

(40)/Ag(300) (ФЯ-1, маркер звездочка) и ИТО (276)/CuPc(26.5)/C60(41)/Ag(300) (ФЯ-3, маркер кружок) (а, с), а также ИТО(276)/VOPc(24.5)/PTCBI(41.5)/Ag(300) (ФЯ -2, звездочка) и ИТО (276)/VOPc(24.6)/C60(42.2)/Ag(300) (ФЯ-4, кружок) (b, d). Видно, что максимальные значения токов и эффективностей могут быть достигнуты в ФЯ-3 на основе гетеропереход CuPc/C60.

1. Brabec C., Sariciftci N., Hummelen J. // Adv. Funct. Mater., 2001. – Vol.15, No 1. P.11.

2. Peumans P., Yakimov A., Forrest R. // J. of Appl. Phys., 2003. – Vol. 93, No7. P. 3693.
3. Pettersson L. A. A., Roman L. S., Ingnas O. // J. Appl. Phys., 1999. – Vol.86, № 1. P. 487.
4. Persson N.-K., Schubert M., Ingnas O. // Solar Energy Materials & Solar Cells, 2004. – Vol. 83, P. 169-186.
5. Stubinger T., Brutting W. // J. Appl. Phys., 2001. – Vol. 90, № 7. P. 3632-3640.
6. В. В. Филиппов, Л. М. Серебрякова // ЖПС, 2007. – Т.74, № 6. – С.795-200.

УДК 621.833

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ТУЛГУ НА ГЛАВНЫЙ РЕДУКТОРНЫЙ ПРИВОД ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ВЕРТОЛЕТА С ОДНИМ НЕСУЩИМ ВИНТОМ

Сидоров П.Г., Плясов А.В.

Тульский государственный университет
Тула, Российская федерация

Облик современного вертолета во многом определяется обликом его главного редуктора, который зависит от воспроизводимой передаточной функции от двигателя к движителю и от пространственного расположения параллельных горизонтальных осей вращения двух входных валов приводных двигателей между собой и скрещивающейся практически под прямым углом с ними вертикальной осью одного или двух коаксиально расположенных между собой выходных валов, несущих один или два встречно-вращающихся воздушных винта ВПВ. Именно эти обстоятельства определяют облик главного редуктора двухдвигательного вертолета типа Ми-6 или Ми-26 как трехступенчатого коническо-цилиндрическо-многопоточного и возлагают кинематические функции на каждую из трех его ступеней.

На первый план выдвигается воспроизводимое передаточное число и его разбивка по трем многопоточным зубчатым ступеням, а поэтому для минимизации габаритов многопоточность третьей ступени всегда должна многократно (в три и более раз) превышать многопоточность её первых двух ступеней.

В традиционных серийных редукторах, например, Р7 двухдвигательного одновинтового вертолета типа Ми-6, включающего две рядовые двухпоточные коническую и цилиндрическую ступени от каждого двигателя на входе и замкнутую суммирующую неделимую двухступенчатую многосателлитную планетарную ступень квазидифференциального типа по схеме $(AA)_{a_1, h_1}^{h_2}$ по классификации В.Н. Кудрявцева ([1], стр. 16, табл. 1.2, вариант 3) на выходе, смонтированную на двух водилах h_1 и h_2 , одно из которых h_2 жестко закреплено на корпусе

(опорное), а другое h_1 является наиболее нагруженным выходным звеном ступени квазидифференциала в целом, [3].

Шестисателлитное исполнение в замкнутом дифференциале третьей ступени и десятисателлитное исполнение в механизме отбора мощности в замкнутом контуре строго фиксируют реальную разбивку общего передаточного числа по трем ступеням в пропорции

$$u_{i\dot{a}u} = u_{12} : u_{23} : u_{a_1, h_1}^{h_2} = 2,39 : 4,48 : 6,36 = 69,2 (62,5) \cdot (1)$$

Этот результат (1) разбивки незамедлительно сказывается на габаритно-массовых параметрах как приводного двигателя, так редуктора, в том числе, и максимальной его многопоточности в выходной ступени, которая, несмотря на асинфазность движений в кинематических потоках, не превышает десяти.

Этого явно недостаточно даже для обеспечения равнопрочности зубчатых звеньев в трех ступенях редуктора типа Р7 или ВР-26, так как первые две ступени увеличивают входной крутящий момент в 10,7 раза, резко нагружая звенья входной ступени и редуктора в целом.

Напрашивается однозначный вывод, что в трехступенчатых главных редукторах Р7 или их аналогов ВР-26 и др. неудачно, выполнены выбор ($u_{i\dot{a}u} = 69,2$) и разбивка общего передаточного числа по его трём ступеням. Причина лежит в отсутствии на период их создания новых технических решений на выходную многопоточную трансмиссию с широкими возможностями по воспроизведению передаточных функций [1-4] ($62,5 \leq u_{i\dot{a}u} \leq 100$ и более).

