

Литература

1. Шевченко, В. І. Енергетика України: який шлях обрати, щоб вижити? [Текст]/ В. І. Шевченко, Л. З. Півень// Київ.– Видавничий центр «Просвіта». - 1999. - 186 с.
2. Спицын, В. Е. Высокоэффективная газотурбинная установка для ГПА [Текст]/В. Е. Спицын, А. Л. Боцула, В. Н. Чобенко, Д. Н. Соломонок// Вестник Национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ ХПИ. – 2008. - № 35, - 8-11 с.
3. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя [Текст]/ Г. Шлихтинг// Издательство «Наука». - Москва.-1969.-742 с.
4. Жукаускас, А. Теплоотдача цилиндра в поперечном потоке жидкости/ А. Жукаускас, И. Жюгжда//Вильнюс: «Мокслас».- 1979. – 240 с.
5. Коваленко, Г. В. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление трубчатых поверхностей с цилиндрическими лунками при поперечном обтекании в однорядных пучках [Текст]/ Г. В. Коваленко// Промышленная теплотехника – 1998. –Т. 20, №3. - С. 65-70.
6. Kovalenko, G. V. Fluid Flow and Heat Transfer Features at a Cross-Flow of Dimpled Tubes in a Confined Space [Текст]/ G. V. Kovalenko, A. A. Khalatov// GT2002-38155 Proceeding of ASME Turbo Expo 2003 June 16-19 2003, 2003, Atlanta, Georgia, USA.
7. Халатов, А. А., Коваленко Г. В. Теплогидравлическая эффективность круговых цилиндров с выступами и углублениями при поперечном обтекании [Текст] / А. А. Халатов, Г. В. Коваленко// Промышленная теплотехника. - Т. 30 . № 1. - 2008. - 10 - 15 С.
8. Fage, A. The Effects of Turbulence and Surface Roughness on the Drag of Circular Cylinders [Текст]/ A. Fage, J. H. Warsap// ARC RM1283.- 1930.– 36- 47 P.
9. Bearman, P. W. Control of Circular Cylinder Flow by the Use of Dimples [Текст]/ P. W. Bearman, J. K. Harvey//AIAA JOURNAL. - Vol. 31, No. 10. - 1993.- 1753-1756 Pp. .
10. Халатов, А.А. Аналогия переноса теплоты и количества движения в каналах с поверхностными генераторами вихрей [Текст]/ А.А. Халатов, В.Н. Онищенко, И. И. Борисов//Киев: Доклады НАН Украины. – 2007. – № 6. – С. 70 – 75.
11. Анисин, А. А. Повышение энергетической эффективности пучков гладких труб и профилированных каналов для газожидкостных теплообменных аппаратов энергетических установок. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д. т. н. Санкт-Петербург. - 2009. – 42 с.
12. Юдин, В. Ф. Теплообмен поперечно-оребранных труб [Текст]/ В. Ф. Юдин//Ленинград: «Машиностроение». – 1982.– 189 с.

Представлено конструкцію редуктора для випробувань ГТД з різними частотами обертання без зміни передаточного відношення та зі зміною частоти обертання до обертань навантажувального пристрою. Оригінальність конструкції редуктору полягає в присутності механізмів переключення, які дозволяють змінювати напрямки потоків потужності відносно від типу випробувального ГТД

Ключові слова: редуктор, зубчасті колеса, механізм переключення, торсіонні вали

Представлена конструкция редуктора для испытаний ГТД с различными частотами вращения без изменения передаточного отношения и с изменением частоты вращения до оборотов загрузочного устройства. Оригинальность конструкции редуктора состоит в наличии механизмов переключения, позволяющих изменять направления потоков мощности в зависимости от типа испытываемого ГТД

Ключевые слова: редуктор, зубчатые колеса, механизм переключения, торсионные вали

УДК 621.833

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНДОВЫЙ РЕДУКТОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ 16-35 МВт

А. И. Мироненко
Начальник отдела редукторов*

Е. А. Гамза
Ведущий инженер-конструктор – руководитель группы*

Д. В. Матвеевский
Ведущий инженер-конструктор – руководитель группы*

С. А. Дзятко
Ведущий инженер-конструктор – руководитель группы

E-mail: spe@mashproekt.nikolaev.ua

*Государственное предприятие Научно-производственный комплекс газотурбостроения «Зоря»-«Машпроект» пр. Октябрьский, 42а, г. Николаев, Украина, 54018

1. Введение

Испытания энергетических ГТД и ГТД, используемых в качестве механического привода с различными частотами вращения проводятся на специальных стендах, где в качестве загрузочных устройств (ЗУ) используются гидротормоза или электрогенераторы. В случае совпадения частот вращения ГТД и ЗУ их соединение выполняется рессорой без использования редуктора. При этом, если запасы по критической частоте вращения являются недостаточными, то в трансмиссию ГТД-ЗУ необходимо дополнительно устанавливать промежуточную опору. Однако, если частоты вращения выходного вала ГТД и загрузочного устройства не совпадают, то в состав испытательного стенда дополнительно вводится редуктор. Испытания ГТД на таком стенде имеют следующие отрицательные моменты:

- наличие отдельных дорогостоящих элементов трансмиссии: промежуточной опоры и редуктора;
- необходимость в переукомплектации стенда (замены промежуточной опоры на редуктор и наоборот) при установке на испытания ГТД с различными частотами вращения выходных валов.

