

## ПРЕПРИНТ

### «Модернизация турбокомпрессоров: пути повышения эффективности и надёжности»

Аннотация: В работе рассматриваются современные направления модернизации турбокомпрессоров с целью повышения их КПД, производительности, надёжности и соответствия экологическим стандартам. Показано, что модернизация существующих агрегатов является экономически выгодной альтернативой их замене.

#### Введение

Турбокомпрессоры широко используются в энергетике, судостроении, нефтегазовой промышленности и на транспорте для повышения эффективности двигателей и технологических процессов. Многие из находящихся в эксплуатации агрегатов имеют устаревшую конструкцию и не отвечают современным требованиям по энергоэффективности и экологии. Цель данного исследования — систематизировать ключевые направления модернизации турбокомпрессоров.

#### Основные направления модернизации:

##### 1. Оптимизация аэродинамики проточной части:

- Замена колёс компрессора и турбины: Установка колёс с современными 3D-профилями позволяет повысить КПД на 3–6% и расширить диапазон устойчивой работы.

- Применение безлопаточных диффузоров и асимметричных улиток: Снижает потери давления и повышает эффективность на переходных режимах.

##### 2. Внедрение современных систем подшипников и уплотнений:

- Замена подшипников скольжения на керамические шарикоподшипники или магнитные подшипники, что снижает механические потери и повышает надёжность.

- Использование лабиринтных и газодинамических уплотнений нового поколения для минимизации утечек рабочего тела.

##### 3. Применение новых материалов и покрытий:

- Использование жаропрочных сплавов и керамических композитов для элементов турбины, работающих в условиях высоких температур.

- Нанесение теплозащитных и износостойких покрытий для увеличения срока службы деталей.

#### 4. Автоматизация и цифровизация:

- Внедрение систем активного управления с адаптивными алгоритмами, позволяющими оптимизировать работу турбокомпрессора в реальном времени.

- Использование систем мониторинга вибрации, температуры и давления для прогнозирования технического состояния и предотвращения аварий.

- Создание цифровых двойников для моделирования рабочих процессов и тестирования стратегий модернизации.

#### 5. Повышение экологичности:

- Оптимизация процессов сгорания в камерах сгорания связанных систем для снижения выбросов NOx и CO.

- Модернизация систем очистки воздуха на всасе и утилизации выхлопных газов.

#### Экономическая эффективность:

Затраты на модернизацию турбокомпрессоров составляют 25–45% от стоимости нового агрегата, при этом достигается 70–85% эффекта от установки современного оборудования. Срок окупаемости проектов обычно составляет 3–6 лет за счёт снижения удельного расхода топлива, увеличения производительности и сокращения затрат на обслуживание.

#### Заключение:

Модернизация турбокомпрессоров представляет собой комплексный процесс, включающий совершенствование аэродинамики, применение новых материалов, внедрение цифровых технологий и повышение экологических показателей. Наибольший эффект достигается при комбинировании нескольких направлений, таких как замена проточной части совместно с установкой современных систем управления. Такой подход позволяет продлить срок службы оборудования и повысить его конкурентоспособность.

Ключевые слова: турбокомпрессор, модернизация, КПД, аэродинамика, цифровизация, подшипники, экологичность, экономическая эффективность.