



Очки ночного видения и особенности их применения

А. В. Медведев¹, А. В. Гринкевич², С. Н. Князева³

¹ ОАО «РОМЗ», Ярославская обл., г. Ростов

² ЗАО «ЭВС», г. Москва

³ ОКБ ОАО «РОМЗ», Ярославская обл., г. Ростов

В статье рассмотрен особый класс оптоэлектронных приборов – очки ночного видения, позволяющие не только улучшить видимость в различных условиях наблюдения и освобождающие руки наблюдателя для выполнения различных операций, сопутствующих наблюдению. Приведены варианты двухканальных очков ночного видения с каналами IR+TV и TV+SWIR диапазонов, рассмотрены преимущества их применения.

Ключевые слова: очки ночного видения, SWIR диапазон, внутрикабинное оборудование, низкопрофильные очки, тепло-телевизионные очки

Развитие оптоэлектронных приборов (ОЭП) наблюдения и прицеливания является естественным процессом эволюции в области приборостроения. По мере развития технологий конструкции ОЭП совершенствовались, и сегодня они вполне обеспечивают всеуточность и всепогодность наблюдения. Среди многообразия ОЭП можно выделить особый класс приборов – оптоэлектронные очки, позволяющие не только улучшить видимость, но и освобождающие руки наблюдателя для выполнения различных операций, сопутствующих наблюдению.

Одними из первых представителей класса оптоэлектронных очков явились очки ночного видения (ОНВ) и первые рабочие варианты ОНВ аккумулировали в себе наиболее передовые решения своего времени. Один из образцов ОНВ, изготовление которого датировано сороковыми годами прошлого века, приведен на рис. 1.

Характерной особенностью ОНВ этого периода является наличие внушительного инфракрас-

Night Vision Goggles and Features of Their Use

A. V. Medvedev¹, A. V. Grinkevich², S. N. Knyazeva³

¹ ROMZ JSC, Yaroslavl region, Rostov

² EVS CJSC, Moscow

³ ROMZ EDB JSC, Yaroslavl region, Rostov

The article reviews a specific class of optical-electronic devices, which are the night vision goggles. They are not only improving the visibility in various difficult observation conditions but also freeing up the hands of the observer thus enabling various operations during the observation. There are two options of two-channel night vision goggles reviewed in the article featuring IR+TV and TV+SWIR channels, respectively, in terms of the benefits of their operation in the dark.

Keywords: night vision goggles, SWIR range, cabin equipment, low-profile goggles, IR+TV goggles

The development of optoelectronic devices (OED) for observation and aiming is a natural process of evolution in the field of instrumentation. With the development of technologies, OED designs have been improved and today they fully provide all-day and all-weather observation. Among the variety of OEDs, a special class of devices can be distinguished – optoelectronic glasses, which allow not only to improve visibility, but also free the observer's hands to perform various operations accompanying the observation.

One of the first representatives of the class of optoelectronic glasses were night vision goggles (NVG) and the first working versions of NVG accumulated the most advanced solutions of their time. One of the ONV samples, the manufacture of which is dated by the forties of the last century, is shown in Fig. 1.

A characteristic feature of the NVG of this period is the presence of an impressive infrared (IR) searchlight, usually placed on the chest, as well as a metal shoulder "backpack" with batteries and high-voltage voltage converters, the main task of which was to convert the low-voltage input voltage into voltage of tens of kilovolts for power supply of electro-optical converters.

Over time, already in the 60s, the desire to reduce dimensions led to a miniaturization of the IR illumina-



Рис. 1. Первые из первых
Fig. 1. The very first ones



Рис. 2. Развитие конструкции ОНВ – миниатюризация прожектора
Fig. 2. NVG design development – Searchlight miniaturization

ного (ИК) прожектора, как правило размещаемого на груди, а также металлического заплечного рюкзака с аккумуляторами и высоковольтными преобразователями напряжения, основная задача которых заключалась в преобразовании низковольтного входного напряжения в напряжение десятков киловольт для питания электронно-оптических преобразователей.

С течением времени, уже в 60-е годы, стремление к уменьшению габаритов привело к миниатюризации ИК-прожектора, и уменьшение его размеров и веса позволило переместить прожектор с груди на голову наблюдателя и закрепить его на общем с очками кронштейне, что, несомненно, повысило удобство их применения (рис. 2).

В конструкции кронштейна была предусмотрена возможность оперативного откидывания ночных очков вверх, что позволяло вести обычное наблюдение без утомительного и времязатратного демонтажа прибора. Однако еще достаточно долго оставался неизменным закрепленный на спине аккумуляторный ящик с электронными блоками.

