

ТРАНСПОРТ

УДК 621.432

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20717818>

**Н. И. Мищенко, д-р техн. наук¹, А. В. Химченко, канд. техн. наук²,
А. И. Петров¹, В. Л. Супрун¹**

**1 – Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка**

**2 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I», г. Воронеж**

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В ПОРШНЕВОМ БЕСШАТУННОМ ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Представлены результаты разработки имитационной модели механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания в среде Matlab Simulink. Продемонстрирована динамика изменения степени сжатия, установлены целевые значения быстродействия системы, подобраны оптимальные значения пропускной способности запорных элементов гидравлической системы.

Ключевые слова: поршневой двигатель внутреннего сгорания, переменная степень сжатия, бесшатунный двигатель, имитационная модель, Matlab Simulink

Для цитирования: Имитационная модель механизма изменения степени сжатия в поршневом бесшатунном двигателе внутреннего сгорания / Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, А. И. Петров, В. Л. Супрун // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2026. – № 1(56). – С. 7–16. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20717818>.

Введение

Разработки двигателей с переменной степенью сжатия ведутся с 30-х годов XX века. Первоначальные задачи таких двигателей не включали регулирование давления сгорания. В то время основная цель заключалась в быстром изменении степени сжатия при изменении нагрузочного и скоростного режимов двигателя. А сам двигатель с автоматически меняющейся степенью сжатия рассматривался, прежде всего, как автомобильный карбюраторный двигатель.

Совершенствование методов проектирования и расчёта двигателей, активное внедрение передовых технологий при производстве деталей и узлов, применение высокотехнологичных блоков управления рабочими процессами, турбонаддува и систем впрыска топлива ставят новые требования к применению систем изменения степени сжатия.

Современные подходы позволяют по-новому взглянуть на технические решения, которые ранее считались сложными для серийного применения. Так, долгое время поршни, автоматически регулирующие степень сжатия (ПАРСС) [1] и шатуны переменной длины считались технически не реализуемыми из-за конструктивной сложности и низкой надёжности вследствие применения подвижных частей и гидравлических элементов в самых нагруженных элементах двигателя внутреннего сгорания. Однако в последние десятилетия появились публикации [2–4], демонстрирующие успешные прототипы таких систем с улучшенными показателями надёжности.

Дальнейшее развитие двигателестроения возможно при создании двигателей нетрадиционных конструкций. Одним из таких является бесшатунный двигатель с кривошипно-

кулисным механизмом (ККМ) [5–6]. Бесшатунный двигатель позволяет реализовать переменную степень сжатия относительно просто, объединив преимущества ПАРСС и шатуна переменной длины. Переменная степень сжатия позволяет преодолеть не только трудности, связанные с повышением механической нагрузки деталей, но и, в значительной мере, повлиять на термические нагрузки, так как уменьшение степени сжатия при увеличении массы заряда в цилиндре приводит к незначительному росту средней температуры газов, находящихся в цилиндре. В свою очередь, автоматическое понижение степени сжатия по мере повышения давления наддува, может помочь добиться высокого форсирования при сохранении давления сгорания на допустимом уровне.

Использование названных выше устройств предоставляет возможность реализовать изменение степени сжатия поршневого двигателя не только в определенном режиме работы, но и в пределах одного рабочего цикла, что позволяет мгновенно подстраивать параметры сгорания под текущие условия в цилиндре двигателя. Как отмечается в работах [7–10], подобные решения открывают путь к созданию более экономичных, экологичных и гибких по характеристикам силовых агрегатов, отвечающих современным требованиям к энергоэффективности и снижению выбросов.

Авторами данной работы предложен принципиально новый механизм изменения степени сжатия (МИСС), позволяющий изменять степень сжатия в течение одного рабочего цикла двигателя. В связи с особенностями конструкции МИСС необходимо проведение исследований рабочего процесса, определяющего его быстрдействие и экономичность двигателя в целом.

Существующие методики расчёта такого МИСС не позволяют выбрать оптимальные параметры механизма и его быстрдействие. В данной работе представлена имитационная модель МИСС и некоторые результаты расчётного исследования.

Цель работы

Разработка имитационной модели механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания.

Основная часть

В настоящее время в Автомобильно-дорожном институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка ведутся исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию бесшатунного поршневого ДВС с ККМ и переменной степенью сжатия [5–6, 11]. В разрабатываемом двигателе поршень не подвергается перекладке и испытывает гораздо меньшие боковые нагрузки, что позволяет сделать его практически без юбки, а механизм изменения степени сжатия расположить между поршнем и ККМ.

1. Краткое описание МИСС

Механизм изменения степени сжатия представляет собой силовой гидроцилиндр двустороннего действия с односторонним гидравлическим штоком. МИСС содержит следующие основные элементы: гидравлический цилиндр, гидравлический поршень, шток гидроцилиндра, поршневую полость, штоковую (кольцевую) полость, упругий элемент в виде пружины сжатия, дифференциальный и обратный клапаны. Клапаны соединены с поршневой и штоковой полостями при помощи масляных перепускных каналов.

Изменение степени сжатия осуществляется благодаря перемещению гидравлического поршня, который кинематически связан с поршнем двигателя через верхнюю часть штока двигателя. Поршень гидроцилиндра может перемещаться в обоих направлениях под действием результирующей силы, включающей силу давления газов в цилиндре и силу инерции подвижных деталей МИСС, а также силу упругости пружины. Регулирование движения гид-

равлического поршня осуществляется автоматически с помощью дифференциального и обратного клапанов, обеспечивающих заданный расход масла из одной полости в другую.

