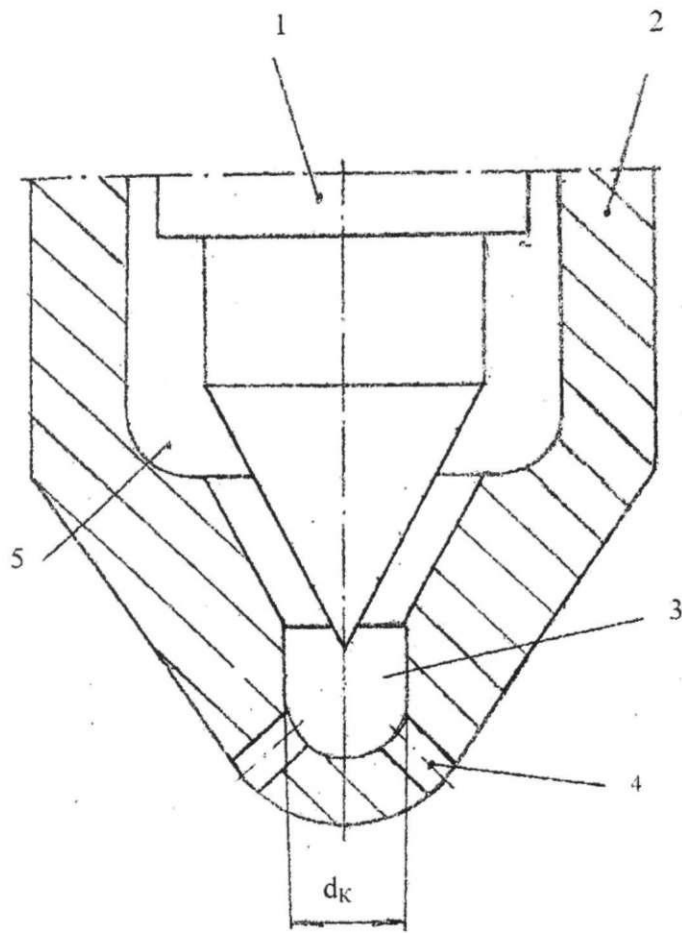


28002



Фиг.

Верстка Ж. Жомартбек  
Корректор П. Мадеева

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІ  
ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК ҚҰҚЫҒЫ КОМИТЕТІ

ӨНЕРТАБЫСҚА

№ 28002

ИННОВАЦИЯЛЫҚ ПАТЕНТ

**АТАУЫ:** ЖАНАРМАЙДЫҢ БҮРКУ ҚЫСЫМЫН АНЫҚТАУ ТӘСІЛІ

**ПАТЕНТ ИЕЛЕНУШІСІ:** Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті" уашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

**АВТОР (АВТОРЛАР):** Каракаев Абылхан Космурзаевич

№ Өтінім 2013/0574.1

(22) Өтінім берілген күн 29.04.2013

Қазақстан Республикасы өнертабыстардың мемлекеттік тізілімінде тіркелді 20.12.2013ж.

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

Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі  
Зияткерлік меншік құқығы комитетінің  
басшысы



ВБ-Ху&^С^І "7 А. Естаев

• Ойісіретер енгізілген \ I \ ра.іы мәлімет гер осы инновациялық патентке қосымша түрінде жекс параю а кеті ірі.іс.іі

001512



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

**(12) ИННОВАЦИОННЫЙ ПАТЕНТ**

(11) **№ 28002**

**НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

(54) **НАЗВАНИЕ:** СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ  
ТОПЛИВА

(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 № 2013/0574.1**

(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**

**А. Естаев**



КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ИННОВАЦИОННОМУ ПАТЕНТУ

(21) 2013/0574.1

(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 двигателей. -Павлодар: Научный издательский центр ПТУ им. С. Торайгырова, 2003. - С.274

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА**

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

Способ определения давления впрыскивания топлива, заключающийся в том, что по

определённому на безмоторном топливном стенде секундному расходу топлива  $Q_0 = f_c w_c$ , где  $Q_0$  - секундный расход топлива ( $\text{см}^3/\text{с}$ ),  $f_c$  - суммарная эффективная площадь сопловых отверстий,  $\text{см}^2$ ;  $\zeta_c$  - коэффициент расхода сопловых отверстий;  $f_c$  - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий,  $\text{см}^2$ ;  $u_c$  - скорость впрыскивания топлива на выходе из сопловых отверстий,  $\text{см}/\text{с}$ ; вычисляя  $w_c = Q_0 / (f_c u_c)$ , по значению  $w_c$  определяют давление впрыскивания топлива, отличается тем, что давление впрыскивания топлива  $A_p$  определяют по формуле  $A_p = w_c^2 (c - p)$  из волнового уравнения  $w_c = A_p / (c - p)$ , где  $c$  - скорость звука в топливе,  $\rho$  - удельная плотность топлива,  $g$  - ускорение свободной 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

45»

00  
0  
0

Изобретение относится к области распиливания 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 [Каракаев А. К. Гидродинамика впрыскивания топлива в дизелях. - Павлодар: Издательство «КЕРЕКУ» ЛГУ им. С. Торайгырова, 2007. с.121].