Но прогресс не стоял на месте, и появление малогабаритных электронных компонентов позволило перенести на заднюю часть головного крепления очков практически все электронные блоки, которые превратились в небольшой блок, уравновешивающий собственно ночные очки, естественно располагающиеся перед глазами.

Этим обстоятельством объясняется достаточно высокая популярность целого ряда ОНВ, разработанных в тот период и до сих пор активно приме-

tor and a decrease in its size and weight made it possible to move the illuminator from the chest to the observer's head and fix it on a bracket common with the glasses, which undoubtedly increased the convenience of their use (Fig. 2).

The design of the bracket provided for the ability to "fold" the night goggles up quickly, which made it possible to conduct routine observation without tedious and time-consuming dismantling of the device. However, the battery box with electronic units fixed on the back remained unchanged for quite a long time.

But progress did not stand still and the appearance of small-sized electronic components made it possible to transfer almost all electronic components to the back of the head mount of the glasses, which turned into a small block that balances the actual night glasses, which are naturally located in front of the eyes.

This circumstance explains the rather high popularity of a number of NVG, developed at that time and are still actively used to perform special tasks. As an example, we can present the product ПНВ-57Е (Fig. 3).

The photo shows that for all its advantages, the product is certainly far from perfect, since the low-voltage battery when using it "serves" the on-board network of the vehicle, and the standard headlights of the car are used as an IR searchlight, which are covered with IR filters.

A significant increase in the gain of new image intensifier tubes, as well as the emergence of new types of ultra-bright LEDs for the IR region, contributed to the transformation of a powerful IR illuminator into a miniature illuminator, the transparent plastic case of



Рис. 3. ПНВ-57Е на шлемофоне

Fig. 3. NVD-57E mounted on communication helmet

нящихся для выполнения специальных задач. В качестве примера можно представить изделие ПНВ-57Е (рис. 3).

На фото видно, что при всех своих плюсах изделие, безусловно, далеко от совершенства, так как низковольтным аккумулятором при его использовании служит бортовая сеть транспортного средства, а в качестве ИК прожектора используются штатные фары машины, которые закрываются ИК фильтрами.

Значительное увеличение коэффициента усиления новых ЭОП, а также появление новых типов сверхярких светодиодов для ИК области способствовало превращению мощного ИК прожектора в миниатюрный осветитель, прозрачный пластиковый корпус которого одновременно представлял собой оптическую систему, а разработка в конце прошлого столетия миниатюрных электронных компонентов (высоковольтных диодов и конденсаторов, малогабаритных трансформаторов и др.) позволила расположить высоковольтный блок непосредственно в корпусе электронно-оптического преобразователя, оснащенного эффективным устройством в виде микроканальной пластины (МКП). Результатом стало коренное изменение компоновочного решения ОНВ, все составные части которых, а также и принадлежности, обеспечивающие функционирование, разместились в едином корпусе (рис. 4).

Однако общим недостатком такой конструкции является значительный продольный габаритный размер, который ограничивает широту их применения. Значительный дискомфорт добавляет и большой опрокидывающий момент, который

which was simultaneously an optical system, and the development at the end of the last century of miniature electronic components (high-voltage diodes and capacitors, small-sized transformers, etc.) made it possible to locate the high-voltage unit directly in the body of the image-converter, equipped with an effective device in the form of a microchannel plate (MCP). The result was a radical measurement of the layout solution of the NVG, all the components of which, as well as the accessories that ensure the operation, were placed in a single building (Fig. 4).

However, a common disadvantage of this design is a significant longitudinal overall dimension, which limits the breadth of their application. A significant overturning moment also adds significant discomfort, which puts a strain on the operator's neck and facial muscles, causing him to fatigue.

Further efforts of the designers aimed at improving night glasses based on electron-optical converters went in the direction of rearranging the internal elements with a change in the optical scheme.

An example of such an approach are night goggles of the adjacent profile ИПН105, often demonstrated at exhibitions in recent years (Fig. 5).

In glasses, the "forward" extension is significantly reduced, but the high overall size did not disappear, it simply changed direction - the vertical size increased and the impression of a snug fit to the observer's forehead was created.

Among the variety of NVG options, a special place is occupied by goggles for aircraft pilots, designed for



Рис. 4. ОНВ второго поколения

Fig. 4. 2nd Gen NVG

создает нагрузку на шейные и лицевые мышцы оператора, вызывая его утомление.

Дальнейшие усилия конструкторов, направленные на совершенствование ночных очков на электронно-оптических преобразователях, шли в направлении перекомпоновки внутренних элементов с изменением оптической схемы.

Примером такого подхода являются ночные очки прилегающего профиля 1ПН105, часто демонстрируемые на выставках последних лет (рис. 5).

