

СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАССЕЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

проф. Г.Ф. Коняхин, проф. А.М. Сотников, к.т.н. С.И. Клевец

Предложен способ устранения ударной волны, образующейся перед летательным аппаратом, движущимся в атмосфере с гиперзвуковой скоростью.

Постановка проблемы. При гиперзвуковом движении летательного аппарата (ЛА) в верхних слоях ионосферы и атмосфере образуется мощная ударная волна (УВ), плазма которой на несколько порядков увеличивает эффективную площадь рассеяния (ЭПР) ЛА. Это приводит к тому, что ЛА может быть легко обнаружен радиолокационными средствами и идентифицирован. Кроме того, плазма ударной волны полностью исключает передачу информации как с борта ЛА, так и ее прием бортовыми устройствами.

Анализ литературы. Для уменьшения ударной волны (уменьшения ЭПР), образующейся перед ЛА, движущимся с большой скоростью при входе в атмосферу, применяют специальные противорадиолокационные покрытия [1, 2]. Указанные средства позволяют значительно снизить ЭПР собственно объектов, однако при гиперзвуковом движении ЛА их ЭПР определяется не характеристиками и параметрами покрытий, а зависит от положения, формы и размеров ударной волны. В известной литературе обсуждаются различные методы управления параметрами плазмы ударных волн и изменения ее формы и плотности [3]. Изменение формы ударной волны может быть получено с помощью соленоидов, создающих магнитное поле перед ЛА. Однако для этого требуется сравнительно высокие напряженности магнитного поля порядка 10 кГс [4]. Для уменьшения степени ионизации плазмы ударной волны применяют способы, в которых инжестируют в УВ вещества с большой энергией фазового перехода (например, воду) или с электроотрицательным средством к электронам (хлор, фтор и т.п.) [5]. Однако устройства, реализующие эти способы, при инъекции веществ создают свои дополнительные ударные волны, имеют к тому же большие вес и габариты. Известен способ уменьшения ЭПР ЛА, который реализуется с помощью устройства, состоящего из конической оболочки аппарата с полусферическим

днем и баллистического наконечника [6]. Наконечник и днище жестко крепятся к оболочке аппарата, угол раствора которой равен $15 - 18^\circ$. Данный способ позволяет уменьшить ЭПР ЛА, так как при обтекании газом такого тела угол поворота вектора скорости частиц уменьшается, интенсивность УВ падает, степень ионизации газа уменьшается. Недостатками такого способа является уменьшение полезного объема ЛА, увеличение теплонапряженности корпуса аппарата, наличие ударного фронта и плазмы сравнительно большой концентрации. Эти недостатки порождены тем, что уменьшение угла раствора оболочки хотя и способствует уменьшению размеров ударного фронта, но за счет эффекта присоединения ударного фронта к носовой части ЛА, ухудшения условия теплоотвода повышает теплонапряженность оболочки ЛА.

Целью настоящей статьи является разработка способа уменьшения ЭПР ЛА и реализующего его устройства, который позволил бы, по крайней мере на порядок снизить ЭПР ЛА и осуществить двухстороннюю передачу информации.

Разработка способа уменьшения ЭПР ЛА. Предлагаемый способ уменьшения ЭПР заключается в том, что создавая колебательные периодические движения баллистического наконечника (иглы), будет осуществляться периодическое устранение ударной волны за счет так называемых срывных течений.

На рис. 1 представлена структурная схема устройства, реализующего предлагаемый способ.

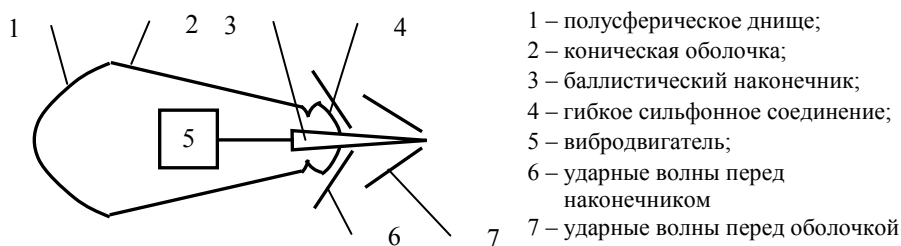


Рис. 1. Структурная схема устройства для уменьшения ЭПР ЛА

Работа данного устройства происходит следующим образом. При спуске ЛА в плотные слои атмосферы (высота полета менее 110 км) перед ним образуются ударные волны 6 и 7. Для их устранения включается вибродвигатель, и баллистический наконечник начинает совершать колебательные движения с некоторой частотой. Гибкое сильфонное соединение не препятствует этому колебанию, в результате чего происходит периодическое устранение ударных волн, т.е. уменьшение ЭПР ЛА.

