



Фиг.

Верстка Ж. Жомартбек
Корректор П. Мадеева

(19) ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІ
ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК ҚҰҚЫҒЫ КОМИТЕТІ

ӨНЕРТАБЫСҚА

(11) № 27999

02) ИННОВАЦИЯЛЫҚ ПАТЕНТ

(54) АТАУЫ: ЖАНАРМАИДЫҢ БІР ЦИКЛДЕ ОРТАША БҮРКУ ҚЫСЫМЫН АНЫҚТАУ ТӘСІЛІ

(73) ПАТЕНТ ИЕЛЕНУШІСІ: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

(72) АВТОР (АВТОРЛАР): Каракаев Абылхан Космурзаевич

(21) № Өтінім 2013/0571.1

(22) Өтінім берілген күн 29.04.2013

Қазақстан Республикасы өнертабыстардың мемлекеттік тізілімінде тіркелді 20.12.2013ж.

Инновациялық патенттің күші Қазақстан Республикасының бүкіл аумағында, оны күшінде ұстау үшін ақы уақыты төленген жағдайда сақталады.

Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі
Зияткерлік иеншік құқығы комитетінің

төрағасы



— "Xs & ^C ^I ^

А. Естаев

(Нісізсіз ені і > Тірелі мәлімеі іер осы инновациялық патсн і кс қосымша гурінле жекс паракі.і ке.п ірі.іс іі

001509

(19) КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

(12) **ИННОВАЦИОННЫЙ ПАТЕНТ**

(11) **№ 27999**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(54) **НАЗВАНИЕ:** СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ
ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА ЗА ЦИКЛ

(73) **ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЬ:** Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(72) **АВТОР (АВТОРЫ):** Каракаев Абылхан Космурзаевич

(21) **Заявка №** 2013/0571.1

(22) **Дата подачи заявки** 29.04.2013

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан 20.12.2013г.

Действие инновационного патента распространяется на всю территорию Республики Казахстан при условии своевременной оплаты поддержания инновационного патента в силе.

**Председатель Комитета по правам
интеллектуальной собственности
Министерства юстиции Республики Казахстан**



~t>'K^Cy&бС*^^ ~p **Есіаев**

Сведения о внесении изменений приводятся на отдельном листе в виде приложения к настоящему} инновационному патенту)

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН



(19) KZ (13) A4 (И) 27999
(51) F02M 65/00 (2006.01)

КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ КИННОВАЦИОННОМУ ПАТЕНТУ

(21) 2013/0571.1

(22) 29.04.2013

(45) 25.12.2013, бюл. № 12

(72) Каракаев Абылхан Космурзаевич

(73) Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(56) Каракаев А.К. Двигатели внутреннего сгорания: Учебное пособие - практикум по системам питания, автоматического регулирования и управления двигателями. - Павлодар: Научный издательский центр ПГУ им. С. Торайгырова, 2003. - С.274

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА ЗА ЦИКЛ

(57) Изобретение относится к области распыливания жидкостей, например, к области впрыскивания топлива форсункой в цилиндр дизеля.

Способ определения среднего давления впрыскивания топлива за цикл, заключающийся в

том, что по цикловой подаче топлива за цикл V_u при известной суммарной эффективной площади сопловых отверстий $u_{\Sigma} f_c$, где u_{Σ} - коэффициент расхода сопловых отверстий, f_c - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива за цикл t^{Bnp} , вычисляя среднюю скорость впрыскивания топлива за цикл w_{cpu} из уравнения $V_u = w_{cpu} u_{\Sigma} f_c t^{Bnp}$, по величине w_{cpu} определяют среднее давление впрыскивания топлива за цикл, отличается тем, что среднее давление впрыскивания топлива за цикл определяют по волновой формуле $p_{cp} = w_{cpu}^2 / (c^2 - g)$, где c - скорость звука в топливе, p - удельная плотность топлива, g - ускорение свободного падения.

Технический результат - повышение точности определения давления впрыскивания топлива и тем самым повышение надёжности работы и срока службы форсунок, а следовательно, всей топливной системы и всего двигателя в целом. 1 илл.

N

4-

Ю

О

ЧО

ЧО

Изобретение относится к области распыливания жидкостей, например, к области впрыскивания топлива форсункой в цилиндр дизеля.