В очках значительно уменьшен вынос «вперед», но высокий габаритный размер не исчез, он просто изменил направление – вырос вертикальный габарит, и создается впечатление плотного прилегания ко лбу наблюдателя.

Среди многообразия вариантов ОНВ особое место занимают очки для пилотов летательных аппаратов, предназначенные для наблюдения за кабиной летательного аппарата в сумерках и ночью в условиях естественной ночной освещенности (ЕНО) на местности от 10^{-4} до 1,0 лк, а в ряде случаев – при пониженной прозрачности атмосферы, характеризующейся дымкой, туманом, дождем и др.

Типичным представителем ОНВ для пилотов является прибор «ГЕО-ОНВ1-01», построенный на ЭОП поколений II+ и III (рис. 6).

При использовании ОНВ на основе ЭОП следует учитывать то, что все внутреннее и наружное освещение, в том числе сигнализация и подсветка внутрикабинных приборов, засвечивает фотокатоды электронно-оптических преобразователей. В результате исследований была проработана возможность использования цветных пленочных светофильтров для сужения рабочих спектральных диапазонов внутрикабинных излучателей, чтобы уменьшить их влияние на фотокатоды ОНВ [1]. Однако это привело к ограничению спектральной характеристики фотокатода ЭОП.

Более эффективным методом могло бы являться другое конструктивное решение, основанное на методе импульсной адаптации. Здесь внутреннее и внешнее светотехническое оборудование подключается к внутрикабинному светотехническому оборудованию и к ОНВ через блок синхронизации, который обеспечивает работу в импульсном режиме и во временной противофазе ОНВ со светотехническим оборудованием, что позволяет исключить паразитные засветки ОНВ в темное время суток [2].

Все варианты адаптации требуют конструктивного усложнения внутрикабинного электрооборудования, что приводит к необходимости создания специализированного варианта летательного аппа-



Рис. 5. Изделие 1ПН105

Fig. 5. Product 1PN105

observing the space behind the cockpit of an aircraft at dusk and at night in conditions of natural night illumination (NNI) on terrain from 10^{-4} to 1.0 lux, and in some cases – with reduced transparency of the atmosphere, characterized by haze, fog, rain, etc.

A typical representative of NVG for pilots is the device “GEO-ONVI-01”, built on image intensifier tubes of generations II+ and III (Fig. 6).

When using NVG based on image intensifier tubes, it should be borne in mind that all indoor and outdoor lighting, including alarms and illumination of



Рис. 6.

Изделие

GEO-ОНВ1-01

Fig. 6. Product

GEO-ONVI-01

рата, адаптированного к ночным полетам, а это снижает его надежность в целом, не обеспечивая в полной мере комфортную работу пилота.

Однако решение этой проблемы существует.

Исключение сложных, трудоемких и дорогих методов адаптации летательного аппарата становится возможным, если пилот будет обеспечен ОЭП, использующим спектральный диапазон, отличный от спектрального диапазона излучения внутрикабинного оборудования.

Такой прибор целесообразно решать в виде наблюдательного прибора с несколькими рабочими каналами.

Наиболее часто встречающимся сочетанием является комбинация тепловизионного и телевизионного наблюдательных каналов. Эти каналы, являясь по многим параметрам взаимодополняющими, при объединении в согласованную наблюдательную систему позволяют повысить ее эффективность, так как сохраняют работоспособность системы в условиях, когда один из каналов малоэффективен из-за внешних условий [3].

Примером такого прибора могут служить низкопрофильные тепло-телевизионные очки ОН-ИКТВ, разработанные на Ростовском оптико-механическом заводе (рис. 7).

ОН-ИКТВ – это многофункциональный прибор, позволяющий ориентироваться и передвигаться по любой местности в сложных условиях, осуществлять вождение автотранспорта, проводить инженерные и ремонтные работы, а также обеспечивающий возможность работы с документами в полной

in-cab devices, illuminates the photocathodes of the image intensifier tubes. As a result of the research, the possibility of using color film light filters to narrow the operating spectral ranges of in-cab emitters in order to reduce their effect on NVG photocathodes was worked out [1]. However, this led to a limitation of the spectral characteristics of the image intensifier tube photocathode.

Another design solution based on the impulse adaptation method could be a more effective method. Here, the internal and external lighting equipment is connected to the in-cab lighting equipment and to the NVG through the synchronization unit, which provides operation in a pulsed mode and in time antiphase of the NVG with the lighting equipment, which makes it possible to exclude spurious illumination of the NVG in the dark [2].

All adaptation options require a structural complication of the in-cockpit electrical equipment, which leads to the need to create a specialized version of the aircraft adapted for night flights, and this reduces its reliability as a whole, not fully providing a comfortable pilot's work.

