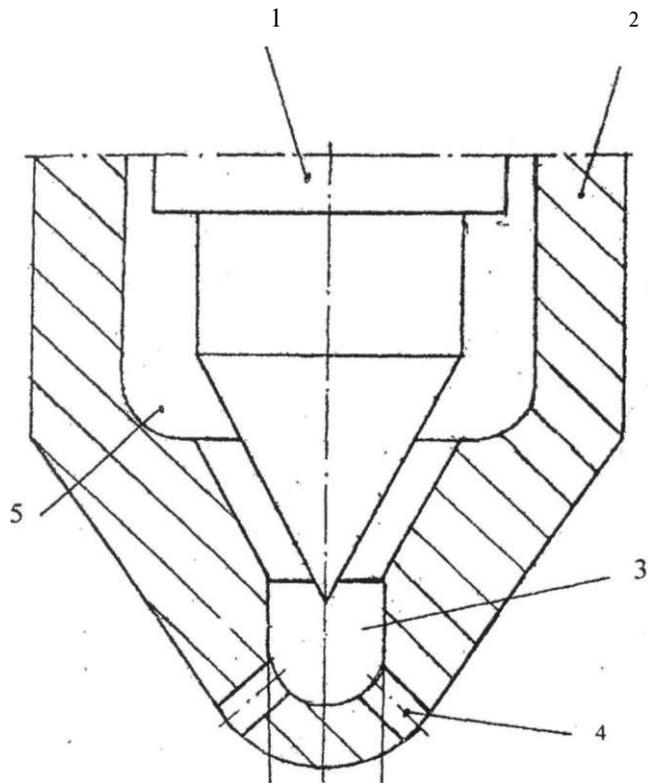


28000



Фиг.

Верстка Ж. Жомартбек
Корректор П.Мадеева



(19) **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІ
ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК ҚҰҚЫҒЫ КОМИТЕТІ**

ӨНЕРТАБЫСҚА

(П) **№ 28000**

(12) **ИННОВАЦИЯЛЫҚ ПАТЕНТ**

(54) **АТАУЫ: ЖАНАРМАЙДЫ БІР МИНУТТЫҢ ІШІНДЕ ТОЗАНҒА АЙНАЛДЫРУ
ОРТАША 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** 2013/0572.1

(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 уактылы төленген жағдайда сақталады.

**Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі
Зияткерлік меншік құқығы комитетінің
торағасы**

А. Естаев

(іерісіер ені\А) тура.п.і чәліметтер осы иимпваиялық иагешке косымши г^рінде жске паракта ксіірі.юлі

001510

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

(12) **ИННОВАЦИОННЫЙ ПАТЕНТ**

(11) **№ 28000**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(54) **НАЗВАНИЕ:** СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЕО МИНУТНОЕО ДАВЛЕНИЯ
РАСПЫЛИВАНИЯ 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 № 2013/0572.1**

(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**


^^-^i^y36C^^^ А. Естаев

С вления о внесении изменений приводятся на отдельном листе в виде приложения к настоящем) нновационном\ патент\



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН



(19) KZ (13) A4 (11) 28000
(51) F02M 65/00 (2006.01)

КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ИННОВАЦИОННОМУ ПАТЕНТУ

(21) 2013/0572.1

(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 регули-рования и управления двигателей. -Павлодар: Научный издательский центр ПГУ им. С. Торайгырова, 2003. - С.274

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО МИНУТНОГО ДАВЛЕНИЯ РАСПЫЛИВАНИЯ ТОПЛИВА

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

Способ определения среднего минутного давления распыливания топлива, заключающийся в том, что по определённому на безмоторном

топливном стенде минутному расходу топлива $V_{\text{мин}}$ при известной суммарной эффективной площади сопловых отверстий $u_c f_c$, где d_c - коэффициент расхода сопловых отверстий, f_c - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива в течение минуты $t_{\text{впрМНН}} = 60 \text{ П}$,, вычисляя из уравнения $V_{\text{М}} = t_{\text{впрМНН}} u_c f_c w_{\text{срМНН}}$ среднюю минутную скорость распыливания топлива $w_{\text{срМНН}}$, по величине $w_{\text{срМНН}}$ определяют среднее минутное давление распыливания топлива, отличается тем, что среднее минутное давление распыливания топлива определяют по волновой формуле $A_{\text{рМНН.ср}} w_{\text{срМНН}}$, $c-p = w_{\text{срМНН}}$, $c-\gamma I g$ из волнового уравнения $w_{\text{срМНН}} = A_{\text{рМНН.ср}} / (c-p) = A_{\text{рМНН.ср}} / (c\gamma/g)$, где c - скорость звука в топливе, $p = \gamma/g$ - удельная плотность топлива, γ -удельный вес топлива, g -ускорение свободного падения.