Известен способ определения давления впрыскивания топлива, заключающийся в том, что как давление впрыскивания топлива определяют давление в колодце распылителя перед сопловыми отверстиями экспериментально путём осциллографирования или на основе гидродинамического расчёта топливной системы, состоящей из топливного насоса и форсунок, соединённых между собой нагнетательными трубопроводами [1. Каракаев А. К. Гидродинамика впрыскивания топлива в дизелях. - Павлодар: Издательство «КЕРЕКУ» ПТУ им. С. Торайгырова, 2007. с.121].

Недостаток аналога заключается в сложности гидродинамического расчёта топливной системы и в сложности осциллографирования.

Ближайшим прототипом является способ определения среднего давления впрыскивания топлива за цикл, заключающийся в том, что по цикловой подаче топлива за цикл $V_{ци}$ при известной суммарной эффективной площади сопловых отверстий $\sum f_c$, где ζ_c -коэффициент расхода сопловых отверстий, f_c - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива за цикл $t_{впрци}$, вычисляя среднюю скорость впрыскивания топлива $w_{срци}$ из уравнения $V_{ци} = w_{срци} \sum f_c t_{впрци}$, по величине $w_{срци}$ определяют среднее давление впрыскивания топлива за цикл на основании уравнения Бернулли для установившегося движения жидкости $p_c = p_{срци} + \rho u^2 / 2$, где $\rho = \gamma / g$ - удельная плотность топлива, γ - удельный вес топлива, g - ускорение свободного падения [2. Каракаев А. К. Двигатели внутреннего сгорания: Учебное пособие - практикум по системам питания, автоматического регулирования и управления двигателями. - Павлодар: Научный издательский центр ПТУ им. С. Торайгырова, 2003. с.274].

Определение среднего давления впрыскивания топлива за цикл по уравнению Бернулли для установившегося движения жидкости $\Delta P_{впрсрци} = P_c - p_{срци} = \rho u^2 / 2$ является недостатком прототипа, так как не соответствует действительности и не обеспечивает необходимой точности определения $\Delta P_{впрсрци}$.

Сущность изобретения заключается в следующем.

Учитывая волновой характер распространения возмущений от начала нагнетательного трубопровода до кармана распылителя, в существующих гидродинамических методах для расчёта движения топлива в щели под иглой, в колодце и сопловых отверстиях распылителя, а также распад струи и развитие факела топлива рассматриваются как стационарное или квазистационарное движение и истечение жидкости. В работах автора движение топлива считалось волновым до выходных кромок сопловых отверстий распылителя, были рассмотрены путём имитационного моделирования 10 вариантов

расчёта, которые дали при определении давления в колодце распылителя $p_c = p_k$ хорошее совпадение с экспериментом, однако скорость истечения топлива при известном в колодце распылителя давлении $p_c = p_k$ считалось по уравнению Бернулли для установившегося движения жидкости, что, естественно, не соответствовало действительности [1].

Известно, что для установившегося процесса вообще опускают члены, соответствующие локальной нестационарности, а по самому режиму работы форсунок устойчивого стационарного режима не получается, основным же в принципе работы форсунок является нестационарность процесса, получение волн, которые и приводят к распаду жидкости на капли [3. Витман Л. А., Кацнельсон Б. Д., Палеев И. И. Распыливание жидкости форсунками / Под ред. акад. С. С. Кутателадзе. - М.-Л.: ГЭИ, 1962. с.264].

Вычисление скорости впрыскивания топлива w_c по волновому уравнению по известному $p_c = p_k$, определенному экспериментально непосредственно перед сопловыми отверстиями или методами гидродинамического расчёта процесса впрыскивания топлива, основанными на методах исследования уравнений неустановившегося движения сплошной среды, не даёт удовлетворительных результатов, так как w_c получаются незначительными, намного уступая действительным w_c . А давления впрыскивания p_c , определённые по волновому уравнению при известных скоростях впрыскивания топлива w_c , по крайней мере на порядок превышает давление в колодце распылителя, определяемые экспериментом или расчётом.

