

=====

**Инновациялық технология және авиациялық техника**  
**Инновационные технологии и авиационная техника**  
**Innovative technology and aviation technics**

=====

DOI 10.53364/24138614\_2021\_22\_3\_8

УДК 621.382:681

<sup>1</sup>Болегенова С. А., <sup>2</sup>Исатаев М. С., <sup>3</sup>Туякбаев А. А., <sup>4</sup>Кенбай А. А., <sup>5</sup>Нурулин Р.И.  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, РК.

<sup>1</sup>E-mail: [Saltanat.Bolegenova@kaznu.edu.kz](mailto:Saltanat.Bolegenova@kaznu.edu.kz)\*

<sup>2</sup>E-mail: [Muhtar.Isataev@kaznu.kz](mailto:Muhtar.Isataev@kaznu.kz)

<sup>3</sup>E-mail: [altai\\_aga@mail.ru](mailto:altai_aga@mail.ru)

<sup>4</sup>E-mail: [Kenbay.Alisher@kaznu.kz](mailto:Kenbay.Alisher@kaznu.kz)

<sup>5</sup>E-mail: [rasim.nurulin.99@inbox.ru](mailto:rasim.nurulin.99@inbox.ru)

**ЦВЕТОДАТЧИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ПОТЕРИ  
СООСНОСТИ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА**

**ТІКҮШАҚТЫҢ КӨТЕРГІШ БҰРАМЫНЫҢ СӘЙКЕС КЕЛУ СӘТІН  
АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ТҮРЛІ-ТҮСТІ ДАТЧИКТЕР**

**COLOR SENSORS FOR DETERMINING THE MOMENT OF LOSS OF  
ALIGNMENT OF THE MAIN ROTOR OF THE HELICOPTER**

**Аннотация.** В работе приведены конструктивные особенности несущих винтов вертолетов, разновидности цветодатчиков, в том числе выполненные на основе пленок гидрогенизированного аморфного кремния со спектральной чувствительностью человеческого глаза, структурная схема устройства, осуществляющего контроль за качеством масла вертолетных двигателей и по помутнению, которого определяющего потерю соосности несущего винта вертолета с валом двигателя.

**Ключевые слова:** вертолет, несущий винт, цветодатчик, подшипники, масло в вертолетном двигателе, эталонное масло, оптоволокно, светодиод, воздушное судно, температура.

**Аңдатпа.** Жұмыста тікұшақтардың көтергіш бұрамдарының конструктивтік ерекшеліктері, түс таратқыштардың түрлері, оның ішінде адам көзінің спектрлік сезімталдығымен гидрогенизирленген аморфты кремний қабыршақтары негізінде орындалған, тікұшақ қозғалтқыштары майының сапасын бақылауды жүзеге асыратын және қозғалтқыш білігі бар тікұшақтың алып жүруші бұрамының сәйкес келмейтіндігін анықтайтын бұлдырлау бойынша құрылғының құрылымдық схемасы келтірілген.

**Түйін сөздер:** тікұшақ, көтергіш бұранда, түс датчигі, мойынтіректер, тікұшақ қозғалтқышындағы май, эталондық май, оптикалық талшық, жарық диоды, әуе кемесі, температура.

**Abstract.** The paper presents the design features of helicopter rotors, varieties of color sensors, including those made on the basis of hydrogenated amorphous silicon films with spectral sensitivity of the human eye, a block diagram of a device that monitors the quality of helicopter

engine oil and turbidity, which determines the loss of alignment of the helicopter rotor with the engine shaft.

**Keywords:** helicopter, main rotor, color sensor, bearings, oil in helicopter engine, reference oil, fiber optic, LED, aircraft, temperature.

### Введение

Потеря соосности главного винта вертолета на данный момент является одной из важнейших проблем, с которыми сталкиваются пилоты вертолетов – ведь от этого зависит их жизнь и жизни пассажиров. В настоящее время, чтобы не произошла авария, техник кроме того, что он следит за уровнем масла в картере двигателя он еще следит и за качеством масла в вертолетном двигателе путем сливания небольшого количества из маслобака в пробирочку и визуально сравнивает его по цвету с эталонным маслом, находящимся в укрепленном состоянии в кабине, в стеклянном сосуде и делает в журнале запись через каждые 100 часов налета. Это не очень удобно, так как быстрое помутнение масла в двигателе вертолета может произойти и в период между двумя проверками цвета масла в двигателе. Следует отметить, что помутнение масла является признаком потери соосности несущего винта с валом двигателя, так как считается, что при этом происходит увеличение сил трения в подшипниках, от чего и происходит помутнение масла.

