

К. А. Набережных^{1}, Б. В. Юдин¹*

Сравнение аэродинамических нагрузок на исходный и перфорируемый стаканы

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: kirillnaberezhnykh@mail.ru

Аннотация: В работе проводится сравнение поведения двух тонких цилиндрических оболочек, находящихся в спутном сверхзвуковом потоке. Исследована работа двух стаканов, с перфорацией и без перфорации. Течение сверхзвуковое, используемый на данном газ – воздух. В процессе запуска неуправляемых авиационных ракет случаются нештатные ситуации из-за схлопывания стакана, который может оставаться в пусковой трубе. В ранее проведённых исследованиях, авторами выдвинута и подтверждена возможная причина данного явления, которая заключается в том, что между стенкой стакана и пусковой трубой создаётся зона повышенного давления одного порядка с давлением торможения, а внутри стакана, в сверхзвуковой струе, статическое давление соответствует атмосферному. Показана возможность потери устойчивости в следствии перепада давления на внешней и внутренней поверхности стакана.

Ключевые слова: статическое давление, авиационная ракета, сверхзвуковой поток

К. А. Naberezhnykh^{1}, B. V. Yudin¹*

Comprarison of aerodynamic loads on the initial and perforated cups

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: kirillnaberezhnykh@mail.ru

Abstract: The paper compares the behavior of two thin cylindrical shells located in a swirling supersonic flow. The operation of two glasses, with and without perforation, is investigated. The current is supersonic, the gas used on this is air. During the launch of unguided aircraft missiles, abnormal situations occur due to the collapse of the cup, which may remain in the launch tube. In previous studies, the authors put forward and confirmed the possible cause of this phenomenon, which is that a zone of increased pressure of the same order as the braking pressure is created between the wall of the glass and the launch tube, and inside the glass, in a supersonic jet, static pressure corresponds to atmospheric pressure. The possibility of loss of stability as a result of the pressure drop on the outer and inner surfaces of the glass is shown.

Keywords: static pressure, aircraft missile, supersonic flow

Введение

В процессе запуска неуправляемых авиационных ракет случаются нештатные ситуации из-за схлопывания стакана, который может оставаться в пусковой трубе. В ранее проведённых исследованиях, авторами выдвинута и подтверждена возможная причина данного явления, которая заключается в том, что между стенкой стакана и пусковой трубой создаётся зона повышенного давления одного порядка с давлением торможения, а внутри стакана, в сверхзвуковой струе, статическое давление соответствует атмосферному [1, 2].

Метод исследования

Разрушающим фактором является перепад давлений между внешней и внутренней стенками стакана.

На данный момент времени авторы не имели доступ к полноценной версии ANSYS, поэтому моделирование производилось в пакете ANSYS в студенческой версии.

И, соответственно, помимо основной цели оценки влияния перфорации на аэродинамические нагрузки, дополнительной целью работы была оценка студенческой версии, и степени её достоверности.

В работе исследовано два стакана, с перфорацией (рис. 1) и без перфорации (рис. 2).

Течение сверхзвуковое, используемый на данном газ – воздух. Расчётная сетка стакана в пусковой трубе представлена на рис. 3.

Граничные значения:

- на входной границе – условно, на срезе сопла определяется скоростной поток со скоростью 2300 м/с, с температурой 700К и давлением 4 атм;
- на выходной границе свободный скоростной поток – Outlet Velocity.