С целью создания стенда, позволяющего проводить испытания ГТД с различными частотами вращения выходных валов без переукомплектации его оборудования в ГП НПКГ «Зоря»-«Машпроект» спроектирован универсальный редуктор РГ035, который с помощью специальных механизмов переключения может выполнять функции редуктора или промежуточной опоры. Указанный редуктор в настоящее время планируется установить на стенд испытательной станции в ОАО «Газтурбосервис» (г.Тюмень, Россия) для испытаний ГТД типа ДГ90 и ДУ80 с $n=5000$ об/мин и ДН80 с $n=3000$ об/мин (а в перспективе ДУ32Л и ДА32Л). В качестве загрузочного устройства предусмотрен турбогенератор Т-32-2РВ3-ГВ (г. Лысьва, Россия).

2. Описание конструкции редуктора

Редуктор РГ035 предназначен для передачи крутящего момента от ГТД к загрузочному устройству. Редуктор позволяет изменять передаточное отношение для обеспечения испытаний ГТД с различной частотой вращения. Изменение передаточного отношения осуществляется при монтаже испытуемого ГТД на стенде с помощью механизмов переключения.

Конструкция редуктора и его основные параметры представлены на рис. 1 и табл. 1.

Редуктор переборного типа, соосный, двухступенчатый с раздвоением мощности. Редуктор состоит из корпуса, ходовой части, элементов системы смазки, электрической системы контроля параметров и защиты.

Корпус редуктора 10 (стальной, сварной) состоит из силового корпуса, крышки, поддона и крышек подшипников.

Ходовая часть состоит из шевронных азотированных зубчатых колёс, подшипников скольжения, торсионных валов, уплотнительных узлов и дисковых эластичных муфт входного и выходного валов.

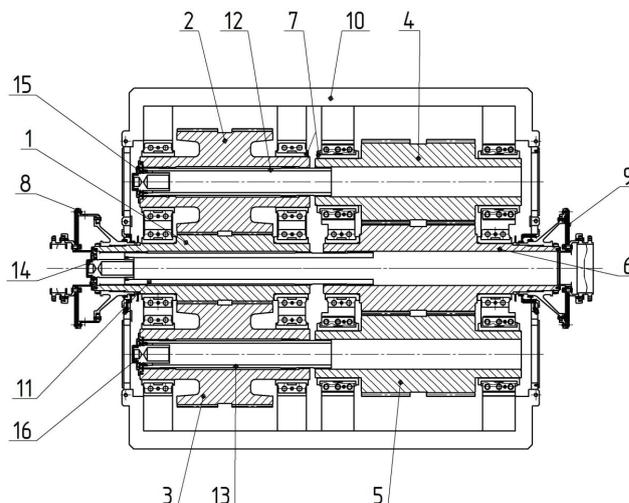


Рис. 1. Конструкция редуктора со снятой крышкой: 1, 2, 3, 4, 5, 6 — зубчатые колёса; 7 — подшипники скольжения; 8, 9 — эластичные дисковые муфты; 10 — корпус; 11, 12, 13 — торсионные валы; 14, 15, 16 — механизмы переключения

Таблица 1

| Наименование параметра | | Численное значение | Загрузочное устройство |
|---|--------------------|--------------------|------------------------|
| Передаваемая мощность, МВт | номинальная | 32 | |
| | максимальная | 35 | |
| Частота вращения входного вала при работе, об/мин | ДУ80Л, ДГ90, ДУ32Л | 5000 | |
| | ДН80Л, ДА32Л | 3000 | |
| Передаточное отношение при работе, u | ДУ80Л, ДГ90, ДУ32Л | 1,667 | |
| | ДН80, ДА32Л | 1 | |
| Ресурс до капитального ремонта, час | | 25 000 | |
| Ресурс до списания, час | | 50 000 | |
| Срок службы до списания, лет | | 30 | |
| Масса редуктора, т | | 14 | |
| Габариты редуктора, LxVxH, м | | 2,6x2x1,2 | |

На редукторе установлено валоповоротное устройство для проворачивания трансмиссии ГТД-редуктор-загрузочное устройство.

Для смазки и охлаждения зубчатых зацеплений и подшипников скольжения применяется масло Тп-22 ГОСТ 9972-74. Смазка редуктора циркуляционная под давлением от стендового электромаслоагрегата. Слив масла из редуктора свободный в маслобак.

Конструктивной особенностью представленного редуктора является наличие механизмов переключения 14, 15 и 16 (рис.1), с помощью которых выполняется изменение передаточного отношения редуктора

путём установки (сдвига) торсионных валов 11, 12 и 13 во внутренних полостях ведущих (1, 2, 3) и ведомых (4, 5, 6) зубчатых колёс.

На рис. 2 представлена конструкция узла механизма переключения.

