

## РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ СОПЛА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА РАБОТЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Научный руководитель – Попович Сергей Станиславович

*Шекенов Манас Жолборсбекович*

*Студент (бакалавр)*

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,  
Энергомашиностроение, Москва, Россия

*E-mail: manas.shekenov02.kg@mail.ru*

В работе рассматривается процесс создания цифровой модели сопла аэродинамической установки, и последующий анализ его характеристик. Цель исследования заключается в разработке цифровой модели сопла с использованием технологий 3D-сканирования.

Для создания цифровой модели сопла был использован 3D-сканер, позволивший получить облако точек в трёхмерном пространстве, где каждая точка описывается координатами  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Полученные данные были обработаны в программной среде Matlab. Контур сопла был сориентирован вдоль координатных осей итерационным методом, что позволило скорректировать его пространственное положение. Таким образом, была получена геометрия проточной части аэродинамической установки для реализуемых в ней чисел Маха 2.25, 2.5, 2.75, 3.0 (рис. 1). Установка снабжена плоским регулируемым сверхзвуковым соплом пластинчатого типа, что позволяет непосредственно во время эксперимента изменять скорость потока в рабочей части установки от скорости, соответствующей числу Маха 1,7 до 3,5.

На основе полученной модели были проведены расчёты основных газодинамических параметров потока (числа Маха, давления, температуры, скорости) и построены графики их распределений по длине канала. Для комплексного анализа геометрии сопел выполнено сопоставление профилей исследуемого сопла с соплами из атласа при числах Маха 2.25, 2.5 и 3.0.

Стенд оборудован системой PIV (Particle Image Velocimetry) и существует необходимость проведения исследований при дозвуковых скоростях. Для этого была разработана модель сопловых вставок. Модель была распечатана на 3D-принтере. Проведены экспериментальные исследования на дозвуковом режиме течения при числе Маха равном 0.6. Получены поля скоростей и профили компонент  $V_x$  на верхней и нижней стенках канала.

Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ (проект №24-79-10035).

### Источники и литература

- 1) Марков В.В. Создание виртуальных аналогов экспериментальных установок как компонентов комплексного исследования быстропротекающих газодинамических процессов // Материалы Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых учёных (ВНКСФ-27). 2022.
- 2) Попович С.С. Особенности автоматизации эксперимента и обработки результатов при исследовании теплообмена в сверхзвуковом потоке сжимаемого газа // Программная инженерия. 2018. Т. 9. № 1. С. 35-45
- 3) Егоров К.С., Загайнов И.А., Попович С.С. Сравнительное исследование применимости различных видов трассеров засева потока системы PIV при сверхзвуковых скоростях // Проблемы газодинамики и теплообмена в энергетических установках. Тезисы докладов XXIV Школы семинара молодых ученых и специалистов

под руководством акад. РАН А.И. Леонтьева, посвященной 100-летию академика РАН В.Е. Алемасова. 2023. С. 406-407.

- 4) Popovich S.S., Zditovets A.G., Kiselev N.A., Vinogradov U.A. Experimental study of aerodynamic heating in the region of an incident shock wave boundary layer interaction // Acta Astronautica. 2025. V. 229. P. 804–813
- 5) Овсянников А.М., Пирумов У.Г., Плетнёв Э.М., Росляков Г.С. Атлас плоских сопел. М.: Издательство Московского государственного университета, 1976.

### Иллюстрации

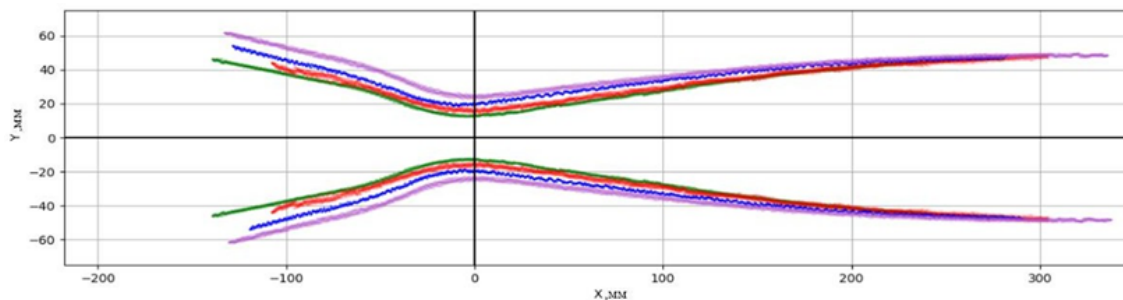


Рис. : Изменение геометрии проточной части аэродинамической установки в зависимости от реализованного числа Маха 2.25, 2.5, 2.75, 3.0.