Для передачи мощности двигателя в достаточной мере крупного вертолета на несущий винт используется главный редуктор. Промежуточным устройством между редуктором и валом двигателя является муфта свободного хода. При этом крутящий момент передается на муфту свободного хода (мсх) и через нее к главному редуктору через скользящие муфты, которые позволяют автоматически отключать редуктор от вала двигателя вертолета при его остановке из-за чего у вертолета имеется возможность осуществлять посадку при отказах двигателя, на авторотации. Соосность вала двигателя с осью вращающегося несущего винта во многом зависит от соосности вала с его скользящей муфтой, что в процессе эксплуатации уходит от идеальных допусков, из-за чего создающиеся биения в конечном итоге приводят к потемнению масла в картере редуктора.

Следует отметить, что поскольку при потере соосности винта вертолета происходит быстрое потемнение масла, находящегося в картере, в котором вращаются роликоподшипники, связанные с несущим винтом и, которое техник определяет визуально при проведении регламентных работ через определенное количество часов, видимо необходимо найти такой датчик, спектральная чувствительность которого совпадает с чувствительностью человеческого глаза. Такими датчиками являются, появившиеся в последние 20-30 лет цветодатчики, на основании использования которых сотрудниками кафедры Теплофизики и технической физики КазНУ им. АльФараби были получены целый ряд патентов и предпатентов на различные измерительные приборы [1,4], в том числе и на «Способ контроля за качеством масла вертолетных двигателей и устройство для его осуществления». В этом способе для определения качества масла в вертолетном двигателе в качестве датчика используется цветодатчик, представляющий собой полупроводниковый прибор, который изготовлен на основе пленки гидрогенизированного аморфного кремния, который позволяет придать прибору свойства, обеспечивающие ему возможность воспринимать световые излучения с длиной волны видимого диапазона (0,4 – 0,8мкм), т.е. от фиолетового до красного цвета [2,3].

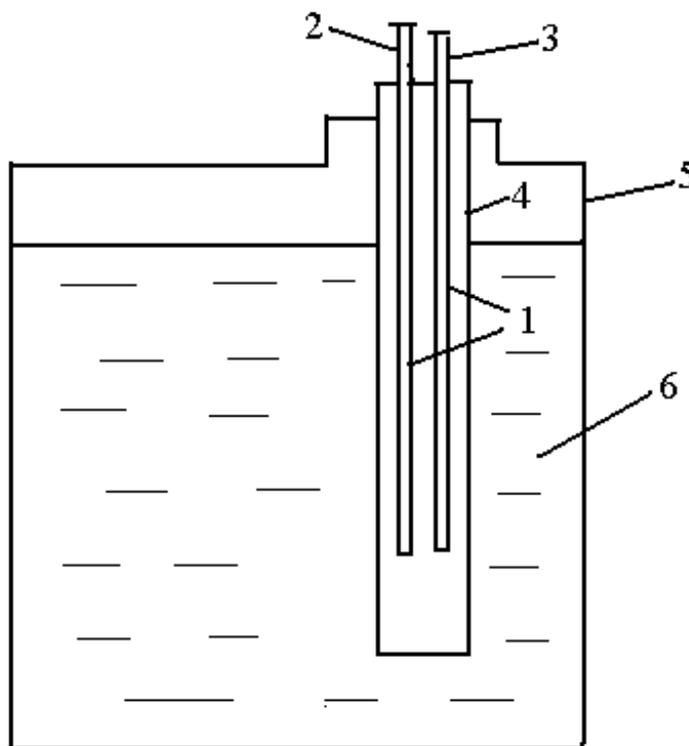
### Основная часть

Надёжное распознавание цветов в высокодинамичных системах позволяет решать много задач. При необходимости различения тончайших оттенков цветов можно использовать оптоэлектронику компании Balluff, т.е. датчик истинного цвета (True-Color), который различает малейшие отклонения цвета, что открывает новые возможности в области контроля качества. Датчики SICK позволяют измерять цветность как непрозрачных объектов (посредством отраженного излучения), так и прозрачных материалов (посредством проходящего света). При помощи универсальных датчиков цвета в настоящее время осуществляют автоматизацию процессов при распознавании оттенков цвета в компьютерной графике — это метод представления и хранения изображения, позволяющий отобразить большое количество цветов, полутонов и оттенков. Обычно при кодировании пикселя на каждый из каналов (красный, зелёный, синий каналы) отводится по одному байту; четвёртый байт обычно отводится для хранения данных альфа-канала. Такое выравнивание до четырёх байт оптимально подходит для 32-битной архитектуры компьютера. 32-битный TrueColor может хранить альфа-канал, с помощью которого устанавливается степень прозрачности пикселей для отображения полупрозрачных изображений.

