

УДК 621.176

А.В.Жлобич, доцент;
Е.С.Санкович, ст.преп.

ГАЗОВЫЙ ПУЛЬСИРУЮЩИЙ ЭЖЕКТОР

A gas pulsating ejector of new construction is suggested. The ejector's diffuser contains the axial fairing with perforated walls. The pulses of base pressure create the suction and the blowing boundary layer and a cross jet flow in the diffuser too.

Струйные аппараты (эжекторы, инжекторы, гидроэлеваторы и др.), будучи конструктивно простыми устройствами, содержащими активное и пассивное сопла, камеру смешения и диффузор, находят новые применения.

Приведем несколько примеров.

1. Эжекционные системы и устройства в силовых установках с двигателями внутреннего сгорания, обеспечивающие:

а) преобразование энергии импульсов отработавших газов с целью улучшения очистки цилиндров двигателя и повышения эффективности газовой турбины при наддуве;

б) охлаждение радиаторов силовой установки или непосредственно цилиндров, а также - охладителя наддувочного воздуха или корпуса газовой турбины [1];

в) отсос пылевоздушной смеси из поддона воздухоочистителя [2].

2. Гидрореактивные установки судов с двигателем, работающим, в частности, на гидрореагирующем горючем, и с движителем в виде конденсационного инжектора [3].

3. Разгонное устройство жидкометаллической установки (МГД - генератора), выполненное в виде парожидкостного (конденсационного) инжектора [4].

4. Жидкостноструйные компрессоры для компримирования нефтяных газов и нагнетания газожидкостных смесей на центральные пункты подготовки нефти [5].

5. Усилители реактивной тяги летательных аппаратов [6] и устройства для глушения шума реактивных струй.

Струйные аппараты, действуя в составе тех или иных установок, устройств, отличаются спецификой протекания процессов теплообмена. В первую очередь следует выделить такой сопутствующий процесс, как обратные токи в проточной части, снижающие эффективность аппарата; следует отметить их нестационарность. Особенно этим отличаются двухфазные аппараты: жидкостноструйный компрессор [5] и парожидкостный инжектор [4].

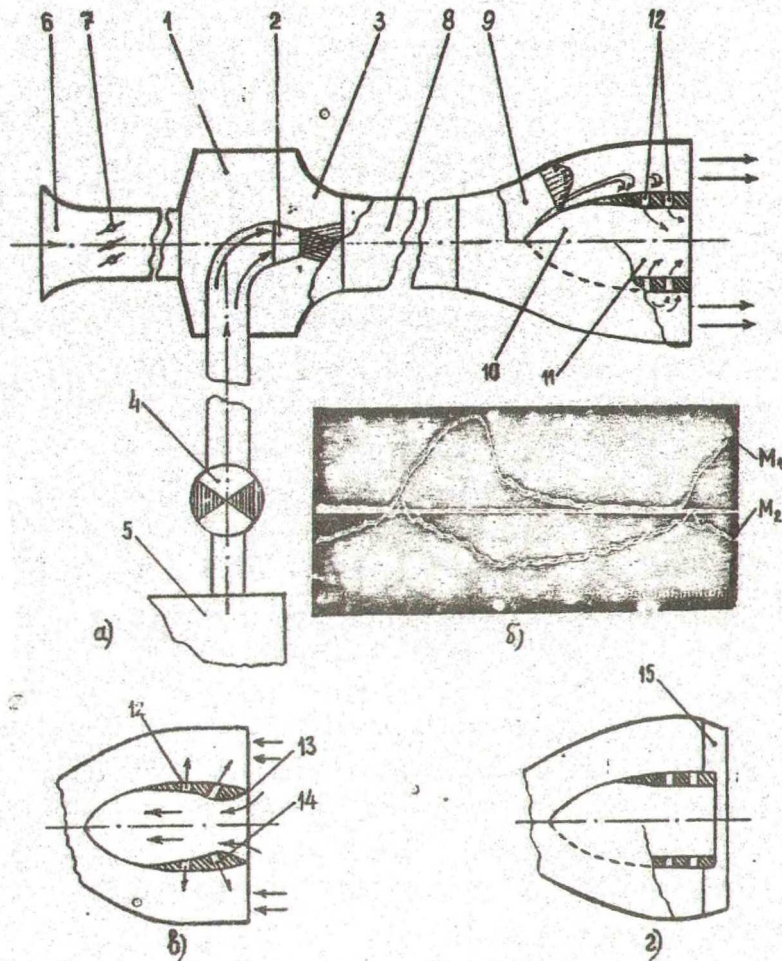


Рис .

а) общий вид пульсирующего эжектора; б) осциллограмма избыточных статических давлений в эжекторе (развитие процессов слева-направо); в) вариант обтекателя; г) диффузор с конической секцией.

