

УДК 519.688. 629.7.035.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ТУРБУЛЕНТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В ДЕМПФИРУЮЩЕЙ ПОЛОСТИ

Е.Н. КОВРИЖНЫХ, А.Н. МИРОШИН, А.В. СУЧКОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Ципенко В.Г.

Проведены измерения спектра турбулентных пульсаций давления в демпфирующих полостях перфорированной пластины, обтекаемой турбулентным потоком.

Ключевые слова: спектр турбулентных пульсаций, перфорированная поверхность с демпфирующими полостями, резонатор Гельмгольца.

Одним из важных направлений исследований в практической аэродинамике является решение проблемы уменьшения трения при обтекании поверхности ЛА воздушным потоком. Для авиации снижение трения имеет большое значение с точки зрения экономии топлива при осуществлении воздушных перевозок. Существуют различные методы уменьшения трения потока газа [1], в том числе применение перфорированных поверхностей с демпфирующими полостями [2].

В УВАУ ГА на базе научно-исследовательской лаборатории проблем аэродинамики и летной эксплуатации воздушных судов проводятся эксперименты на рабочем участке, представляющем из себя тонкую плоскую перфорированную пластину, помещенную на пластину с глухими полостями, расположенными под перфорационными отверстиями [3]. Продувка рабочего участка осуществляется в аэродинамической трубе ТАИУ-1. Движущийся поток взаимодействует с полостью через отверстия в обтекаемой поверхности (рис. 1).

При этом турбулентные пульсации давления (и скорости) вблизи поверхности приводят к перетеканию некоторой массы газа m в полость и обратно [4]. Из-за «пружинящего» эффекта полости (на рис. 1 символом k обозначена упругость эквивалентной пружины), турбулентные пульсации ослабевают, что обуславливает уменьшение интенсивности турбулентного переноса в пограничном слое и снижает коэффициент трения потока воздуха.

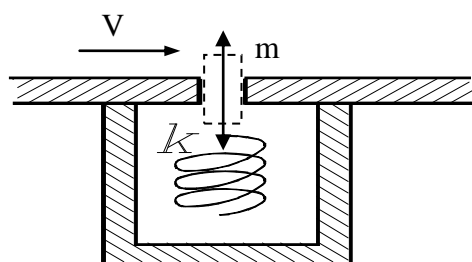


Рис. 1. Схема демпфирующей полости

Другой возможный механизм уменьшения турбулентных пульсаций давления может заключаться в резонансном поглощении энергии на определенных частотах, если рассмотреть полость как резонатор Гельмгольца (рис. 2). Собственная частота резонатора Гельмгольца вычисляется по формуле

$$f = \frac{a}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{WH}},$$

где f - частота, Гц;

a - скорость звука в воздухе, м/с;

S - площадь отверстия, м^2 ;
 H - высота отверстия, м ;
 W - объем резонатора, м^3 .

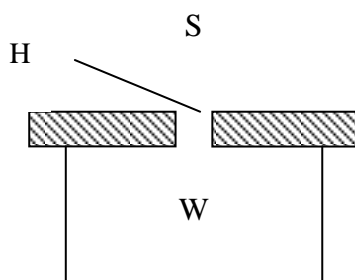


Рис. 2. Резонатор Гельмгольца

Для размеров демпфирующей полости и перфорационного отверстия, используемых в эксперименте, была определена расчетная частота собственных колебаний демпфирующей полости, которая получилась равной $f \approx 1330$ Гц.

С целью проверки предположения о резонансном поглощении энергии демпфирующей полостью были проведены измерения частотных спектров пульсаций давления внутри демпфирующей полости. Эксперименты показали, что на расчетных частотах (как и во всем частотном диапазоне турбулентных пульсаций) резонансных явлений в демпфирующих полостях не наблюдается. Замеры проводились на различных скоростях (V) воздушного потока. На рис. 3 представлены результаты эксперимента при скорости потока $21,7$ м/с. Плавная линия показывает усредненный по времени частотный спектр пульсаций давления в демпфирующей полости.

