

## **МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТМН С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ, ОСНОВАННОЙ НА РЕЗУЛЬТАТАХ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ МЕТОДОМ ПРОБНОЙ ЧАСТИЦЫ**

У. С. Гордеева

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

## **TMP DESIGN METHOD USING SURROGATE MODEL BASED ON THE RESULTS OF DSMC NUMERICAL MODELLING OF THE GAS FLOW IN THE FLOW CHANNEL**

U. S. Gordeeva

### **KEYWORDS**

NUMERICAL METHODS, SURROGATE MODELS, VACUUM PUMPS DESIGN

Одним из способов сокращения цикла разработки вакуумных насосов, включая турбомолекулярные (ТМН), является математическое моделирование процессов, протекающих в проточной части, численным методом. Определение конфигурации ТМН на основе численного моделирования является ресурсоемкой задачей, особенно при проведении расчетов в переходном и вязкостном режимах течения газа.

Решение данной задачи возможно путем построения аппроксимации (регрессионной модели) зависимости параметров ТМН от его конструкции. Регрессионная модель, основанная на результатах численного моделирования, позволяет рассчитывать за относительно небольшое время большое количество вариантов конфигураций насоса.

Проведена серия расчетов параметров ТМН с различной конфигурацией проточной части в различных режимах течения газа методом пробной частицы с применением граничного условия взаимодействия газа с твердой поверхностью Черчиньяни – Лампис. Численная математическая модель реализована при помощи языка программирования FORTRAN.

Зависимость параметров насоса от конфигурации проточной части в различных режимах течения газа была аппроксимирована при помощи регрессионной модели, реализованной при помощи языка программирования Python. Проведена валидация разработанной регрессионной модели.

Разработанная регрессионная модель была использована для оптимизации конфигурации конструкции ТМН. Сформулирована математическая постановка задачи оптимизации: максимизировать быстроту действия насоса при обеспечении требуемого предельного остаточного давления и прочностных характеристик.

После определения оптимальной конфигурации конструкции ТМН проводится ряд уточняющих расчетов, так как любой регрессионной модели присуща ошибка аппроксимации. Данный подход позволяет сформулировать начальное приближение конфигурации ТМН для проведения дальнейших расчетов, при этом определение итоговой конфигурации является менее ресурсоемкой задачей нежели определение конфигурации ТМН на основе большого количества численных расчетов.

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Ульяна Саидовна Гордеева – соискатель, выпускница кафедры «Вакуумная и компрессорная техника» МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сфера научных интересов: разработка вакуумных систем, вычислительная газодинамика, математическое моделирование. (ORCID: 0000-0002-3499-001X). Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва. e-mail: tests.ibmes@gmail.com