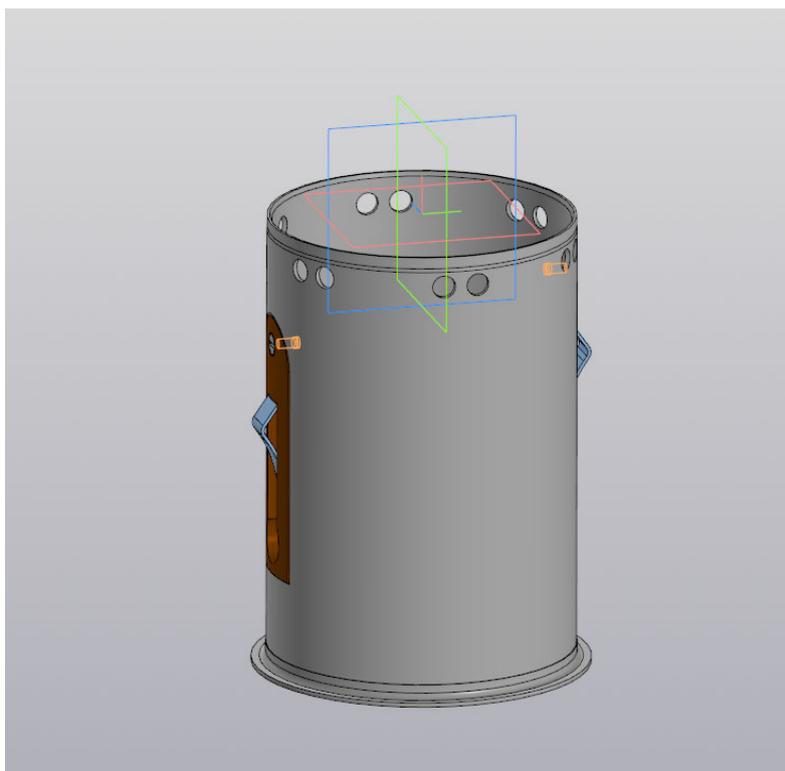


Рис. 1. 3D-модель стакана без перфорации

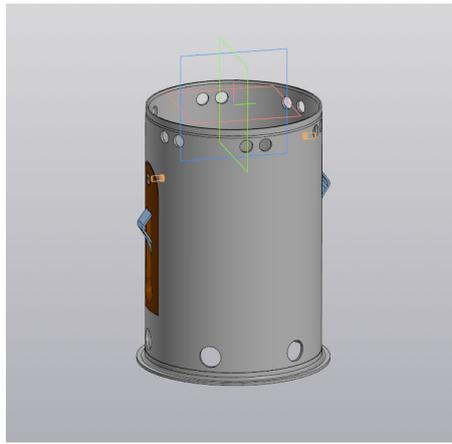


Рис 2. 3D-модель стакана с перфорацией

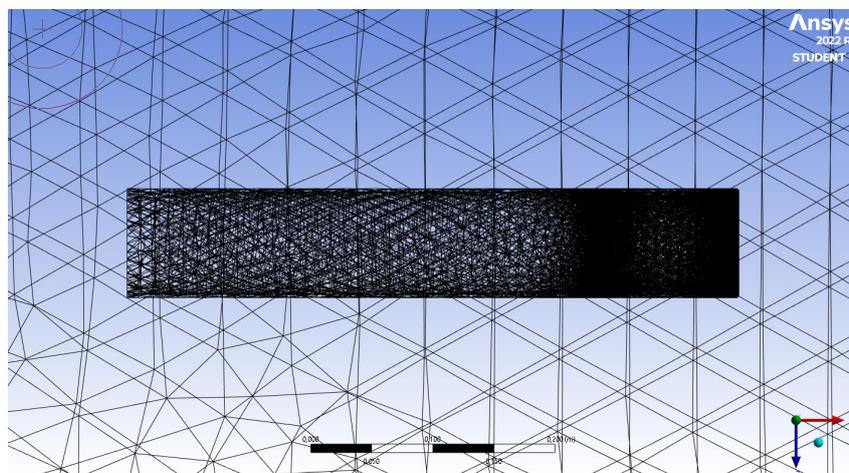


Рис. 3. Расчётная сетка стакана в пусковой трубе

Из рисунков 4, 5 и 6 видно, что давление в зазоре между стаканом и пусковой трубой составляет $41,288 \cdot 10^5$ Па, давление внутри стакана $19,407 \cdot 10^5$ Па, перепад давлений порядка 22 атм.

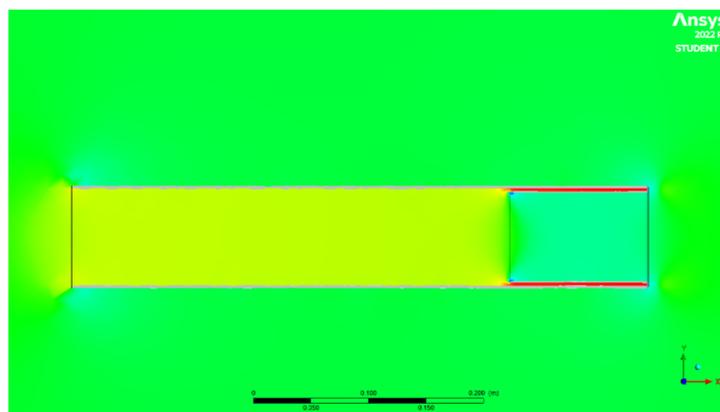


Рис. 4. Распределение статического давления в расчётной области стакана без перфорации

