

### Разработка и испытание генератора синтетических струй

А.Г. Наливайко, А.Ю. Урусов, А.А. Успенский, М.В. Устинов, Я.Ш. Флакман, А.Е. Яшин  
Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

В последнее время неизменный интерес проявляется к исследованию управления отрывом потока с помощью синтетических струй или струй с нулевым расходом [1-3]. Генераторы таких струй представляют собой полость, соединенную с отверстием или щелью на обтекаемой поверхности. Одна из стенок полости представляет собой мембрану, которая колеблется под действием приложенного переменного напряжения. В результате изменения объема полости из отверстия происходит периодический выдув струи, чередующийся с всасыванием воздуха в полость. Из-за несимметрии полей скорости в фазе выдува и всасывания, генератор синтетической струи создает некоторое осредненное течение в покоящемся газе. Синтетические струи, помещенные в пограничный слой, порождают весьма сложные трехмерные вихревые структуры [2], которые увеличивают перенос импульса поперек пограничного слоя. В этом смысле, механизм воздействия синтетических струй на отрыв потока аналогичен влиянию на него вихрегенераторов.

В настоящей работе рассматривается генератор синтетических струй, основным элементом которого является пьезоэлектрическая диафрагма. На рис.1 показана зависимость измеренного термоанемометром модуля скорости истечения из отверстия генератора синтетических струй от времени. Для сравнения, штриховая линия на рис. 1 соответствует модулю синусоидального сигнала той же частоты, сдвинутого для наибольшего совпадения. Видно, что модуль скорости истечения имеет максимумы около 29 м/с и 16 м/с. Очевидно, что первые соответствуют максимальной скорости вытекания из генератора синтетических струй, а вторые – скорости втекания.

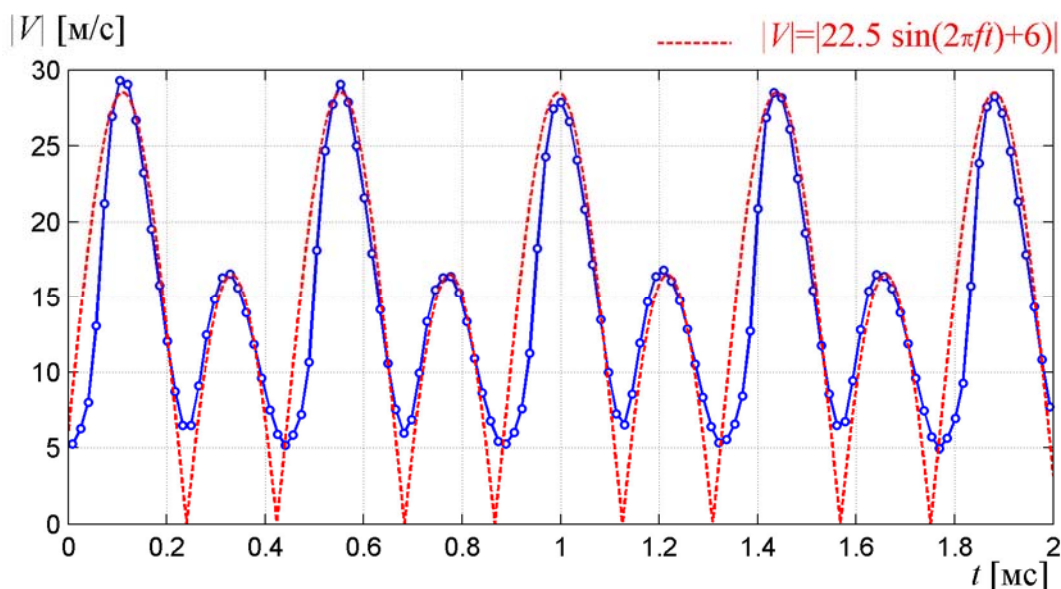


Рис. 1 – Зависимость модуля скорости истечения воздуха из отверстия генератора синтетических струй от времени

Как показали исследования, эффективность управления отрывом на крыле зависит от максимальной скорости истечения синтетической струи. По оценкам, она должна быть не меньше скорости набегающего потока и достигать скорости 150 м/с, чтобы можно было бы использовать генераторы синтетических струй на режимах взлета и посадки самолета. Поэтому основной целью разработки генератора синтетических струй было увеличение максимальной скорости ее истечения.

