



Рис. 3. Сравнительный анализ колебательных процессов

Комплекс проведенных экспериментальных исследований, на специально соз-

данном экспериментальном стенде, показал удовлетворительные результаты, что позволяет сделать вывод об адекватности математической модели и работоспособности разработанной конструкции.

Использование упругодемпферных осевых совмещенных опор позволяет существенно увеличить ресурс опоры, и как следствие агрегата в целом, по сравнению с одиночной постановкой подшипника качения, за счет оптимального сочетания рабочих и геометрических характеристик входящих в её состав элементов.

УДК 621.793

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗА СЧЕТ СОЗДАНИЯ ПРОФИЛИРОВАННОГО СОПЛА ПЛАЗМОТРОНА

Фролов В.И., Савич Е.К., Докукина И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет

#### IMPROVING THE PERFORMANCE OF CERAMIC THERMAL BARRIER COATINGS THROUGH THE CREATION OF PROFILED PLASMATRON NOZZLE

*Frolov V.I., Savich E.K., Dokukina I.A. The way of increasing the core of the plasma stream in order to improve the characteristics of coatings is presented in this thesis.*

Керамические материалы, используемые для создания теплозащитных покрытий, обладают уникальным комплексом физико-химических свойств и находят все более широкое применение в производстве различных изделий.

Теплозащитное покрытие из керамического материала уменьшает риск возникновения усталостных повреждений изделий и при длительной работе с высокими нагрузками продлевает их ресурс.

Создание керамического слоя на поверхности изделий является сложной задачей, включающей в себя как решение вопросов адгезии керамического слоя с поверхностью, так и вопросы создания керамического слоя из тугоплавких кристаллических материалов. Для создания покрытия из керамических материалов на поверхности наиболее применим метод газотермического напыления, заключающийся в нагреве напыляемого

материала до температуры близкой к температуре плавления с помощью плазменного потока и осаждении его на напыляемую поверхность в виде слоя толщиной до 0,5 мм. Для нанесения покрытий используются специальные установки, оснащенные плазматронами. Качество плазменных газотермических покрытий определяется скоростью, температурой и степенью проплавления порошкового материала в момент его взаимодействия с поверхностью изделия, а так же равномерностью подачи порошка в плазменную струю. Нагрев напыляемого материала в плазматроне осуществляется в ядре струи, на температуру и протяженность которого влияет мощность плазматрона.

При создании теплозащитных покрытий используются керамические материалы, имеющие высокую температуру плавления и низкую теплопроводность, для их нанесения необходимо проводить процесс на режимах,

требующих больших энергетических затрат. Это приводит к значительным потерям, связанным с частой заменой сопел и снижением ресурса работы плазмотрона. То есть существующие плазменные горелки не позволяют получать оптимального соотношения их мощности и протяженности ядра, необходимых для проплавления керамических материалов.

Эффективное использование режимов обработки порошкового керамического материала в плазмотроне возможно обеспечить за счет применения профилированного сопла, позволяющего увеличить протяженность ядра струи, что в свою очередь обеспечивает достаточный прогрев напыляемого материала.

Такой подход обеспечивает увеличение эффективности обработки кристаллических порошковых материалов из тугоплавких окислов с существенным увеличением

скорости, температуры и степени проплавления напыляемых частиц без увеличения мощности самих плазмотронов.

Разрабатываемый плазмотрон с профилированным соплом может использоваться для увеличения эффективности технологии напыления керамических порошковых материалов из тугоплавких окислов, а также любых покрытий из карбидов, металлов и сплавов, применяемых в двигателестроении и других отраслях машиностроения. Использование плазмотрона с профилированным соплом позволит разрабатывать новые виды покрытий с заданной структурой и свойствами для повышения эксплуатационных характеристик деталей, работающих в условиях повышенных температур и нагрузок, например, поршни двигателя беспилотного летательного аппарата, детали горячего тракта газоперекачивающих агрегатов, лопатки и сопловые секции турбин и других.

УДК 621.1.65. 621.438

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ В СОПЛОВОЙ ЛОПАТКЕ С ЦИКЛОННО-ВИХРЕВОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Пиралишвили Ш.А., Веретенников С.В., Хасанов С.М.

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева

### INCREASE THE COOLING EFFICIENCY OF THE NOZZLE VANES WITH A CYCLONE-VORTEX COOLING SYSTEM

*Piralishvili Sh.A., Veretennikov S.V., Khasanov S.M. The scientific basis of swirling flow features for the creation of convective and convective-film cooling effective schemes vanes of air-gas channel of gas-turbine engine was developed. Calculated and experimental researches have shown the possibility of reducing the temperature non-uniformity in cross-section turbine vanes and increase its cooling efficiency in the organization of cyclone-vortex cooling system. Recommendations have been developed to optimize the geometry of the nozzle vanes with a cyclone-vortex cooling system. The criterion equations for cooling vanes were obtained that allow the error does not exceed 8% of the expected means heat transfer coefficients on the inner surface of the cooling channel inlet edge and the heat transfer coefficient in cyclone channels placed in the body of the vane with an error of 5-7%. Designed nozzle vanes with a cyclone-vortex cooling system are characterized by high efficiency cooling in all three sections of the vane. A comparison of numerical results with experimental data has shown that the maximum difference was 9% on the flow volume and 5% on cooling efficiency; this fact says about the possibility of using the proposed method of the numerical three-dimensional thermal-hydraulic calculations when designing and evaluating the effectiveness of cooling systems of turbine vanes.*

Одним из наиболее эффективных способов интенсификации охлаждения лопаток является закрутка потока охла-

дителя при его движении в радиальных цилиндрических каналах. Характерные особенности закрученного потока наиболее