RGB-датчик цвета Avago состоит из фотодиодной матрицы, красного, зеленого и синего фильтров и трех усилителей с токовым входом, объединенных в одной монолитной КМОП-микросхеме. RGB-фильтры разлагают падающий свет на красную, зеленую и синюю составляющие. Фотодиод соответствующего канала цвета превращает их в фототок. Затем три усилителя с токовым входом — по одному для каждой R-, G- и B-составляющей — преобразуют фототок в напряжение. Вместе три аналоговых выхода несут информацию о цвете и силе света. Выходное напряжение на каждом из каналов (R, G, B) линейно увеличивается с ростом силы света. В настоящее время датчик цвета имеет RGB-фильтры, фотодиодную матрицу, АЦП и цифровое ядро для связи с микроконтроллером и регулировки чувствительности. Встроенные RGB-фильтры изготавливаются на основе матрицы фотодиодов с равномерным распределением элементов. Однородное распределение RGB-фильтров и фотодиодных матриц уменьшает влияние градиента освещенности, связанное с ошибками оптических измерений и неровностями используемых поверхностей. Датчик работает от источника питания с напряжением 2,6 В, обеспечивая низкое энергопотребление.

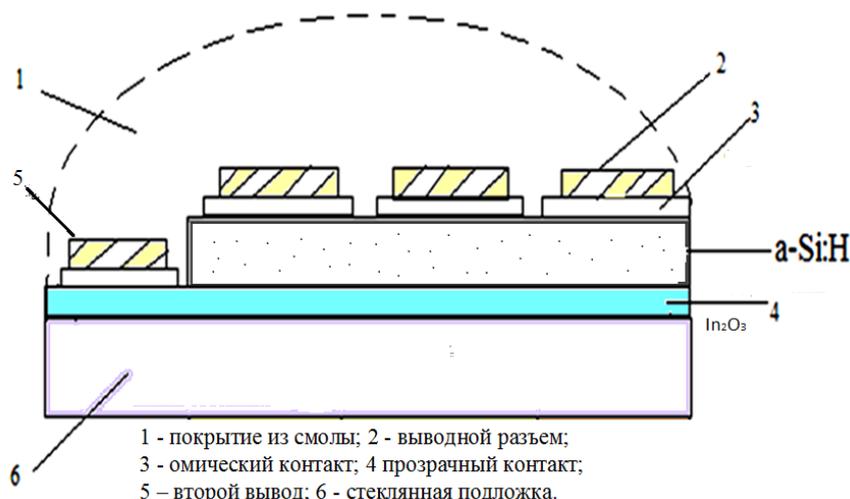
Последние, примерно, 20 – 30 лет все чаще появляются публикации и изобретения по способам изготовления цветодатчиков – полупроводниковых приборов, максимальная чувствительность которых находится в видимой человеческому глазу области. Эти цветодатчики можно использовать в таких случаях, когда оператору необходимо визуально по изменению цвета определять или измерять те или иные параметры. Например, на вертолетах качество масла в картере двигателя, в котором находятся роликподшипники главного винта, определяют через каждые 100 часов налета. При этом техник визуально сравнивает масло, находящееся в картере двигателя по цвету с эталонным маслом, хранящимся в кабине вертолета. Дело в том, что при нарушении соосности несущего винта вертолета с валом двигателя происходит помутнение масла, что является сигналом к тому, чтобы вертолет поставить на капитальный ремонт. В принципе это очень важный параметр. Для непрерывного определения качества масла в вертолетных двигателях, был предложен «Способ контроля за качеством масла вертолетных двигателей и устройство для его осуществления» [1], в котором определение прозрачности масла производится с помощью

цветодатчика, располагаемого вне двигателя, но получающего информацию о цвете масла через оптоволокна, установленные внутри бака двигателя, в котором находятся подшипники. При этом одно оптоволокно соединено со светодиодом, а другое – с цветодатчиком. На рисунке 1 приведена примерная конструкция устройства для контроля за качеством масла вертолетных двигателей. В принципе оптоволокна можно приклеить к стенкам маслобака: - это не будет, практически, занимать его объема. Следует отметить, что цветодатчики [2,3] в видимой части спектра имеют более высокую чувствительность, чем человеческий глаз.



