

## Помпаж турбоагнетателей. Помпаж компрессора

**Помпаж** - это неустойчивая работа компрессора, возникающая при больших положительных углах атаки, обусловленная срывом потока за входными кромками лопаток и, соответственно, резким увеличением потерь в рабочих каналах.

Характер обтекания лопаток рабочего колеса центробежного

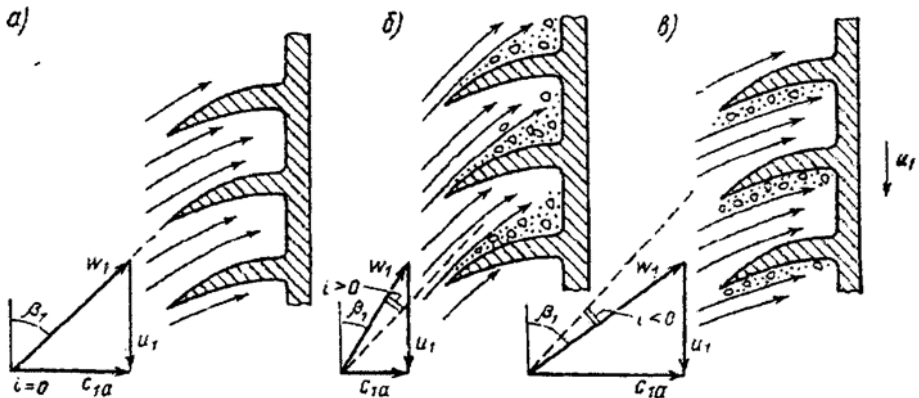


Рис. 5.15. Обтекание лопаток рабочего колеса при неизменной частоте вращения и раздаточной подаче: а – расчетный режим ( $i=0$ ); б – уменьшенная подача ( $i>0$ ); в – увеличенная подача ( $i<0$ ).

компрессора на расчетном режиме, а также при уменьшенной и увеличенной подачах при неизменной частоте вращения вала ( $u_1 = \text{const}$ ) показан на рис. 5.13.

На расчетном режиме (рис. 5.15, а) угол входа  $\beta_1$  относительной скорости  $w_1$  совпадает с углом  $\beta_{1н}$ , и угол  $i$  атаки равен нулю. Поэтому потери кинетической энергии в рабочем канале оказываются минимальными. **Снижение подачи** (и проекции скорости  $c_{1a}$ ) приводит к уменьшению угла  $\beta_1$  (рис. 5.15, б), в результате чего угол атаки становится положительным. На спинке лопатки возникает срыв потока. При больших углах атаки образовавшийся вихрь заполняет рабочий канал, и нарушается работа компрессора.

Увеличение подачи компрессора (и  $c_{1a}$ ) влечет **рост угла  $\beta_1$**  входа относительной скорости (рис. 5.15, в); угол атаки становится отрицательным. При таком режиме работы срыв потока, наблюдаемый на вогнутой поверхности лопатки, увеличивает потери и снижает КПД

компрессора, но **не приводит к помпажу**, т.к. вихревая зона поджимается к вогнутой поверхности лопатки, носит местный характер и не захватывает всю площадь сечения канала.

Подобные срывные явления возникают также при обтекании лопаток диффузора с углами атаки, отличными от нуля (рис. 5.16).

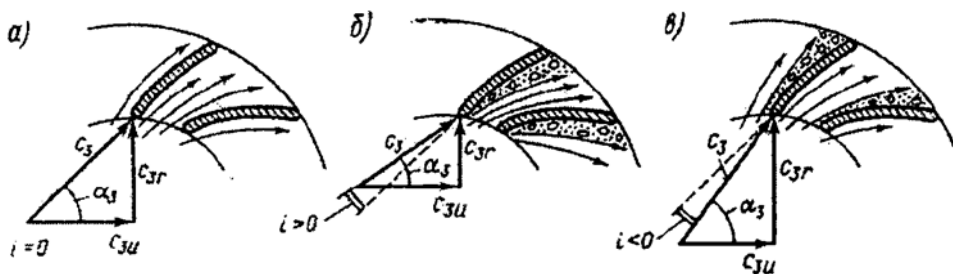


Рис 5.16 Обтекание лопаток диффузора при неизменной частоте вращения и различной подаче: а – расчетный режим; б – уменьшенная подача; в – увеличенная подача

**При уменьшенной подаче** и неизменной частоте вращения вала компрессора абсолютная скорость  $c_3$  входа (и ее проекция на радиальное направление  $c_{3r}$ ) становится меньше, чем на расчетном режиме, а угол атаки  $i$  будет положительным. На вогнутой поверхности лопатки может происходить срыв потока и вихреобразование (рис. 5.16, б). При отрицательном угле атаки срывные явления наблюдаются на спинке лопатки (рис. 5.16, в).

Из рассматриваемого рисунка видно, что условия для образования срывов **более благоприятны на вогнутой** поверхности лопатки, чем на спинке, чему способствует криволинейность канала и инерционность потока. Поэтому, как и для случая с рабочим колесом, **помпаж возникает при больших положительных углах атаки.**

Явление помпажа в компрессоре сопровождается резким увеличением шума, пульсацией давления нагнетаемого воздуха и его подачи, появлением вибрации. В период срыва потока воздух из нагнетательной полости устремляется во всасывающую и прорывается через фильтр в атмосферу, а затем, в последующий период нормальной работы воздух движется в естественном направлении.

**Работа компрессора в зоне помпажа недопустима**

**Причины**

### ***Система топливоподачи:***

- низкое давление за циркуляционным (топливоподкачивающим) насосом;
- воздух или вода в топливе;
- низкая температура подогрева топлива;
- неисправны всасывающий и отсечной клапаны ТНВД;
- заедания плунжера и иглы;
- повреждение сопла форсунки.

### ***Система выпуска:***

- нарушения в открытии выпускного клапана;
- засорение решетки перед ГТК;
- увеличение противодавления за ГТК.

### ***ГТК:***

- загрязнение или повреждение турбины, компрессора;
- загрязнение воздушных фильтров;
- повреждение глушителя;
- выход из строя подшипников.

### ***Система наддувочного воздуха:***

- загрязнение воздухоохладителя;
- прекращение циркуляции воды в воздухоохладителе;
- очень высокая температура в воздухоохладителе.

### ***Разное:***

- нарушения в работе регулятора числа оборотов (колебания);
- резкие изменения нагрузки двигателя;
- очень резкие изменения частоты вращения:
  - при работе на высокой нагрузке (маневрировании);
  - при срабатывании защиты остановкой / снижением частоты вращения;
  - при работе двигателя назад;
  - при оголении винта в штормовых условиях.

Последние причины могут носить случайный кратковременный характер и не являются опасными. Если же помпаж продолжается длительное время, то в качестве первого шага рекомендуется принять следующую рекомендацию.

## **Контрмеры**

Помпаж может быть нейтрализован путем стравливания воздуха из ресивера через установленный на нем противопомпажный или предохранительный клапан. Но надо учитывать, что при этом произойдет повышение температуры выпускных газов. Важно, чтобы

она не превышала допустимой величины. Вторым способом состоит в соединении выхода воздуха из компрессора с трубопроводом подачи газов в ГТК с установкой в этой ветви клапана. При появлении помпажа клапан открывается, давление за компрессором падает, а увеличение количества поступающей на газовую турбину смеси газов и воздуха, увеличивается. Падение давления за компрессором и рост оборотов ГТК приводят к прекращению помпажа.

#### Литература.

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 382 с. Стр.130-133
2. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2008.- 470 с. Стр. 176-179