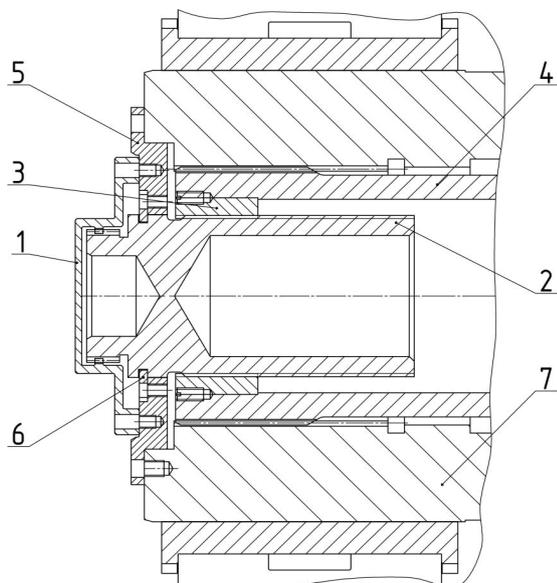


Рис. 2. Механизм переключения редуктора: 1 – фланец шлицевой; 2 – втулка шлицевая с многозаходной резьбой; 3 – обечайка с многозаходной резьбой; 4 – торсионный вал; 5 – фланец фиксирующий; 6 – упорное кольцо; 7 – цапфа зубчатого колеса

Для установки торсионного вала 4 в нужное положение (включение или отключение) специальным накидным ключом проворачивается шлицевой фланец 1. Далее вращение передаётся шлицевой втулке 2, которая в свою очередь при помощи многозаходной резьбы перемещает в осевом направлении обечайку 3 с торсионным валом 4. Для фиксации втулки 2 в осевом направлении предназначены фиксирующий фланец 5 и упорное кольцо 6.

Таким образом, при помощи механизма переключения выполняется соединение или разведение шлицевых концов торсионных валов 11, 12 и 13 соответственно со шлицами зубчатых колёс 4, 5 и 6 (Рис.1).

Оригинальность механизма переключения также заключается в том, что:

его конструкция является достаточно простой и абсолютно одинаковой для всех торсионных валов редуктора;

для выполнения операции включения (выключения) применяется единый унифицированный ключ;

обеспечен свободный доступ к зоне обслуживания механизма переключения;

применение многозаходной резьбы позволяет включать (выключать) механизм переключения «вручную» без применения специальных приспособлений и оснасток.

3. Работа редуктора

Ниже приведены возможные варианты работы редуктора РГ035 при испытаниях различных ГТД.

3.1. Испытания ДГ90, ДУ80Л и ДУ32Л

Редуктор уменьшает частоту вращения с $n_{ГТД} = 5000$ об/мин до $n_{Ген} = 3000$ об/мин ($u=1,667$). На этих испытаниях крутящий момент от входной муфты 8 передаётся через ведущее зубчатое колесо 1 двум ведомым зубчатым колёсам 2 и 3, от которых через торсионные валы 12 и 13 и зубчатые колёса 4 и 5 силовой поток передаётся ведомому зубчатому колесу 6 и далее выходной муфте 9. В этом варианте работы редуктора механизмы переключения 15 и 16 соединяют торсионные валы 12 и 13 с зубчатыми колёсами 4 и 5, а механизм переключения 14 разъединяет торсионный вал 10 с ведомым зубчатым колесом 6, т.е. торсионный вал 11 вращается в холостую.

3.2. Испытания ДН80Л и ДА32Л

На этих испытаниях редуктор не изменяет частоту вращения ГТД ($u=1$). Крутящий момент от входной муфты 8 через хвостовик ведущего зубчатого колеса 1 передаётся торсионному валу 11 и далее на хвостовик ведомого зубчатого колеса 6 и выходную муфту 9. При этом механизм переключения 14 соединяет торсионный вал 11 с зубчатым колесом 6, а механизмы переключения 15 и 16 разъединяют торсионные валы 12 и 13 с зубчатыми колёсами 4 и 5, т.е. торсионные валы 12 и 13 свободно вращаются.

4. Заключение

1. Спроектирован универсальный стендовый редуктор РГ035 с оригинальным методом изменения передаточного отношения для испытаний ГТД с различными частотами вращения выходных валов.

2. Предложенный способ изменения передаточного отношения позволяет редуктору РГ035 выполнять функции как редуктора, так и промежуточной опоры. Механизм переключения является простым по конструкции (а значит надёжным) и нетрудоёмким процессом (ориентировочное время перенастройки передаточного отношения редуктора составит ~ 30 мин, которое совмещается с монтажными работами на стенд очередного испытуемого ГТД).

3. Применение предлагаемого универсального редуктора даст определённый экономический эффект вследствие исключения:

- изготовления относительно трудоёмкой промежуточной опоры трансмиссии ГТД-ЗУ;
- потери времени на переукомплектацию оборудования испытательного стенда.

Литература

1. Решетов, Д.Н. Машины и стенды для испытания деталей [Текст] / Д.Н. Решетов. - М.: Машиностроение, 1979.