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

N

>

СО
О
О

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

Известен способ определения давления распыливания 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 минутного давления распыливания топлива, заключающийся в том, что по определённому на безмоторном топливном стенде минутному расходу топлива $V_{M, \text{мн}}$, при известной суммарной эффективной площади сопловых отверстий $f_{\text{сф}}$, где η - коэффициент расхода сопловых отверстий, $f_{\text{с}}$ - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива в течение минуты $t_{\text{впрМНН}} = U \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$ (с), вычисляя из уравнения $V_{M, \text{мн}} = t_{\text{впрМНН}} \cdot \eta \cdot f_{\text{с}} \cdot \sqrt{2 \cdot p_{\text{срМНН}}}$ среднюю минутную скорость распыливания топлива $\omega_{\text{срМНН}}$, по величине $\omega_{\text{срМНН}}$ определяют среднее минутное давление распыливания топлива за минуту на основании уравнения Бернулли для установившегося движения жидкости $A \cdot \rho_{\text{мин}} \cdot v^2 = \rho \cdot \omega_{\text{срМНН}}^2 / 2$, 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 ПГУ им. С. Торайгырова, 2003. с.274].

Определение среднего минутного давления распыливания топлива по уравнению Бернулли для установившегося движения $A \cdot \rho_{\text{мин}} \cdot v^2 = \rho \cdot \omega_{\text{срМНН}}^2 / 2$ является недостатком прототипа, так как не соответствует действительности и не обеспечивает необходимой точности определения $A \cdot \rho_{\text{мин}} \cdot v^2$.

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 путем

имитационного моделирования 10 вариантов расчёта, которые дали при определении давления в колодце распылителя $p_{\text{с}} = p_{\text{к}}$ хорошее совпадение с экспериментом, однако скорость истечения топлива при известном в колодце распылителя давлении $p_{\text{с}} = p_{\text{к}}$ 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 $\omega_{\text{с}}$ по волновому уравнению по известному $p_{\text{с}} = p_{\text{к}}$, 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 $\omega_{\text{с}}$ получаются незначительными, намного уступая действительным $\omega_{\text{с}}$. А давления впрыскивания $p_{\text{с}}$, определённые по волновому уравнению при известных скоростях впрыскивания топлива $\omega_{\text{с}}$, 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 откальвается 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 среднего минутного давления распыливания 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 минутного давления распыливания 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 среднего минутного давления распыливания топлива, заключающийся в том, что

по определённому на безмоторном топливном стенде минутному расходу топлива V_{MH} , при известной суммарной эффективной площади сопловых отверстий F_{cE} , где cE -коэффициент расхода сопловых отверстий, F_c - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива в течение минуты $t_{вп}$, вычисляя среднюю минутную скорость распыливания топлива w_{PMH} , из уравнения $V_{MH} = F_{cE} \cdot t_{вп} \cdot w_{PMH}$, по величине w_{PMH} определяют среднее минутное давление распыливания топлива, среднее минутное давление распыливания топлива определяют по волновой формуле $A_{p,HH.cP} = w_{PMH} \cdot H - c - p = w_{PMH} \cdot H - C/7/g$ из волнового уравнения $w_{PMH} \cdot H = A_{p,HH.cP} / (c-p) = A_{p,HH.cP} / (c/7/g)$, где c - скорость звука в топливе, ρ^y/g -удельная плотность топлива, y -удельный вес топлива, g -ускорение свободного падения.

Заявляемый способ определения среднего минутного давления распыливания топлива от способа по прототипу отличается тем что среднее минутное давления распыливания топлива определяют по волновой формуле $A_{p,HH.cP} = w_{PMH} \cdot H - c - p = w_{PMH} \cdot H - C/7/g$ из волнового уравнения $w_{PMH} \cdot H = A_{p,HH.cP} / (c-p) = A_{p,HH.cP} / (c/7/g)$, где c - скорость звука в топливе, ρ^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.

