

Рис. 5. Профиль paca0022, $Re = 10^6$, угол атаки 22.5° ;

а– модель в аэродинамической трубе, б–схемы моделей, в– визуализация раннего отрыва пограничного слоя на профиле без ячейки, г– почти безотрывное обтекание профиля с вихревой ячейкой.

На рис.5 представлены результаты экспериментального исследования влияния

вихревой ячейки на обтекание крылового профиля paca0022 при большом угле атаки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление обтеканием тел с вихревыми ячейками в приложении к летательным аппаратам интегральной компоновки /Под. ред. А.В. Ермишина и С.А. Исаева– М.: Изд-во МГУ, 2003.

Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я.. Вихревые методы расчёта нестационарных гидродинамических нагрузок. М.: Изд-во МГУ. 2006.

МЕТОД ИСПЫТАНИЙ РОТОРОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ, СТЕНД ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ И РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСПЫТУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ.

©2012 Антипов В.А., Андриянов С.В., Вельмин С.А.

Федеральное бюджетное образовательное государственное учреждение высшего профессионального образования
«Самарский государственный университет путей сообщения», Самара

A method for testing rotor assemblies boost high-speed diesel engines after repairs and stand for its implementation. It is shown that the developed significant stand of different flexibility and a very wide range of readable information. The dependences allowing to determine the need calculated characteristics of the elastic-damping bearings for given values of the vibration load on the various modes of engine and make a reasoned conclusion about the suitability of the rotor to further exploitation.

Современные отечественные и зарубежные турбокомпрессоры, как правило, высокооборотные, вследствие чего имеют ресурс существенно меньший, чем сама турбомашина. Из-за повышенной вибрации ротор, в частности, компрессорные и турбинные лопатки, опоры ротора, диски и др. получают повреждения и нуждаются в ремонте чаще, чем, например, узлы статора турбокомпрессора (далее - ТК). В дальнейшую эксплуатацию отремонтированный ротор может быть допущен только после проведения послеремонтных динамических испытаний. Известные способы испытаний и конструкции стендов, см., например, [1, 2, 3]обладают рядом существенных недостатков.

Авторами настоящей работы создан метод испытаний турбокомпрессоров, изготовлен стенд для его реализации, разработана методика расчетных исследований.

Сущность способа заключается в том, что воздух высокого давления от пускового компрессора подают в поворотное сопло газоотводящего патрубка турбины, предварительно поворачивая сопло для создания прямого или обратного перепада давления в проточной части ТК, а измерения параметров потока по тракту ТК проводят как при прямом, так и при обратном перепаде давления в проточной части ТК. Кроме того, измерения по тракту ТК проводят при снятом или заторможенном роторе ТК.

Стенд для испытаний ТК включает испытуемый ТК, состоящий из

компрессора, турбины, входного напорного и газотводного патрубков, камеру сгорания и пусковой компрессор, соединенные с испытуемым турбокомпрессором патрубками, дополнительно снабжен двухступенчатым эжектором, установленным за турбиной в газотводном патрубке, причем первая ступень эжектора снабжена диффузором и поворотным соплом, соединенным трубопроводом с пусковым компрессором, а вторая ступень снабжена диффузором с кольцевым соплом, соединенным трубопроводом с напорным патрубком ТК за камерой сгорания.

Достижимый технический результат заключается в расширении диапазона режимов испытаний ТК путем испытаний газозвдушного тракта при снятом или заторможенном роторе ТК с прямым и обратным направлением движения рабочего тела, что позволяет анализировать отдельно неподвижную и подвижную части ТК. Кроме того, наличие двухступенчатого эжектора, установленного за турбиной, позволяет снизить мощность пускового компрессора особенно для перегрузочных режимов работы турбокомпрессора, что существенно снижает затраты на испытания. Кроме того, в конструкции стенда предусмотрена замена упругодемпферных опор (УДО) роторов, потребная при совершенствовании их конструкции или при сравнительных испытаниях УДО различных конструкций. Кроме того, предлагаемые способ и стенд испытаний ТК позволяют путем измерений определить величину кромочных, профильных и иных потерь отдельно в подвижных и неподвижных частях газозвдушного тракта турбокомпрессора, а также производить испытания турбокомпрессора с частотой вращения ротора выше номинальной, т.е. в режимах с перегрузкой. При этом диапазон испытаний режимов работы ТК расширяется от частоты вращения ротора равной нулю до предельной, определяемой прочностью конструкции без применения пускового компрессора с мощностью, превышающей мощность испытуемого ТК.

