

## Схемы газообмена двухтактного дизеля

### Общие сведения.

Схемы газообмена дизелей в зависимости от направления движения потоков воздуха внутри цилиндра подразделяют на два основных типа — контурные и прямоточные. Размеры окон и выпускных клапанов, фазы их открытия даны в табл. 1 и 2.

### Контурные схемы.

Типичная для контурной схемы организация газообмена заключается в том, что поступающий через продувочные окна *поток продувочного воздуха и вытесняемые им выпускные газы в своем движении описывают контур цилиндра*. Сначала воздух по одной стороне цилиндра поднимается, у крышки поворачивается на 180° и опускается к выпускным окнам. Так организован газообмен в односторонней щелевой (петлевой) схеме фирмы МАН (рис. 10.9, а) или в близкой к ней схеме фирмы «Зульцер» (рис. 10.9, б). Здесь для прохода воздуха и газов служат окна, выфрезерованные во втулке на одной стороне цилиндра, верхний ряд занимают выпускные 2, а нижний — продувочные 1. Моментами их открытия и закрытия управляет поршень.

Двигатель	Момент газораспределения, ° п. к. в.				Доля потерян-ного хода поршня к моменту закрытия органов	
	Открытие органов		Закрытие органов			
	продувочных	выпускных	продувочных	выпускных	продувочных	выпускных
<b>МАН-В&amp;W(БМЗ)</b>						
КGF (ДКРН4)	41	95	41	55		—
LGFCA(ДКРН7)	41	72	41	78	0,086	—
LMC (ДКРН10)	41	70	41	80	0,086	—
<b>Зульцер:</b>						
RD	48	68	48	60	0,126	0,218
RND	51	67	51	67	0,14	0,25
<b>МАН:</b>						

KZ	48	68	48	68	0,079	0,26
KSZ	42	62	42	62	0,096	0,27

Выпускные окна при рабочем ходе поршня вниз открываются первыми, и начинается процесс свободного выпуска. Продукты сгорания под действием перепада давлений ( $p_c - p_T$ ) покидают цилиндр. Затем открываются продувочные окна и наддувочный воздух устремляется вверх, вытесняя из цилиндра продукты сгорания через открытые выпускные окна. В своем движении в цилиндре воздух описывает характерную для двигателей МАН петлю, поэтому такой тип продувки часто называют *петлевой*. Существенным недостатком газообмена в двигателях МАН KZ является наличие заброса газов из цилиндра в ресивер в начале продувки, когда только открываются продувочные окна. Нередко это является причиной пожаров в ресиверах. Качество очистки цилиндров хорошее ( $\gamma_c = 0,02 \div 0,09$ ) при относительно небольших расходах воздуха на продувку ( $\varphi_a = 1,6$ ).

В двигателе Зульцер продувочные окна занимают большую часть окружности цилиндра, поэтому петлевой характер тока воздуха менее выражен, наблюдается большее перемешивание входящего в цилиндр воздуха с вытесняемыми им продуктами сгорания. Отсюда и несколько хуже очистка цилиндра ( $\gamma_c = 0,1$   $\varphi_a = 1,62$ ) Перемешиванию способствует и интенсивное поступление воздуха в цилиндр в начале продувки из-за

Схема газообмена	Продувочные окна		Выпускные окна		Выпускной клапан	
	$k_s$	$b_s$	$h_b$	$b_b$	$D_{кл}/D$	$H_{кл}/D$
Контурная	(0,08—0,15)S	(0,2-0,4) $\pi D$	(0,16-0,25)S	(0,18-0,25) $\pi D$		
Прямоточная	(0,08—0,15)S	(0,55-0,78) $\pi D$	(0,16-0,20)S	(0,50-0,62) $\pi D$	0,5	0,22-0,27

создаваемого в этот момент подпоршневым насосом большого перепада давлений, необходимого для избежания заброса газов в ресивер в начале продувки. Подпоршневой насос в двигателях серии RD к моменту открытия продувочных окон поднимает давление перед ними с 0,17 МПа (давление наддува) до 0,21 МПа.

