

## Схемы систем наддува

### Надув четырехтактных двигателей.

Меньшие (по сравнению с двухтактным двигателем) удельные расходы воздуха, более высокая температура выпускных газов и наличие насосных ходов поршня в четырехтактном двигателе облегчают решение задачи балансирования мощностей турбин и приводимых ими наддувочных агрегатов. Этим объясняется, что газотурбинный наддув сначала внедрялся в 4-тактных двигателях и лишь по прошествии нескольких лет начал внедряться в 2-тактных. Сегодня в **главных среднеоборотных двигателях предпочтение отдается наддуву при постоянном давлении газов перед турбиной**, так как эта схема наддува конструктивно проще, а следовательно, и дешевле. Кроме того, достигается более высокий КПД газотурбокомпрессора. В двигателях, работающих в условиях быстроменяющихся нагрузок (**дизель-генераторы**), предпочтение в силу лучшей приемистости отдается **импульсной схеме**

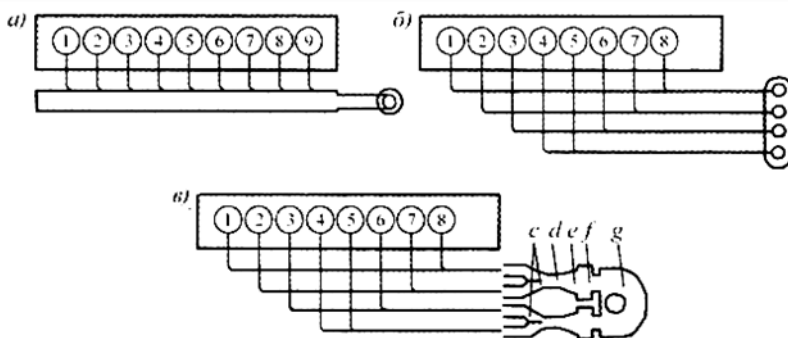


Рис.1. Газотурбинный наддув при:

а) постоянном давлении; б) импульсный; в) импульсный с преобразователем импульсов: с – сопла, d –смесительная камера, e – диффузор, f – ресивер, g – турбина

**наддува.** В некоторых четырехтактных двигателях последних моделей, имеющих импульсную систему наддува, в выпускном тракте устанавливают преобразователи импульсов (рис. 1), способствующие эффективному преобразованию кинетической энергии газов (импульсной составляющей) в энергию постоянного потока. В результате такого преобразования давление перед газовой турбиной выравнивается и последняя практически работает в режиме  $p_T = const$ , что способствует повышению ее КПД, а использование энергии импульса увеличивает ее мощность и, что особенно важно, позволяет

обеспечить баланс мощностей турбины и компрессора на малых нагрузках, начиная с 20%-ной нагрузки до номинальной.

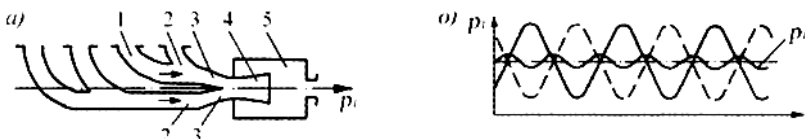


Рис. 2 а) схема преобразователя импульсов; б) кривые изменения давления газов перед преобразователем и за ним.

На рис. 2, а, б приведены принципиальная схема преобразователя импульсов и кривые изменения давления газов до преобразователя и за ним. Выпускные газы по патрубкам подводятся к соплам 2, причем в один трубопровод объединены выпуски из цилиндров, фазы которых не накладываются одна на другую. В определенный момент времени импульс давления в одном из трубопроводов достигает максимума. Достигает максимума также и скорость газа в сопле 2 данного трубопровода, что приводит к разрежению в другом трубопроводе 1 и облегчает продувку присоединенного к нему цилиндра. Процесс истечения газов из сопел 2 повторяется с относительно высокой частотой, поэтому в камере 3 образуется равномерный поток, обладающий большим запасом кинетической энергии. В диффузоре 4 эта энергия преобразуется в энергию постоянного давления. Из ресивера 5 газы поступают в турбину при почти постоянном давлении.

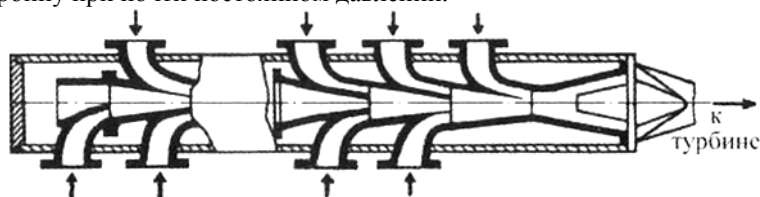


Рис. 3. Преобразователь импульсов

Основные преимущества использования преобразователей импульсов заключаются в возможности избежать необходимости установки в многоцилиндровом двигателе нескольких ГТК. Упрощается конструкция газовыпускной системы, ее монтаж и снижается стоимость двигателя. Благодаря поступлению газов в турбину под примерно постоянным давлением снижается уровень вибрации лопаток турбины и повышается надежность их работы. Преобразователи импульсов позволяют уменьшить проходное сечение сопел турбины, повысить давление перед ней и ее КПД. При этом увеличиваются мощность турбины и производительность компрессора.

