

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ПОДАЮЩИХ КАНАЛОВ  
И ФОРСУНОК ВРД МАРКИ «НК»  
(100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.Д. КУЗНЕЦОВА – ПОСВЯЩАЕТСЯ)**

Алтунин К.В., Алтунин В.А., Гортышов Ю.Ф., Дресвянников Ф.Н.

Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева

**PERSPECTIVE WAYS OF DEVELOPMENT OF FUEL-DELIVERING CHANNELS  
AND SPRAYERS OF AEROJET ENGINES “NK” (DEVOTED TO 100<sup>TH</sup> ANNIVERSARY  
SINCE BIRTHDAY OF N.D. KUZNETSOV)**

*Altunin K.V., Altunin V.A., Gortyshov Yu.F., Dresvyannikov F.N. The report is devoted to the further development of aerojet engines “NK”. There are some application ways of perspective methods of fight versus deposit formation. Also, the report contains new patent constructive schemes of fuel-delivering channels and sprayers with higher aerojet engine characteristics of life, reliability, efficiency, economic and ecology parameters.*

В этом году исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося учёного, изобретателя, Генерального конструктора аэрокосмической техники академика Николая Дмитриевича Кузнецова, который по своим работам уже давно перешагнул в 21 век. В память об этом удивительном человеке в России пройдут различные общественно-научные мероприятия. В Москве, Самаре, Казани, Калуге и др. городах будут организованы Всероссийские и Международные научно-технические конференции и симпозиумы.

Перспективы дальнейшего развития существующих ВРД марки «НК» связаны с решением ряда проблем, среди которых важное место занимает процесс осадкообразования. Из опыта эксплуатации ВРД марки НК-8-2У известно, что через 900 циклов работы форсунки полностью выходят из строя, т.к. их внутренние каналы и фильтры оказываются полностью закоксованными. Топливоподающие каналы коллекторов также подвержены негативному процессу осадкообразования. Этот процесс является очень сложным и опасным явлением не только в космических и аэрокосмических, но и в земных условиях, с ним необходимо бороться уже на начальной стадии проектирования и создания новых ВРД. Частичное закоксовывание форсунок приводит к потере тяги, к нерасчётному струйному распылу горючего, к прогару жаровой трубы, к возникновению

пожара и взрыва ВРД. Полное закоксовывание – к обнулению тяги, к образованию течи горючего, к возникновению пожара и взрыва. То же самое происходит в топливоподающих и охлаждающих каналах. Слой твёрдого углеродистого осадка (например, в рубашке охлаждения ЖРД) может неожиданно и несанкционированно вызвать резкое и быстрое увеличение температуры греющей стенки с её дальнейшим прогаром, возникновением пожара и взрыва. Осадкообразование является виновником быстрой коррозии деталей топливо-охлаждающей аппаратуры. Из-за осадкообразования значительно быстрее происходит забивка и выход из строя топливных фильтров. Кроме того, процесс осадкообразования способствует заеданию и заклиниванию подвижных деталей системы автоматического регулирования и управления ВРД, что приводит к неуправляемости, к разному ВРД и др. негативным последствиям.

В докладе проведён анализ и классификация способов борьбы с осадкообразованием, которые разделены на существующие и перспективные. На основе экспериментальных исследований процесса осадкообразования были разработаны новые способы борьбы с этим негативным явлением и запатентованы следующие конструктивные схемы новых форсунок:

- охлаждаемые форсунки (с охлаждением отражателей до температуры менее

100 °С и др.) с теплоизоляцией сетчатых форсуночных фильтров - с целью предотвращения осадкообразования;

- форсунки с внутренней соосной рабочей иглой (для контроля за степенью уменьшения внутреннего диаметра канала распылителя и удаления осадка из него – в случае необходимости; для обеспечения электрораспыла топлива – в случае отказа основной системы топливоподачи);

- форсунки с заменяемыми деталями, с возможностью частичной разборки;

- форсунки с размещением электростатических полей (для предотвращения негативного процесса осадкообразования на внутреннем форсуночном фильтре, на входных топливных каналах, в канале распылителя);

- гибридные форсунки (в которых предусмотрены комплексные меры по защите от осадкообразования и интенсификации теплоотдачи);

- форсунки с датчиками контроля за осадкообразованием в топливно-подающих каналах, фильтрах, распылителях;

- форсунки с системой контроля и поддержания стехиометрического соотношения поступающего окислителя (воздуха) и горючего;

- форсунки с рубашкой охлаждения, внутренние каналы которых имеют конусное оребрение без применения и с применением электростатических полей с поддержанием зоны критических давлений;

- форсунки с системой резервирования каналов топливоподачи, фильтров, работающие при помощи специальных клапанов с возможностью варьирования мощности.

Разработаны новые конструктивные схемы топливно-подающих каналов коллекторов ВРД, где борьба с осадкообразованием также ведётся без электростатических полей и с полями.

Необходимо отметить, что использование электростатических полей в форсунках способствует не только предотвращению

осадкообразования, но и побочным положительным эффектам (увеличению теплоотдачи до 650%; полной предтопливной подготовке – перемешиванию, гомогенизации и ионизации одного или сразу двух и более различных топлив, что расширяет возможности использования отдельно или совместно сразу несколько различных топлив, а также повышает характеристики горения, в том числе – полноту сгорания, экологичность и др.).

Разработаны и предложены новые критерии подобия теплообмена: для учёта процесса осадкообразования; для использования электростатических полей. Созданы новые параметры для качественного анализа тяговых способностей любого перспективного ВРД на жидком углеводородном горючем в зависимости от степени закоксованности форсунок.

Активное и реальное внедрение хотя бы одного из данных решений позволит снизить аварийность и повысить надёжность не только форсунок и топливных каналов, но и всего перспективного ВРД на жидком углеводородном горючем.

Доклад сопровождается новыми запатентованными конструктивными схемами топливоподающих каналов и форсунок, где организована комплексная (совместно с датчиками контроля) борьба с осадкообразованием. Результаты экспериментальных исследований, патенты на изобретения внедрены в существующие ВРД наземного применения (на станциях газоперекачки) марок НК-16СТ, НК-18СТ, НК-8-2У, а также в системы контроля и управления ВРД перспективных летательных аппаратов 5-го поколения.

Применение данных конструктивных схем, а также способов борьбы с осадкообразованием - повысят ресурс, надёжность, долговечность, безопасность и живучесть форсунок ВРД различных классов и назначений, включая комбинированные силовые и воздушно-космических летательных аппаратов.