

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ СТАРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ланшакова Н.В.

*Омский государственный технический университет*

*Омск, Россия*

## PERFECTION OF SYMMETRIC STARTING CONSTRUCTIONS FOR ROCKETS OF SPACE PURPOSE

Lanshakova N.V.

*Omsk state technical university*

*Omsk, Russia*

Опыт создания и эксплуатации ракетно-космических комплексов показывает, что до 80 % их стоимости приходится на стартовый и технический комплексы. В связи с этим весьма актуальной является задача по минимизации размеров стартовых сооружений (СС) для ракет космического назначения (РКН) с соблюдением условия их безопасного старта. В ряде работ подобная задача решена для СС с несимметричным расположением РКН. В связи с особенностями газодинамических процессов, сопутствующих стартам таких РКН, как «Протон», «Космос-3М», «Рокот», «Энергия – Буран», необходимы новые инженерные решения.

К числу наиболее существенных газодинамических процессов относятся: воздействие струй двигательной установки РКН на газоотражательное устройство, формирование прямого течения, распространяющегося по газоходу, образование внутреннего и внешнего кольцевых потоков, которые могут оказывать теплосиловое воздействие на РКН, что усиливается в условиях попутного наземного ветра. Важно отметить, что на интенсивность указанных процессов существенное влияние оказывают угол встречи оси струи с газоотражателем и ширина газохода.

Экономически целесообразно использовать современные СС для старта более мощных ракет. Но в этом случае, для обеспечения их безопасного старта, необходима модернизация сооружений. Она заключается в установке вентиляционных установок (ВУ) или насосных установок (НУ), обеспечивающих результирующее течение, существенно снижающее или даже предотвращающее теплосиловое воздействие кольцевого потока на РКН. Размещение В или НУ возможно в нескольких вариантах.

1. Установка ВУ на перекрытии над газоходом. Кольцевой поток нагнетается ВУ, которая подает его в прямое течение. Наряду с этим, возможна подача ВУ нагнетаемого потока против направления кольцевого потока.

2. Размещение В или НУ в перекрытии со стороны кольцевого канала, образованного стенками РКН и перекрытия. Охлаждающие потоки (воздух или вода) предохраняют стенки ракеты от горячего газа.

3. Установка В или НУ на перекрытии в районе плоскости симметрии СС. Они формируют охлаждающие потоки, которые образуют результирующие течения, препятствующие теплосиловому воздействию отраженных течений на РКН.

Перспективные СС, имеющие меньшие размеры, чем современные сооружения, включают ряд конструктивных особенностей. К их числу относятся следующие модификации.

А. Выполнение внутренней поверхности перекрытия конической, что обеспечивает ускорение воздушного потока над сооружением для предотвращения воздействия кольцевого потока на РКН. Данный эффект можно усилить установкой ВУ, которая организует воздушные потоки.

В. Введение в перекрытии дополнительного воздушного канала, который ускоряет наружный поток за счет эжекции прямого течения. Аналогично варианту А, размещение ВУ позволяет получить потоки, которые направляют кольцевой поток обратно в газоход.

Для минимизации размеров СС целесообразно применить метод геометрического программирования, поскольку для любого варианта объем СС в качестве целевой функции может быть получен в виде суммы позиномов, которые, как известно, имеют вид произведения положительного коэффициента на группу сомножителей, основания которых положительные числа, а показатели степеней любые действительные числа. В качестве ограничений принимается условие безопасного старта РКН – отсутствие теплосилового воздействия на нее кольцевого потока, которое может быть также сформулировано в виде позинома. Для получения значений оптимизируемых параметров, определяющих размеры комплекса, используется следующий алгоритм.

1. Составляется матрица коэффициентов системы уравнений двойственных переменных.
2. Полученная система уравнений решается методом Гаусса.
3. Базисные переменные определяются из системы нелинейных уравнений равновесия.
4. Оптимальные значения целевой функции и оптимизируемых параметров определяются из условия соотношения средних: арифметического и геометрического.

Вычислительный эксперимент выполнен на основе программы на языке программирования C++ Builder. Опыт применения разработанной программы показывает небольшие затраты машинного времени при исследуемой степени трудности задачи. Данный алгоритм позволяет определить минимальные размеры СС с учетом газодинамических процессов, сопутствующих старту РКН.