Лышевский А. С. [4. Лышевский А. С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками. - М.: Машгиз, 1963. - с.180], ссылаясь на работы лаборатории физики сверхвысоких давлений АН СССР, например, [5. Некоторые исследования гидродинамики струи жидкости, вытекающей из сопла под давлением 1500 атм / Л. Ф. Верещагин, А. А. Семерчан, А. И. Фирсов и др. // ЖТФ. -1956. -Т. 26. - Вып. 11. с.2570-2577], заключает, что нарушения сплошности течения струи не было обнаружено даже при $p > 100$ МПа ($p > 1000$ кг/см²), что объясняют следующим образом: «Для образования парогазовых участков струи при её дросселировании необходимо не только значительно снизить давление, но и повысить температуру. Однако после повышения температуры струи при её дросселировании через сопловые отверстия происходит расширение жидкости по выходе из него, которое сопровождается понижением температуры. Эти процессы противоположны по знаку и в значительной степени компенсируют друг друга. Нарушение компенсации происходит лишь при очень высоких давлениях, тогда в струе могут возникнуть разрывы сплошности». По оценочным расчётам авторов для воды это явление наступит примерно при давлении 500 МПа (5000 кг/см²). Лышевский А. С. заключает [4], что в практике

распиливания жидкостей такие давления обычно почти не встречаются! Ой ли?!

После отражения волны сжатия от свободной поверхности в теле возникают отрицательные давления, т. е. на тело действует растягивающее усилие. Если растягивающее напряжение в области взаимодействия волн разрежения превышает предел прочности вещества на разрыв, то в соответствующем месте тела происходит разрыв, т. е. "откол": от поверхности тела откалывается пластинка материала и отделяется от остального тела, отлетая от поверхности с определенной скоростью, например, сталь при импульсных нагрузках разрушается при усилиях порядка 3000 МПа (30000 кГ/см²) [6. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. -М.: Наука, 1966. - с.688], причём ширина зоны, в которой достигается такой интервал напряжений, тем меньше, чем быстрее происходит спад давления в волнах разрежения [6]; при этом соответственно изменяется и шероховатость поверхности откола, которая резко уменьшается в области, где спад давления за фронтом ударной волны сжатия происходит гораздо быстрее.

У насос - форсунок двухтактных дизелей ЯМЗ давления достигают 120-150 МПа (свыше 1200-1500 кГ/см²), что сопровождается интенсивным износом сопловых отверстий, а иногда обрывом соплового наконечника по распыливающим отверстиям или поломкой коромысла насос-форсунки в результате резкого повышения давления из-за засорения сопловых отверстий [7. Ховах М. С, Трусов В. И. Системы питания автомобильных дизельных двигателей. - 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Транспорт, 1967. с.188], признаками чего являются снижение эффективной мощности и густой светло-бурый дым отработавших газов. Эти данные противоречат заключению [4]. Распылители форсунок изготавливаются из высококачественной инструментальной стали, т. е. откол или обрыв соплового наконечника по распыливающим отверстиям из-за засорения сопловых отверстий происходит в результате резкого повышения давления свыше 30000 кГ/см².

Из вышеизложенного следует, что точное определение истинного давления впрыскивания топлива необходимо для повышения надёжности работы и срока службы форсунок, а следовательно, всей топливной системы и всего двигателя в целом, что позволило обосновать и сформулировать ожидаемый технический результат.

Технический результат - повышение точности определения среднего давления впрыскивания топлива за цикл и тем самым повышение надёжности работы и срока службы форсунок, а следовательно, всей топливной системы и всего двигателя в целом.

Технический результат достигается тем, что в способе определения среднего давления впрыскивания топлива за цикл, заключающийся в том, что по цикловой подаче топлива за цикл V_u при известной суммарной эффективной площади

сопловых отверстий $p_{сф}$, где ψ_c - коэффициент расхода сопловых отверстий, f_c - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива за цикл $t_{Впрп}$, вычисляя среднюю скорость впрыскивания топлива за цикл $w_{срп}$ из уравнения $V_u = w_{срп} \psi_c f_c t_{Впрп}$, по величине $w_{срп}$ определяют среднее давление впрыскивания топлива за цикл, среднее давление впрыскивания топлива за цикл определяют по волновой формуле $A_p V_{прсрп} = w_{срп} \rho \cdot c \cdot y / g$ из волнового уравнения $w_{срп} = w_{срп} / (c - p) = A_p V_{прсрп} / (c \cdot y / g)$, где c - скорость звука в топливе, $\rho = y / g$ - удельная плотность топлива, y - удельный вес топлива, g - ускорение свободного падения.