Конструкция дифференциального клапана обеспечивает высокую точность начала срабатывания МИСС в конце процесса сжатия в двигателе. Эффект состоит в том, что первая фаза срабатывания механизма становится более зависимой от частоты вращения коленчатого вала, в результате чего начало снижения степени сжатия автоматически согласовывается с текущим значением частоты вращения вала двигателя. Кроме того, дифференциальный клапан обеспечивает при этом меньшие размеры пружины и стабильный процесс срабатывания при переменной величине давления конца сжатия смеси в цилиндре двигателя.

2. Имитационная модель МИСС

Изучить работу нового механизма изменения степени сжатия можно на имитационной модели. Такой подход даёт возможность воспроизвести поведение двигателя в разных режимах эксплуатации, не прибегая к физическим испытаниям. Модель сохраняет логику работы механизма, предоставляет возможность исследовать переходные процессы при изменении степени сжатия и проанализировать как это влияет на ключевые параметры цикла – давление и температуру в цилиндре, состав рабочей смеси, динамику сгорания.

В программной среде Matlab Simulink разработана имитационная модель МИСС для поршневого двигателя внутреннего сгорания. Она предназначена для исследования работы описанного механизма и параметров работы жидкости в гидравлической системе, а также для совершенствования быстродействия механизма на различных режимах работы. Моделирование базируется на решении систем дифференциальных и алгебраических уравнений численным методом. Результаты расчёта представляют собой зависимости изменения различных показателей во времени и доступны в числовом и графическом виде, а численные значения во время испытаний, по желанию, записываются в файл. Данная модель незаменима при проведении оптимизационных численных экспериментов [12].

Имитационная модель МИСС в среде Matlab Simulink представлена на рисунке 1.

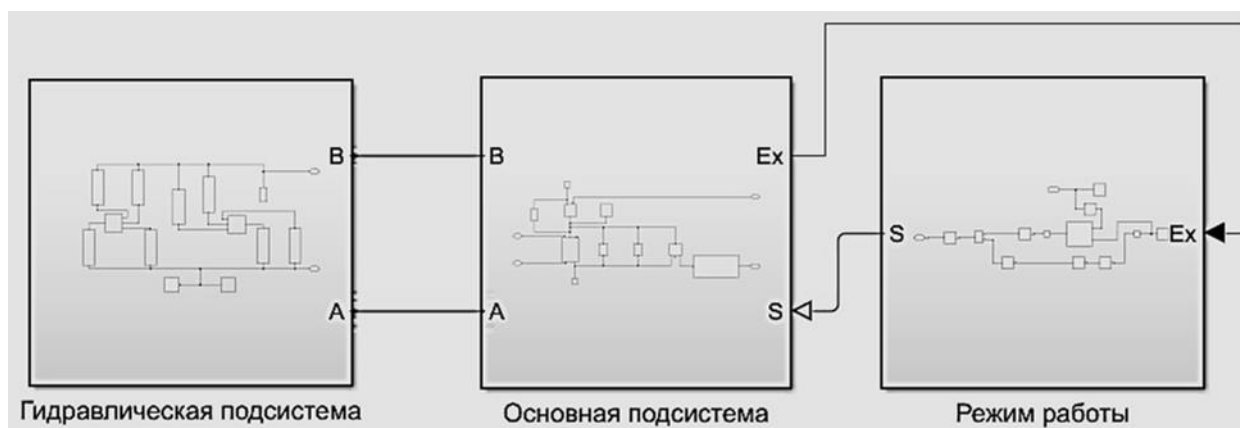


Рисунок 1 – Общая схема модели механизма изменения степени сжатия

Модель состоит из четырёх подсистем: основной подсистемы (рисунок 2), включающей в себя подсистему расчёта текущей степени сжатия (рисунок 3), подсистемы задания режима работы механизма (рисунок 4) и гидравлической подсистемы (рисунок 5).

Основная подсистема (рисунок 2) строится вокруг гидравлического цилиндра двустороннего действия, подвижный шток которого связан с блоком силового нагружения и с дополнительной массой, по значению равной сумме масс поршня, поршневых колец и подвижной части штока механизма. Прикладываемое усилие вызывает ограниченное перемещение, предельное значение которого задается блоком Translation Hard Stop.

Основание гидравлического цилиндра связано с системой координат для всех механических поступательных портов. Между основанием гидроцилиндра и рабочим штоком

параллельно установлены демпфер, блок регистрации перемещения и упругий элемент сжатия, который задаёт минимальное усилие срабатывания механизма.

