

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ НК-36СТ И НК-37,
МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ
ОКСИДОВ АЗОТА И УГЛЕРОДА В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ ГПА**

© 2018 В.А. Субботин¹, В.Г. Аусев¹, И.В. Щербо¹, С.А. Холодков¹, С.Г. Сергеев¹,
А.А. Соколов²

¹ООО «Газпром ТрансГаз Самара», г. Самара

²ПАО «КУЗНЕЦОВ», г. Самара

**OPERATIONAL EXPERIENCE OF NK-36ST AND NK-37 ENGINES,
UPGRADED FOR NITROGEN OXIDE AND CARBON MONOXIDE RATIO REDUCTION IN GPP
COMBUSTION PRODUCTS**

Subbotin V.A., Ausev V.G., Scherbo I.V., Kholodkov S.A., Sergeev S.G. (Gazprom transgaz Samara,
Samara, Russian Federation

Sokolov A.A. (JSC «KUZNETSOV», Samara, Russian Federation)

This article presents the results of the environmental monitoring conducted on NK-36ST engines, which are operated as a part of GPA-C-25 gas compressor unit. The environmental monitoring was carried out during the combustion chamber modernization stages made in order to reduce the main pollutants emissions-nitrogen oxide and carbon monoxide. The main stages of combustion chambers modernization and development of two-stage low-emission combustion chamber with cascade zones of combustion are examined. The authors point out the problems that the developers faced during the development of low-emission combustion chambers as well as the ways to overcome them. The results of the PJSC «KUZNETSOV» specialists' latest achievements in development of a low-emission combustion system with fuel injection automatic control are mentioned. The article compares the ecological characteristics of various modern engines used in gas transport. It is noted that the engine equipped with a low-emission combustion chamber has the best performance ecologically-wise, meeting the international standards for environmental pollution levels. The calculation carried out on the basis of the taken measurements showed that the use of low-emission combustion chamber allows to reduce the total gross release of nitrogen oxides and carbon monoxide with combustion products of NK-36ST by 90 tons in annual terms and, accordingly, to reduce the payment for negative impact on the environment per one engine.

Транспортировка газа по магистральным трубопроводам относится к экологически опасному виду производства и сопровождается рядом негативных воздействий на окружающую среду. Максимальному воздействию при работе объектов магистрального газопровода в штатном режиме подвергается воздушный бассейн. Наибольшее влияние на качество воздуха оказывают выбросы газоперекачивающих агрегатов, топливом для которых является перекачиваемый газ. Концентрации основных загрязнителей атмосферного воздуха – оксидов азота и углерода – в значительной степени зависят от режимов сгорания топливного газа и технического состояния газоперекачивающих агрегатов.

С целью снижения выбросов оксидов азота и углерода на ПАО «КУЗНЕЦОВ» был разработан вариант двухзонной камеры сгорания. Первая зона является дежурной. В этой зоне имеется незначительная эмиссия СО, т.к. на низких режимах в этой зоне под-

держивается близкое к стехиометрическому соотношению компонентов [1].

Вторая зона находится по ходу движения потока после первой. У неё есть свои стабилизаторы пламени и топливные форсунки. Она является основной. В этой зоне процесс горения происходит на «бедных» смесях при температуре 1800 – 1900 °К, когда образование окислов азота менее активно.

Применение двухзонной камеры сгорания позволило снизить выбросы оксидов азота на номинальном режиме до 173 мг/нм³, а выбросы оксида углерода до 57 мг/нм³.

Малоэмиссионная камера сгорания с мероприятиями по снижению выбросов СО и системой плавного регулирования распределением топлива по трём контурам камеры сгорания тремя ДУС прошла стендовые испытания и установлена на двигатель НК-36СТ для оценки эмиссионных характеристик в условиях эксплуатации.

Испытания двигателя НК-36СТ с МКС в условиях эксплуатации проводились на КС Тольятти ООО «Газпром трансгаз Самара».

Измерения проводились специалистами Инженерно-технического центра ООО «Газпром трансгаз Самара». Для измерений использовались газоанализаторы ДАГ-16 и ДАГ-510ГН. По программе испытаний, были выполнены измерения загрязняющих веществ, при снятии исходной дроссельной характеристики на 4-х режимах и далее измерения проводились с интервалом 100 ± 30 часов в течение 800 часов наработки двигателя [2].