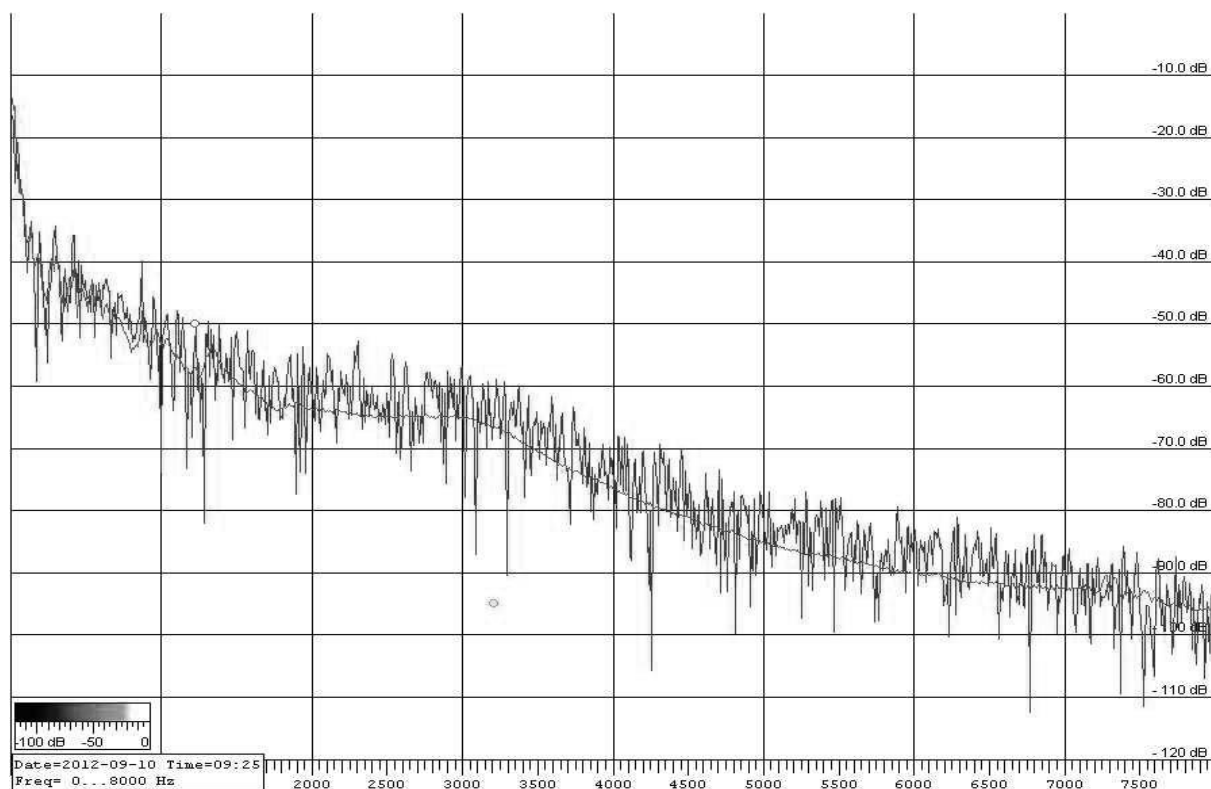


Рис. 3. Частотный спектр пульсаций давления в демпфирующей полости при скорости свободного потока $V=21,7$ м/с