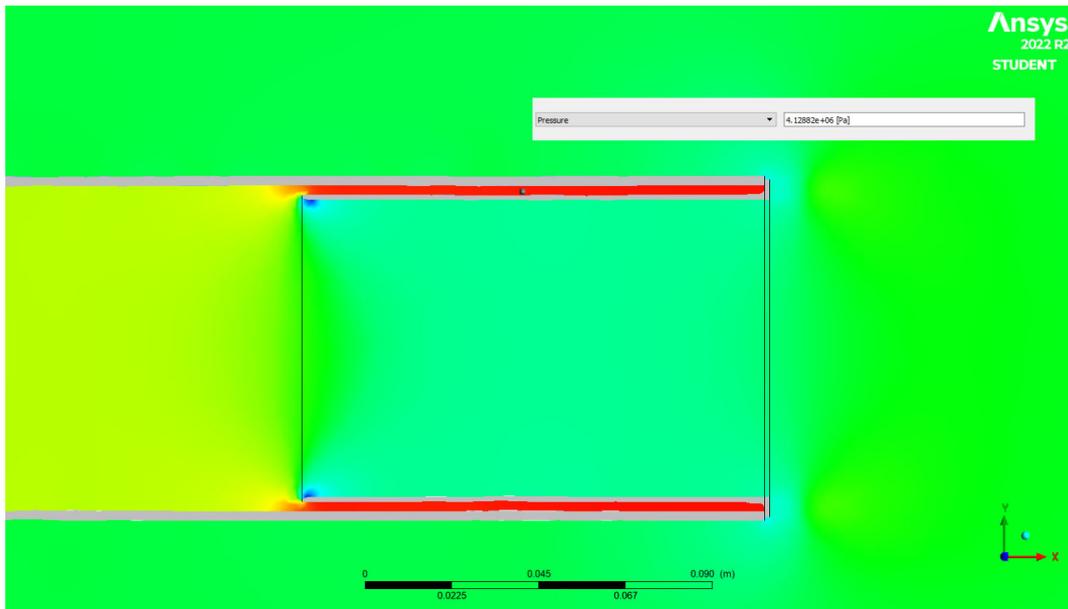


Рис. 5. Распределение давления в определённой точке во внешней стороне стакана без перфорации

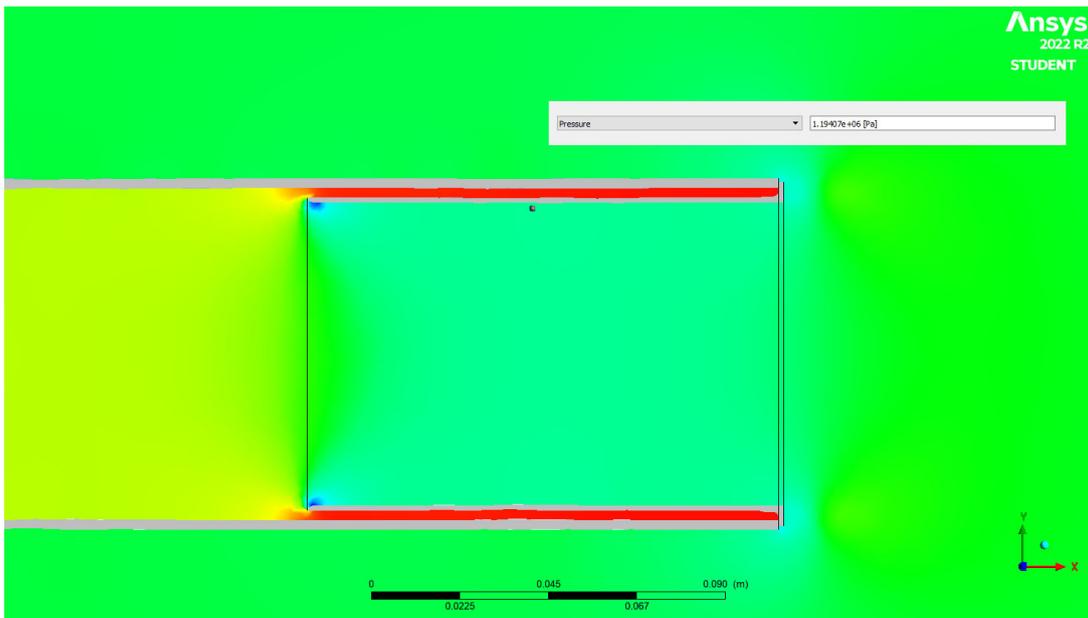


Рис. 6. Распределение давления в определённой точке во внутренней стороне стакана без перфорации

На рисунках 7, 8 и 9 показано, что давление в зазоре между стаканом и пусковой трубой составляет $40,048 \cdot 10^5$ Па, давление внутри стакана $20,190 \cdot 10^5$ Па, перепад давлений порядка 20 атм. Перепад давлений снижен на 10 %. Для дальнейшего снижения давления необходимо перемещать отверстия ближе к передней кромке, либо увеличивать их сечение.