На рис. 2 представлена частотная зависимость среднего модуля скорости течения на выходе из генератора синтетических струй для различной амплитуды, подаваемого на диафрагму, синусоидального напряжения. Там же показаны максимальные скорости истечения синтетической струи для пиковых значений, представленных зависимостей.

Видно, что генератор синтетических струй имеет две резонансные частоты. Одна из них связана с резонансной частотой используемой пьезоэлектрической диафрагмы, а другая – с резонансной частотой полости, которую можно оценить по формуле Релея. На эти частоты сильно воздействует конструкция генератора, материал, из которого он изготовлен, и крепление диафрагмы.

Увеличение амплитуды синусоидального сигнала (см. рис.2) позволяет увеличить максимальную скорость истечения струи. Однако, ее величину ограничивают возможности используемой аппаратуры.

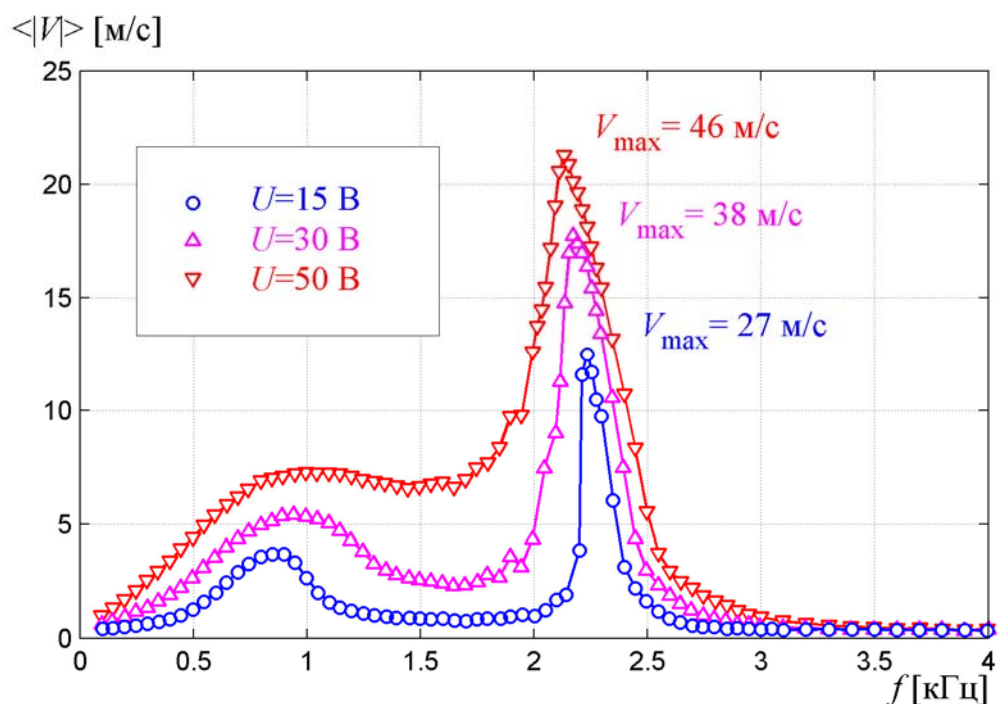


Рис. 2 – Зависимость от частоты среднего модуля скорости течения на выходе из генератора синтетических струй

В отличие от генераторов синтетических струй, например в [3], разработанная конструкция позволяет достигнуть большие скорости истечения синтетической струи при меньших амплитудах подаваемого синусоидального сигнала. Это дает надежду дальнейшего увеличения скорости истечения при той же конструкции генератора синтетической струи.

### Литература

1. Greenblatt D., Paschal K.B., Yao C.-S., Harris J., Schaeffler N.W., Washburn A.E. Experimental investigation of separation control. Part 2: Zero mass-flux oscillatory blowing // AIAA Journal. 2006, V. 44, N. 12. P. 2831–2845.
2. Gordon M., Soria J. PIV measurements of a zero-net-mass-flux jet in cross flow // Exp. Fluids. 2002. V. 33, N 6. P. 863–872.
3. Goodfellow S.D., Yarusevych S, Sullivan P.E. Momentum coefficient as a parameter for aerodynamic flow control with synthetic jets // AIAA Journal. 2013. V. 51, No. 3. P. 623–631