However, there is a solution to this problem.

The elimination of complex, time-consuming and expensive methods of adaptation of the aircraft becomes possible if the pilot is provided with an OED using a spectral range that is different from the spectral range of radiation of the in-cabin equipment.

It is advisable to solve such a device in the form of an observation device with several working channels.

The most common combination is a combination of thermal imaging and television observation channels. These channels, being mutually complementary in many parameters, when combined into a coordinated observing system, make it possible to increase its efficiency, since they keep the system working in conditions when one of the channels is ineffective due to external conditions [3].

An example of such a device is the low-profile heat-television glasses IR-TV NVG, developed at the Rostov Optical and Mechanical Plant (Fig. 7).

IR-TV NVG is a multifunctional device that allows you to navigate and move around any terrain in difficult conditions, drive vehicles, carry out engineering and repair work, and also provide the ability to work with documents in complete darkness, as well as in rain, snow, fog, artificial and natural smoke.

The glasses are built according to the classical binocular scheme and have two working optical channels: television and thermal imaging, and two eyepiece outputs, with each of the objectives being installed coaxially with one of the eyepieces.

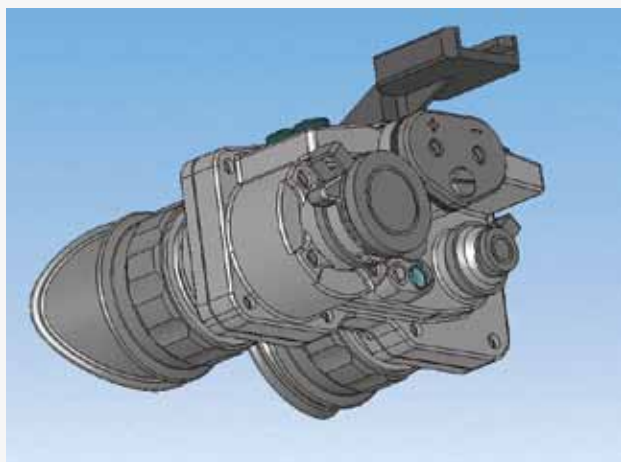


Рис. 7. Низкопрофильные тепло-телевизионные очки ОН-ИКТВ

Fig. 7. Low-profile IR+TV goggles ON-IKTV

темноте, а также в дождь, снег, туман, искусственном и естественном задымлении.

Очки построены по классической бинокулярной схеме и имеют два рабочих оптических канала: телевизионный и тепловизионный, и два окулярных выхода, при этом каждый из объективов установлен соосно с одним из окуляров.

Возможность вывода информации любого из спектральных диапазонов на два дисплея обеспечивает работу с использованием стереоскопического эффекта, что существенно повышает удобство и информативность наблюдения и снижает утомляемость глаз.

Конструктивные параметры оптических компонентов обеспечивают уравнивание форматов изображения, что позволяет производить комплексирование изображений, полученных в различных спектральных диапазонах, и выводить комбинированное изображение с каждого из каналов в различных процентных соотношениях.

В приборе используется специальная светосильная оптика с защитой от засветки, реализован цифровой и оптический зум, для чтения документов и топографических карт предусмотрена встроенная широкоугольная ИК подсветка с индикацией включения ИК-осветителя.

Однако как бы ни были широки возможности тепло-телевизионных очков, производить с их помощью наблюдение из кабины пилота через тепловизионный канал не представляется возможным, так как стекло кабины не пропускает тепловизионные диапазоны длин волн, и это требует применения выносных поворотных тепловизионных камер, а также систем слежения и синхронизации их поворота с поворотом головы пилота [4].

The ability to display information from any of the spectral ranges on two displays provides a stereoscopic effect, which significantly increases the convenience and information content of observation and reduces eye fatigue.

The design parameters of the optical components provide equalization of the image formats, which makes it possible to combine images obtained in different spectral ranges and display the combined image from each of the channels in different percentages.

The device uses special high-aperture optics with protection against backlighting, digital and optical zoom is implemented, for reading documents and topographic maps, a built-in wide-angle IR illumination with indication of the inclusion of the IR illuminator is provided.

However, no matter how wide the capabilities of the thermal television glasses are, it is not possible to use them for observation from the cockpit through the thermal imaging channel, since the cockpit glass does not allow thermal imaging wavelengths to pass through, and this requires the use of remote rotary thermal imaging cameras, as well as systems tracking and synchronizing their rotation with the rotation of the pilot's head [4].