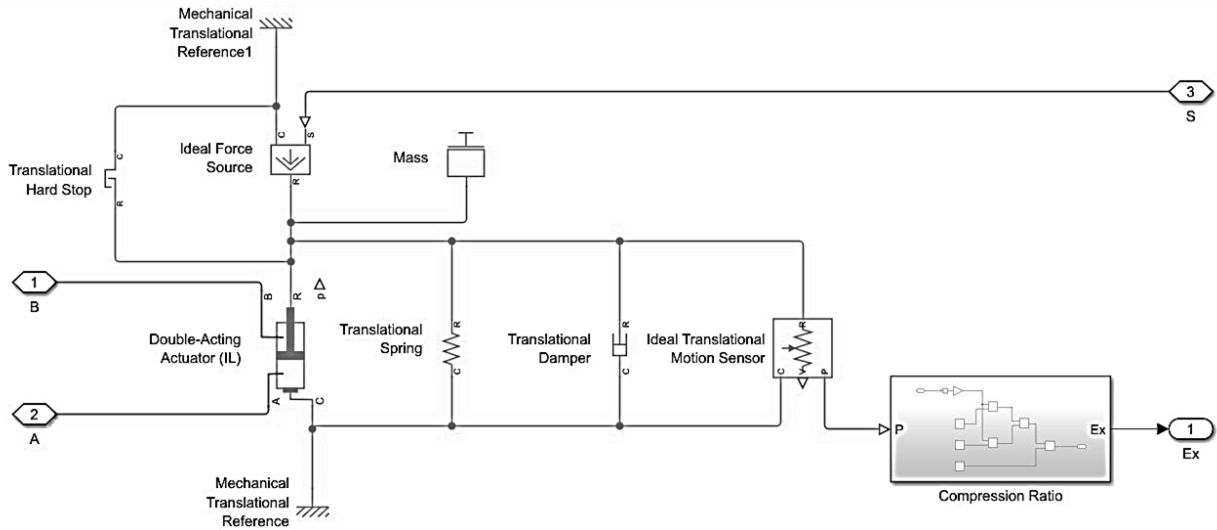


Рисунок 2 – Основная подсистема МИСС

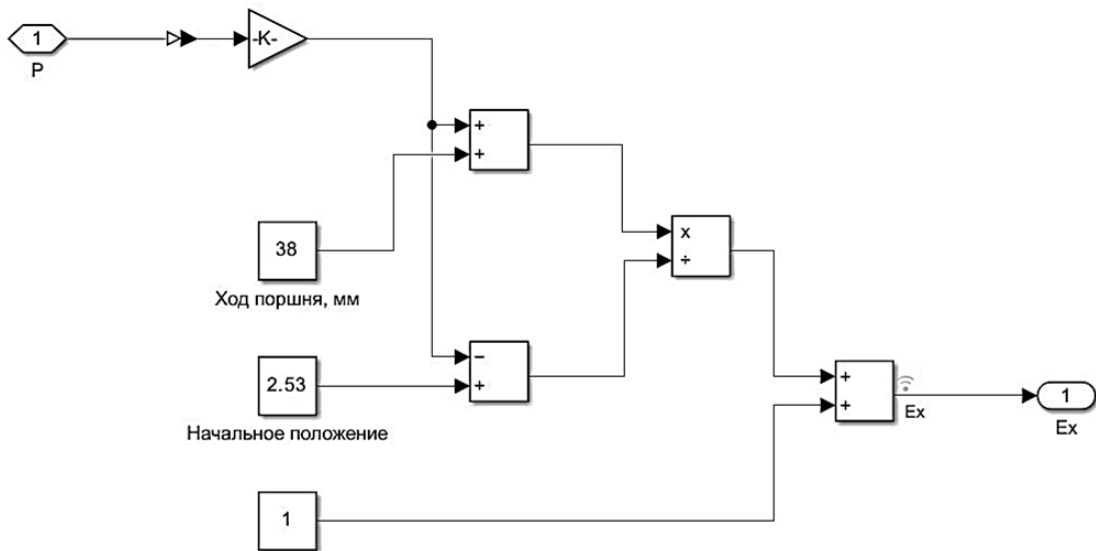


Рисунок 3 – Подсистема расчёта текущей степени сжатия

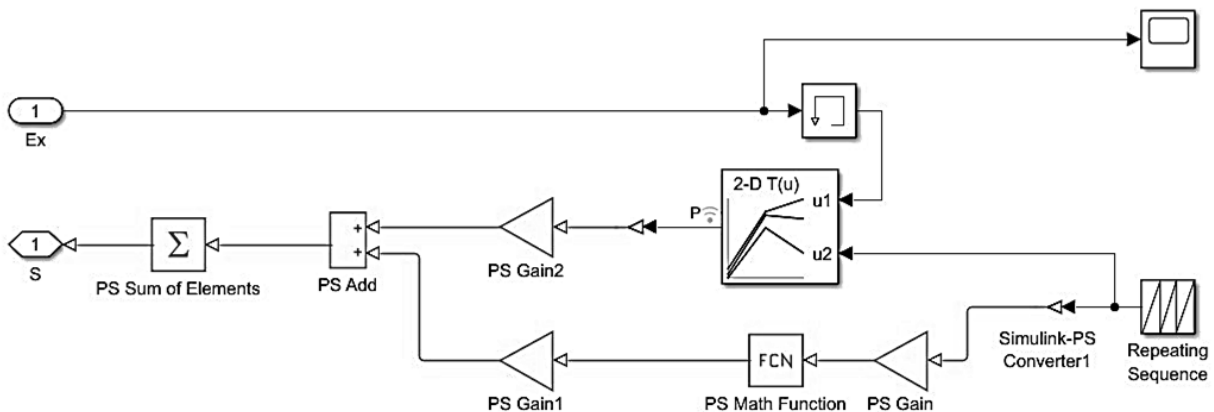


Рисунок 4 – Подсистема задания режима работы механизма

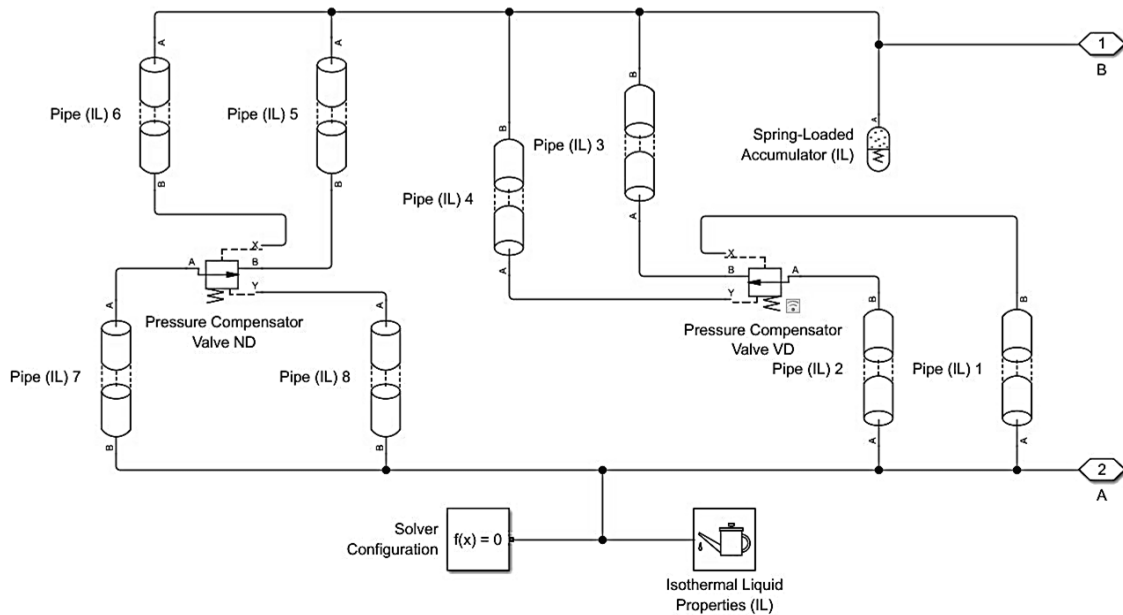


Рисунок 5 – Гидравлическая подсистема механизма

Коэффициенты демпфирования и сжатия подбираются в ходе идентификации модели после проведения натурных экспериментов, так как их точные значения зависят от множества реальных физических факторов – свойств материалов, геометрии деталей, условий смазки, температуры, утечек, инерционности элементов и других параметров.

Упругий элемент в исходном состоянии удерживает шток механизма в верхнем положении, минимизируя объём камеры сгорания. Это обеспечивает максимальную степень сжатия 16:1. Значения перемещения механизма, определяемые блоком Ideal Translation Motion Sensor, передаются в подсистему расчёта текущей степени сжатия (рисунок 3). Данная подсистема определяет текущее значение геометрической степени сжатия и передаёт его на вход подсистемы задания режима работы (рисунок 4).

На начальных этапах исследования работы МИСС в подсистеме задания режима работы имитационной модели основным блоком является таблица давления внутри цилиндра двигателя. В неё внесены результаты расчёта рабочих циклов в зависимости от величины поворота коленчатого вала и текущей степени сжатия при работе МИСС, полученные в программном комплексе для термодинамического анализа и оптимизации ДВС – «Дизель-РК» [13].

