

УДК 629.762

Разрушение кавитационных полостей на поверхности летательного аппарата при выходе из воды в атмосферу

Плюснин Андрей Владимирович plumin@bmstu.ru
SPIN-код: 5238-0221

АО «ВПК «НПО машиностроения», Реутов, Россия

Аннотация. Проанализирован ряд работ, посвященных исследованиям разрушения в момент выхода из воды кавитационных полостей, образовавшихся на корпусе летательного аппарата в процессе подводного движения. Результаты этих исследований систематизированы в виде представлений о наиболее вероятных механизмах схлопывания кавитационных полостей и соответствующих уровнях нагрузок, действующих на корпус летательного аппарата. Сформулированы рекомендации по учету указанных нагрузок при проектировании летательных аппаратов с подводным участком движения, а также рекомендации по мерам ослабления или предотвращения данного явления.

Ключевые слова: летательный аппарат, подводное движение, кавитационная полость, выход из воды, механизм разрушения

Введение. Судя по ряду недавних исследований [1], корпус летательного аппарата (ЛА) в момент выхода из воды может испытывать значительное силовое воздействие в результате схлопывания кавитационных полостей, образовавшихся на подводном участке. Описания механизмов разрушения и оценки уровня воздействия сильно разнятся. Целью доклада является систематизация представленных результатов и выработка практических рекомендаций, полезных при проектировании летательных аппаратов с подводным участком движения.

Методы и материалы; результаты. Движение тел в воде может сопровождаться образованием внутри воды областей разрыва сплошности — каверн и пузырьков, заполненных парогазовой смесью. Это явление носит название кавитации. Традиционно оно рассматривалось как серьезный фактор, влияющий на сопротивление движению в воде и вызывающий опасное эрозионное воздействие на элементы конструкции в области схлопывания парогазовых включений [2, 3]. В ракетно-космической отрасли явление кавитации часто используют в целях оптимизации подводного движения летательных аппаратов [4]. В основе этого подхода лежит схема Кирхгофа обтекания плоской пластинки идеальной несжимаемой жидкостью с образованием за ней неограниченно расширяющейся каверны [3, 4]. В то же время для подводного движения ЛА в режиме сплошного обтекания явление кавитации рассматривается просто как источник дополнительного сопротивления, требующий учета по результатам гидродинамических испытаний в кавитационной трубе [4].

Эрозионное воздействие кавитации связывалось главным образом с течениями жидкости по трубам и с обтеканиями гребных винтов судов [2]. В этих

практических приложениях кавитационные полости образуются в зонах пониженного давления и разрушаются при повышении давления. В последнее время появилось значительное число работ, посвященных изучению опасного силового воздействия на корпус ЛА при выходе из воды в атмосферу в результате разрушения кавитационных полостей, возникших на корпусе ЛА на подводном участке [1]. Механизм схлопывания каверн имеет при этом существенные отличия от ранее изученных.

Доклад посвящен анализу ряда публикаций типа [1]. В них, как правило, содержатся результаты модельных испытаний и подтверждающие их результаты непосредственного численного моделирования, при том, что описания механизмов разрушения кавитационных полостей существенно разнятся. В связи с этим возникает задача систематизации приведенных результатов и выработки на ее основе практически значимых рекомендаций. Для лучшего понимания сути явлений рассмотрены упрощенные оценки силового воздействия на корпус ЛА, основанные на численном решении модельных гидродинамических задач.

Заключение. По итогам анализа и систематизации результатов ряда исследований явления схлопывания кавитационных полостей на корпусе ЛА в момент выхода из воды сделан вывод о важности учета данного фактора при проектировании ЛА с подводным участком движения, сформулированы рекомендации для снижения уровня соответствующего силового воздействия, предложены формулы для приближенной его оценки при заданных условиях.

Список источников

- [1] Wang Y. et al. A study on the collapse of cavitation bubbles surrounding the under-water-launched projectile and its fluid–structure coupling effects. *Ocean Engineering*, 2014, vol. 84, pp. 228–236. <http://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2014.04.014>
- [2] Brennen C.E. *Cavitation and Bubble Dynamics*. NY, Oxford University Press, 1995, 294 p.
- [3] Иванов А.Н. *Гидродинамика развитых кавитационных течений*. Ленинград, Судостроение, 1980, 240 с.
- [4] Дегтярь В.Г., Пегов В.И. *Гидродинамика подводного старта ракет*. Москва, Машиностроение/Машиностроение-Полет, 2009, 448 с.