The possibility of unobstructed observation through protective and windshields of vehicles is provided in a universal version of the NVG with a classic television channel in the visible range of the spectrum and a channel in the short-wave IR range from 0.9 to 1.7 microns, called in Western terminology the SWIR range.

The SWIR channel, in contrast to thermal imaging, not only provides observation through ordinary glass [5], but also allows you to get an image even through heavily tinted glass of a car (Fig. 8).



Вакуумное оборудование для оптики и микроэлектроники



Проектирование и производство вакуумных напылительных установок «под ключ»



Програмное обеспечение и автоматизация

Изготовление технологических устройств



Izovac

Разработка и изготовление тонкопленочных изделий



Разработка технологий формирования тонких пленок



Оптические элементы

Напылительный сервис



Сложные и уникальные покрытия

ООО «Изовак», ул. М. Богдановича, 155-907, 220040, Минск, Беларусь, тел.: +375 17 293 18 42, факс: +375 17 2931845

www.izovac.com
www.izovac-coatings.com

Возможность беспрепятственного наблюдения через защитные и лобовые стекла транспортных средств обеспечена в универсальном варианте ОНВ с классическим телевизионным каналом видимого диапазона спектра и каналом коротковолнового ИК диапазона от 0,9 до 1,7 мкм, называемого в западной терминологии SWIR диапазоном.

Канал SWIR диапазона, в отличие от тепловизионного, не просто обеспечивает наблюдение через обычное стекло [5], но и позволяет получить изображение даже через сильно тонированное стекло автомобиля (рис. 8).

Канал SWIR диапазона построен на фотоприемнике на основе материала InGaAs, который наиболее эффективно обеспечивает через кабинные остекленные ночное наблюдение и наблюдение в плохих погодных условиях. Оценка эффективности по дальности действия показывает, что приборы ночного видения с фотоприемными устройствами на InGaAs при низких уровнях освещенности, менее $2 \cdot 10^{-3}$ лк, в условиях дымки, слабых туманов и пыли (при метеорологической дальности видимости $S_m \approx 2,5$ км) на порядок превосходят ОЭП на ЭОП [6].

Таким образом, применяя два таких канала, можно получить практически универсальный вариант ОНВ для пилотирования и вождения различных транспортных средств, так как SWIR канал практически всегда совместим с остеклением кабин и не требует дополнительной адаптации транспортного средства к предлагаемому ОНВ, а телевизионный канал с привычной видимостью расширяет возможности ОНВ и предоставляет высокое разрешение с возможностью дополнительного электронного увеличения.

Вариант конструктивного исполнения универсальных ОНВ, использующий оригинальное компоновочное решение, уменьшающее вынос объективов вперед и обеспечивающее более плоский профиль прибора, показан на рис. 9.

Предварительно ОНВ устанавливают (закрепляют) перед глазами наблюдателя таким образом, чтобы выходные зрачки окуляров совместились с глазами наблюдателя.

Из-за разницы световых диаметров объективов SWIR и TV каналов, а также разных полей зрения по ГН (40°) и ВН (30°), зеркальная призма имеет несимметричную форму, а защитное стекло – вытянутую форму, при этом каналы SWIR и TV смещены друг относительно друга в горизонтальной плоскости на некоторую величину Δx . Расчетные размеры граней зеркальной призмы, расстояния и соответственно величина Δx могут быть определены по габаритной схеме, представленной на рис. 10.