Заявляемый способ определения давления впрыскивания топлива за цикл от способа по прототипу отличается тем, что среднее давление впрыскивания топлива за цикл определяют по волновой формуле $A_p V_{прсрп} = w_{срп} \rho \cdot c \cdot y / g$ из волнового уравнения $w_{срп} = w_{срп} / (c - p) = A_p V_{прсрп} / (c \cdot y / g)$, где c - скорость звука в топливе, $\rho = y / g$ - удельная плотность топлива, y - удельный вес топлива, g - ускорение свободного падения.

Сущность изобретения поясняется чертежом.

Распылитель форсунки состоит из запорной иглы 1 и корпуса распылителя 2 с колодцем 3 и сопловыми отверстиями 4. Запорная игла 1 и корпус распылителя 2 образуют карман распылителя 5.

При работе топливной системы топливо от топливного насоса поступает в карман распылителя 5, повышая давление топлива в нём. Когда давление в кармане распылителя 5 станет равным давлению открытия запорной иглы 1, запорная игла 1 поднимается и открывает доступ топлива к предсопловому каналу 3 и к сопловым отверстиям 4, откуда топливо впрыскивается в цилиндр дизеля.

Цикловая подача топлива определяется формуле (для дизеля А-41) $V_u = 10^6 \cdot g_e \cdot N_e \cdot T / (2 \cdot 60 \cdot i \cdot n) = 10^6 \cdot 185 \cdot 99 \cdot 4 / (-4 \cdot 1750 \cdot 835) = 104.45 \text{ мм}^3$, где $y = 835 \text{ кГ/м}^3 = 835 \cdot 10^6 \text{ кГ/см}^3$ - удельный вес топлива;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2 = 981 \text{ см/с}^2$ - ускорение свободного падения

$g_e = 185 \text{ г/(элс-ч)}$ - удельный эффективный расход топлива;

$N_{en}(w_{IH}) = 94^{+5} \text{ элс}$ - номинальная (или полная номинальная) мощность дизеля А-41; для расчёта принимаю $N_c = N_{en01H} = 99 \text{ элс}$.

$n = 1750 \text{ мин}^{-1}$ - номинальная частота вращения (обороты) коленчатого вала дизеля;

$i = 4$ - число цилиндров дизеля;

$t = 4$ - тактность дизеля.

Время одного оборота при $n = 1750 \text{ мин}^{-1}$ равно:

$t_0 = 60 / n = 60 / 1750 = 0,0343 \text{ с}$,

т. е. один оборот осуществляется за 0,0343 с.

Продолжительность впрыскивания топлива за цикл, т. е. цикловой подачи топлива, для дизеля А-41 на номинальном режиме равна 30°ПКВ (30 градусов поворота коленчатого вала), а в секундах $t_{Впрп} = 30^\circ \cdot n \cdot KB = 30 \cdot 0,0343 / 360 = 0,0029 \text{ с}$.

Средняя скорость впрыскивания топлива за цикл равна

$w_{срп} \sim V_u / (t_{Впрп} \cdot \psi_c f_c)$

У форсунок дизеля А-41 суммарная эффективная площадь сопловых отверстий $u_c f_c = 0,25 \text{ мм}^2 = 0,0025 \text{ см}^2$, т. е.

$$W_{\text{ср}1\text{с}} = 104,45 / (0,25 - 0,0029) = 138248,28 \text{ ММ/С} = 13824,828 \text{ см/с}.$$

Давление впрыскивания топлива по уравнению Бернулли для установившегося движения жидкости определяется по следующей формуле:

$$D_{\text{р}} \cdot \text{прср} \cdot \pi = P \cdot W_{\text{ср}1\text{с}}^2 / 2 = 7 \cdot W_{\text{ср}1\text{с}}^2 / (2 - g),$$

где $\rho = \gamma/g$ - удельная плотность топлива, $\text{кг}\cdot\text{с}^2/\text{см}^4$, т.е.

$$D_{\text{р}} \cdot \text{прср} \cdot \pi = 835 \cdot 10^6 \cdot 13824,828^2 / (2 - 981) = 81,34 \text{ кг/см}^2.$$

Давление впрыскивания топлива согласно защищаемой формулы изобретения, т. е. из волнового уравнения $w_c = A_{\text{р}} / (c - p)$ определяется по следующей волновой формуле:

$$D_{\text{р}} \cdot \text{прср} \cdot \pi \cdot c \cdot \rho = c \cdot \gamma \cdot W_{\text{ср}1\text{с}} \cdot \rho \cdot g.$$

