

УДК 621.371.826.038

ДЕМЁХИН В. В.

ОБРАЗОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ПОЛОСТЕЙ В АТМОСФЕРЕ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОЙ ОПТИКИ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Предложен метод образования цилиндрических вакуумных полостей в атмосфере Земли лазерным полем с искусственно созданным градиентом интенсивности и частоты. В отличие от реализованного в США (программа HAARP) метода образования вакуумных полостей в атмосфере в предлагаемом методе их размеры и энергозатраты на их образование существенно меньше, а спектр применений значительно шире. Показано, что время образования и размеры вакуумных полостей могут достигать значений, при которых возможно улучшение качества и дальности лазерной связи и оптической локации, а также уменьшение аэродинамического сопротивления летательных аппаратов при сравнительно небольших энергозатратах.

Уменьшение аэродинамического сопротивления летательных аппаратов (ЛА), увеличение дальности и улучшение качества лазерной связи и оптической локации, создание принципиально новых транспортных средств и, связанное с этим качественно новое решение проблем энергетики и экологии — таков, далеко не полный перечень перспектив, открывающихся с решением сложной и многогранной задачи образования вакуумных полостей (ВП) в атмосфере и их перемещения в воздушном пространстве с помощью лазеров.

Крупномасштабные (1–3 тыс. км) возмущения в атмосфере стимулированные воздействием мощного СВЧ излучения на высоте 60–1000 км (програм-

ма HAARP) [1] требуют высоких затрат энергии, сопровождаются образованием плазмы и выделением высоких температур.

Исследования последних лет [2, 3] в области управления движением атомов и молекул лазерным светом, появление новых, мощных лазеров [4] подготовили практическую почву для решения задачи образования протяженных (1–100 м) ВП методами лазерной оптики нейтральных частиц.

Изложенный ниже метод образования ВП предполагает использование градиентного перестраиваемого по частоте лазерного поля, пространственно-временная структура и величина которого при его взаимодействии с воздухом исключает образование плазмы (интенсивность светового потока $I < 10^{13}$ Вт/м²) и устраняет формирование головной ударной волны (в задаче уменьшения аэродинамического сопротивления ЛА).

Использование интенсивного градиентного лазерного поля для образования микрополостей в газовой среде впервые было рассмотрено Г. А. Аскарьяном в 1962 году [5]. Он показал, что усредненная сила в зоне краевой неоднородности поля E_{cp} интенсивного остронаправленного или сфокусированного луча, действующего на электроны атома

$$F_{cp} = \frac{e^2}{m} \left\{ \sum_k \frac{\omega_{0k}^2 - \omega^2}{(\omega_{0k}^2 - \omega^2) + \gamma_k^2} \right\} \nabla (E^2)_{cp}, \quad (1)$$

где $\omega_{0,k}, \gamma_k$ — резонансная частота и затухание k -го электрона.

Под действием этой силы образуется перепад плотности нейтральных молекул (для оси луча)

$$\frac{n(0)}{n(\infty)} \approx \exp\left\{-\frac{U}{kT}\right\} = \exp\left\{-\frac{\nu e^2 E_0^2}{m(\omega_0^2 - \omega^2)kT}\right\},$$

где ν — число электронов на внешней оболочке атомов.

При нормальном давлении, размеры вакуумных зон были соизмеримы с длиной свободного пробега атомов. Уровень развития лазерной техники и теории взаимодействия лазерного света с газом не позволял тогда говорить о больших масштабах. В качестве более поздних примеров можно привести работу [3], где в экспериментах по деколлимации пучка атомов натрия лазерным светом, частота которого была отстроена в голубую сторону на 13 МГц, интенсивность атомов в центре пучка изменялась более чем в 10^3 раз.

Атомы и молекулы атмосферы приобретают в лазерном поле дипольный момент. Неоднородное электрическое поле выталкивает атомы (молекулы) из светового пучка, если частота лазерного излучения ω_L больше частоты атомного перехода ω_A . При $\omega_L < \omega_A$ градиентное поле будет втягивать атомы в область луча с большей интенсивностью. Для гауссовского луча градиентная сила [3]