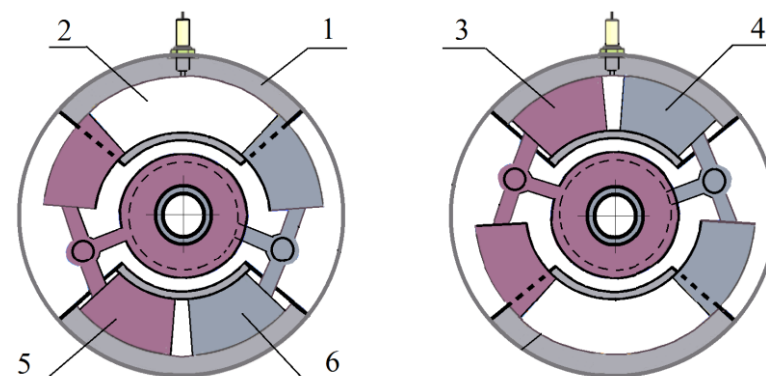


Рисунок 3 – Схема двигателя:

1 – корпус; 2 – рабочий объем; 3,4,5,6 – поршни

Двигатель оснащен двумя парами поршней: одна пара рабочих поршней (3 и 4 на рисунке), и одна пара – нагнетательные поршни, осуществляющие продувку камеры сгорания свежим воздухом. Выполнение экологических норм планируется осуществлять за счет впрыска топлива посредством форсунки и использования в двигателе газового топлива.

При рабочем цикле после воспламенения топлива сначала открываются выпускные окна, и чуть позже – впускные окна. Закрываются же сначала выпускные окна, и чуть позже впускные окна. Поршни попарно связаны с двумя эксцентриковыми валами по типу коленчатого вала. Эти два эксцентриковые вала через шестерни согласования выходят на рабочий вал.

Конструкция с прямоугольными в сечении поршнями выбрана для возможности многосерийного роботизированного производства с применением штамповки взамен литейных операций.

Реализация в двигателе с ПДП двухтактного цикла с прямоточной продувкой позволяет обеспечить улучшенные удельные весовые, габаритные и мощностные характеристики,

которые позволяют при одинаковых габаритах сравнительно с 4-х тактным двигателем внутреннего сгорания получить примерно в 1,5 раза большую мощность, а также упрощение конструкции. Упрощение конструкции и решение с изогнутым рабочим объемом приводит к повышению надежности двигателя и снижению эксплуатационных затрат.

К относительным недостаткам предложенной конструкции можно отнести более неравномерный крутящий момент (кривая 2 на рисунке ниже) по сравнению с существующими конструкциями двигателей (кривая 1).

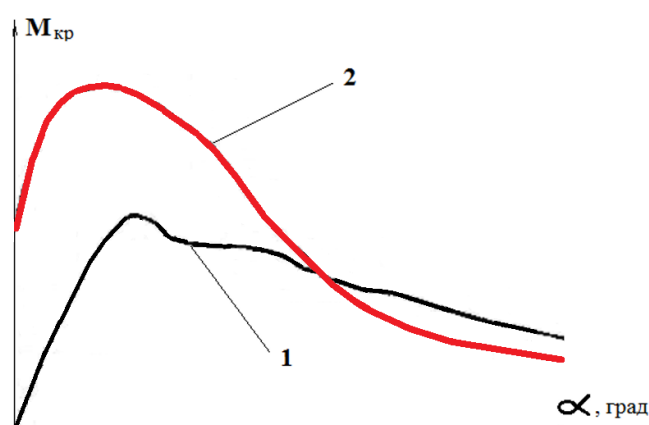


Рисунок 4 – Сравнительные характеристики крутящего момента

Однако, при использовании двигателя в садовой и коммунальной технике, например, в снегоуборщиках, это не так важно, как, например, в автомобилях, а в некоторых случаях использования двигателей такой конструкции может быть полезно.