Принимаем скорость звука в топливе $c = 1400 \text{ м/с} = 140000 \text{ см/с}$.

$$A_{\text{р}} \cdot \text{прср} \cdot \pi = -c \cdot \gamma \cdot W_{\text{ср}1\text{с}} / g = 140000 \cdot 10^6 \cdot 835 / 13824,828 / 981 = 1647,4 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом, заявляемый способ определения среднего давления впрыскивания топлива за цикл позволяет более точно определить давление впрыскивания топлива и проектировать форсунки и другие распыливающие устройства в различных областях человеческой деятельности с учётом того, что основным в принципе работы форсунок является нестационарность процесса, получение волн, которые и приводят к распаду жидкости на капли, и тем самым повысить надёжность работы и срока службы форсунок, а следовательно, всей топливной системы и всего двигателя в целом.

Научно-практическое значение изобретения заключается в том, что на основе его может разрабатываться гидродинамика неустановившегося сплошной среды (НДСС) в напорных линиях различных систем, в том числе и при разработке гидродинамики распыливания топлива в дизелях, а также новых технических решений для обеспечения эффективности и повышенной безопасности трубопроводных систем, что может быть использовано и при создании "Ядерной энергетики повышенной безопасности". Практическое значение изобретения состоит в том, что с его помощью можно: существенно повысить эффективность технических устройств, имеющих каналы и трубы с переменными по времени и координате сечениями, причём достаточно вспомнить, что наша земля буквально опоясана пересекающейся сетью водо-, газо- и других трубопроводов, в том числе и продуктопроводов, не говоря о том, что ни одна машина, ни одна из электрических, тепловых и

атомных станций не обходится без трубопроводов и каналов с изменяющимися по времени и координате сечениями; более обоснованно назначать мероприятия, препятствующие выходу из строя (в результате резкого повышения давления при перекрытии и закрытии каналов) отдельных агрегатов и трубопроводов, регулирующих и управляющих устройств, применяемых в различных отраслях народного хозяйства, а также в биологических системах, например, в системах кровообращения человека и животных; дают возможность объяснить неясные вопросы, неразрешимые существующими положениями, например, ударное повышение давления в напорных линиях самолётных гидросистем из-за быстрого действия устройств управления, что зачастую является причиной срабатывания отдельных устройств (реле давления, гидрозамков и т. д.), в том числе и резкие повышения давления перед сопловыми отверстиями, приводящие к отраву сопловых наконечников распылителей дизельных форсунок; обосновать получение высоких давлений распыливания, например, высоких давлений распыливания при относительно малых давлениях, создаваемых плунжером топливного насоса высокого давления (ТНВД), что, в свою очередь, повышает надёжность работы ТНВД и всей топливной системы дизеля, уменьшая нагруженность ТНВД путем уменьшения контактных напряжений в паре "кулачок-ролик толкателя"

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ определения среднего давления впрыскивания топлива за цикл, заключающийся в том, что по цикловой подаче топлива за цикл $V_{\text{ц}}$ при известной суммарной эффективной площади сопловых отверстий $u_c f_c$, где u_c - коэффициент расхода сопловых отверстий, f_c - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива за цикл $t_{\text{впр}1\text{с}}$, вычисляя среднюю скорость впрыскивания топлива за цикл $w_{\text{ср}1\text{с}}$, из уравнения $V_{\text{ц}} = w_{\text{ср}1\text{с}} \cdot n \cdot f_c \cdot t_{\text{впр}1\text{с}}$, по величине $w_{\text{ср}1\text{с}}$ определяют среднее давление впрыскивания топлива за цикл, отличающийся тем, что среднее давление впрыскивания топлива за цикл определяют по волновой формуле $A_{\text{р}} \cdot \text{прср} \cdot \pi = w_{\text{ср}1\text{с}} \cdot c \cdot \gamma / g$ из волнового уравнения $w_{\text{ср}1\text{с}} = A_{\text{р}} / (c - p) = A_{\text{р}} / (c \cdot \gamma / g)$, где c - скорость звука в топливе, $\rho = \gamma/g$ - удельная плотность топлива, γ - удельный вес топлива, g - ускорение свободного падения.