

Изследване на газовите потоци при пълнене на дизелов двигател с два различни пълнителни канала

Сергей Белчев

Study of the gas flows during filling in the diesel engine with two different filler channels: This article shows the results of the experimental studies of the flow of the intake air during filling of the cylinder with two filler channels – one-functional and vortical. The purpose of the study was to establish the efficiency of using two filler valves in relation to the flow of the gas during the filling process and to evaluate the effective passage section of the valve. It is shown the influence of the rotational speed of the engine and the influence of the valve lifting on the gas flow rate and on the flow rate coefficient.

Key words: filler channels, gas flow rates, filling process, flow rate coefficient

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните дизелови двигатели масово са с два пълнителни канала. Единият от тях е прав, еднофункционален и служи само за втичане на въздуха в цилиндъра на двигателя. Вторият канал е вихров, двуфункционален и втората му функция е да завихри навлизащият в цилиндъра въздух, създавайки спираловидна траектория на газовия поток. Често при ниски честоти на въртене се ползва само вихровия канал, а другият се затваря със специална клапа.

Целта на представените изследвания е да се оцени ефективността на увеличеното проходно сечение, получено чрез увеличен ход на клапана или чрез увеличен брой на клапаните.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Процеса на пълнене в двигателите е нестационарен и протича за много кратко време. По време на процеса буталото се движи с променлива скорост, създавайки непрекъснато променящо се разреждане. Въздушния поток навлиза през проходното сечение, на движещ се с променлива скорост клапан. Всичко това прави изключително трудно и скъпо експерименталното изследване.

Независимо от многото променливи фактори има предпоставки за опростяване на процеса, без да се загуби достоверността.

При постоянна честота на въртене, от цикъл в цикъл процеса на пълнене се повтаря почти без изменение. При това дебита на въздух при дадената честота остава без съществено изменение. Това е аргумент позволяващ свеждането на процеса на пълнене до квазистационарен процес.

Условиата при този квазистационарен процес на пълнене са следните:

- разреждането създавано от движещото се бутало се заменя от постоянно разреждане получено от външен източник ;

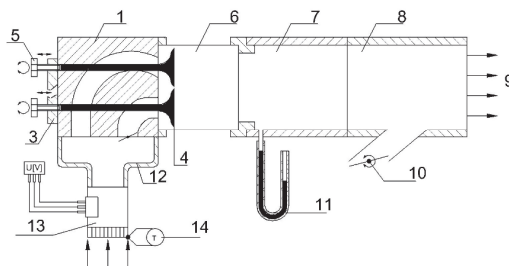
- големината на разреждането може да се изменя и се отнася към определена честота на въртене, която се характеризира с еквивалентно разреждане, теоретично изчислено от дебита на въздух за тази честота на въртене;

- пълнителните клапани са неподвижни, с възможност да бъдат фиксирани на произволно повдигане.

На основата на тези теоретични предположения е създадена експериментална установка, съдържаща в себе си цилиндровата глава на реален дизелов двигател „OPEL 2,0 Y20DTL”

- обем - 1994см³
- диаметър на буталото - 84мм
- ход на буталото - 90мм
- брой клапани на цилиндър – 4бр.

- пълнителни канали – 2бр. един еднофункционален и един двуфункционален. Експерименталната установка е подробно описана в [1], а схемата и е показана на фиг. 1.



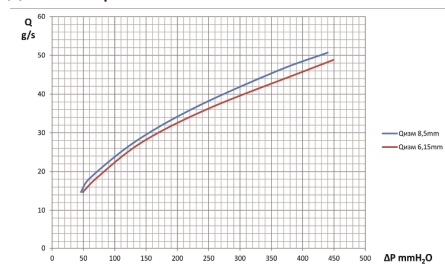
Фиг. 1. Схема на експерименталната установка

За подготовка на експериментите е необходим закона за движение на клапаните. Той е получен чрез прецизни измервания на хода на клапаните на реалния двигател във функция от ъгъла на завъртане на разпределителния му вал.

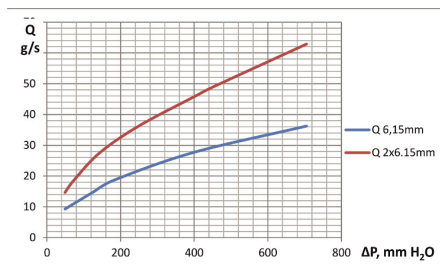
От така получения закон за движение на клапаните са определени три важни значения на хода на клапаните:

- максимален ход на клапана – 8,5mm;
- ход при средно ефективно проходно сечение – 6,15mm;
- ход при, който се изравнява проходното сечение на клапана с проходното сечение на гърловината със стеблото в нея – 6,95mm.

Оценка на ефективността и смисъла от увеличаване на проходното сечение на клапаните над определена стойност се прави чрез определяне на увеличението на дебита през това по-голямо сечение.



Фиг. 2. Дебит при ход 6,15mm и 8,5mm



Фиг. 3. Дебит при отваряне на втори клапан

На фиг. 2 е показано изменението на дебита във функция от разреждането в цилиндъра (пропорционално на честотата на въртене) при отворени два клапана. Резултатите са за ход на клапаните: 6,15mm и максимален ход 8,5mm.