При увеличении степени сжатия увеличивается и давление в конце такта сжатия, что способствует более эффективному воспламенению, более быстрому сгоранию топливовоздушной смеси и, как следствие, более высокому значению давления в конце сгорания [8–10]. Визуализация значений таблицы давления представлена на рисунке 6.

По мере роста усилия на штоке гидравлического цилиндра во время процесса сжатия наступает момент, когда усилие превышает сопротивление упругого элемента. В этот момент вступает в работу гидравлическая система и клапан Pressure Compensator VD (рисунок 5). При достижении критического перепада давления он срабатывает, в результате чего степень сжатия в наиболее нагруженных режимах работы должна снизиться до значения 7,6:1 в момент образования максимального давления.

Упругий элемент при этом выполняет двойную функцию: демпфирует резкие скачки давления и обеспечивает возврат поршня в верхнее положение после снижения давления в цилиндре, способствуя восстановлению максимальной степени сжатия 16:1.

Применение гидравлической системы оправдано легкостью настройки и большим быстродействием, главным образом из-за малого момента инерции исполнительных элементов. Кроме того, рабочая жидкость практически мгновенно передаёт усилие по всей системе, её низкая сжимаемость обеспечивает почти беззамедлительную реакцию исполнительных механизмов на изменение давления над поршнем.