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

Ближайшим прототипом является способ определения давления впрыскивания топлива, заключающийся в том, что по определённому на безмоторном топливном стенде секунднему расходу топлива ( $Q_d = \zeta \cdot f_c$  - где  $Q_0$ -секундный расход топлива ( $\text{см}^3/\text{с}$ ),  $\zeta$ - суммарная эффективная площадь сопловых отверстий ( $\text{см}^2$ ),  $\zeta_c$ -коэффициент расхода сопловых отверстий;  $f_c$ - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий ( $\text{см}^2$ ),  $v_c$ - скорость топлива на выходе из сопловых отверстий ( $\text{см}/\text{с}$ )), вычисляя  $w_c = Q_d / (\zeta \cdot f_c)$ , по значению  $w_c$  определяют давление впрыскивания топлива на основании уравнения Бернулли для установившегося движения жидкости  $p_c = p_0 - \rho w_c^2 / 2$ , где  $\rho$ -удельная плотность топлива ( $\text{кг}\cdot\text{с}^2/\text{см}^4$ ) [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].

Определение давления впрыскивания топлива на основании уравнения Бернулли для установившегося движения жидкости  $p_c = p_0 - \rho w_c^2 / 2$  является недостатком прототипа, так как не соответствует действительности и не обеспечивает необходимой точности определения  $p_c$ .

Сущность изобретения заключается в следующем.

Учитывая волновой характер распространения возмущений от начала нагнетательного трубопровода до кармана распылителя, в существующих гидродинамических методах для расчета 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 [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. [Лышевский А. С. Процессы распиливания топлива дизельными форсунками. - М: Машгиз, 1963. с.180], ссылаясь на работы лаборатории физики сверхвысоких давлений АН СССР, например. [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 ( $p > 1000$   $\text{кг}/\text{см}^2$ ), 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 в 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  $\text{кг}/\text{см}^2$ ). Лышевский А. С. заключает [Лышевский А. С. Процессы распиливания топлива дизельными форсунками. - М: Машгиз, 1963. с.180]. что в

практике распыливания 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 (свыше 30000 кг/см<sup>2</sup>) [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 [Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений, -М.: Наука, 1966. -с.688]: при этом соответственно изменяется и шероховатость поверхности откола, которая резко уменьшается в области, где спад давления за фронтом ударной волны сжатия происходит быстрее.

У насос - форсунок двухтактных дизелей ЯМЗ давления достигают 120-150 МПа (1200-1500 кг/см<sup>2</sup>), что сопровождается интенсивным износом сопловых отверстий, а иногда обрывом соплового наконечника по распиливающим отверстиям или поломкой коромысла насос-форсунки в результате резкого повышения давления из-за засорения сопловых отверстий [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 светлоразбурый дым отработавших газов. Эти данные противоречат заключению [Лышевский А. С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками. -М.: Машгиз, 1963. с.180]. Распылители форсунок изготавливаются из высококачественной инструментальной стали, т. е. откол или обрыв соплового наконечника по распиливающим отверстиям из-за засорения сопловых отверстий происходит в результате резкого повышения давления свыше 30000 кг/см<sup>2</sup>.

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 давления впрыскивания топлива 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 давления впрыскивания топлива, заключающийся в том, что по определённому на безмоторном топливном стенде секунднему расходу топлива  $Q_0 = u_c f_c w_c$ , где  $Q_0$  - секундный расход топлива, см<sup>3</sup>/с;  $u_c$  - суммарная эффективная площадь сопловых отверстий, см<sup>2</sup>;  $f_c$  - коэффициент расхода сопловых отверстий;  $f_c$  - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, см<sup>2</sup>;  $w_c$  - скорость впрыскивания топлива на выходе из сопловых отверстий, см/с; вычисляя  $w_c = QV(u_c f_c)$ , по значению  $w_c$  определяют давление впрыскивания топлива, давление впрыскивания топлива  $Ap_c$  (кг/см<sup>2</sup>) определяют по формуле  $Ap_c = w_c - c - p$  из волнового уравнения  $w_c = Ap_c / (c\rho)$ , где  $c$  - скорость звука в топливе,  $\rho = \gamma \cdot g$  - удельная плотность топлива,  $\gamma$  - удельный вес топлива,  $g$  - ускорение свободного падения.