Камера видимого диапазона



Камера SWIR-диапазона

Рис. 8. Наблюдение в SWIR диапазоне через тонированное стекло

Fig. 8. Observation in the SWIR range through tinted glass

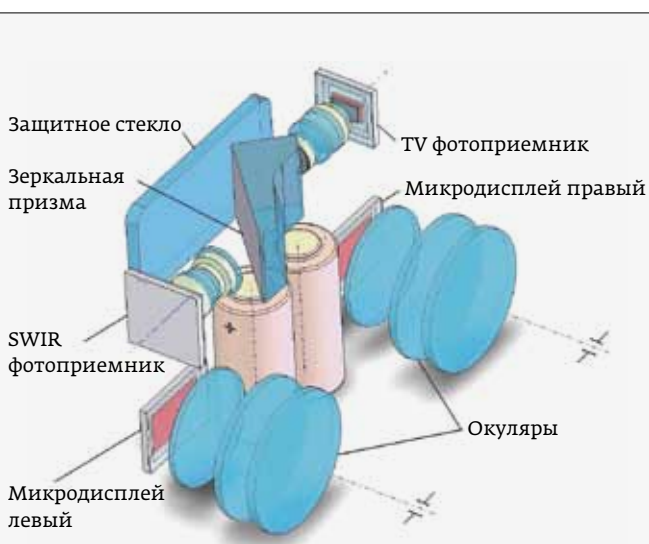


Рис. 9. Вариант компоновки универсальных ОНВ

Fig. 9. Universal NVG layout option

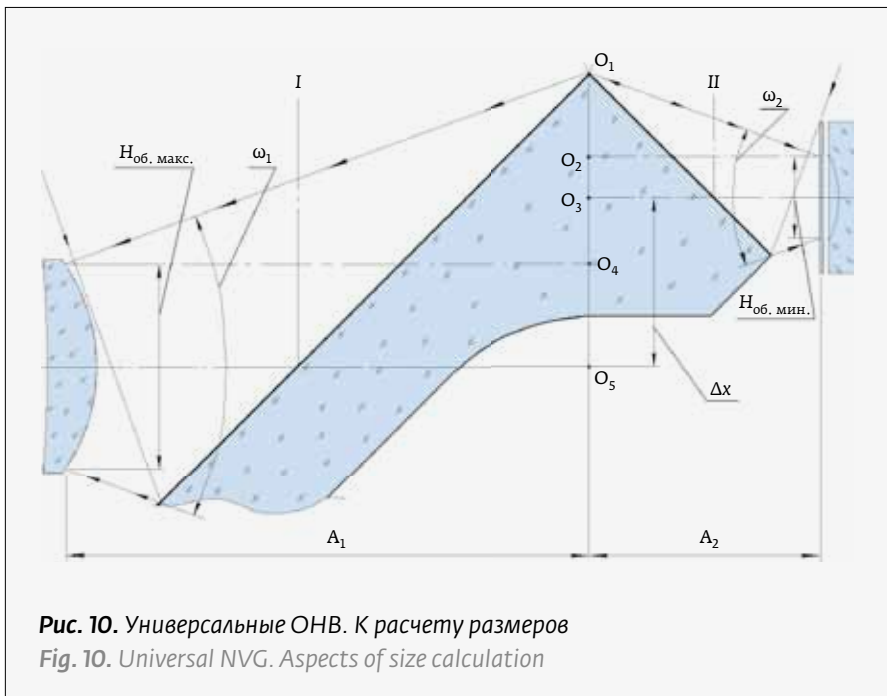


Рис. 10. Универсальные ОНВ. К расчету размеров
Fig. 10. Universal NVG. Aspects of size calculation

Если выразить величину отрезка O_1O_5 двумя соотношениями через размеры левой ветви и через размеры правой ветви, то будут справедливы следующие формулы:

$$O_1O_5 = O_4O_5 + O_1O_4 = \frac{H_{\text{об. макс.}}}{2} + A_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega_1}{2}\right) \quad (1)$$

для левой ветви, и

$$O_1O_5 = \Delta x + O_2O_3 + O_1O_2 = \Delta x + \frac{H_{\text{об. мин.}}}{2} + A_2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega_2}{2}\right) \quad (2)$$

для правой ветви, где

O_1 - вершина зеркальной призмы;

The SWIR channel is built on a photodetector based on InGaAs material, which most effectively provides night observation and observation in bad weather conditions through cockpit glazing. Evaluation of the effectiveness in terms of range shows that night vision devices with InGaAs photodetectors at low illumination levels of less than 2×10^{-3} lux, in conditions of haze, weak fogs and dust (at a meteorological visibility range $S_m \approx 2.5$ km), at order surpass the OED on the image intensifier tubes [6].


Thus, using two such channels, it is possible to obtain an almost universal version of the NVG for piloting and driving various vehicles, since the SWIR channel is almost always compatible with the glazing of cabins and does not require additional


adaptation of the vehicle to the proposed NVG, and a television channel with the usual visibility expands NVG capabilities and provides high resolution with the possibility of additional electronic magnification.

A variant of the design of universal NVG, using an original layout solution, which reduces the "extension" of the lenses forward and provides a "flatter" profile of the device, is shown in Fig. 9.

Previously, the NVG is installed (fixed) in front of the observer's eyes so that the exit pupils of the eyepieces are aligned with the observer's eyes.