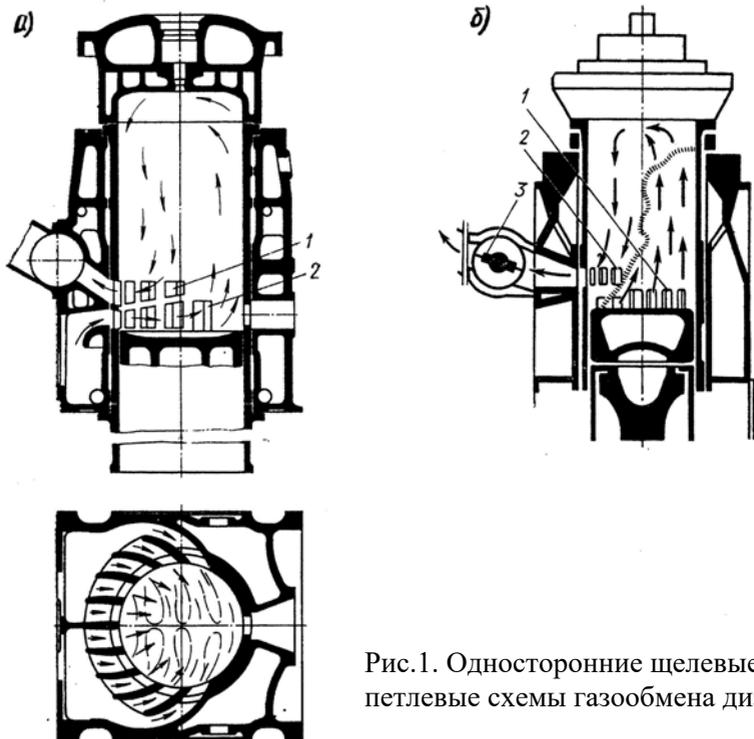


Рис.1. Односторонние щелевые петлевые схемы газообмена дизелей

Поскольку при восходящем движении поршня сначала закрываются продувочные окна и в течение некоторого времени остаются открытыми выпускные, возможна **потеря части заполнившего цилиндр воздуха**. Это нежелательно, поэтому фирма прибегает к установке в выпускных каналах за окнами 2 заслонки 3 (см. рис. 10.9, б). Фазы движения заслонок подобраны таким образом, чтобы при подходе поршня к верхней кромке продувочных окон (при движении его вверх) заслонка, разворачиваясь, перекрывала канал за выпускными окнами, изолируя цилиндр от выпускной системы. Таким образом, газообмен заканчивается одновременно с окончанием продувки. Долю потеряннного на газообмен хода поршня  $\psi_s$  при наличии заслонки необходимо принимать с учетом высоты только продувочных окон (для двигателей RD принимают  $\psi_s = 0.21$ )

Необходимость в заслонках диктуется также наличием у поршней двигателя RD **короткой юбки**. Действительно, когда поршень находится в верхней части цилиндра, выпускные и продувочные окна оказываются открытыми, и если бы заслонка не перекрывала выпускной канал, то продувочный воздух, поступающий в цилиндр под поршень, свободно уходил бы из цилиндра в выпускную систему.

Наличие заслонок и привода к ним усложняет конструкцию и эксплуатацию двигателя. В двигателях серий RND и RLB фирма применила наддув с турбинами постоянного давления, удлинена юбку поршня, и это дало возможность отказаться от заслонок. **Контурные схемы газообмена были широко распространены в судовых малооборотных двигателях, выпускавшихся до 80-х годов фирмами МАН, Зульцер, Фиат, «Русский Дизель» и др.** В дальнейшем в связи с ростом форсирования рабочего процесса наддувом, увеличением отношения  $S/D$  контурные схемы, несмотря на свою конструктивную простоту, не смогли конкурировать с прямоточными. Этим объясняется, что в настоящее время выпускаются исключительно двигатели с прямоточными схемами газообмена. В этом сыграли решающую роль недостатки контурных схем:

худшее качество очистки цилиндра, особенно верхней части, с увеличением высоты цилиндра при увеличении отношения  $S/D$ ;

большой расход воздуха на продувку, увеличивающийся с ростом наддува и связанной с этим плотности продувочного воздуха;

несимметричное распределение температур у втулки цилиндра и поршня, а отсюда и неравномерная их деформация, так как в зоне выпускных окон температура выше, чем в зоне продувочных окон; с ростом наддува и необходимостью более раннего отбора газов на ГТН неравномерность температурного поля усиливается, что приводит к задирам ЦПГ, появлению трещин.