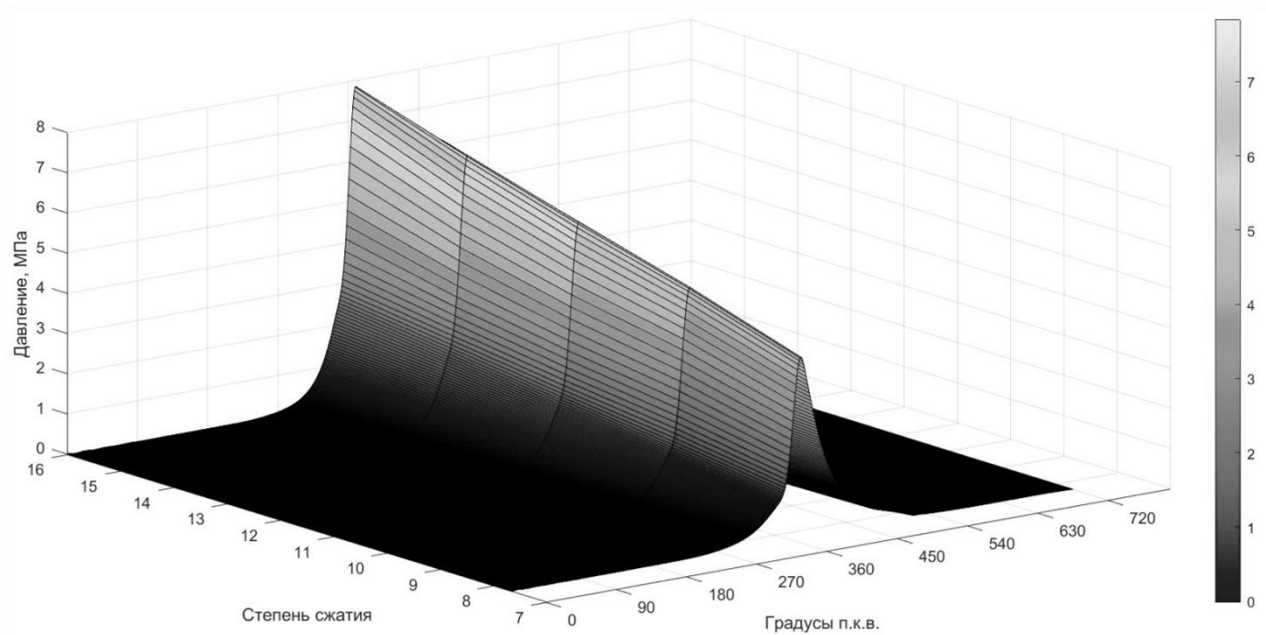


Рисунок 6 – Избыточное давление внутри цилиндра двигателя при различных углах поворота коленчатого вала и степени сжатия (частота вращения $n = 2\,400$ об/мин.)

Остается открытым вопрос обеспечения быстродействия и поведения жидкости в столь сложных условиях, что и является задачей для дальнейших исследований.

Для демонстрации работы модели рассмотрим поведение МИСС в самом нагруженном режиме: при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала $n = 2\,400$ об/мин. В таких условиях МИСС должен обеспечить понижение степени сжатия с 16:1 до 7,6:1 за время нарастания давления во время процесса сгорания.

3. Результаты моделирования МИСС

Предварительно задав все конструктивные параметры механизма, а также параметры автомобильного масла – с вязкостью SAE 5W-30 при температуре $80\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении начала срабатывания МИСС – на уровне 3,7 МПа, можно оценить поведение системы при различных диаметрах перепускных каналов клапанов (рисунки 7, 8).

В ходе моделирования установлено, что на режиме полной нагрузки и при частоте вращения коленчатого вала $n = 2\,400$ об/мин быстродействие составляет 0,003 с. За это время из одной полости гидравлического цилиндра в другую перекачивается $3,49\text{ см}^3$ масла. Требуемый уровень быстродействия достигается при диаметре перепускных каналов $d = 4$ мм.

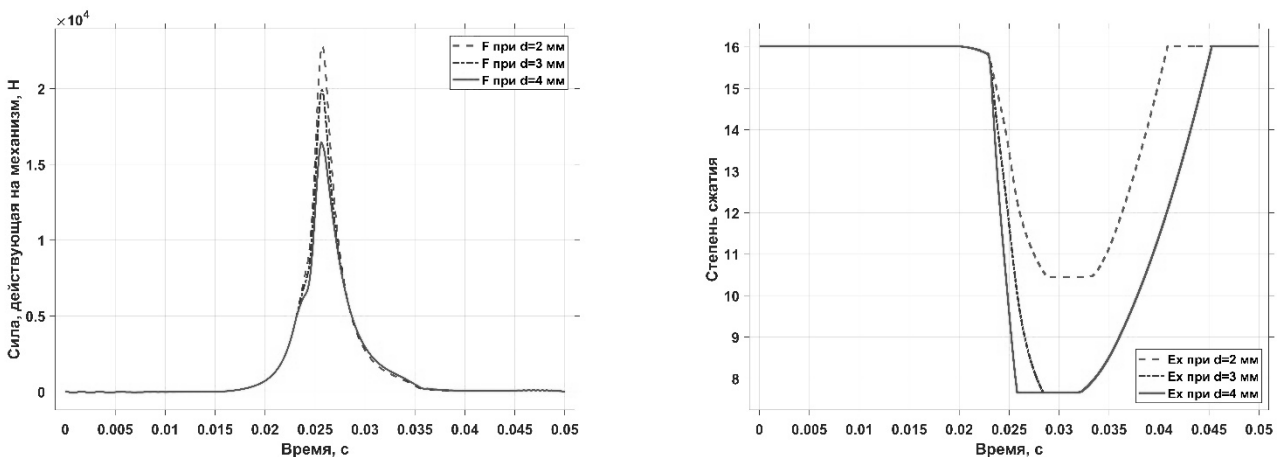


Рисунок 7 – Силы, действующие на механизм и значение степени сжатия во времени при различных диаметрах перепускных каналов