Due to the difference in the light diameters of the SWIR and TV channels, as well as different fields of view

117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3, корп. 8 | +7 (499) 578-05-48 | sales@laser-export.com





ЭЛАНИК®
ЭЛЕМЕНТНЫЙ
ЛАЗЕРНЫЙ
АНАЛИЗАТОР

**КОМПАКТНЫЕ ЛАЗЕРЫ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**
C, Si, Cr, Mn, Ni, Cu, Al, Ti и др.

**АНАЛИЗ УГЛЕРОДА
В СТАЛИ И ЧУГУНЕ!
БЕЗ
ИНЕРТНОГО ГАЗА!**

СЕРИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ»




**АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТНОГО
СОСТАВА ПОКРЫТИЙ**

www.elanik.ru

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ:

- Высокая энергия в импульсе (до 1000 мкДж)
- Компактный дизайн
- Высокая пиковая мощность
- Короткий импульс (<10 нс)
- Прекрасное качество пятна
- Кондуктивное охлаждение излучателя
- Высокая стабильность энергии от импульса к импульсу



www.laser-export.com
www.laser-compact.ru

O_2, O_3, O_4 – точки, лежащие на оси, проходящей через вершину зеркальной призмы и перпендикулярной оптическим осям объективов;

O_5 – точка пересечения оптической оси объектива левой ветви с перпендикулярной ей осью, проходящей через вершину зеркальной призмы;

ω_1, ω_2 – углы поля зрения левой и правой ветвей соответственно;

A_1, A_2 – расстояния от светового диаметра первой линзы объектива (или от входного зрачка объектива) до вершины зеркальной призмы O_1 для левой и правой ветвей соответственно.

После приравнивания правых частей формул итоговое выражение для Δx принимает вид:

$$\Delta x = \frac{H_{об. макс.} - H_{об. мин.}}{2} + A_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega_1}{2}\right) - A_2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega_2}{2}\right). \quad (3)$$

Формула справедлива при отсутствии виньетирования, а задание допустимого виньетирования позволит обеспечить при проектировании приемлемые размеры прибора.

Вариант такой компоновки, имеющей вес оптики всех каналов с микродисплеями и с двумя элементами питания типа CR123A –134 г., может обеспечить низкий профиль на уровне ~45 мм по глубине (рис. 11).

Телевизионная ветвь наблюдения обеспечивает наблюдение наружной обстановки днем и внутрикабинного оборудования в дневных и ночных условиях за счет совпадения рабочих спектральных диапазонов внутрикабинных излучателей и телевизионного фотоприемника.

Канал SWIR спектрального диапазона обеспечивает ночное наблюдение без влияния засветок от внутрикабинного светотехнического оборудования за счет разных рабочих спектральных диапазонов телевизионного канала, внутрикабинных излучателей и фотоприемника SWIR диапазона. Рабочий спектральный диапазон телевизионного канала и современных светодиодных внутрикабинных излучателей лежит в диапазоне от 0,45 до 0,85 мкм, а SWIR канал имеет спектральный диапазон длин волн от 0,9 до 1,7 мкм, что обеспечивает необходимое разнесение по спектру.

Характеристики очков ночного видения в сравнении с серийными приборами типов ПН74 и ПН105 приведены в табл. 1. Функциональная схема ОНВ представлена на рис. 12. Приведенная функциональная схема является универсальной

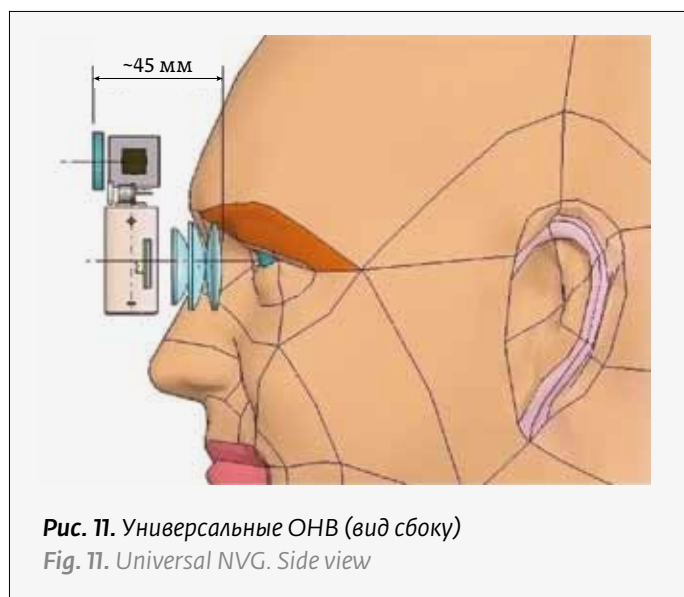


Рис. 11. Универсальные ОНВ (вид сбоку)

Fig. 11. Universal NVG. Side view

for HD (40°) and VD (30°), the mirror prism has an asymmetric shape, and the protective glass has an elongated shape, while the SWIR and TV channels are displaced relative to each other in the horizontal plane by a certain amount Δx . The calculated dimensions of the faces of the mirror prism, the distance and, accordingly, the value Δx , can be determined according to the outline diagram shown in Fig. 10.

