

## **ЖИДКОСТНЫЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ НК-33-1 МНОГОКРАТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ ЛЕГКОГО, СРЕДНЕГО И ТЯЖЕЛОГО КЛАССОВ**

***С.Н. Тресвятский, Д.Г. Федорченко, В.П. Данильченко***  
***ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова»***

ЖРД НК-33-1 является модификацией базового двигателя НК-33, которая включает в себя систему качания, сопла крена, теплообменники для наддува баков окислителя и горючего, бустерный насосный агрегат окислителя и выдвижной сопловой насадок.

Базовый двигатель НК-33 – первый в мире своего класса, выполненный по замкнутой схеме, работающий на компонентах кислород-керосин, имеющий многоразовый запуск и многократное применение. Созданный в 70-х годах для РН Н-1, он и сегодня сохраняет свой мировой приоритет по надежности и совершенству технических параметров, демонстрирует максимальное отношение тяги к массе среди современных двигателей.

Тяга двигателя НК-33-1 на Земле на эксплуатационном режиме работы равна 1814,8 кН (185 тс), удельный импульс тяги на Земле – 3035,2 Н·с/кг (304,9 кгс·с/кг), в пустоте – 3274,1 Н·с/кг (333,8 кгс·с/кг). Масса залитого двигателя равна 1715 кг.

Двигатели НК-33 после 20 лет хранения успешно прошли последовательные многократные огневые испытания в России и в США, подтвердив высокую надежность и параметры.

**О работоспособности двигателей НК-33 после длительного хранения.** Двигатели НК-33 изготовления 1972 г. после длительного (сверхнормативного) хранения сохраняют свою работоспособность без переборки, что значительно сокращает затраты на их использование. Заключение о работоспособности задела двигателей НК-33 без переборки основывается на следующем:

- Проведены успешные огневые испытания в **1995 г.** двигателя №Ф115026М (**пять пусков** с суммарной наработкой **t=410 с**) и в **1998 г.**

двигателя №Ф115014М (**шесть пусков** с суммарной наработкой  **$t=524$  с**, включая длительное испытание с дозированием тяги до 114% и длительную работу на «горячем» кислороде при глубоком дросселировании до 50% от номинальной тяги). Испытания двигателей проведены без переборки после длительного хранения в складских условиях в течение **23-х и 26-ти лет**. Работа выполнялась на стенде фирмы "Аэроджет" в г. Сакраменто (штат Калифорния), США.

- Проведены успешные огневые испытания двигателя №0115001 без переборки в **1998 г.** на стенде ОАО "Моторостроитель". Было выполнено **три пуска** с суммарной наработкой  **$t=280$  с**.

- Подготовка двигателей к огневым испытаниям осуществлялась по технической документации как для вновь изготовленных двигателей после окончательной сборки и включала в себя:

- контрольную разборку в **1992 г.** двигателя №Ф115011М, имевшего наработку 80 с и хранившегося в складских условиях **20 лет**. Перед разборкой были проведены без замечаний испытания на герметичность. Осмотр и дефектация показали удовлетворительное состояние материальной части, позволяющее проводить последующие огневые испытания после длительного хранения. Особое внимание при дефектации было уделено резино-техническим изделиям (РТИ) и выявлено, что примененная при изготовлении двигателя НК-33 консервация и очистка внутренних полостей позволила сохранить работоспособность РТИ и максимально уменьшает воздействие на них кислорода, света и озона, оказывающих основное влияние на старение резины;

- внешний осмотр двигателей;

- проверку герметичности стыков в соответствии с ТУ;

- проведение контрольно-сдаточных испытаний (КСИ).

В **1997 г.** была проведена контрольная разборка двигателя № 114061 после **24-х лет** хранения и имевшего суммарную наработку  **$t=1236$  с**. Дефектация материальной части после разборки не выявила каких-либо факторов, влияющих на работоспособность двигателя. В **1997 г.** дополнительно выполнена оценка состояния ТНА, установленного на двигателе №1154911104. Разборка ТНА с наработкой  **$t=200$  с** после **24-х лет** хранения показала удовлетворительное состояние материальной части. Оценка состояния материальной части после длительного хранения и проведения огневых испытаний была проведена также после разборки двигателя №Ф115026М, испытанного в США. После разборки и дефектации этого двигателя было установлено, что состояние материальной части

удовлетворительное.

Хранение всего запаса двигателей НК-33 изготовления до 1972 г. осуществлялось в одинаковых условиях в одной и той же климатической зоне (Самарская область), что позволяет распространять имеющийся статистический материал на все имеющиеся двигатели.

Перед отправкой заказчику предусматривается для подтверждения работоспособности на каждом двигателе из имеющегося запаса проведение следующих работ: внешний осмотр; проверка герметичности в соответствии с ТУ; выполнение КСИ; очистка и консервация внутренних полостей двигателя. Для дополнительного подтверждения работоспособности имеющегося запаса двигателей НК-33 планируются специиспытания 4-х двигателей в соответствии с комплексным планом экспериментальной отработки (КПЭО). С целью обеспечения гарантийного срока использования в течение последующих семи лет двигателей НК-33 изготовления до 1972 г. подготовлена программа ускоренных климатических испытаний (УКИ). Эта работа будет проведена на одном двигателе, который включен в программу специиспытаний.