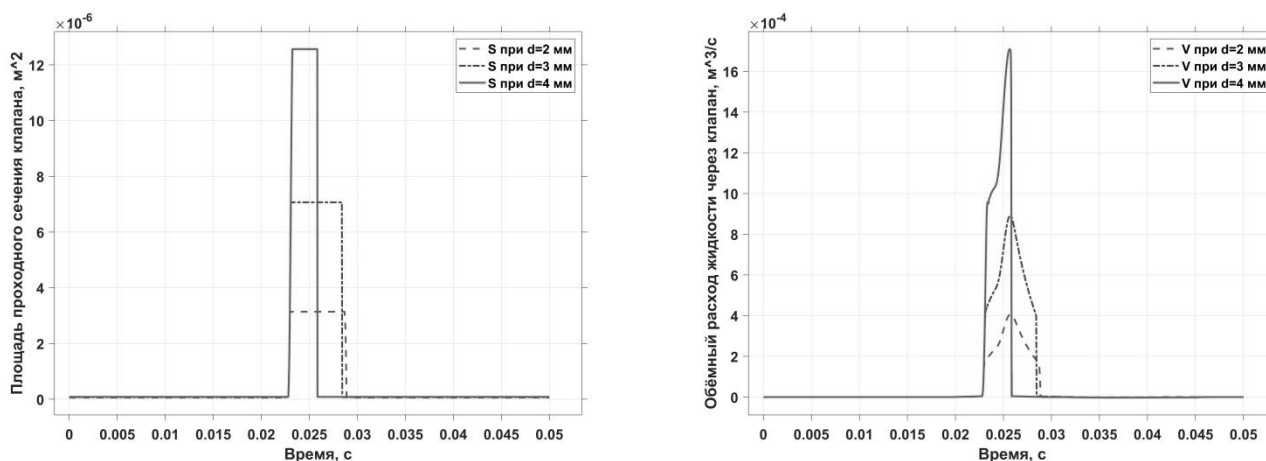


Рисунок 8 – Площадь поперечного сечения перепускного клапана и объёмный расход жидкости через него при различных диаметрах перепускных каналов

Заключение

В статье описана разработанная имитационная модель механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания в среде Matlab Simulink. Продемонстрированы ключевые моменты создания динамической системы с обратной связью и результаты расчёта избыточного давления внутри цилиндра двигателя при различных углах поворота коленчатого вала и степени сжатия, полученные для экспериментального двигателя в программе «Дизель-РК». Рассмотрено поведение модели механизма при различных сечениях перепускных каналов клапана в гидравлической системе, установлены целевые значения быстродействия системы на уровне 0,003 с.

Всё вышеперечисленное свидетельствует о применении МИСС с высоким уровнем быстродействия для поршневых ДВС.

Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.

Список литературы

1. Махалдиани, В. В. Двигатели внутреннего сгорания с автоматическим регулированием степени сжатия / В. В. Махалдиани, И. Ф. Эджибия, А. М. Леонидзе ; Академия наук Грузинской ССР, Институт механики машин. – Тбилиси : Мецниереба, 1973. – 270 с.
2. Shaik, A. Variable compression ratio engine: A future power plant for automobiles – An overview / A. Shaik, N. S. V. Moorthi, R. Rudramoorthy // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D. Journal of Automobile Engineering. – 2007. – Vol. 221(9). – P. 1159–1168.
3. Wittek, K. Two-Stage Variable Compression Ratio with Eccentric Piston Pin and Exploitation of Crank Train Forces / K. Wittek, Ch. Tiemann, S. Pischinger // SAE International Journal of Engines. – 2009. – Vol. 2(1). – P. 1304–1313.
4. Тер-Мкртчян, Г. Г. Прогрессивные конструкции и рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания / Г. Г. Тер-Мкртчян. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 116 с. – ISBN 978-5-9729-1802-7.
5. Мищенко, Н. И. Нетрадиционные малоразмерные двигатели внутреннего сгорания. В 2 т. Т. 1. Теория, разработка и испытание нетрадиционных двигателей внутреннего сгорания / Н. И. Мищенко. – Донецк : Лебедь, 1998. – 228 с. – ISBN 966-508-181-0.
6. Мищенко, Н. И. Конструктивные решения переменной степени сжатия в поршневых двигателях внутреннего сгорания / Н. И. Мищенко, А. И. Петров, В. Л. Супрун. – Текст : электронный // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2024. – № 2(49). – С. 7–15. – EDN WVCYIQ. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=75201532> (дата обращения: 05.02.2026).
7. Влияние степени сжатия на показатели двигателей / Н. И. Мищенко, В. Л. Супрун, Ю. В. Юрченко [и др.]. – Текст : электронный // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : Материалы V международной научно-практической конференции, Горловка, 22 мая 2019 года. – Горловка : АДИ ДОННТУ, 2019. – С. 57–60. – EDN ZYHXLV. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38517589> (дата обращения: 06.02.2026).
8. Оценка показателей двигателя легкового автомобиля с новым механизмом изменения степени сжатия / Н. И. Мищенко, А. И. Петров, С. Е. Волков, Д. Д. Ромашов. – Текст : электронный // Актуальные проблемы науки и техники. 2023 : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 15–17 марта 2023 г. / отв. ред. Н. А. Шевченко. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2023. – С. 598–599. – EDN HLUKCD. – URL: <https://elibrary.ru/hlurcd> (дата обращения: 09.02.2026).