Заявляемый способ определения давления впрыскивания топлива от способа по прототипу отличается тем, что давление впрыскивания топлива  $Dr_c$  (кг/см<sup>2</sup>) определяют по формуле  $Ar_c = w_c c \rho$  из волнового уравнения  $w_c = Ar_c / (c\rho)$ , где  $c$  - скорость звука в топливе,  $\rho = \gamma \cdot g$  - удельная плотность топлива,  $\gamma$  - 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, а при экспериментальных исследованиях на безмоторном топливном стенде топливо поступает в мерную ёмкость.;

При экспериментальных исследованиях на безмоторном топливном стенде определяют секундный расход топлива по формуле  $Q_0 = u_c f_c W_c$  в любой момент времени, откуда определяют  $w_c = Q_0 / (H c f_c)$ , где  $u_c = 0,7$  - коэффициент расхода сопловых отверстий;  $f_c = \pi - r_c - d_c / 4$  - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, см<sup>2</sup>;  $i$  - число сопловых отверстий;  $d_c$  - диаметр сопловых отверстий, см.

Будем считать, что по формуле  $w_c = Q_0 / (u_c f_c)$  в результате экспериментальных исследований на безмоторном топливном стенде определены следующие значения скоростей впрыскивания топлива на выходе ; из сопловых отверстий  $w_c$ , м/с: 343; 485; 594; 685,5.

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

$$Ar_c = p - w_c^2 / 2 = \gamma w_c^2 / (2 \cdot g),$$

где  $\rho = \gamma \cdot g$  - удельная плотность топлива, кг-с<sup>2</sup>/см<sup>4</sup>;

$\gamma=835 \text{ кг/м}^3=835 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^3$ -удельный вес топлива;

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

$$A_{p_c}=835 \cdot 10^6 \cdot w_c^2 / (2 \cdot 981), \text{ кг/см}^2,$$

При  $W_c=343 \text{ М/С}=34300 \text{ СМ/С}$  величина  $D_{p_c}=500,7 \text{ кг/см}^2$

При  $W_c=485 \text{ М/С}=48500 \text{ СМ/С}$  величина  $D_{p_c}=1001,08 \text{ кг/см}^2$

При  $W_c=594 \text{ М/С}=59400 \text{ СМ/С}$  величина  $D_{p_c}=1501,62 \text{ кг/см}^2$

При  $W_c=685,5 \text{ М/С}=68550 \text{ СМ/С}$  величина  $D_{p_c}=1999,9 \text{ кг/см}^2$

Давление впрыскивания топлива согласно защищаемой формулы изобретения, т. е. из волнового уравнения  $\sqrt{u_c}=D_{p_c}/(c-p)$  определяется по следующей формуле:

$$A_{p_c}=c-p-w_c=c-u_{w_c}/g$$

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

$$A_{p_c}=c-u_{w_c}/g=140000 \cdot 10^{-6} - 835 \cdot w_c / 981.$$

$$\text{При } W_c=343 \text{ М/С}=34300 \text{ СМ/С } D_{p_c}=4087,30 \text{ кг/см}^2.$$

$$\text{При } W_c=485 \text{ М/С}=48500 \text{ СМ/С } D_{p_c}=5781,20 \text{ кг/см}^2;$$

$$\text{При } W_c=594 \text{ М/С}=59400 \text{ СМ/С } D_{p_c}=7080,48 \text{ кг/см}^2.$$

$$\text{При } W_c=685,5 \text{ М/С}=68550 \text{ СМ/С } D_{p_c}=8171,16 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом, заявляемый способ определения давления впрыскивания топлива 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 впрыскивания 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 быстродействия 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 впрыскивания, например, высоких давлений впрыскивания 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 давления впрыскивания топлива, заключающийся в том, что по определённому на безмоторном топливном стенде секундному расходу топлива  $Q_d >= f_c \cdot w_c$ , где  $C >$ - секундный расход топлива ( $\text{см}^3/\text{с}$ ),  $\sum F_c$ - суммарная эффективная площадь сопловых отверстий,  $\text{см}^2$ ;  $\zeta_c$ - коэффициент расхода сопловых отверстий;  $\sum F_c$ - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий,  $\text{см}^2$ ;  $\sqrt{u_c}$ - скорость впрыскивания топлива на выходе из сопловых отверстий,  $\text{см/с}$ ; вычисляя  $w_c = Q_d / (\sum F_c \cdot \zeta_c)$ , по значению  $w_c$  определяют давление впрыскивания топлива, отличается тем, что давление впрыскивания топлива  $D_{p_c}$  определяют по формуле  $D_{p_c} = \sqrt{u_c} \cdot (c-p)$  из волнового уравнения  $\sqrt{u_c} = D_{p_c} / (c-p)$ , где  $c$  - скорость звука в топливе,  $p = u/g$  - удельная плотность топлива,  $u$  - удельный вес топлива,  $g$  - ускорение свободную падения.