Сравнение полученных значений с результатами измерений на этом же двигателе до проведения модернизации показало значительное снижение и стабильность приве-

дённых к 15 % O_2 , концентраций выбросов NO_x и CO .

В табл. 1 представлены результаты измерений концентраций NO_x и CO до и после модернизации камеры сгорания на номинальном режиме работы двигателя НК-36СТ.

Таблица 1 - Результаты измерений концентраций NO_x и CO

Параметр	До модернизации	После модернизации
NO_x , мг/нм ³ , 15% O_2	337	15
CO , мг/нм ³ , 15% O_2	111	20

Графики эмиссионных характеристик двигателя НК-36СТ до и после проведения модернизации приведены на рис. 1. и рис. 2

$C_{CO, 15\% O_2}$
(мг/нм³)

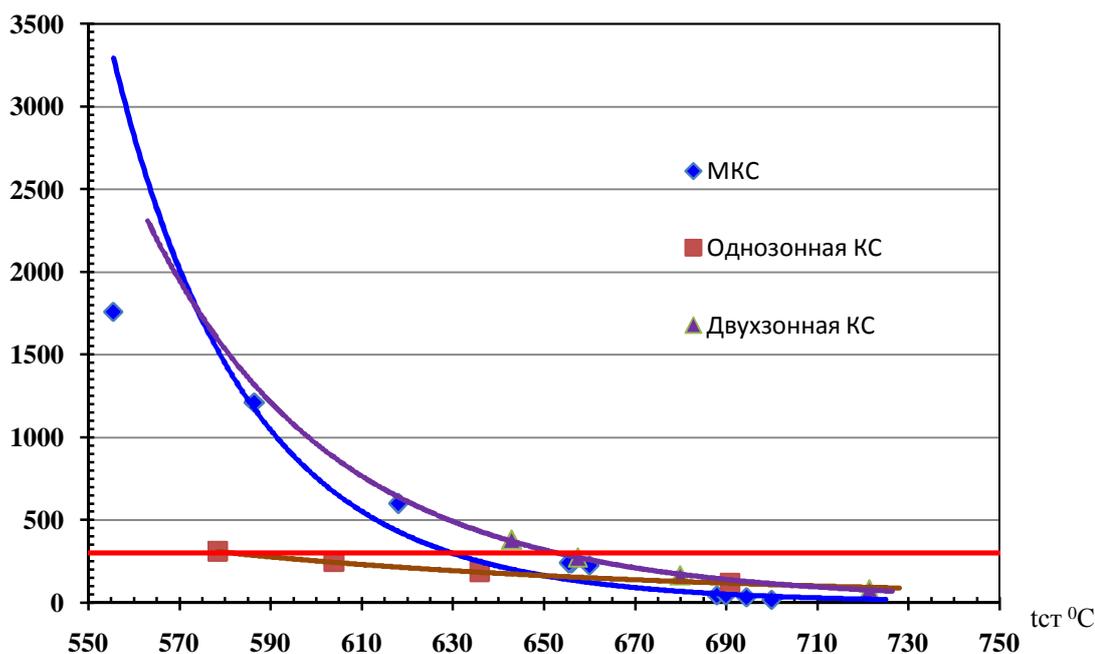


Рис. 1. Сравнительные зависимости приведённых концентраций углерода и оксидов азота в продуктах сгорания двигателя НК-36СТ с однозонной, двухзонной и малоэмиссионной камер сгорания от температуры газов перед СТ до проведения модернизации