9. Лашко, В. А. Изменение степени сжатия – один из элементов создания адаптивного поршневого двигателя / В. А. Лашко, А. И. Пospelov. – Текст : электронный // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5, № 1. – С. 307–310. – EDN SAMRCP. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21408724> (дата обращения: 10.02.2026).
10. Ле, Д. Д. Улучшение технических показателей перспективного поршневого многотопливного ДВС с переменной степенью сжатия на ранней стадии проектирования / Д. Д. Ле. – Текст : электронный // Достижения науки и образования. – 2016. – № 6(7). – С. 24–31. – EDN WCFWBR. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26240702> (дата обращения: 11.02.2026).
11. Патент № 2794018 С1 Российская Федерация, МПК F01B 9/02, F02B 75/32. Бесшатунный двигатель с кривошипно-кулисным механизмом : № 2022126033 : заявл. 05.10.2022 : опубл. 11.04.2023 / Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, Т. Н. Колесникова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I. – EDN FZUQEA. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=fzuqea> (дата обращения: 12.02.2026). – Текст. Изображение : электронные.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025668533 Российская Федерация. Имитационная модель механизма изменения степени сжатия в поршневом двигателе внутреннего сгорания : заявл. 17.07.2025 : опубл. 17.07.2025 / А. В. Химченко, Н. И. Мищенко, А. И. Петров ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ. – EDN BEXDMF. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82658470> (дата обращения: 13.02.2026). – Текст : электронный.
13. Кулешов, А. С. Развитие методов расчёта и оптимизация рабочих процессов ДВС : специальность 05.04.02 : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук / Андрей Сергеевич Кулешов ; Московский государственный университет имени Н. Э. Баумана. – Москва : МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2011. – 235 с.

References

1. Makhaldiani V. V. Internal Combustion Engines with Automatic Regulation of Compression Ratio. V. V. Makhaldiani, I. F. Ejibia, A. M. Leonidze ; Academy of Sciences of the Georgian SSR, Institute of Machine Mechanics. Tbilisi : Metsniereba, 1973. 270 p. (In Russ.)
2. Shaik A. Variable Compression Ratio Engine: A Future Power Plant for Automobiles. An overview. A. Shaik, N. S. V. Moorthi, R. Rudramoorthy. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D. Journal of Automobile Engineering. 2007. Vol. 221(9). Pp. 1159–1168. (In Eng.)
3. Wittek K. Two-Stage Variable Compression Ratio with Eccentric Piston Pin and Exploitation of Crank Train Forces. K. Wittek, Ch. Tiemann, S. Pischinger. SAE International Journal of Engines. 2009. Vol. 2(1). Pp. 1304–1313. (In Eng.)
4. Ter-Mkrtychyan G. G. Progressive Designs and Operating Processes of Internal Combustion Engines : A Textbook. Moscow ; Vologda : Infra-Engineering, 2024. 116 p. ISBN 978-5-9729-1802-7. (In Russ.)
5. Mishchenko N. I. Unconventional Small-Sized Internal Combustion Engines. In 2 volumes. Vol. 1. Theory, Development, and Testing of Unconventional Internal Combustion Engines. Donetsk : Lebed, 1998. 228 p. ISBN 966-508-181-0. (In Russ.)
6. Mishchenko N. I. Variable Compression Ratio Design Solutions in Reciprocating Internal Combustion Engines. N. I. Mishchenko, A. I. Petrov, V. L. Suprun. Vesti Avtomobil'no-dorozhnogo instituta = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. 2024. № 2(49). Pp. 7–15. EDN WVCYIQ. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=75201532>
7. The Effect of Compression Ratio on Engine Performance. N. I. Mishchenko, V. L. Suprun, Yu. V. Yurchenko [et al.]. Scientific and Technical Aspects of the Development of the Motor Transport Complex : Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference, Gorlovka, May 22, 2019. Gorlovka: ADI DONNTU, 2019. Pp. 57–60. EDN ZYHXLV. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38517589>
8. Evaluation of the Performance of a Passenger Car Engine with a New Variable Compression Ratio Mechanism. N. I. Mishchenko, A. I. Petrov, S. E. Volkov, D. D. Romashov. Actual Problems of Science and Technology. 2023 : Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, March 15–17, 2023. Ed. N. A. Shevchenko. Rostov-on-Don: DSTU, 2023. Pp. 598–599. EDN HLURCD. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/hlurcd>
9. Lashko V. A. Varying the Compression Ratio Is One of the Elements in Creating an Adaptive Piston Engine. V. A. Lashko, A. I. Pospelov. Uchenye zametki TOGU. [PSU Academic Notes]. 2014. Vol. 5, № 1. Pp. 307–310. EDN SAMRCP. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21408724>
10. Le D. D. Improving the Performance of the Promising Piston Multi-Fuel Internal Combustion Engine with Variable Compression Ratio at an Early Design Stage. Dostizheniya nauki i obrazovaniya. [Achievements of Science and Education]. 2016. № 6(7). Pp. 24–31. EDN WCFWBR. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26240702>
11. Patent No. 2794018 C1 Russian Federation, IPC F01B 9/02, F02B 75/32. Connecting rod-less engine with a crank-rocker mechanism : No. 2022126033 : declared 05.10.2022 : published 11.04.2023. N. I. Mishchenko, A. V. Khimchenko, T. N. Kolesnikova [et al.] ; applicant Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I”. EDN FZUQEA. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=fzuqea>
12. Certificate of State Registration of Computer Program No. 2025668533 Russian Federation. Simulation model of the mechanism for changing the compression ratio in a piston internal combustion engine: declared 17.07.2025 :