Отношението на проходните сечения при двете повдигания на клапаните е $k_f = f_{k_{8,5}} / f_{k_{6,15}} = 1,213$, а отношението между дебитите при тези проходни сечения се движи в границите $Q_{8,5} / Q_{6,15} = 1,016 - 1,092$.

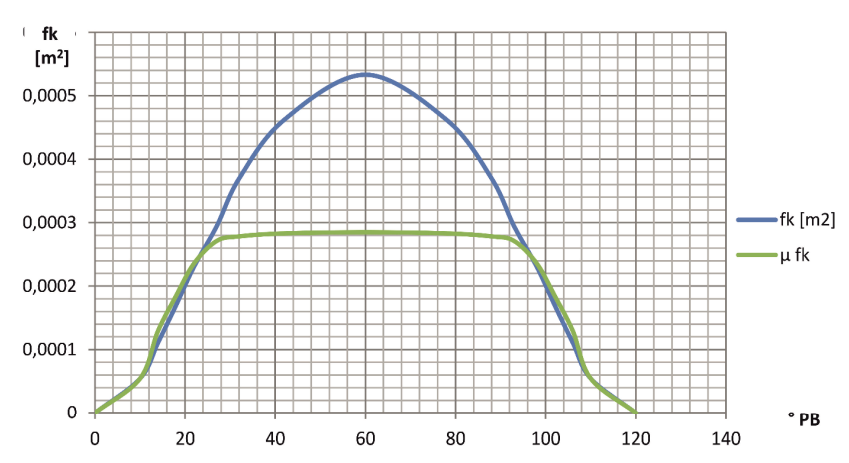
При сравняване на дебита през един клапан с дебита през два отворени клапана при еднакъв ход 6,15mm, т.е. при двойно по-голямо проходно сечение се получава отношение $Q_{2 \times 6,15} / Q_{6,15} = 1,58 - 1,73$. На фиг. 3 са показани кривите на изменение на дебита при различни разреждания.

Същата съпоставка, но при ход на клапаните 8,5mm показва изменение на отношението на дебитите в границите $Q_{2 \times 8,5} / Q_{8,5} = 1,58 - 1,76$.

Коефициента на дебита отразява влиянието на формата на проточното сечение и качеството на повърхнините на каналите, затова неговите стойности и изменение са важен критерий за оценка на пълнителната система. Неговите стойности се получават при съпоставка на експериментално определените дебити с теоретично пресметнатите по известни формули за изтичане на флуид.

С помощта на така определените стойности на коефициента на дебита се определя изменението на ефективното проходно сечение на клапана във функция от повдигането му. Това изменение е илюстрирано на фиг. 4.

№	h, mm	ΔP , mm H ₂ O	Q _{изм} [g/s]	Q _т [g/s]	μ	fk [m ²]	μ fk
1	1	1230	8.671850257	8.67978156	0.999086	5.44E-05	5.43E-05
2	2	1103	19.74067623	16.9040984	1.167804	0.000111	0.00013
3	3	984	26.75489089	24.6026009	1.087482	0.00017	0.000185
4	4	874	32.41167657	31.7268617	1.021585	0.000231	0.000236
5	5	790	35.59011409	38.6183525	0.921586	0.000294	0.000271
6	6.15	760	35.91228803	47.6836057	0.753137	0.00037	0.000278
7	7.5	745	36.18208139	59.0605272	0.612627	0.000462	0.000283
8	8.5	742	36.34453208	68.0157402	0.534355	0.000533	0.000285



Фиг. 4. Оценка на ефективното проходно сечение

Картината на фиг. 4 ясно показва разминаването на ефективното сечение на пълнителния тракт спрямо конструктивно определеното. Голямата разлика при максималните повдигания на клапана, резултат от ниския коефициент на дебита μ се дължи на две причини.

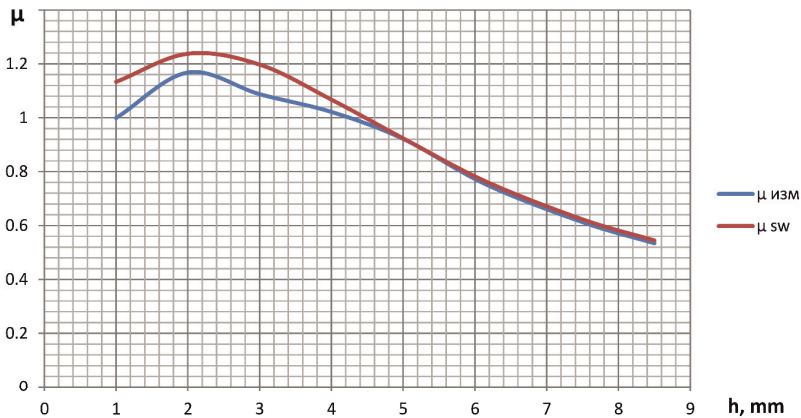
Първо, минималното проходно сечение при повдигане на клапана над 6,95mm се реализира в гърловината, а не в проходното сечение на клапана и тогава увеличаването на хода на клапана не променя минималното сечение на тракта.

