

Номинация №9 «За успехи в развитии диверсификации производства»

### **Конкурсная работа**

#### **«Повышение конкурентоспособности газотурбинного двигателя АЛ-31СТ и разработка линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42МВт для газоперекачивающих агрегатов и электроэнергетики на базе единого газогенератора двигателя пятого поколения»**

В настоящей конкурсной работе представлена разработка авторского коллектива «ОКБ им. А.Люльки» филиала ПАО «ОДК-УМПО» и ПАО «ОДК-УМПО» **«Повышение конкурентоспособности газотурбинного двигателя АЛ-31СТ и разработка линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42МВт для газоперекачивающих агрегатов и электроэнергетики на базе единого газогенератора двигателя пятого поколения».**

Представленные в настоящей работе мероприятия выполнены во исполнение:

- Поручения Президента РФ №2346;
- Соглашение о намерениях от 07.06.2019 г. между ПАО «Газпром» и АО «ОДК» по созданию газотурбинного двигателя АЛ-41СТ-25;
- План мероприятий №03-209 от 21.01.2019 г. по реализации «Соглашения о намерениях между ПАО «Газпром» и АО «ОДК» по созданию газотурбинного двигателя АЛ-41СТ-25».

#### **Авторский коллектив**

##### **Марчуков Евгений Ювенальевич**

Дата рождения: 26.07.1956

Должность: Генеральный конструктор – директор «ОКБ им. А.Люльки» филиала ПАО «ОДК-УМПО»»

Ученая степень: Доктор технических наук

##### **Куприк Виктор Викторович**

Дата рождения: 08.06.1945

Должность: Главный конструктор по промышленным двигателям «ОКБ им. А.Люльки» филиала ПАО «ОДК-УМПО»»

Ученая степень: кандидат технических наук

##### **Лобов Дмитрий Анатольевич**

Дата рождения: 19.11.1972

Должность: Директор программы АЛ-31СТ ПАО «ОДК-УМПО»»

##### **Хотеевков Иван Александрович**

Дата рождения: 21.01.1980

Должность: Ведущий конструктор «ОКБ им. А.Люльки» филиала ПАО «ОДК-УМПО»»

**Рубин Лев Исакович**

Дата рождения: 20.11.1961

Должность: Заместитель технического директора по развитию газотурбинной энергетики  
ПАО «ОДК-УМПО»

**Ялалов Ильдар Ирекович**

Дата рождения: 20.08.1977

Должность: Главный конструктор СКО ГТЭ ПАО «ОДК-УМПО»

**Сабитов Искандер Ильдарович**

Дата рождения: 06.01.1990

Должность: Заместитель главного конструктора СКО ГТЭ ПАО «ОДК-УМПО»

**Введение**

В настоящее время остро стоит вопрос повышения надёжности и совершенствования сервиса газотурбинных двигателей, применяемых для газоперекачивающих агрегатов в системе компрессорных станций.

С целью расширения продуктовой линейки и дальнейшей диверсификации ОПК выполняется разработка концепции создания линейки конверсионных, высокоэффективных двигателей с номинальной мощностью от 25МВт до 42МВт на базе единого газогенератора двигателя пятого поколения для газоперекачивающих агрегатов новых магистральных газопроводов с высоким давлением перекачиваемого газа (до 120 бар), а также для реконструкции действующих ГПА и электроэнергетики.

**Актуальность**

Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2020 года» одной из наиболее важных задач трубопроводного транспорта газа является сокращение риска возникновения аварий. Ее решение обеспечит снижение безвозвратных потерь транспортируемого газа вследствие разрушения инженерных сооружений и обеспечит, таким образом, оптимальное функционирование Единой системы газоснабжения. Для решения поставленной задачи первоочередной целью является обеспечение надежной работы компрессорных станций (КС) магистральных газопроводов, важнейшим элементом которых являются газоперекачивающие агрегаты (ГПА), использующие в качестве привода нагнетателя газотурбинные двигатели.