### **Прямоточные схемы.**

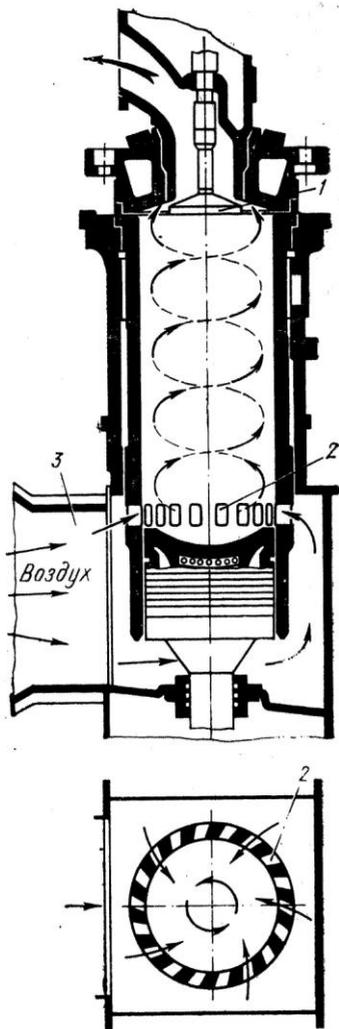
Характерным для прямоточной схемы газообмена является наличие прямого тока воздуха вдоль оси цилиндра, преимущественно с послойным вытеснением продуктов сго-

рания. В результате хорошей организации газообмена судовые двигатели с прямоточной схемой продувки имеют наиболее низкие значения коэффициента остаточных газов ( $\gamma_2 = 0,05 \div 0,09$ ).

**Прямоточно-клапанная схема газообмена** (рис. 10.10) применена в двухтактных двигателях БМЗ, МАН—Бурмейстер и Вайн, Зульцер RTA.

Продувочные окна расположены в нижней части втулки равномерно по всей окружности цилиндра,

что обеспечивает большие проходные сечения и малое сопротивление окон, а также равномерное распределение воздуха по сечению цилиндра. Тангенциальное расположение окон 2 в плане способствует закручиванию потоков поступающего через патрубок 3 в цилиндр воздуха. Вихревое движение воздуха в цилиндре сохраняется до конца такта сжатия, и при впрыске топлива его частицы захватываются вихрями и разносятся по пространству камеры сгорания, вследствие чего существенно улучшается смесиобразование.



Выпуск газов из цилиндра происходит через клапан 1 в крышке цилиндра (привод клапанов осуществляется от распределительного вала). Профилированием кулака клапана можно легко подбирать и устанавливать необходимые фазы газораспределения: прежде всего, открывать его с большим

Рис. 10.10. Прямоточно-клапанная схема газообмена дизеля МАН—Бурмейстер и Вайн

опережением ( $\varphi_{\text{пр}} = 91 \div 70^\circ$  п. к. в до НМТ), что дает возможность отбирать газ из цилиндра при повышенном давлении ( $p_B = 0.7 \div 1.0$  МПа) и тем самым увеличивать мощность газовой турбины. Клапан начинает закрываться после перекрытия поршнем продувочных окон ( $\psi_{\text{зан}} = 80 \div 56^\circ$  п. к. в. за НМТ). Окончание газообмена и начало процесса сжатия можно считать совпадающими с моментом закрытия поршнем продувочных окон, и относительная величина потерянной части хода поршня в этом случае определяется высотой продувочных окон.

*Прямотно-щелевую схему газообмена* применяют в судовых и тепловозных двигателях с противоположно движущимися поршнями (Д Оксфорд, Д100). Характерной особенностью является расположение продувочных и выпускных окон по концам цилиндра. При этом один поршень (нижний или верхний) управляет фазами открытия и закрытия выпускных, а другой — продувочных окон. Поскольку для обеспечения фазы свободного выпуска выпускные окна должны открываться раньше продувочных, то управляющие ими поршни движутся с опережением по отношению к противоположно перемещающимся поршням. Это достигается взаимным смещением кривошипов верхнего и нижнего рядов поршней на угол  $6\text{—}12^\circ$  п. к. в.

Организация потоков воздуха и газов в цилиндре такая же, как в рассмотренной схеме, качественные показатели продувки также подобны.

Прямоточные схемы газообмена по сравнению с контурными имеют некоторые преимущества: лучшее качество газообмена и меньшие потери воздуха на продувку; наличие управляемого выпуска, благодаря чему имеется возможность варьирования энергией газов, направляемых в ТК; симметричное распределение температур во втулке цилиндра и головке поршня и др.

### **Литература**

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 382 с Стр. 132-138

2. Возницкий И. В. Судовые дизели и их эксплуатация / И.В.Возницкий, Е.Г.Михеев – М.:Транспорт, 1990. - 360 с, стр. 209-214