

УДК 621.452.2.043+621.822

**В.Н. ШНЯКИН, В.Г. КУРЕЙЧИК, В.И. КОНОХ, Г.Г. ХОХЛОВ, И.Ю. КУКСА**

*Государственное конструкторское бюро "Южное", Украина*

## **ПНЕВМОНАСОСНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ СИСТЕМ ПОДАЧИ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Рассмотрен один из способов подачи компонентов топлива в камеру сгорания жидкостного ракетного двигателя, который обладает всеми преимуществами вытеснительной системы подачи, но вместе с тем позволяет не снижая давление в камере сгорания существенно снизить массу топливных баков ракеты.

**двигательная установка, многократный запуск, вытеснительная система подачи, пневмонасосная система подачи, объемный насос.**

### **Введение**

При решении различных космических задач первостепенное значение имеют массово-энергетические характеристики двигательной установки (ДУ) и всего аппарата в целом. Кроме того, специфика работы двигателей ракет верхних ступеней подразумевает многократное включение, чем обуславливаются высокие требования к надежности и ресурсу ДУ.

### **1. Формулирование проблемы**

Как правило, для двигателей верхних ступеней в связи с необходимостью обеспечения многократного запуска и высокой надежности используется вытеснительная система подачи компонентов топлива. Однако такая система подачи не позволяет реализовывать высокие давления в камере сгорания (КС) двигателя в связи с неоправданным ростом массы топливных баков и баков системы надува.

Использование турбонасосной системы подачи (ТСП) связано с трудностями организации многократных включений двигателя.

### **2. Решение проблемы**

В настоящее время в ГКБ "Южное" разрабатывается альтернативная система подачи компонентов топлива (по сравнению с вытеснительной системой подачи), позволяющая снизить давление надува топливных баков и, вместе с тем, сохранить высокие

давления в КС. Данная система работает на "холодном" газе, благодаря чему имеется возможность применения герметичных объемных насосов с эффективными уплотнениями. Кроме того, данная система выполняет также функцию поддержания соотношения компонентов топлива (погрешность менее 0,5%), имеет высокую эксплуатационную надежность, возможность организации большого числа включений и изменения расходов компонентов в диапазоне от 0 до максимального значения.

В основе данной системы лежит пневмонасосный агрегат (ПНА). Конструктивно он включает в себя топливные насосы окислителя и горючего объемного действия и объемные пневмоприводы, работающие на редуцированном гелии высокого давления от пневмоблока изделия, а также пневмосистему, обеспечивающую работу насоса в автоматическом режиме. ПНА обладает сравнительно небольшим весом и позволяет при низких давлениях в топливных баках получать давления в КС, соизмеримые с ТСП. ПНА обладает хорошими пусковыми характеристиками и простотой управления (запускается при подаче газа в пневмопривод). Для получения более высоких энергетических характеристик ДУ гелий для пневмопривода подогревается в теплообменнике, установленном на КС. Пневмогидравлическая схема ПНА приведена на рис. 1.

Принцип работы ПНА следующий: при подаче давления гелия в газовый тракт насоса начинают

двигаться поршни насосов. Каждый из поршней, доходя до упора, подает управляющую команду на реверс соседнего насоса, образуя таким образом замкнутый цикл работы. Для обеспечения однонаправленного движения компонентов топлива по тракту насоса установлены входные и выходные блоки обратных клапанов. Применение схемы со сдвоенными насосами позволяет минимизировать провалы давления на выходе из насоса в момент реверсирования поршней.

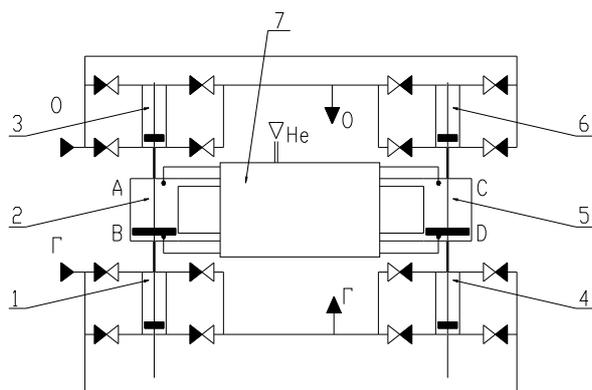


Рис. 1. ПНА, схема пневмогидравлическая:

- 1, 4 – насосы горючего;  
2, 5 – пневмопривод насосов;  
3, 6 – насосы окислителя;  
7 – газораспределительная система насоса

## 2. Состояние и дальнейшие перспективы разработки

Характеристики разрабатываемого ПНА приведены в табл. 1. Данный ПНА позволяет применить топливные баки на  $15 \text{ кгс/см}^2$  и камеру сгорания на  $36,5 \text{ кгс/см}^2$ . Высокие давления на входе в пневмонасосный агрегат обусловлены необходимостью питания микродвигателей (диапазон рабочих давлений ПНА  $\geq 3 \div 5 \text{ кгс/см}^2$ ). Кроме того, если рассматривать заправку компонентов топлива  $500 \text{ кг}$  и сравнить пневмонасосную и вытеснительную системы подачи на эти же параметры в КС, то система подачи с ПНА будет легче и разница составит около  $40 \text{ кг}$ .

В дальнейшем предполагается поднять температуру гелия на входе в ПНА до  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ , что позволит

дополнительно получить выигрыш в полезной нагрузке.

Таблица 1

Характеристики разрабатываемого ПНА

Рабочая среда тракта "О"	Амил
Рабочая среда тракта "Г"	Гептил
Рабочая среда тракта "газа"	Гелий, $T = 88 \text{ }^\circ\text{C}$
Абсолютное давление на входе в тракт "О", $\text{кгс/см}^2$	13
Абсолютное давление на входе в тракт "Г", $\text{кгс/см}^2$	13
Абсолютное давление на входе в тракт "газа", $\text{кгс/см}^2$	22,3
Среднеинтегральный расход горючего, $\text{кг/с}$	0,422
Среднеинтегральный расход окислителя, $\text{кг/с}$	0,971
Среднеинтегральное давление окислителя на выходе, $\text{кгс/см}^2$	56,5
Среднеинтегральное давление горючего на выходе, $\text{кгс/см}^2$	56,9
Расход гелия, $\text{г/с}$	8,65
Давление в КС, $\text{кгс/см}^2$	36,5

Если рассмотреть третью ступень ракеты Ариан, у которой масса заправки порядка  $9,4 \text{ тонн}$ , давление в КС  $10 \text{ кгс/см}^2$ , давление надува топливных баков  $20 \text{ кгс/см}^2$  и заменить вытеснительную систему подачи на пневмонасосную, снизив давление в баке "О" до  $5 \text{ кгс/см}^2$ , а давление в баке "Г" до  $3 \text{ кгс/см}^2$ , то выигрыш в весе полезной нагрузки при подогреве гелия на входе в ПНА до  $180 \text{ }^\circ\text{C}$  составит порядка  $400 \text{ кг}$ .

Имеются проработки ПНА, работающего на криогенных компонентах топлива, а также ПНА для питания систем микродвигателей.

## Литература

1. Уманский С.П. Ракеты-носители. Космодромы. – М.: Рестарт+. – 2001. – 216 с.
2. Логов И.Л. Пневматические насосы. – М.: Техника, 1962. – 246 с.

Поступила в редакцию 30.04.2004

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент Г.А. Горбенко, ФТИ ДНУ, Днепропетровск.