В настоящее время остро возникла проблема отсутствия оборудования (а именно приводных газотурбинных двигателей) Российского производства с мощностью 25МВт и более для применения в области транспортировки по магистральным газопроводам природного газа, а также в электроэнергетике. В настоящее время номенклатура поставляемых приводных газотурбинных двигателей отечественной разработки для нужд ПАО «Газпром» и электроэнергетики критически мала, что недопустимо при необходимости проведения общегосударственной политики импортозамещения. Также назрела необходимость замены изношенного парка двигателей мощностью 25 МВт украинского производства (ДН-80), находящихся в эксплуатации на компрессорных станциях ПАО «Газпром».

**Повышение конкурентоспособности газотурбинного двигателя АЛ-31СТ**

Для повышения конкурентоспособности серийно изготавливаемого двигателя АЛ-31СТ и улучшения его потребительских свойств выполнены следующие мероприятия:

1. Совершенствование рабочей лопатки турбины высокого давления;
2. Совершенствование опоры турбины газогенератора;



3. Предотвращение возникновения помпажных явлений;
4. Повышение экологичности двигателя;
5. Внедрение генератора собственных нужд ГПА;
6. Внедрение системы удаленного мониторинга.

### **Концепция создания линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42МВт**

Создаваемая, на базе единого газогенератора линейка газотурбинных двигателей условно разделяется на две модификации:

1. Модификации газотурбинного двигателя номинальной мощностью 25МВт и 32МВт предназначена для привода нагнетателя в газоперекачивающих агрегатах.
2. Модификация газотурбинного двигателя номинальной мощностью 42МВт предназначена для привода электрогенераторов в блочно-модульных электростанциях.

Поскольку общей целью создания линейки двигателей на базе единого газогенератора является предложение рынку такого продукта, в котором сочетались бы конкурентная стоимость, высокие рабочие и экологические характеристики, а также высокая надежность, то конкретно это достигается следующим:

- применением единого газогенератора 5-го поколения двигателя, разработанного ОКБ им. А. Люльки и экспериментально отработанного в составе опытной партии;
- наличием материальной части узлов базового двигателя, что позволит реализовать проект в кратчайшие сроки;
- наличием большого опыта ОКБ им. А. Люльки и ПАО «ОДК-УМПО» по созданию и массовой эксплуатации двигателей АЛ-31СТ, а также реализуемой программе его модернизации;
- реализацией мероприятий по импортозамещению покупных комплектующих изделий иностранного производства и другими мероприятиями.

### **Практическая значимость**

#### **Повышение конкурентоспособности АЛ-31СТ:**

1. Снижение вероятности возникновения дефектов при эксплуатации газотурбинных двигателей;
2. Повышение ресурсных показателей;
3. Улучшение сервиса.

### **Концепция создания линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42 МВт:**

1. Газотурбинный двигатель пятого поколения – высокоэффективное техническое решение для предприятий газотранспортной отрасли.
2. Быстрая установка, ввод в эксплуатацию и простое обслуживание благодаря минимальным габаритным размерам, массе и требуемому свободному пространству.

3. Уменьшенная по сравнению с аналогами, металлоемкость при изготовлении двигателя.
4. Надежность изделия, обеспечиваемая за счет применения отработанных на серийном двигателе АЛ-31СТ элементов и опробованных технических решений.
5. Возможность обеспечения быстрого запуска двигателя.
6. Низкий уровень эмиссии вредных веществ в окружающую среду.
7. Низкий уровень теплового излучения в окружающее пространство, а также низкий уровень потерь за счет обеспечения герметичности мест ввода трубопроводов в двигатель.
8. Применение комплектующих системы автоматического управления отечественной разработки и производства.
9. Размещение электронного блока управления двигателем на раме обеспечит поставку двигателей, не требующих отладки при ПНР в эксплуатации.

### **Экономический эффект**

#### **Повышение конкурентоспособности АЛ-31СТ**

Внедрение мероприятий позволило обеспечить снижение затрат на восстановительные ремонты, а также повысить ценовые показатели за счет внедрения мероприятий по повышению экологичности и улучшению сервисного обслуживания.