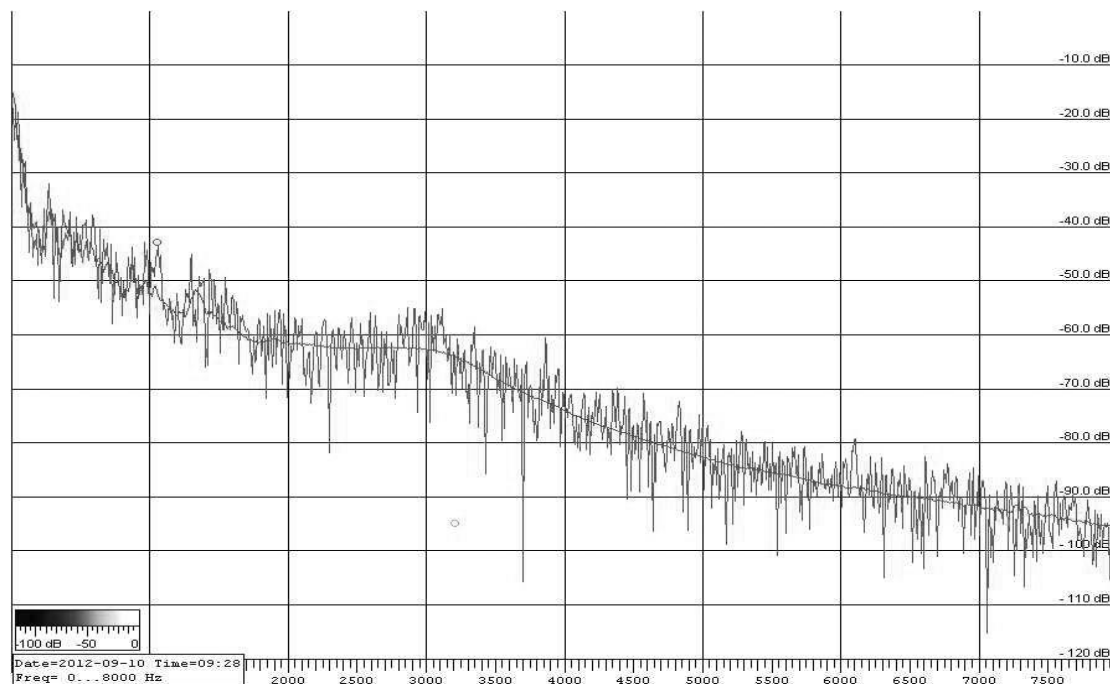


Рис. 4. Частотный спектр пульсаций давления в пограничном слое при скорости потока $V=21,7$ м/с при обтекании пластины без отверстий

Из представленных графиков следует, что спектр пульсаций давления в полости не отражает наличие каких-либо резонансных явлений и практически соответствует спектру пульсаций давления в турбулентном пограничном слое на обтекаемой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Корнилов В.И.** Проблемы снижения турбулентного трения активными и пассивными методами (обзор) // Теплофизика и аэромеханика. – 2005. – Т.12. - № 2. - С.183-208.
2. **Коврижных Е.Н., Мирошин А.Н.** Исследование снижения коэффициента трения при обтекании потоком газа плоской перфорированной поверхности с демпфирующими полостями // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2012. - №175(1). - С.171-173.
3. **Мирошин А.Н., Коврижных Е.Н., Сучков А.В.** Экспериментальная установка для измерения спектров давления в турбулентном пограничном слое // Научный Вестник УВАУ ГА (И). – 2013. - №5. - С.7-13.
4. **Ковальногов Н.Н., Хахалева Л.В.** Течение и сопротивление трения турбулентного потока в перфорированной трубе с демпфирующими полостями // Известия вузов. Авиационная техника. - 2002. - №3. - С.19 – 22.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE PRESSURE TURBULENT FLUCTUATIONS SPECTRUM IN THE DAMPING CAVITIES

Kovrizhnyh E.N., Miroshin A.N., Suchkov A.V.

Measurements of the spectrum of turbulent pressure fluctuations in the damping cavities under perforated plate were conducted in streamlined turbulent flow.

Keywords: turbulent pressure fluctuations, perforated surface with blank damping cavities, Helmholtz resonator.

Сведения об авторах

Коврижных Евгений Николаевич, 1962 г.р., окончил КАИ им. А.Н. Туполева (1984), кандидат технических наук, доцент кафедры летной эксплуатации и безопасности полетов УВАУ ГА, автор более 130 научных работ, область научных интересов – исследование сложных турбулентных течений газа.

Мирошин Александр Николаевич, 1962 г.р., окончил МГУ им. М.В.Ломоносова (1984), старший преподаватель кафедры летной эксплуатации и безопасности полетов УВАУ ГА, автор более 30 научных работ, область научных интересов – исследование сложных турбулентных течений газа.

Сучков Александр Владимирович, 1965 г.р., окончил ИВВАИУ (1987), преподаватель военной кафедры УВАУ ГА, аспирант УВАУ ГА, автор 2 научных работ, область научных интересов – экспериментальные исследования сложных турбулентных течений газа.