Второ, при сравнително голямо отваряне на клапана, в проходното му сечение се образуват завихряния, които намаляват ефективното сечение.

Интерес представлява изменението на коефициента на дебита като пряка функция от повдигането на клапана. Това е показано на фиг. 5, където са сравнени кривата от натурния експеримент с кривата получена при числения експеримент с модела реализиран в средата на SolidWorks, отнасящ се само за вихровия канал.

Кривата достига максимум при ход около 2mm и спада при голямо отваряне на

клапана. Характера на това изменение съответства на теоретичните постановки.

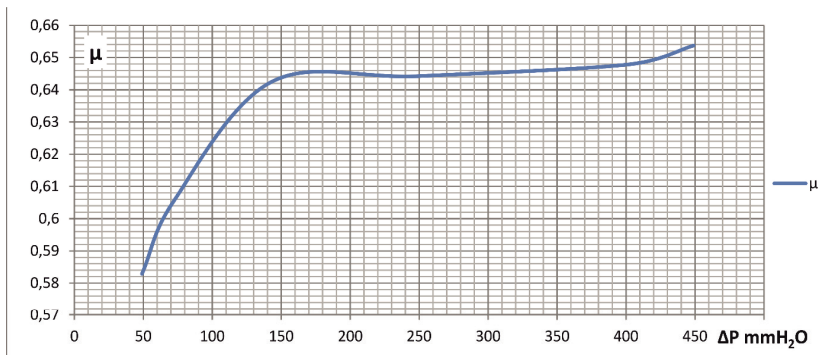


Фиг. 5. Изменение на коефициента на дебита в зависимост от повдигането на клапана

При малки повдигания на клапана коефициента на дебита надхвърля единица, което е теоретично невъзможно. Това се дължи на факта, че геометричните форми и размери на реалните клапанни седла, поради износване се отличават от конструктивно зададените в модела и ползвани при теоретичното определяне на дебита. При малък ход на клапана тези износвания на седлото са съпоставими с стойността на хода на клапана и неотчитането им води до голяма грешка.

Наличието на максимум в кривите на натурния и числения експеримент поставя въпроси свързани с големината на налягането в общия обем на цилиндъра и в областта на клапанното седло, особено при малки повдигания на клапана. Стойностите на тези налягания служат за определяне на теоретичния дебит, а от него и коефициента на дебита.

Изменението на коефициента на дебита във функция от разреждането в цилиндъра на двигателя, което е пропорционално в известна степен на честотата на въртене е изследвано само при сравнително ниски разреждания и скорости на втичане на флуида. На фиг. 6 е графично представен резултата от експеримента, които е проведен при отворени и двата клапана до ход 6,15mm, като се променя само разреждането в цилиндъра.



Фиг. 6. Изменение на коефициента на дебита в зависимост от разреждането в цилиндъра

След първоначално нарастване, коефициента на дебита достига максимум и запазва относително постоянна стойност между 150 – 450 mm H₂O. Очаква се с нарастване на разреждането над посочения интервал да започне спадане на стойността му поради нарастване на скоростта и с нея и на хидравличните съпротивления. Експеримент в тази област не е направен поради недостатъчната мощност на агрегата създаващ разреждането.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От извършените експериментални изследвания се формират следните изводи:

1. Използваната експериментална и съпътстващата я изчислителна методика за определяне на коефициента на дебита дава верни, отговарящи на теоретичните постановки резултати. Кривите на изменение на коефициента на дебита във функция от разреждането в цилиндъра и хода на клапана, разкриват важни зависимости свързани с потоците през пълнителните канали и качеството на пълнителния процес.
2. При изследването бе установено, че увеличаването на проходното сечение на клапаните, чрез увеличаване на хода над определена стойност, има ограничена ефективност. При 20% увеличаване на проходното сечение, дебита през сечението се увеличава 10%.
3. Използването на втори пълнителен клапан, което увеличава двойно конструктивното проходно сечение увеличава дебита максимум със 76%, което се наблюдава при големи разреждания, отговарящи на високи честоти на въртене на двигателя. При ниските разреждания, нарастването на дебита е до 58%, което означава, че използването на два пълнителни клапана е оправдано само при високи честоти на въртене.
4. Изследването на ефективното проходно сечение доказва за пореден път една тривиална истина – при големи повдигания на клапана ефективното проходно сечение намалява толкова, че обезсмисля повдигания над определена стойност. Това означава, че отварянето на клапана над определени стойности се използва за управление на формата и характера на втичащия поток въздух.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Белчев, С., Експериментална установка за изследване на газовите потоци при пълнене на цилиндъра на двигателя. ЕКОВАРНА 2013, том XX, ISBN 954–20-00030, стр.233-237.

За контакти:

Доц. д-р Сергей Белчев, Катедра “Транспортна техника и технологии”, ТУ-Варна, тел: 052 383226, e-mail: sergtu@abv.bg

Докладът е рецензиран.