Исходя из минимальных габаритно-массовых параметров вертолета в целом (и не только вертолета) оптимальным решением его трехсту-

пенчатого многопоточного редуктора могут считаться технические исполнения со следующей гибкой разбивкой общего передаточного числа по зубчатым ступеням

$$62,5 \leq u_{12} : u_{23} : u_{ab_2}^h = (2..2,5) : (2..3) : (10..35) \leq 100. \quad (2)$$

Это открывает возможности перевести приводы на скоростные двигатели с $n_{aa} = (12..15) \cdot 10^3 \text{ об/мин}^{-1}$ и минимизирует удельную энерговооруженность привода ($q_m = 0,002 \text{ кВт/л}^{-1}$).

Разумеется реализация в третьей неделимой многопоточной ступени передаточных чисел из диапазона $10 < u_{ab_2}^h \leq 35$ и более с одновременным увеличением при этом её многопоточности до двадцати потоков и более является сложной технической проблемой, неразрешимой в рамках традиционной методологии, решить которую стало возможным только после создания новой неделимой двухступенчатой планетарной передачи «3k-2g-h» [2] с входом и выходом либо на центральные зубчатые звенья a_1 и b_2 [3], [4], либо на водило h и центральное колесо b_2 [2] с дискретно варьируемым передаточным числом в одном неизменном габарите.

На рис. 1 приведена предлагаемая ТулГУ базовая кинематическая схема трехступенчатого многопоточного двухдвигательного привода (двигатели не показаны) одновинтового легкого или тяжелого вертолета с двадцатью и более потоками в выходной их ступени [2] и с разбивкой передаточного числа по формуле (2).

Такая разбивка разгружает звенья силовой трансмиссии и переносит центр нагружения на выходное колесо с внутренними зубьями. При этом многопарность контактных пар в зацеплениях « $g_{2i} - b_2$ » улучшает динамику привода в целом, увеличивая ресурс и надежность его работы.

Главными отличительными признаками нового технического решения являются разбивка общего передаточного числа по трем ступеням и его выходная третья неделимая квазидифференциальная ступень [3].

В работе приводится сравнительная оценка серийных образцов с предлагаемыми модернизированными вариантами исполнения главного привода.

Удельная масса модернизированного привода снижена до 0,002 кг массы на 1 Нм воспроизводимого момента и не имеет аналогов в мировом машиностроении. При этом габариты уменьшены на 20-25 %.

Благодаря: статической определенности; одновинтовой конструкции сателлитов; размещению

их на общих осях единого трехщекового водила; равным оптимальным углам зацепления во всех рабочих зацеплениях; простой цилиндрической формы и технологии изготовления всех зубчатых звеньев; возможности дискретного изменения уравнений кинематических связей в одном неизменном габарите и асинфазности движения звеньев в силовых потоках, – многопоточная трансмиссия «3k-2g-h» [2] наилучшим образом удовлетворяет всем современным требованиям к силовым трансмиссиям винтовых движителей, в том числе и вертолетного уровня [3].

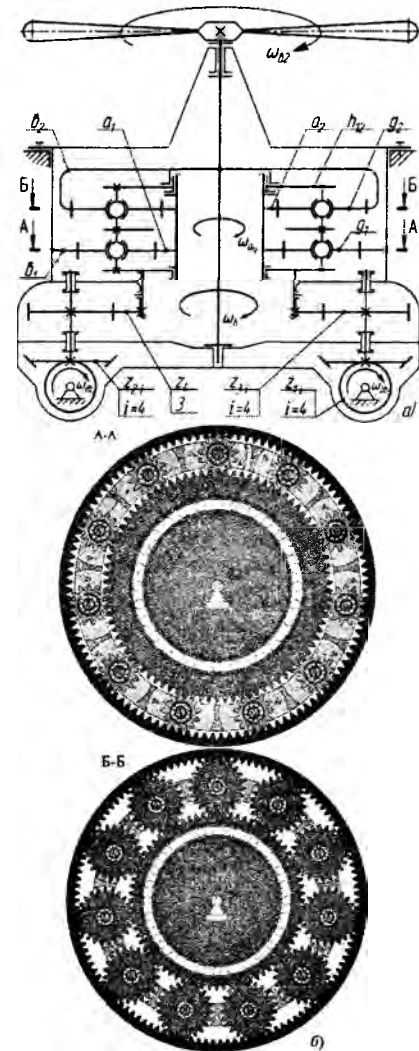


Рисунок 1 – Рекомендуемый ТулГУ главный привод вертолета нового уровня: а) кинематическая схема, б) визуализация зубчатых зацеплений

1. Планетарные передачи: Справочник / В.Н. Кудрявцев и др. М. – : Машиностроение, 1977. 536 с.
2. Пат. 2402707 РФ, МПК⁷ F16H 1/28. Двухступенчатая планетарная передача Опубл. 27.10.2010. Бюл. № 30.
3. Сидоров П.Г. и др. Многопоточные зубчатые

передачи : теория и методология проектирования / Под общей ред. П.Г. Сидорова. М. : Машиностроение. 2011. 340 с.
4. Пат. 2457385 РФ, МПК⁷ F16K 31/04, F16H

37/08. Универсальный высокомоментный многооборотный электропривод запорной арматуры трубопроводного транспорта. Опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21.