**Рис. 1.** Примерная конструкция устройства для контроля за качеством масла вертолетных двигателей: 1 – оптоволокна; 2 – оптоволокно, идущее от светодиода; 3 – оптоволокно, подключенное к цветодатчику; 4 – плоский щуп с укрепленными оптоволоконными; 5 – маслобак с маслом 6.

Конструкция такого цветодатчика приведена на рисунке 2. Основой такого цветодатчика является пленка гидрогенизированного аморфного кремния. Применение оптических волокон позволяет снизить пожароопасность на борту вертолета. Точно такое же устройство можно использовать для непрерывного контроля за прозрачностью масла и в авиационных двигателях воздушных судов [4], в которых также важно наблюдать за износом подшипников. Нужно отметить, что на воздушных судах последнее осуществляется техником также, как на вертолетах, визуально через определенное количество часов налета. На самолетах еще устанавливают электрический датчик, который срабатывает, когда в небольшое пространство между его магнитными контактами попадает стружка от износившихся подшипников: это является, как правило, сигналом к тому чтобы поставить воздушное судно на капитальный ремонт.



**Рис.2.** Конструкция цветодатчика на основе пленки гидрогенизированного аморфного кремния.

Следует отметить, что, видимо, наблюдение за качеством масла в вертолетных двигателях более важно, так как его помутнение связано с изменением соосности главного винта, от правильной работы которого зависит безопасность полетов.

### Выводы

1. Перспективными для изготовления цветодатчиков являются пленки гидрогенизированного аморфного кремния, позволяющие получать их со спектральной чувствительностью человеческого глаза.

2. Цветодатчики можно использовать для осуществления непрерывного контроля за качеством масла в вертолетных двигателях, что позволяет определять момент резкого изменения соосности вертолетного винта с валом двигателя.

3. Цветодатчики можно еще использовать для измерения уровня жидкостей, или границы раздела между двумя жидкостями или для бесконтактного измерения температуры нагреваемого тела.

### Список литературы

1. Патент № 15341 РК Способ контроля за качеством масла вертолетных двигателей и устройство для его осуществления /Туякбаев А.А., Алдамжаров К.Б., Артемьев В.Л., Туякбаев С.А., опубл. 17.01.2005 г., бюл. №1.

2. Бекк В.Г. и др. Новый тип полупроводникового цветодатчика. Вестник КазГУ. Физика, 1994 г.

3. Хамакава Й. Аморфные полупроводники и приборы на их основе. Перевод с англ. под ред. д.т.н. С.С. Горелика. М.: Изд-во «Металлургия», 1986г. с.188.

4. Патент №17279 РК Способ контроля за износом подшипников в авиационных двигателях и устройство для его осуществления /Туякбаев А.А., Алдамжаров К.Б., Туякбаев Д.А РК, опубл. 14.04.2006, бюл. №4.

### References

1. Patent № 15341 RK Sposob kontrolä za kachestvom masla vertoletnyh dvigatelei i ustroystvo dlä ego osuřestvlenia /Tuiakbaev A.A., Aldamjarov K.B., Artemev V.L., Tuiakbaev S.A., opubl. 17.01.2005 g., büл. №1.

2. Bekk V.G. i dr. Novyi tip poluprovodnikovogo svetodachika. Vestnik KazGU. Fizika, 1994 g.

3. Намаква І. Amorfnye poluprovodniki i pribory na ih osnove. Perevod s angl. pod red. d.t.n. S.S. Gorelika. M.: İzd-vo «Metallurgia», 1986g. s.188.

4. Patent №17279 RK Sposob kontrolä za iznosom podšipnikov v aviasionnyh dvigateläh i ustroistvo dlä ego osușestvlenia /Tuiakbaev A.A., Aldamjarov K.B., Tuiakbaev D.A RK, opubl. 14.04.2006, bül. №4.