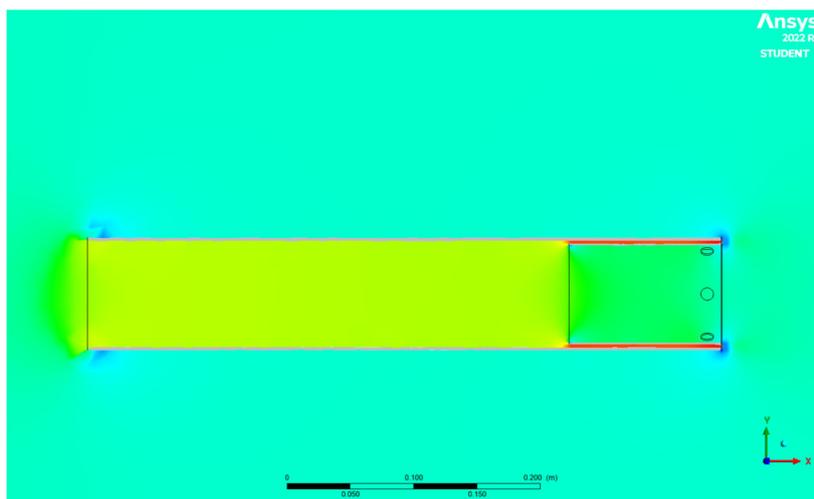


Рис. 7. Распределение статического давления в расчётной области стакана с перфорацией

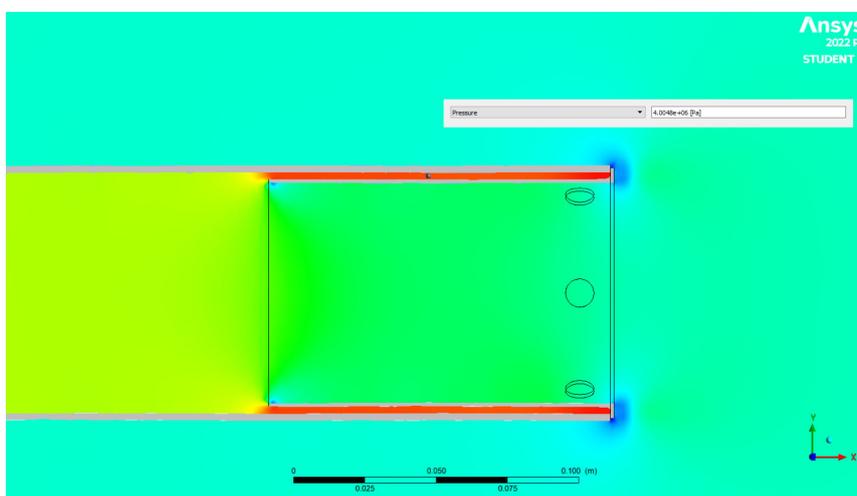


Рис. 8. Распределение давления в определённой точке во внешней стороне стакана с перфорацией

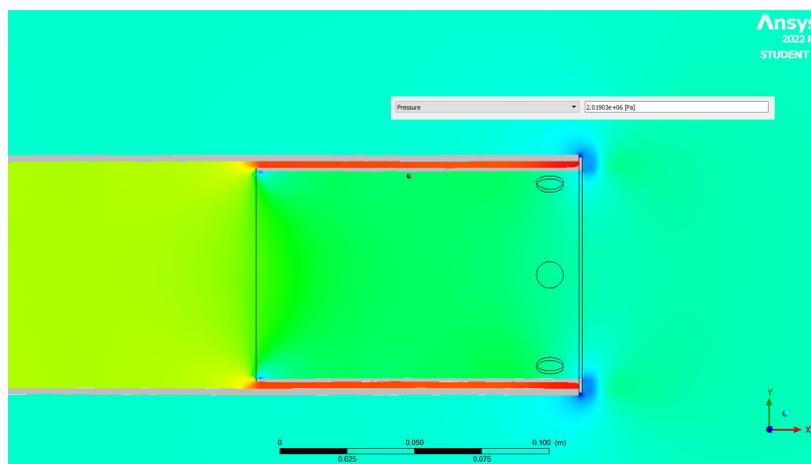


Рис. 9. Распределение давления в определённой точке во внутренней стороне стакана с перфорацией

Для оценки достоверности ниже приводятся изолинии скоростей (рис. 10, 11).