1- приемная камера; 2- активное сопло; 3- пассивное сопло; 4- пульсатор; 5- генератор; 6- канал пассивного потока; 7- жалюзи; 8- камера смешения; 9- кольцевой диффузор; 10- обтекатель; 11- полость обтекателя; 12- отверстия перфорации; 13- острая кромка; 14- наклонные отверстия; 15- коническая секция

Так, в последнем процесс тепло- и массообмена в камере смешения проявляется через конденсацию основной части пара, причем структура смеси становится пузырьковой или пенной, а скорость движения смеси превышает местную скорость звука. Окончательная конденсация пара происходит в скачке уплотнения перед диффузором с переходом тока в дозвуковой. Скачок уплотнения нестационарен; в зоне скачка статическое давление пульсирует с основной частотой 15-20 Гц, а также вследствие захлопывания пузырьков пара - с частотой 500-1000 Гц.

Нестационарность в жидкостнотруйном компрессоре проявляется в виде периодических осевых колебаний (0,2-0,5 Гц) зоны инверсии фаз в камере смешения. У стенок камеры возникают обратные течения, которые возрастают при повышенном противодавлении за диффузором компрессора и могут привести к срыву работы аппарата. Подчеркнем, что в потоке газожидкостной смеси, проходящем через диффузор, совершается процесс коагуляции с образованием крупнодисперсной структуры или даже - расслоением и последующим пробковым режимом течения в напорном трубопроводе.

Работа струйного аппарата в пульсирующем режиме носит регулярный характер, когда активная газовая среда движется периодически (например, поток выпускных газов в поршневом двигателе). Установлено [7], что присоединение пассивной среды в пульсирующем эжекторе, если активный поток имеет разрывы между импульсами, протекает с рядом особенностей. Такой эжектор развивает повышенную эффективность по напору, производительности, реактивной тяге.

Факт создания аномально высокой реактивной тяги при использовании пульсирующего газового эжектора признан и зафиксирован как открытие [6].

Вместе с тем в газовом пульсирующем эжекторе возникают периодические обратные токи из диффузоров в камеру смешения, а работа аппарата сопровождается повышенной шумностью. Наличие этих двух негативных факторов должно учитываться при выборе схемы группировки выпускных патрубков в эжекционной системе охлаждения двигателя [1]. Для снижения обратных токов и шумности работы предлагается новая конструкция эжектора, способного работать с пульсирующими (разрывным, неразрывным) и установившемся (стационарным) активными потоками газа.

На рис. показан общий вид газового пульсирующего эжектора, который работает следующим образом.

Газ высокого давления поступает из генератора 5 в пульсатор 4, где поток получает нестационарное периодическое движение с разрывами между импульсами (активный поток). Импульс газа, проходя через сжи-

вающееся активное сопло 2, истекает с переменной скоростью, максимальное значение которой достигает местной скорости звука. В случае сверхкритического мгновенного перепада давлений газовый импульс расширяется окончательно на участке струи - от среза сопла 2 до стенок камеры смешения 8. Свободный участок струи эжектирует пассивный поток путем турбулентного перемешивания газовых сред.

Пассивный поток приобретает пульсирующий вид и движется по каналу 6 через жалюзи 7 в приемную камеру 1, пассивное сопло 3 навстречу с активным потоком, причем инерционное движение пассивного потока, затухая, продолжается и в разрывах между импульсами активного потока. Каждый новый импульс сопровождается кратковременным повышением давления в камере смешения 8, распространением волн, прямых и отраженных, вдоль эжектора, включая канал 6 пассивного потока. Протекание указанных процессов характеризуют осциллограммы избыточного статического давления газа перед активным соплом 2 (поток М) и давления пассивного потока М в приемной камере 12 (рис. 6).

Пульсирующий поток газовой смеси поступает в кольцевой диффузор 9 с обтекателем 10, где притормаживается с постепенным повышением давления до давления окружающей среды (например, атмосферного), перераспределением полей скорости в кольцевых сечениях, формированием пограничного слоя на стенках. На выходном участке обтекателя 10 возникает кратковременный отсос газовой смеси через отверстия перфорации 12 в полость обтекателя 11, имеющей пониженное давление, равное донному давлению, создаваемому эжекционный поток газовой смеси за выходным сечением. Отсос пограничного слоя с внешней поверхности обтекателя 10 препятствует отрыву потока от стенок.

Следующая фаза характеризуется быстрым уменьшением скорости истечения газа через активное сопло 2, прекращением истечения и развитием волнового процесса присоединения пассивной среды. Снижение скорости газовой смеси в диффузоре 9 и на выходе из него ведет к отрыву пограничного слоя на стенках, формированию обратных токов, в том числе из окружающей среды, к повышению донного давления. Благодаря импульсу донного давления образуется неустановившийся обратный ток газа в обтекатель 10, а из него - через отверстия перфорации 12, в диффузор 9 нормально стенкам обтекателя 10. Истечение газа через упомянутые отверстия сопровождается сдувом пограничного слоя на стенках, а главное - образованием струйной завесы, препятствующей обратному потоку из окружающей среды непосредственно в полость диффузора 9.