УДК 538.958

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИТАЛЛОВ, С НАНОКРИСТАЛЛАМИ $(Yb)_2(Ti,Zr)_2O_7$ ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ АКТИВНЫХ СРЕД

Скопцов Н.А.¹, Маляревич А.М.¹, Дымшиц О.С.², Юмашев К.В.¹

¹ НИЦ Оптических материалов и технологий БНТУ, Минск, Республика Беларусь,

² НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

В настоящее время ведутся активные поиски новых активных сред для твердотельных лазеров с длиной волны излучения 1 мкм. Значительный интерес вызывают материалы, активированные трехвалентными ионами иттербия (Yb^{3+}). Преимущества таких сред: малый квантовый дефект, высокие поперечные сечения поглощения и вынужденного излучения позволяет создавать эффективные и компактные лазерные системы.

Недавно в качестве активных сред были предложены ситаллы с различными ионами-активаторами. В результате термообработки в ситалле формируются нанокристаллы, состав и структура которых зависит от состава исходного стекла и режима термообработки. Полученный материал сочетает в себе достоинства стекол (технологичность, химическая и механическая стойкость, низкая стоимость) и кристаллов (высокие теплопроводность, допустимая концентрация активных ионов, высокие поперечные сечения поглощения и стимулированного испускания) [1].

В настоящей работе представлены результаты исследования спектроскопических свойств стекол и ситаллов, содержащих нанокристаллы $(Yb)_2(Ti,Zr)_2O_7$. Ситалл был получена в результате термообработки при температуре 900°C исходного стекла системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ активированного 3 или 4 мол.% оксида иттербия Yb_2O_3 . Ниже образцы стекол обозначены G3 и G4 в соответствии с количеством Yb_2O_3 в них. Аналогично образцы ситаллов обозначены GC3 и GC4.

Регистрация спектров поглощения образцов осуществлялась на спектрофотометре Cary Varian 5000. Спектры люминесценции измерены методом синхронного детектирования в спектральном диапазоне 850-1200 нм. Люминесценция в образцах возбуждалась излучением полупроводникового лазера с длиной волны 962 нм.

Для измерения кинетики затухания люминесценции возбуждение образцов осуществлялось лазерным излучением с длиной волны 976 нм и длительностью импульса 25 нс.

Регистрация осуществлялась фотодетектором Hamamatsu G 5851-11. Зависимость интенсивности сигнала от времени регистрировалась цифровым осциллографом Textronix TDS-3000B. Регистрация сигнала люминесценции проводилась на длине волны 1030 нм.

Спектры поглощения исследуемых материалов представлены на рисунке 1. Поглощение в области 850-1050 нм соответствует переходу ${}^2F_{7/2} \rightarrow {}^2F_{5/2}$ иона Yb^{3+} . Максимальное поглощение наблюдается на длине волны 976 нм.

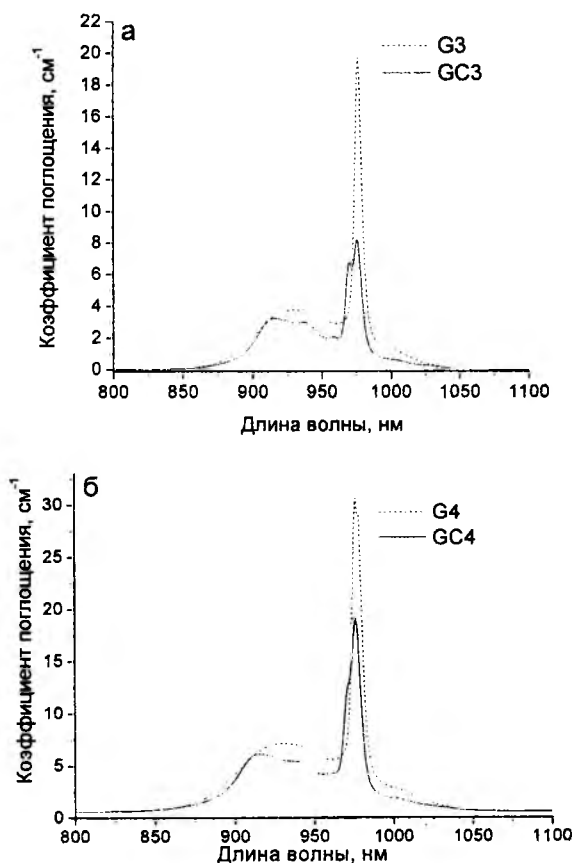


Рисунок 1 – Спектры поглощения ионов Yb^{3+} в изучаемых материалах