#### **Концепция создания линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42 МВт**

Применение единого газогенератора для линейки двигателей мощностью от 25 до 42 МВт, а также использование заготовок, применяемых в выпускаемом серийно двигателе АЛ-31СТ позволяет существенно снизить стоимость проектирования и изготовления газотурбинных двигателей.

Применение передовых технологических решений позволяет достичь снижения затрат на монтаж/демонтаж газотурбинных двигателей в эксплуатации.

Современная отечественная система автоматического управления распределенного типа позволяет существенно снизить стоимость пусконаладочных работ.

### **Выводы**

#### **Повышение конкурентоспособности АЛ-31СТ**

Реализованные мероприятия по повышению надежности позволили исключить аварийные съемы двигателей АЛ-31СТ по РЛ ТВД и опоре ТВД, обеспечить снижение затрат на восстановительные ремонты.

По результатам реализации комплексного плана мероприятий по повышению эксплуатационной надежности и экологичности определен новый конструктивный облик двигателя АЛ-31СТ и оформлено дополнение к техническим условиям на поставку двигателей АЛ-31СТ с улучшенными эксплуатационными показателями, в том числе – увеличением гарантийного ресурса до 8 000 часов, назначенного ресурса – до 125 000 часов.

В рамках выполнения работы получены патенты РФ на конструктивное исполнение элементов газотурбинного двигателя: №2682218 «Способ работы газотурбинной установки», №2706523 «Способ контроля технического состояния газотурбинного двигателя во время его



эксплуатации», №2707780 «Способ подготовки и сжигания топлива в камере сгорания газотурбинной установки», а также выполнены научно-технические публикации по представленным направлениям исследований для обеспечения повышения надежности работы авиационного привода АЛ-31СТ, работающего в составе ГПА-16Р «Уфа».

### **Концепция создания линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42 МВт**

1. Применение в качестве базового генератора высокоэффективного двигателя 5-го поколения является оптимальным для создания ГТД мощностью от 25 до 42 МВт и позволяет:

- получить высокий КПД на уровне лучших мировых образцов;
- обеспечить минимальное суммарное количество ступеней компрессоров и турбин, что предопределяет значительный выигрыш по себестоимости изготовления и ремонта;
- получить преимущество по весу и габаритам ГТУ.

2. Расход воздуха на входе в двигатель на уровне 98 кг/сек позволит уменьшить вес и габариты всаса и выхлопа ГПА.

3. Имеющаяся материальная часть основных узлов для создания линейки ГТД позволит реализовать проект в сжатые сроки.

4. Применение новейших технологий позволит обеспечить уровень выбросов NOx не более 25 ppm.

5. По предварительным расчетам проект оценивается как экономически эффективный.

6. Двигатели мощностью 25 МВт (приоритетная единичная мощность) и 32 МВт обладают высокой конкурентоспособностью для применения в составе ГПА на магистральных газопроводах ПАО «Газпром».

**Генеральный конструктор – директор  
«ОКБ им. А.Люльки» филиала ПАО «ОДК-УМПО»**

**Е.Ю. Марчуков**



*На конкурс «Авиастроитель года» по итогам 2019 г.  
Номинация № 9 «За успехи в развитии диверсификации  
производства»*

*Авторы:*

*Коллектив ПАО «ОДК-УМПО»*

*Лобов Д.А., Рубин Л.И., Ялалов И.И., Сабитов И.И.,  
Марчуков Е.Ю., Куприк В.В., Хотеевков И.А.*



*Объединенная  
Двигателестроительная  
Корпорация*



**ОДК  
УМПО**



**Повышение конкурентоспособности газотурбинного двигателя АЛ-31СТ и разработка линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42МВт для газоперекачивающих агрегатов и электроэнергетики на базе единого газогенератора двигателя пятого поколения**



## Организационные приоритеты



В 2019 году на форуме оружейников в Ижевске В.В. Путин отметил, что в работе по диверсификации производств надо активнее использовать те возможности, которые открывает реализация национальных проектов, - также заявил Путин. – Потенциальный спрос на гражданскую продукцию предприятий ОПК уже сейчас превышает 5,5 тысяч позиций