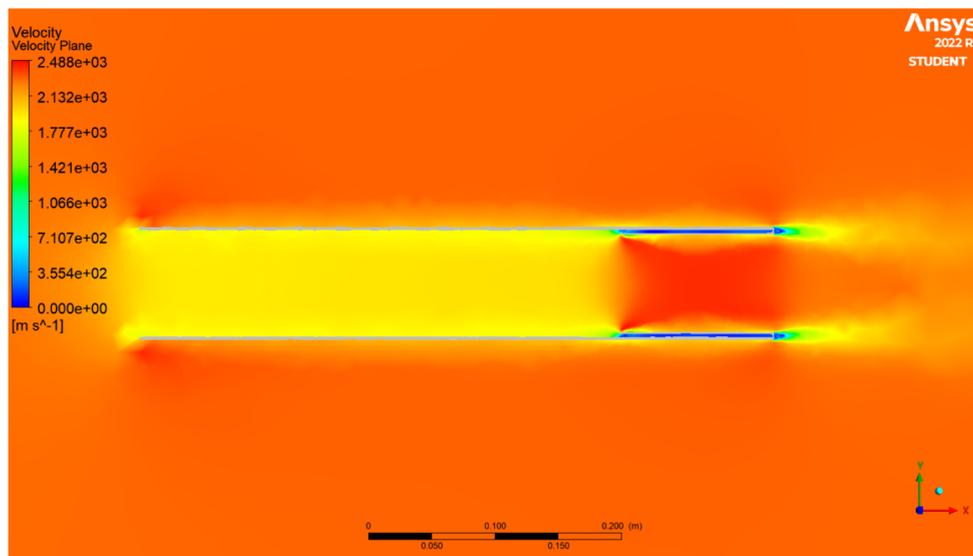


Рис. 10. Распределение скорости в расчётной области стакана без перфорации

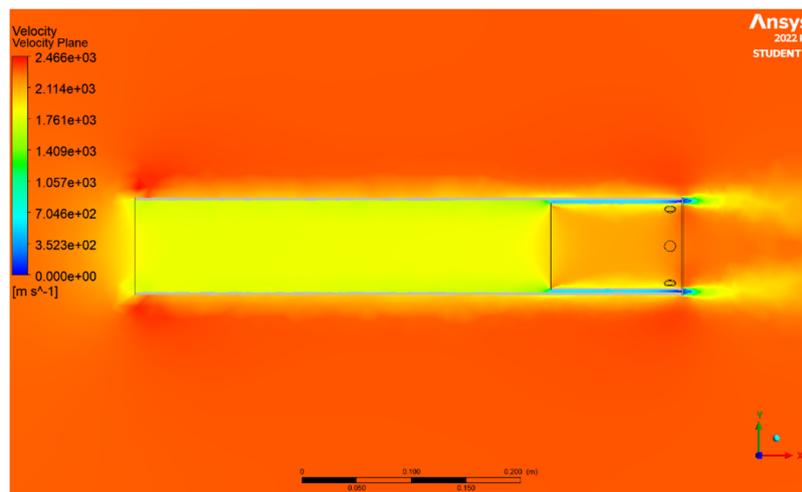


Рис. 11. Распределение скорости вблизи передней кромки стакана с перфорацией

Несмотря на незначительный, но тем не менее положительный результат – снижение перепада давлений между внешней и внутренней стенкой, результаты расчёта не могут быть признаны достоверными – волновая картина на рисунках с изолиниями скоростей не проявлена. Причиной этому – студенческая версия ANSYS, которая не позволяет построить качественную сетку и ограничивает количество расчётных ячеек. В предыдущей статье расчёты выполнялись на полноценной версии, и картина течения была более достоверная.

Результаты

В результате расчётов в пакете ANSYS определено, что перфорация позволяет снизить перепад давления на 10 %.

Выводы

1. перфорация стакана позволила снизить перепад давлений на 10% с 22 атм до 20 атм.;
2. расчёты в студенческой версии ANSYS не могут быть признаны достоверными. Необходим переход на полную версию ANSYS или перевод расчётов в другой пакет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биргер И. А. и др. Расчет на прочность деталей машин: Справочник/ И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.
2. Набережных К.А, Юдин Б.В «Изучение устойчивости оболочки при внешнем сжатии» Тезисы конференции «Студенческая научная конференция (СНК)» Новосибирск с 4 по 9 апреля 2022 года, в СГУГиТ

© К. А. Набережных, Б. В. Юдин, 2023