Себестоимость предложенной конструкции двигателя по предварительным оценкам может быть ниже в сравнении с существующими двигателями порядка 20 % при сопоставимой мощности. Это станет возможным при массовом роботизированном производстве двигателей и применением наработок в использовании материалов от ведущих предприятий страны.

При правильно подобранных материалах двигателя, есть перспектива работы двигателя без смазки поршней, что приведет к значительному упрощению сервисного обслуживания. Возможна модульность при производстве двигателей, когда при изменении

полезной мощности двигателя, переделки потребует не весь двигатель, а только цилиндропоршневая группа.

В настоящее время изготовлена 3D модель, на которой проверены принципиальные вопросы конструкции.

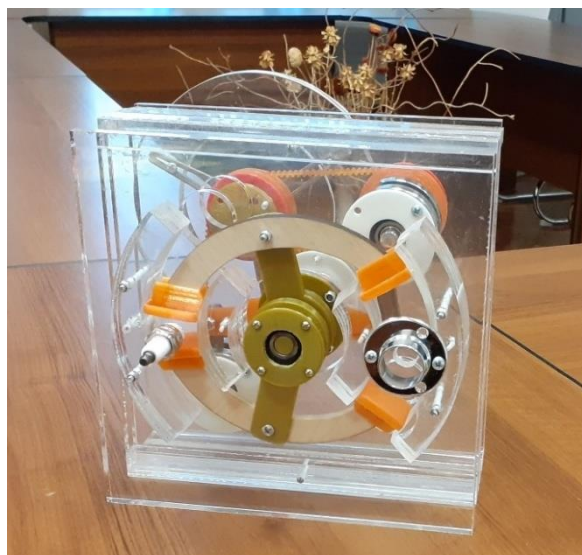


Рисунок 5 – 3D-модель

Модель двигателя была представлена на выставке «Золотая осень», проводимой Министерством сельского хозяйства и получила призовое место.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2796421 С1 Российская Федерация, МПК F02В 75/28, F02В 75/32. Двигатель внутреннего сгорания : № 2022134100 : заявл. 23.12.2022 : опубл. 23.05.2023 / Д. В. Анашин, С. А. Андреев, М. И. Белов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».
2. Чаромский, А. Д. Повышение мощности и улучшение экономичности двигателей внутреннего сгорания / А. Д. Чаромский. – М. , 1959.
3. Орлин, А. С. Двигатели внутреннего сгорания / А. С. Орлин, М. Г. Круглов. – М. , 1990.
4. Техническая эксплуатация автомобилей / О. Н. Дидманидзе, А. А. Солнцев, Д. Г. Асадов [и др.]. – М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – 564 с. – ISBN 978-5-7367-1383-7.
5. Дидманидзе, О. Н. Способы повышения мощности двигателей тракторов / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, А. С. Гузалов // Чтения

академика В. Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22–24 января 2020 года. – М. : ООО «Мегаполис», 2020. – С. 233-239.

6. Анашин, Д. В. Энергетическая установка мобильного робота / Д. В. Анашин // В сб. Чтения академика В. Н. Болтинского. – Москва, 2023. – С. 245-251.

7. Работоспособность технических систем : учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / С. К. Тойгамбаев, О. Н. Дидманидзе, А. С. Апатенко [и др.]. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – 379 с.

8. Будущее тракторостроения в России / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12-13 мая 2022 года. – М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 15-21.

9. Зарикеев, А. Р. Тенденции развития моторов для электромобилей и экологическая безопасность их производства / А. Р. Зарикеев, Н. Н. Пуляев // Наука без границ. – 2020. – № 4(44). – С. 42-45.

Об авторе:

Анашин Дмитрий Викторович, преподаватель кафедры автоматизации и роботизации, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), anashin@rgau-msha.ru.

About the author:

Dmitry V. Anashin, lecturer of the Department of Automation and Robotics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), anashin@rgau-msha.ru.