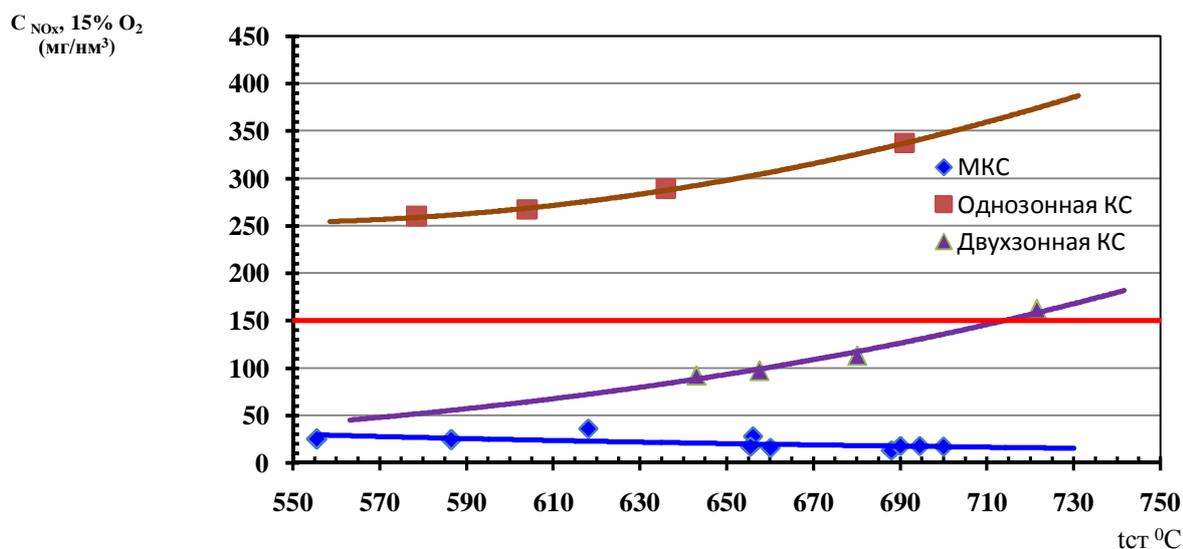


Рис. 2. Сравнительные зависимости приведённых концентраций углерода и оксидов азота в продуктах сгорания двигателя НК-36СТ с однозонной, двухзонной и малоэмиссионной камер сгорания от температуры газов перед СТ после проведения модернизации

Из графиков следует, что средняя концентрация оксида углерода в продуктах сгорания двигателя НК-36СТ с МКС в диапазоне нагрузок 70...100 % составила 100 мг/нм³, концентрация оксидов азота во всем диапазоне рабочих режимов не превышала 50 мг/нм³ и составила на номинальном режиме 15 мг/нм³, что существенно ниже установленной предельно допустимой концентрации [3].

В табл. 2 представлены экологические показатели современных приводов ГПА, эксплуатируемых в ООО «Газпром трансгаз Самара»: НК-14СТ, НК-14СТ10, ПС-90ГП-1, ПС-90ГП-2 и НК-38СТ, а также показатели НК-36СТ с МКС на номинальном режиме.

Таблица 2 - Экологические показатели современных приводов ГПА

Тип двигателя	NOx, мг/нм ³ , 15% O ₂	CO, мг/нм ³ , 15% O ₂
НК-36СТ с МКС	15	20
НК-14СТ	214	80
НК-14СТ-10	313	110
ПС-90ГП-1	148	48
ПС-90ГП-2	177	73
НК-38СТ	61	67

Из приведённых в табл. 2 данных следует, что двигатель НК-36СТ, оснащённый МКС, в сравнении с двигателями нового поколения, по выбросам оксидов азота и угле-

рода на номинальном режиме имеет наилучшие показатели, удовлетворяющие нормам международных стандартов по экологическим показателям загрязнения.

Применение МКС позволит снизить в годовом исчислении суммарный валовый выброс оксидов азота и оксида углерода с продуктами сгорания НК-36СТ на 90 тонн и плату за негативное воздействие на окружающую среду на 16 тыс. руб. в расчёте на один двигатель [4].

Библиографический список

1. Гречишников О.В., Остапец И.И., Росляков А. Д., Цыбизов Ю. И. Гомогенные горелки двухзонных камер сгорания// Вестник СГАУ, 2013, Вып.3 (41), ч.1, С. 65-72.
2. СТО Газпром 2-3.5-038-2005 «Инструкция по проведению контрольных измерений вредных выбросов газотурбинных установок на компрессорных станциях», ООО «ВНИИ-ГАЗ», г. Москва.
3. ГОСТ 28775-90 Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия. Министерство тяжелого машиностроения СССР и Государственный газовый концерн «Газпром».
4. СТО Газпром 2-1.19-541-2011 «Учёт валовых выбросов загрязняющих веществ с продуктами сгорания газотурбинных газоперекачивающих агрегатов».