При установке форсунок на дизель, в том числе и после проведения ремонта и техобслуживания форсунок, всей топливной системы и всего двигателя в целом, в обязательном порядке определяется минутный расход топлива V_{MH} . В паспорте двигателя в обязательном порядке приводится V_{MH} , чтобы ремонтники и эксплуатационники после проведения ремонта и техобслуживания форсунок, всей топливной системы регулировали на безмоторном топливном стенде топливную систему на V_{MH} . Для дизеля А-41 $V_{MH} = 91 \text{ см}^3$.

У форсунок дизеля А-41 суммарная эффективная площадь сопловых отверстий $F_{cE} = 0,25 \text{ мм}^2 = 0,0025 \text{ см}^2$. Так как дизель А-41 четырёхтактный, то частота вращения кулачкового вала топливного насоса n , в 2 раза меньше $n = 1750 \text{ мин}^{-1}$, т. е. $n = n/2 = 1750/2 = 875 \text{ мин}^{-1}$.

Время одного оборота при $n = 875 \text{ мин}^{-1}$ равно:

$$T = 60 / n = 60 / 875 = 0,0686 \text{ с,}$$

т. е. один оборот осуществляется за 0,0686 с.

Продолжительность впрыскивания топлива в течение одного оборота для дизеля А-41 на

номинальном режиме равна 15°ПВН (15 градусов поворота вала насоса), а в секундах

$$t_{\text{Впроб}} = 15^\circ \text{нКВ} = 15 - 0,0686/360 = -0,0029 \text{ с.}$$

Время впрыскивания топлива в течение минуты

$$t_{\text{п, М, Н}} = t_{\text{Впроб}} \cdot n_{\text{Н}} = 0,0029 \cdot 875 = 2,5375 \text{ с.}$$

$w_{\text{срМ}} = V_{\text{М}} / (t_{\text{ВпрМНН}} - u_{\text{с}}) = 91 / (2,5375 - 0,0025) = 14344,83 \text{ см/с}$. Давление впрыскивания топлива по уравнению Бернулли для установившегося движения жидкости определяется по следующей формуле:

$$A_{\text{рМНН}} \cdot c_{\text{р}} \cdot \rho \cdot w_{\text{срМНН}}^2 / 2 = w_{\text{срМНН}}^2 \cdot \rho \cdot g,$$

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

$$A_{\text{рМНН}} \cdot c_{\text{р}} = 835 \cdot 10^6 - 14344,83^2 / (2 \cdot 981) = 87,57 \text{ кг/см}^2.$$

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

$$A_{\text{рМНН}} \cdot c_{\text{р}} = c \cdot \rho \cdot w_{\text{срМНН}} \cdot g.$$

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

$$A_{\text{рМНН}} \cdot c_{\text{р}} = c \cdot \rho \cdot w_{\text{срМНН}} / g = 140000 \cdot 10^6 \cdot 835 / 14344,83 / 981 = 1709,39 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом, заявляемый способ определения среднего минутного давления распыливания 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 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 быстрейшего 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 минутного давления распыливания топлива, заключающийся в том, что по определённому на безмоторном топливном стенде минутному расходу топлива $V_{\text{М}}$, при известной суммарной эффективной площади сопловых отверстий $u_{\text{с}}$, где $u_{\text{с}}$ - коэффициент расхода сопловых отверстий, ρ - суммарная геометрическая площадь сопловых отверстий, и времени впрыскивания топлива в течение минуты $t_{\text{ВпрМНН}}$, вычисляя из уравнения $V_{\text{М}} = t_{\text{ВпрМНН}} \cdot w_{\text{срМ}} \cdot u_{\text{с}}$ среднюю минутную скорость распыливания топлива $w_{\text{срМ}}$, по величине $w_{\text{срМ}}$ определяют среднее минутное давление распыливания топлива, отличающийся тем, что среднее минутное давление распыливания топлива определяют по волновой формуле $A_{\text{рМНН}} = w_{\text{срМ}} \cdot c - \rho = w_{\text{срМ}} \cdot c - \rho$, где c - скорость звука в топливе, $\rho = \gamma / g$ - удельная плотность топлива, γ - удельный вес топлива, g - ускорение свободного падения.