Как известно [7], при обтекании тел возможно появление так называемых срывных течений, когда в результате взаимодействия потока газа с пограничным слоем происходит перестройка течения, возникновение обратных потоков, вихрей. Основными условиями, приводящими к появлению таких режимов, являются: конечные размеры тела, вязкость потока и появление положительного градиента давления, направленного против движения потока. Все эти условия выполняются для гиперзвукового обтекания тел. Более того, появление ударных волн повышает давление за скачком уплотнения, увеличивает величину градиента давления и облегчает условие появления срывных течений. В результате срывных течений при взаимодействии ударной волны с пограничным слоем происходит периодическая самоликвидация ударной волны, изменение ее формы, размеров и положения.

В предложенном способе используется эффект возбуждения срывных течений. Так как размеры баллистического наконечника ограничены, а угол раствора конического аппарата менее своего критического значения (около 80°), то срывное течение возбуждается искусственно за счет вынужденных периодических колебаний баллистического наконечника. Именно для этой цели и устанавливается на ЛА вибродвигатель, соединенный с баллистическим наконечником, и используется гибкое сильфонное соединение, позволяющее совершать относительно корпуса колебательное движение. Периодическое перемещение баллистического наконечника искусственно возбуждает отрывные течения. Влияние относительного движения тела в сверхзвуковом потоке на характер обтекания адекватно автоколебаниям, которые вызывают срыв потока и для диапазона изменения шага Маха $M = 1,7 \dots 10$ удовлетворяют эмпирическому соотношению

$$\frac{fd}{V} = 0,15 \dots 0,3,$$

где f – частота автоколебаний; d – характерный размер тела; V – скорость потока. Для тела с $d \sim 100$ см при скорости обтекания $V = 5 \cdot 10^5$ см/с частота автоколебаний (а, следовательно, и частота вынужденных колебаний) должна быть порядка 1 кГц. Оценка частоты вынужденных возбуждений может быть проведена и по диаграмме, иллюстрирующей время τ возникновения ударной волны перед ЛА в зависимости от внешнего невозмущенного давления и числа Маха [8]. Из этой диаграммы следует, что на высотах полета 60...80 км при $M = 20$ время возникновения ударной волны $\tau \sim 0,1$ мс. Если длина ЛА $d = 1$ м, то при $V = 5 \cdot 10^5$ м/с частота колебаний должна быть не более $V/d \sim 10^3$ Гц $\sim \tau^{-1}$, что легко реализуется с помощью современных электродвигателей. Амплитуда колебаний

для срыва потока должна быть не менее амплитуды автоколебаний (около 1 мм). Так как длина наконечника (иглы) значительно больше амплитуды колебаний, то эти колебания не оказывают влияния на изменение проекции длины иглы на ось симметрии тела.

Выводы. Возможность искусственного возбуждения срывных течений путем колебания баллистического наконечника позволяет увеличить угол раствора конической оболочки ЛА, так как при этом роль плазменного экрана уменьшается. При срывных течениях уменьшается поток тепла в три раза, а коэффициент лобового сопротивления снижается в восемь, десять раз. Срывные течения позволяют уменьшить ЭПР ЛА на (200 ... 50)% при изменении высоты полета от 100 до 40 км. На более низких высотах необходимо создавать более высокочастотные колебания (более 10 кГц).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергиевский В.Д. *методы и средства противодействия противоракетной обороне* // *Зарубежная радиоэлектроника*. – 1966. – № 1. – С. 17 – 20.
2. Шнейдерман Я.А. *Радиопоглощающие материалы* // *Зарубежная радиоэлектроника*. – 1975. – № 2. – С. 93 – 113.
3. Блор Дж., Мьюзела Н. *Радиолокационное поперечное сечение металлических тел, окруженных плазменным слоем* // *ТИИЭР*. – 1965. – № 8. – С. 11 – 14.
4. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. *Магнитная гидродинамика*. – М.: ФМ, 1962. – С. 223 – 238.
5. Вишин Г.М. *Селекция движущихся целей*. – М.: Воениздат, 1966. – С. 24 – 28.
6. *Радиотехнические системы в ракетной технике* / Под. ред. В.И. Галкина. – М.: Воениздат, 1974. – С. 94 – 111.
7. *Исследование течений со срывными зонами* // *Обзор ЦАГИ*. – 1965. – № 129. – С. 112.
8. Душин Ю.А. *Определение времени релаксации ударной волны* // *Физическая газодинамика, теплообмен и термодинамика газов высоких температур*. – М.: АН СССР. – 1962. – С. 24 – 27.

Поступила 2.08.2004

КОНЯХИН Григорий Фатеевич, канд. техн. наук, профессор. В 1961 году окончил ХВАИВУ. Область научных интересов – противодействие системам обнаружения летательных аппаратов, взаимодействие электромагнитных волн с плазмой.

СОТНИКОВ Александр Михайлович, канд. техн. наук, профессор, докторант при ХВУ. В 1980 году окончил ХВВКИУ РВ. Область научных интересов – противодействие системам обнаружения летательных аппаратов, взаимодействие электромагнитных волн с плазмой.

КЛЕВЕЦ Сергей Иванович, канд. техн. наук, преподаватель кафедры ХВУ. В 1994 году окончил ВИРТА ПВО. Область научных интересов – противодействие системам обнаружения летательных аппаратов, взаимодействие электромагнитных волн с плазмой.