Интенсивность процессов отсоса и сдува пограничного слоя, действие струйной завесы зависят от режима работы эжектора, конструкции диффузора 9 и обтекателя 10. Вариант конструкции (рис. в) позволя-

ет притормаживать обратные токи острой кромкой 13 обтекателя, так же, как, используя плавный вход обтекателя и волну сжатия из данной области, - создавать встречное струйное движение из наклонных отверстий 14. При этом дальнобойность струй из отверстия 12 перфорации может быть достаточной, чтобы струи достигали внешней стенки диффузора 9. На рис. г показан диффузор эжектора с короткой конической секцией 15, назначение которой - регулировать величину донного давления.

Работа газового пульсирующего эжектора сопровождается шумом, исходящим от пульсатора 4 и порождаемым неоднородностями турбулентной струи активного потока, пульсациями давления в камере смешения 8 и диффузоре 9, а также благодаря автоколебаниям (дискретным составляющим). Глушения шума в полости эжектора и уходящем потоке газовой смеси достигается за счет поглощения, отражения и рассеивания звука высокой частоты на стенках входного участка обтекателя 10. В свою очередь, на выходном участке диффузора 9 ослабляется низкочастотный основной шум, где перфорированный обтекатель 10 выполняет роль расширительной камеры, т.е. действует как реактивный глушитель. Повышение шумоглушащих свойств обтекателя 10 достигается подбором объема и формы полости 11, числа и размеров отверстий 12 и 14.

Шум, создаваемый обратными потоками газов, сравнительно невысокий и перекрывается основным шумом потока газовой смеси на выходе диффузора 9, в том числе благодаря частичной интерференции при равенстве частот колебаний, сдвинутых по фазе.

Пульсирующий газовый эжектор обладает свойством авторегулирования, и чем выше нестационарность активного потока в нем (больше разрывность и амплитуды пульсаций), тем эффективнее протекает торможение обратных токов как непосредственно обтекателем диффузора, так и струйной завесой. При переходе к неразрывному пульсирующему потоку, а тем более - установившемуся, эжектор сохраняет свою работоспособность и в связи с пониженным донным давлением отсасывает пограничный слой с поверхности обтекателя.

За счет уменьшения обратных токов и стабилизации пограничного слоя улучшается характеристика пульсирующего эжектора по напору и производительности, особенно при низких частотах пульсаций (5-15 Гц). Во всех случаях, но в первую очередь при высокой околосзвуковой или звуковой скорости активной струи, эжектор предлагаемой конструкции снижает шум потока уходящей газовой смеси. В случае высокой температуры активного потока обтекатель диффузора не перегревается, поскольку его омывают прямой поток газовой смеси и обратные токи с пониженной температурой. Также обтекатель прикрывает пламя, которое может выбрасываться через активное сопло.

Предлагаемый газовый пульсирующий эжектор отличается простотой конструкции, и, кроме обтекателя, он не содержит дополнительных элементов для управления газодинамическими процессами. Будучи универсальным, пульсирующий эжектор может применяться автономно, например как вентиляционное устройство, или же в составе машин и аппаратов, имеющих источники пульсирующих газовых потоков (наземные транспортные средства, авиация, газовая промышленность и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Платонов В.Ф., Леиашвили Г.Р. Гусеничные и колесные транспортно-тяговые машины. М.:Машиностроение, 1986.
2. Жлобич А.В., Дмитриева Н.В. Устройства для управления выпуском газов и эжекции пыли на самосвале с подогревом платформы. А.с. №1194724, СССР, 21.05.1984.
3. Башкатов В.А., Орлов П.П., Федосов М.И. Гидрореактивные импульсивные установки. Л.:Судостроение, 1977.
4. Дейч М.Е., Филиппов Г.А. Газодинамика двухфазных сред. М.: Энергоиздат, 1981.
5. Донец Г.Г. Гидроприводные струйные компрессорные установки. М.: Недра, 1990.
6. Кудрин О.И., Квасников А.В., Челомей В.Н. Явление аномально высокого прироста тяги в газовом эжекционном процессе с пульсирующей активной струей. Открытие N 314, СССР, БИ 44, 1986.
7. Жлобич А.В. Некоторые особенности работы эжектора на пульсирующем потоке газа. Сб.науч.трудов ТЭМИИТа, том XXIX, Томск, 1960.

СОДЕРЖАНИЕ

И.В.Турлай. К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ	3
Е.Ф.Волобуев, Л.Ф.Доронин, Я.И.Остриков. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИПИЗИРОВАННЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА	7
А.С.Федоренчик. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА ЛЕСОСЕКЕ	10
А.В.Жуков. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЛЕСНОЙ МАШИНЫ	14