### Стратегические приоритеты государства

*Поручение  
Президента РФ  
№2346*

Указание Д.А. Медведева об исполнении поручения Президента РФ об увеличении доли высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения, выпускаемой оборонно-промышленным комплексом

### МинПромТорг России

Разработка государственных программ, направленных на поддержку выпуска гражданской продукции предприятиями ОПК

### ГК «РОСТЕХ»

Рост доли продукции гражданского назначения в выручке за счет увеличения продаж Наземных ГТД и продукции для гражданской и транспортной авиации\*

### ПАО «ОДК-УМПО»

Увеличение объемов выпуска продукции гражданского назначения

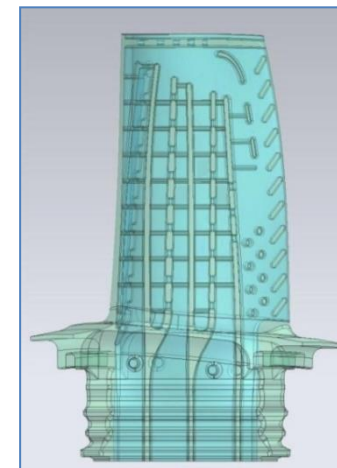


## Предотвращение обрыва рабочей лопатки турбины высокого давления (РЛ ТВД)

Конструктивные  
особенности

РЛ ТВД  
29.04.02.180

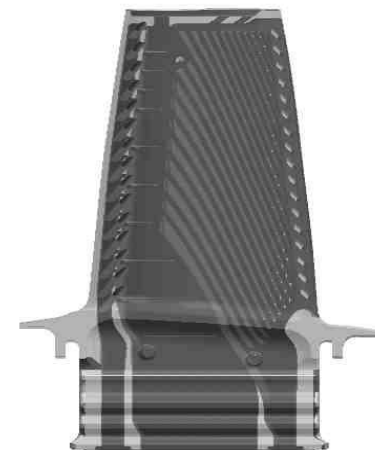
- Лопатка ТВД **29.04.02.180** из сплава ЖС-32 с петлевой матрицей охлаждения имеет меньший градиент температуры между наружной и внутренней полостью, более высокую расчетную ЧСК, отсутствуют источники концентрации напряжений.



Конструктивные  
особенности

РЛ ТВД  
29.04.02.030

- Лопатка ТВД **29.04.02.030** из сплава ЦНК-8МП актуальна для газоперекачивающих агрегатов, транспортирующих газ с высоким содержанием серы.



## Предотвращение разрушения опоры ТВД

Цель доработки

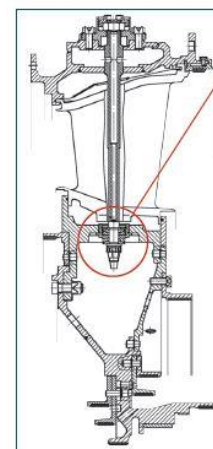
- Модификация опоры ТВД 29.04.24.460-2 позволила исключить возникновение дефекта «проворот наружной обоймы подшипника опоры ТВД».

Реализованные мероприятия

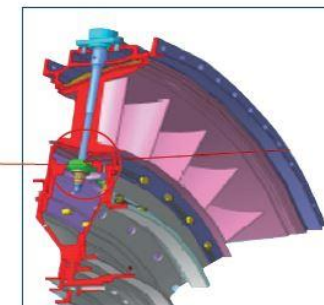
- Исключены термокомпенсационные пружины для увеличения жесткости опоры и исключения расцентровки опор КВД и ТВД в процессе эксплуатации;
- Внедрены сферические шайбы во внутреннем кольце для компенсации отклонений при изготовлении и сборке;
- Установлен корпус подшипника с кольцом, исключаящим проворот наружной обоймы роликоподшипника ТВД и выработку посадочной поверхности.