published 17.07.2025. A. V. Khimchenko, N. I. Mishchenko, A. I. Petrov ; applicant Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great”. Registered in the Register of Computer Programs. EDN BEXDMF. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82658470>
 13. Kuleshov A. S. Development of Calculation Methods and Optimization of Internal Combustion Engine Operating Processes : Specialty 05.04.02 : Dissertation for the Degree of Doctor of Technical Sciences. Andrei Sergeevich Kuleshov ; Bauman Moscow State University. Moscow : Bauman Moscow State Technical University, 2011. 235 p. (In Russ.)

Статья поступила 16.02.2026

© Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, А. И. Петров, В. Л. Супрун, 2026

Рецензент: Н. В. Савенков, канд. техн. наук, доц.,

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка

Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, А. И. Петров, В. Л. Супрун
Имитационная модель механизма изменения степени сжатия в поршневом бесшатунном двигателе внутреннего сгорания

Статья посвящена разработке имитационной модели механизма изменения степени сжатия для поршневого бесшатунного двигателя внутреннего сгорания в среде Matlab Simulink.

В настоящее время в Автомобильно-дорожном институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка ведутся исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию бесшатунного поршневого двигателя внутреннего сгорания с кривошипно-кулисным механизмом и переменной степенью сжатия. В разрабатываемом двигателе поршень не подвергается перекладке и испытывает гораздо меньшие боковые нагрузки, что позволяет сделать его практически без юбки, а механизм изменения степени сжатия расположить между поршнем и кулисой.

При такой компоновке регулирование степени сжатия осуществляется изменением положения поршня в цилиндре относительно поверхности головки блока. Это обеспечивает быструю и точную реакцию системы на текущий режим работы двигателя, за считанные миллисекунды. С точки зрения эффективности сгорания, прямое регулирование положения поршня даёт возможность оптимизировать объём камеры сгорания в каждом рабочем цикле.

ПОРШНЕВОЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ПЕРЕМЕННАЯ СТЕПЕНЬ СЖАТИЯ, БЕСШАТУННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, MATLAB SIMULINK

N. I. Mishchenko, A. V. Khimchenko, A. I. Petrov, V. L. Suprun
Simulation Model of the Mechanism for Changing the Compression Ratio in a Piston Conrod-free Internal Combustion Engine

The article is devoted to the development of the simulation model of the mechanism for changing the compression ratio for a piston conrod-free internal combustion engine in the Matlab Simulink environment.

Currently, the Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Donetsk National Technical University” in Gorlovka is conducting research and development work on the creation of a piston conrod-free internal combustion engine with a crank mechanism and variable compression ratio. In the engine under development, the piston is not shifted and experiences much less lateral loads, which allows it to be made practically without a skirt, and the mechanism for changing the compression ratio is positioned between the piston and the link.

With this arrangement, the compression ratio is adjusted by the length of the rod, thereby changing the position of the piston in the cylinder relative to the surface of the block head. This ensures a fast and accurate system response to the current engine operating mode in a matter of milliseconds. From the point of view of combustion efficiency, direct control of the piston position makes it possible to optimize the volume of the combustion chamber in each operating cycle.

PISTON INTERNAL COMBUSTION ENGINE, VARIABLE COMPRESSION RATIO, CONROD-FREE ENGINE, SIMULATION MODEL, MATLAB SIMULINK

Сведения об авторах:

Мищенко Николай Иванович

Доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 6604-8459
 Телефон: +7 949 408-87-62
 Эл. почта: mim2802@mail.ru

Химченко Аркадий Васильевич

Кандидат технических наук, доцент,
 доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины, тракторы и автомобили» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 4568-1757
 Телефон: +7 917 726-00-03
 Эл. почта: himch.arkady@yandex.ru

Петров Александр Иванович

Ассистент кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 4461-4376
 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6289-9304>
 Телефон: +7 949 430-60-28
 Эл. почта: a.i.petrov_adi@mail.ru

Супрун Владимир Леонидович

Старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 3153-8230
 Телефон: +7 949 332-92-61
 Эл. почта: suprunv@mail.ru

Authors' information:

Mishchenko Nikolai Ivanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
 Head of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 6604-8459
 Phone: +7 949 408-87-62
 Email: mim2802@mail.ru

Khimchenko Arkadii Vasilievich

Candidate of Technical Sciences, Docent,
 Associate Professor of the Chair "Agricultural Machines, Tractors and Cars" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Agrarian University Named after Emperor Peter I", Voronezh, Russian Federation,

RSCI SPIN: 4568-1757
 Phone: +7 917 726-00-03
 Email: himch.arkady@yandex.ru

Petrov Aleksandr Ivanovich

Assistant of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 4461-4376
 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6289-9304>
 Phone: +7 949 430-60-28
 Email: a.i.petrov_adi@mail.ru

Suprun Vladimir Leonidovich

Senior Lecturer of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 3153-8230
 Phone: +7 949 332-92-61
 Email: suprunv@mail.ru