**О стендовой доводке двигателя.** За весь период испытаний двигателей **НК-33** от начала отработки (декабрь 1969г.) до прекращения работ по двигателям (январь 1977г.) в общей сложности был испытан **191 двигатель**, на которых выполнено **469 запусков** с суммарной наработкой **44393 секунды** и **42 двигателя НК-43** (с высотным соплом), на которых проведено **92 испытания** с суммарной наработкой **8600 секунд**. Суммарная наработка при успешных ресурсных испытаниях серийных двигателей - прототипов составила **43 560 секунд**. Таким образом, суммарная наработка, подтверждающая надёжность двигателя **НК-33-1**, составляет **96 000 секунд**.

**Максимальное число пусков на одном двигателе без съёма со стенда** равно **17**. Двигатель К-004 поработал **5,5 часов без съёма со стенда**, двигатель К-005 - **3 часа**, двигатель Ф-002/2 - **1,4 часа**, а двигатель К-007/2- **1,5 часа**. Для повторного запуска на стенде необходимо заменить одноразовые детали: 1 - пирозатворы на клапане горючего в ГГ, клапане дренажа О, клапане управления; 2 - ТЭА; 3 - пирошашки в к.с.; 4 - пирозаряд в ПТ. Удалить остатки горючего; очистить окислительную линию поздним закрытием клапана О.

**Восемь раз** производился **демонтаж-монтаж ГГ без съёма двигателя со стенда** и все испытания были без последствий. **Демонтаж ГГ** позволяет сделать оценку **технического состояния внутренних полостей ГГ, СА, рабочего колеса Т; выполнить инструментальный**

## **контроль тел качения.**

**Многоразовость действия и возможность повторных переборок или замены отдельных узлов** в стендовых условиях позволили апробировать на НК-33 элементы технологии многоразового использования и эксплуатации ЖРД по техническому состоянию.

Двигатель НК-33, НК-43 до апреля 1974 года находились в серийном производстве на заводах куйбышевского промышленного куста. Всего было изготовлено более **120-ти серийных двигателей**. Каждый изготовленный двигатель проходил контрольно-сдаточные испытания (КСИ) продолжительностью в 40 секунд. На одном из семи двигателей, прошедших КСИ, проводилось контрольно-выборочное испытание (КВИ) двумя огневыми испытаниями на 40с и 285с, с последующей разработкой и дефектацией двигателя. После этого партия из шести двигателей допускалась к установке на ракету-носитель. Большой объём изготовленных двигателей НК-33 и НК-43 в опытном производстве и особенно на серийных заводах, обладающих необходимой степенью оснащённости производства, подтвердил высокий уровень технологичности и метрологичности деталей, узлов и двигателя в целом.

Таким образом, испытания двигателей НК-33, проведённые в Соединённых Штатах и в России, являются уникальным экспериментом в практике мирового двигателестроения, подтвердившим **работоспособность и надёжность жидкостного ракетного двигателя после длительных сроков его хранения** в складских условиях. По оценке фирмы Аэроджет (1995 г.): **«НК-33 является самым надёжным из всех существующих двигателей, работающих на кислороде и керосине, и демонстрирует максимальное отношение тяги к массе»**.

Проведенная оценка технико-экономических показателей двигателя НК-33-1 показала, что стоимость двигателя может быть в 2-3 раза ниже, чем для вновь разрабатываемого двигателя.

**Оценка количества двигателей, поставляемых из имеющегося задела.** В настоящее время на СНТК сохраняются 54 двигателя НК-33, из которых 46 двигателей может быть подготовлено к товарным поставкам. СНТК прорабатывает вопрос возможного возврата в Россию части двигателей, приобретённых ранее фирмой Аэроджет.

Таким образом, количество двигателей **НК-33** может составить **90 штук**, что обеспечит потребность в двигателях на 20 лет при плане запусков РН, например 4...5 в год.

**Об организации серийного производства новых двигателей НК-**

**33-1 в количестве 5...7 двигателей в год.** С целью избежания высоких затрат на организацию серийного производства, которые могли бы возместиться только с продажи большого числа двигателей НК-33-1 (70 штук) при 25% рентабельности, в СНТК был разработан следующий вариант: высвобожден производственный корпус № 41 площадью 11тыс. м<sup>2</sup>, в котором будут организованы механическая обработка, сборка, технологическая проливка турбонасосного агрегата и агрегатов автоматики. Изготовление литых заготовок корпусных деталей ТНА, крыльчаток, шнеков и других деталей будет производиться в литейном цехе № 3 на СНТК. Эта технология сохранена до настоящего времени и используется для выпуска дожимных компрессоров, применяемых в составе газотурбинных электростанций.

Испытания двигателей будут производиться на стенде № 120 СНТК или стендах Винтайского машиностроительного завода ОАО «Моторостроитель».

Все затраты, необходимые для восстановления серийного производства двигателей на СНТК, будут оплачиваться за счет продажи двигателей НК-33, находящихся в готовом виде на предприятии. Из этих же средств ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова» обеспечит инвестирование в проект восстановления производства газогенераторов и камер сгорания на ОАО «Металлист – Самара» или ОАО «ВМЗ» по договору на поставку камер сгорания для СНТК.

При адаптации и доработке двигателя НК-33 не требуется никаких затрат на подготовку производства двигателей НК-33-1, кроме их оплаты по цене 39,5 млн. рублей, с целью использования в составе разрабатываемой РН.