Вид модифицированной опоры ТВД с конструктивными изменениями



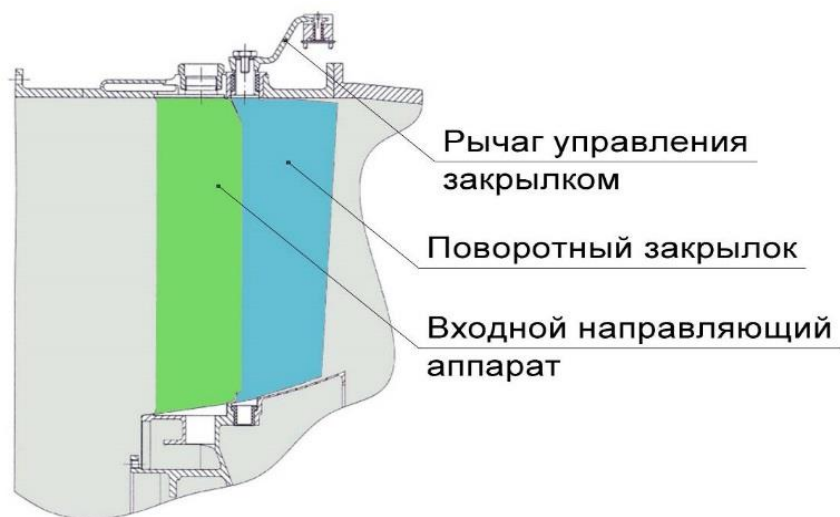
Опора турбины  
высокого давления  
29.04.24.460-2



## Предотвращение возникновения помпажных явлений

Цель внедрения

- Предупреждение возникновения «помпажа» на режимах запуска.
- Расширение диапазона устойчивой работы двигателя.
- Повышения коэффициента полезного действия за счет исключения из конструкции клапана перепуска воздуха.





## Повышение экологичности двигателя

### Цель внедрения

- Повышение конкурентоспособности двигателя АЛ-31СТ за счет достижения экологических норм по содержанию вредных веществ на уровне стандарта ЕВРО-6

В рамках повышения конкурентоспособности двигателя АЛ-31СТ за счет улучшения экологических показателей разрабатывается

**малоэмиссионная камера сгорания с системой  
топливопитания «синтез-газ»,**

предназначенная для снижения эмиссии оксидов азота до  $50 \text{ мг/м}^3$ , оксидов углерода – до  $100 \text{ мг/м}^3$ .



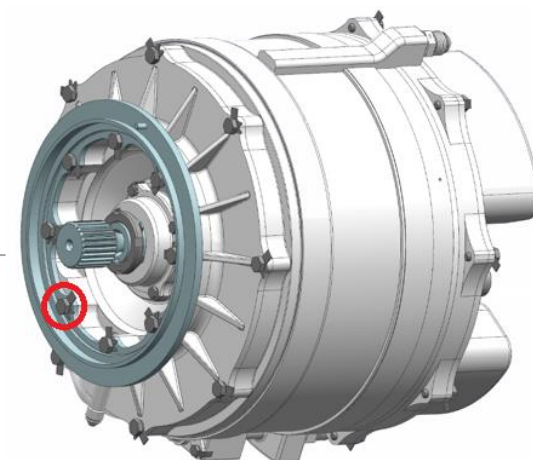
## Внедрение генератора собственных нужд ГПА

### Цель внедрения

- Обеспечение электрического питания приемников электроэнергии собственных нужд газоперекачивающего агрегата с газотурбинным двигателем АЛ-31СТ, на рабочих режимах работы ГПА.

В рамках повышения эксплуатационных и потребительских качеств разрабатывается

**система электроснабжения собственных нужд СГИ-120**, предназначенная для обеспечения электрическим питанием потребителей электроэнергии ГПА с двигателем АЛ-31СТ на рабочих режимах.



