

УПРАВЛЕНИЕ ПРИСТЕННЫМ ТУРБУЛЕНТНЫМ ОБТЕКАНИЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОВОДУВА

¹Даневский Д.О., ²Шквар Е.А.

^{1,2}Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

Задачи, связанные с улучшением свойств пристенного турбулентного обтекания, такие как снижение сопротивления трения и повышение устойчивости потока к возникновению отрыва, являются одними из наиболее актуальных в современной прикладной гидрогазодинамике. Данное обстоятельство обусловлено растущей в мире необходимостью снижения уровня энергозатрат при полетах летательных аппаратов (ЛА) и улучшения характеристик обтекания ЛА с целью повышения возможностей по контролю и расширению диапазона эксплуатационных режимов и параметров полета, что может быть чрезвычайно актуально, например, при сложных метеоусловиях.

Методы управления обтеканием традиционно делятся в зависимости от необходимости дополнительных энергозатрат для их реализации на активные и пассивные. Разработанные и развитые на сегодняшний день активные методы представляют собой широкий комплекс средств различного по используемым физическим принципам влияния на турбулентные потоки, обеспечивая значительно большую в сравнении с пассивными методами эффективность и гибкость в управлении пристенными течениями. В связи с данным фактом, для исследования были выбраны именно активные методы как потенциально более эффективные. Одним из методов данного класса, который на данный момент не исследован достаточно для практического применения, является так называемый микровывув (micro-blowing technique, MBT), анализу ряда теоретических и прикладных аспектов которого и посвящено данное исследование.

Принцип этого метода заключается в выдуве (инъекции) газа через проницаемую поверхность обтекаемого тела с незначительной скоростью по отношению к скорости внешнего потока. При этом размеры отверстий, через которые производится выдув, являются малыми по отношению к толщине пограничного слоя в пристенном потоке. Результатом применения данной технологии является значительное снижение сопротивления трения (до 90% в отдельных модельных случаях) при относительно малом расходе газа. Малость расхода выдуваемого газа делает данную технологию существенно более эффективной в направлении снижения энергопотерь по сравнению с аналогичными технологиями, которые также базируются на концепции выдува, но в реализации которых не предполагается малость расхода газа.

Помимо использования технологии для улучшения характеристик полета ЛА, микровывув может быть использован в элементах

энергетического оборудования, которые подвергаются значительному нагреву, как средство термической защиты.

Основной проблемой на данный момент является отсутствие четкого понимания возможностей данной технологии касательно управления турбулентными потоками, а также недостаточно глубокое понимание того, какие именно параметры (геометрические, физические) наиболее существенно влияют на оказываемый инъекцией эффект. Отсутствие данной информации делает невозможным эффективную практическую реализацию данного метода [1-3].

Целью работы является построение математической модели турбулентного течения, обтекающего проницаемую поверхность с выдувом через нее. Структура этой модели включает в себя осредненную по Рейнольдсу систему уравнений несжимаемого газа, а также модифицированную алгебраическую модель турбулентности. Влияние микровывува учитывается соответствующим граничным условием на поверхности обтекания. Для численной реализации используется безытерационный маршевый метод второго порядка точности. Проведенные расчеты демонстрируют адекватное воспроизведение математической моделью особенностей турбулентного течения как при отсутствии, так и при наличии микровывува в диапазоне значений средней вертикальной скорости инъекции через поверхность 0-1.5 м/с. Выполненные сравнения полученных результатов с экспериментальными данными Корнилова В.И. [2], в частности по распределению локального коэффициента пристенного трения, показали наличие удовлетворительного для практического использования уровня соответствия (максимальная погрешность не превышает 7%).

Дальнейшие исследования будут направлены на уточнение разработанной модели в направлении совершенствования модели турбулентности применительно к исследуемому методу активного управления течениями, а также на обобщение созданной модели на более сложные геометрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарбарук А. В., Лапин Ю. В., Стрелец М. Х. Турбулентный пограничный слой при одновременном влиянии продольного градиента давления, вдува (отсоса) и поперечной кривизны поверхности. *ТВТ*. – 2002. – т.40, №3. – С. 436–441.
2. Kornilov V.I. Current state and prospects of researches on the control of turbulent boundary layer by air blowing, Novosibirsk/. - 2015.
3. Hwang D.P. A proof of concept experiment for reducing skin friction by using a micro-blowing technique. NASA TM 107315, 1996; also AIAA Paper 97–0546, 1997.