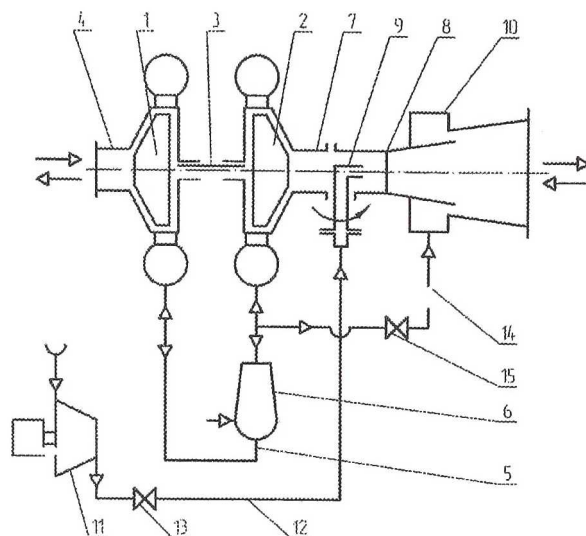


Рис. 1. Принципиальная схема стенда

Стенд содержит испытуемый ТК 1, с турбиной 2 и общим ротором 3, газозвдушный тракт в составе всасывающего патрубка 4 напорного патрубка 5 с камерой сгорания 6 и газотводного патрубка 7, двухступенчатый эжектор 8 с осевым поворотным соплом 9 первой ступени и периферийно-кольцевым соплом 10 второй ступени, пусковой компрессор 11 с патрубком 12, подключено при помощи клапана 13 к соплу 9. Сопло 10 подключено трубопроводом 14 при помощи клапана 15 к напорному патрубку 5 за камерой сгорания.

В сравнении с известными конструкциями стенд обеспечивает получение потребных характеристик при снятом роторе ТК с движением воздуха в прямом и обратном направлениях; получение характеристик при заторможенном роторе ТК с движением воздуха в прямом и обратном направлениях; получение характеристик при испытании роторов с УДО различных типов, получение характеристик на холостых ходах ротора испытуемого ТК при одинаковом расходе воздуха через проточную часть ТК и газозвдушный тракт. Кроме того, повышается частота вращения ротора ТК с парциальной или полнопроточной турбиной от номинальной до предельной при мощности пускового компрессора ниже испытуемого.

В результате стенд позволяет существенно расширить диапазон

испытаний ТК и снизить мощность пускового компрессора.

Конструктивные возможности стенда позволяют выявить оптимальные конструкции УДО каждого типа ТК и заданных режимов его работы исходя из условий, например, минимизации коэффициента усиления на резонансе, минимальной вибрации на рабочих режимах и т.п. Для решения указанных задач необходимо иметь математические модели изучаемых УДО. Информация о гидродинамических УДО достаточно полно изложена, например, в [4]. Для многослойных пластинчатых демпферов в режиме прецессионного нагружения приведен расчетный метод.

Учитывая изложенное, запишем обобщенное дифференциальное уравнение движения ТК с одной степенью свободы в виде:

$$\ddot{x} + P(\sigma, x, \{x_i\}) = F(t),$$

Где \ddot{x} , x , P , $F(t)$, t – соответственно полученные с помощью аффинных преобразований, безразмерные ускорения и перемещения ТК, отсчитываемые от ненагруженного положения, реакция виброизолятора, возбуждающая нагрузка произвольного характера, время; $\{x_i\} \in [x_0, x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{i-1}, \dots, x_i]$ – множество абсцисс точек смены знака скорости, характеризующие предысторию

нагружения $\{x_i\}$ виброизолятора; $\sigma = \text{sign}\dot{x}$ – знак скорости нагружения \dot{x} .

Исследованы особенности решения дифференциального уравнения движения с учетом построенной модели. Полученный в результате расчет значения коэффициентов усиления на резонансе и резонансных частотах дают возможность сделать заключение о пригодности ротора к дальнейшей эксплуатации.

Предлагаемые способ и стенд испытаний ТК могут быть использованы на испытательных стендах машиностроительных и ремонтных заводах, исследовательских лабораторий НИИ и КБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство СССР № 974190, кл. G01M 15/00, 1982г.
 2. Авторское свидетельство СССР № 976130, кл. F04B 51/00, 1982г.
 3. Авторское свидетельство СССР № 1016723, кл. G01M 15/00, 1983г.
- Белоусов А.И., Балякин В.Д., Новиков Д.К. Теория и проектирование гидродинамических демпферов опор роторов. – Самара: изд-во Самарского научного центра РАН, 2002. – 335 с

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ПОДГОНКИ ПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

©2012 Ю.Н. Антонов

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск

Интегральные схемы (ИС), изготовленные по гибридной технологии, применяются во многих областях электронной техники, где предъявляются высокие требования к рабочим характеристикам электронных устройств: аэрокосмическая техника, военная аппаратура, схемы СВЧ, автомобилестроение, телекоммуникации.

Значения выходных параметров гибридных ИС зависят от точности параметров пассивных компонентов, особенно пленочных резисторов. Нестабильность технологического процесса не позволяет воспроизводить пленочные резисторы с расчетным сопротивлением, из-за чего уменьшается выход годных резисторов и плат

гибридных ИС. Лазерная подгонка, повышающая точность сопротивления до номинального значения, является одним из методов увеличения выхода годных пленочных резисторов, плат гибридных ИС, а также средством повышения уровня качества технологического процесса в соответствии с методологией 6 сигм,