## Внедрение системы удаленного мониторинга

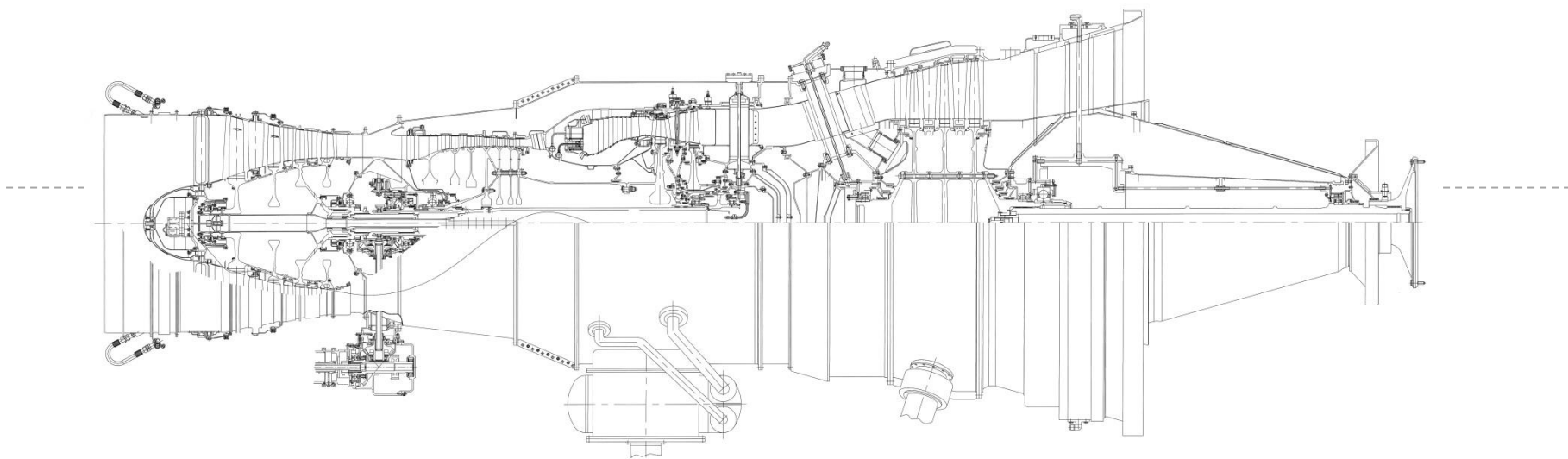
### Цель внедрения

- Обеспечение эксплуатации газоперекачивающего оборудования по техническому состоянию.
- Обеспечение доступа к эксплуатационным параметрам для оперативного контроля за состоянием газоперекачивающего агрегата и двигателя.
- Заблаговременное предупреждение возникновения и развития нештатных ситуаций за счет диагностирования дефектов и исключение досрочных съёмов двигателя с эксплуатации.
- Накопление истории эксплуатации и обработка результатов с использованием аналитических методик для контроля параметров и анализа параметров агрегатов.





# Разработка линейки газотурбинных двигателей мощностью 25...42МВт для газоперекачивающих агрегатов и электроэнергетики на базе единого газогенератора двигателя пятого поколения



## Инициация проекта

Проект инициирован с целью развития взаимовыгодного сотрудничества между АО «ОДК» и ПАО «Газпром» в области разработки, серийного производства и применения двигателей в проектах нового строительства и реконструкции объектов газотранспортной системы



**Утвержденное ПАО «Газпром» от  
19.04.2019 г.**

**Техническое задание 29.01ТЗ на  
разработку двигателя АЛ-41СТ-  
25 для ГПА**

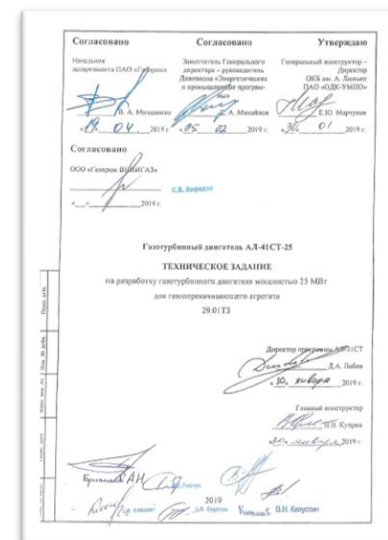
...