Для улучшения очистки цилиндра от продуктов сгорания в четырехтактном двигателе применяют продувку камеры сгорания путем одновременного открытия на протяжении 90-150° п.к.в. впускных и выпускных клапанов. Для

увеличения эффективности процессов продувки камеры сгорания и наддува двигателя при импульсном наддуве применяют разделение выпускного трубопровода на отдельные ветви, чтобы избежать нарушения продувки отдельных цилиндров и эффективнее использовать энергию выпускных импульсов. Выпуски из цилиндров группируют таким образом, чтобы получить в отдельных ветвях выпускного коллектора наибольший сдвиг по

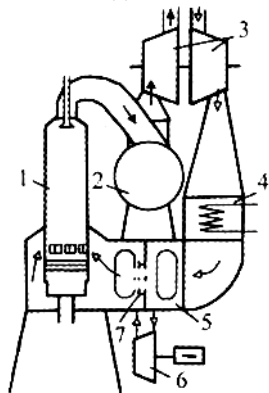


Рис.4. Схема работы ГТК совместно с электроприводным компрессором: 1 - цилиндр; 2 - выпускной коллектор; 3 - ГТК; 4 - воздухоохладитель; 5 - первая ступень ресивера; 6 - электроприводная воздушодувка; 7 - пластинчатые

времени между волнами давления, возникающими от выпусков объединяемых цилиндров. Например, в шестицилиндровом 4-тактном двигателе в одну из ветвей коллектора направляют выпуск из 1-го, 2-го и 3-го цилиндров, а в другую - из 4-го, 5-го и 6-го цилиндров; порядок вспышек при этом 1-5-3-6-2-4. При угле заклинивания колен  $\Delta\varphi = 120^\circ$  сдвиг фаз между волнами давлений будет равен  $240^\circ$ , что полностью обеспечивает эффективную продувку за это время. Естественно, что при другом числе цилиндров, ином порядке вспышек и расположении колен требуется другая группировка цилиндров и иное число выпускных коллекторов.

## Наддув двухтактных двигателей.

Проблема снабжения двухтактного двигателя воздухом в необходимом количестве и с заданным давлением наддува решается значительно сложнее. В силу затруднений в обеспечении баланса мощности (равенства  $N_T$  и  $N_K$  на валу компрессора) в двигателях ранних моделей с

контурными схемами газообмена («МАН», «Зульцер», «Фиат») нельзя было осуществить наддув только благодаря применению ГТК и приходилось прибегать к комбинированным системам наддува с использованием подпоршневых полостей. Причины этого следующие:

- ▶ из-за отсутствия хода выталкивания для обеспечения качественной продувки и удовлетворительного наполнения цилиндров воздухом среднее давление газа перед турбиной при контурных схемах газообмена должно быть меньше давления воздуха в ресивере  $p_m = (0,80-0,88)p_s$ ;

- ▶ температура выпускных газов существенно ниже;

- ▶ для обеспечения качественного газообмена необходим большой расход воздуха на продувку, поэтому наддувочный агрегат (компрессор) должен иметь большую подачу.

Исключение составляет дизель с прямоточно-клапанной схемой газообмена, в котором наличие клапана позволяет осуществлять более ранний выпуск и вследствие этого направлять в турбину газы с большим давлением и температурой.

Совершенствование газообмена, уменьшение расхода воздуха на продувку и, главным образом, переход на наддув с постоянным давлением и повышение КПД турбокомпрессоров до 70% обеспечили возможность снабжения двигателя воздухом только от турбокомпрессоров в диапазоне нагрузок от 100 до 40%.

При меньших нагрузках и пусках подключается дополнительный компрессор с электроприводом, работающий параллельно либо последовательно с ГТК.

Отказ от подпоршневых полостей привел к упрощению и удешевлению конструкции двигателя.

В последней модификации двигателя «Зульцер» RTA (рис. 4) с более совершенной прямоточной схемой газообмена включение дополнительного электрокомпрессора необходимо лишь при нагрузках менее 25% и при пуске. В выпускном коллекторе 2 благодаря его большому объему устанавливается постоянное давление газов. Пластинчатые невозвратные клапаны 7 предотвращают перетекание воздуха из второй секции ресивера 5 в первую и тем самым обеспечивают возможность работы электроприводного компрессора 6 последовательно с турбокомпрессором 3 (1 - цилиндр; 4 - воздухоохладитель).

#### Литература

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 382 с. Стр.120-123
2. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2008.- 470 с. Стр.163-167
3. Возницкий И. В. Судовые дизели и их эксплуатация / И.В.Возницкий, Е.Г.Михеев – М.:Транспорт, 1990. - 360 с. Стр. 252-254