**Соглашение о намерениях от  
07.06.2019 г.**

**между ПАО «Газпром» и АО  
«ОДК» по созданию  
газотурбинного двигателя АЛ-  
41СТ-25**

...

**План мероприятий №03-209 от  
21.01.2019 г. по реализации  
«Соглашения о намерениях  
между ПАО «Газпром» и АО  
«ОДК» по созданию  
газотурбинного двигателя АЛ-  
41СТ-25»**



## Цели и задачи проекта

В целях исполнения поручения Президента РФ об увеличении доли выпуска гражданской продукции, ПАО «ОДК-УМПО» инициирован проект «Разработка промышленного двигателя АЛ-41СТ-25»



### ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

- Создание высокоэффективного газотурбинного привода номинальной мощностью 25 МВт для применения в составе унифицированного газоперекачивающего агрегата с целью наращивания научно-технического и производственного потенциала АО «ОДК» и увеличения объемов производства гражданской продукции.

### Задачи проекта

- Разработка газотурбинного приводного двигателя АЛ-41СТ-25 номинальной мощностью 25 МВт, превосходящего существующий на сегодняшний день уровень аналогов.
- Увеличение рыночной доли приводных двигателей АО «ОДК» за счет создания научно-технического задела, обеспечивающего возможность последующей разработки и выведения на рынок модельного ряда приводных газотурбинных двигателей в классе мощности 32...42 МВт.
- Импортзамещение приводных двигателей, эксплуатируемых газотранспортными предприятиями ПАО «Газпром».



## Конструктивные особенности



- Низкоэмиссионная камера сгорания с уровнем выбросов  $\text{NO}_x$  25 мг/м<sup>3</sup>, соответствующая экологическим требованиям ПАО «Газпром» и электроэнергетики
- Система электрозапуска, позволяет улучшить экологичность двигателя и снизить расход природного газа, тем самым достигается повышение экономичности двигателя
- Электродвигатель собственных нужд ГПА мощностью 90 кВт, служащий для обеспечения энергонезависимости газоперекачивающего агрегата
- САУ двигателя отечественной разработки и изготовления, размещенная на раме ГТД, чем обеспечивается 100% заводская готовность, позволяющая сократить время ввода в эксплуатацию

## Конкурентные преимущества

**Создаваемые двигатели предполагают ряд конкурентных преимуществ, обеспечивающих привлекательность для Заказчика**

Газотурбинный двигатель пятого поколения – высокоэффективное техническое решение для предприятий газотранспортной отрасли. Для модернизации газотранспортной системы

Возможность создания на базе инновационного газогенератора линейки газотурбинных приводов высокой единичной мощности до 25...42 МВт:

<b>АЛ-41СТ-32</b>	<b>Ne=32 МВт</b>	<b><math>\eta_e=40,3\%</math></b>
<b>АЛ-41СТ-42</b>	<b>Ne=42 МВт</b>	<b><math>\eta_e=42,0\%</math></b>

Высокий уровень экологичности. Уровень эмиссии вредных веществ  $<50 \text{ мг/нм}^3$ .

Надежность изделия, обеспечиваемая за счет применения отработанных на серийном двигателе АЛ-31СТ узлов и деталей, а также опробованных технических решений, обеспечивающая высокий ресурс и жизненный цикл двигателя.

Уменьшенная по сравнению с аналогами металлоемкость при изготовлении двигателя, позволяющая оптимизировать стоимость изготовления.

Снижение эксплуатационных затрат за счет быстрой установки, ввода в эксплуатацию и простого обслуживания благодаря минимальным габаритным размерам, массе и требуемому свободному пространству.

Применение электронного блока управления двигателем обеспечит поставку двигателей, не требующих отладки при ПНР в эксплуатации.

Масштаб производства, позволяющий обеспечивать высокое качество изготовления

Двигатель  
АЛ-41СТ-25



## Сравнение с аналогами

Эффективный КПД двигателей разработки 2005...2017 гг.  
(по данным издания «Gas Turbine World 2017»)