If we express the value of the segment O_1O_5 by two ratios through the dimensions of the left branch and through the dimensions of the right branch, then the following formulas will be valid:

$$O_1O_5 = O_4O_5 + O_1O_4 = \frac{H_{об. макс.}}{2} + A_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega_1}{2}\right) \quad (1)$$

for the left branch, and:

$$O_1O_5 = \Delta x + O_2O_3 + O_1O_2 = \Delta x + \frac{H_{об. мин.}}{2} + A_2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega_2}{2}\right) \quad (2)$$

for the right branch, where:

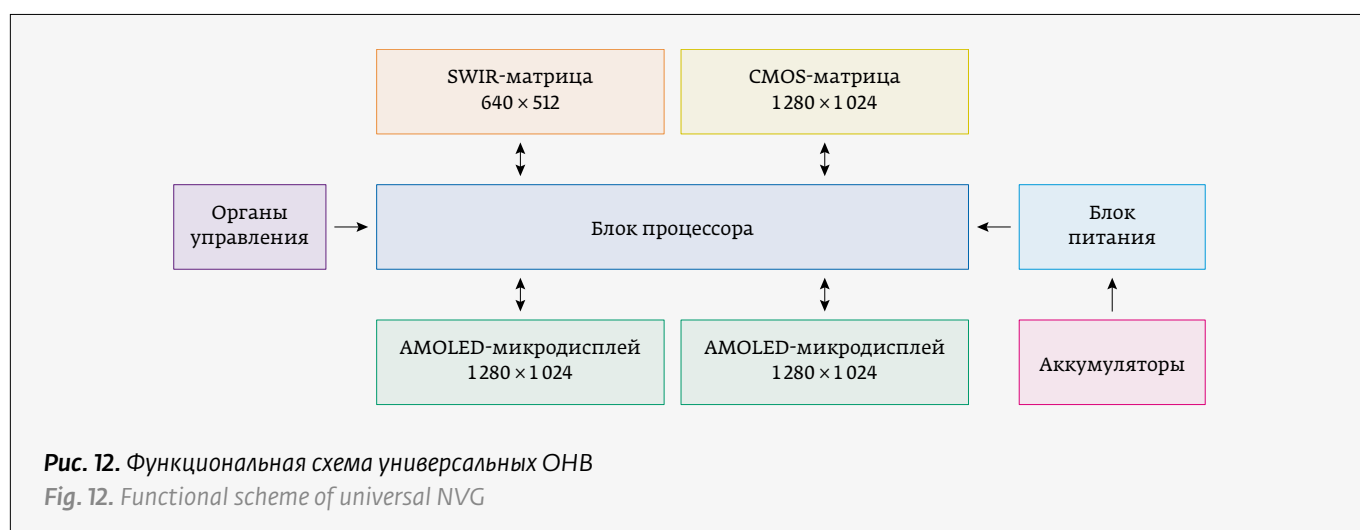
O_1 is the top of the mirror prism;

O_2, O_3, O_4 are the points lying on the axis passing through the top of the mirror prism and perpendicular to the optical axes of the objectives;

O_5 is the point of intersection of the optical axis of the lens of the left branch with the perpendicular axis passing through the top of the mirror prism;

ω_1, ω_2 are the angles of the field of view of the left and right branches, respectively;

A_1, A_2 are the distances from the light diameter of the first objective lens (or from the entrance pupil of the objective) to the top of the mirror prism O_1 for the left and right branches, respectively.



и может являться основой для ОНВ в любых вариантах спектрального исполнения наблюдательных каналов.

В рассматриваемом варианте ОНВ в качестве фотоприемных устройств используются две матрицы – SWIR матрица ФУК36М производства АО «НПО «Орион» формата 640×512 пикселей, имеющая высокую чувствительность в коротковолновом инфракрасном диапазоне $0,9-1,7$ мкм, и CMOS

After equating the right-hand sides of the formulas, the final expression for Δx takes the form:

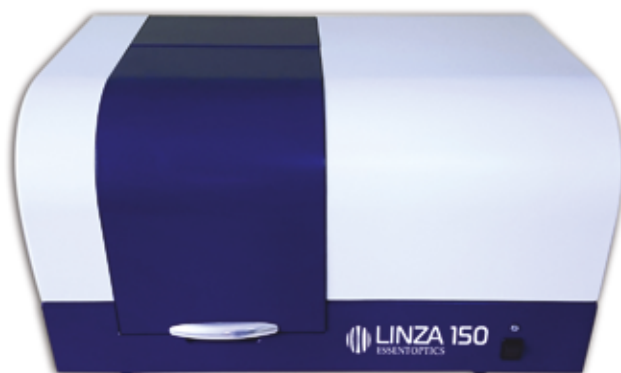
$$\Delta x = \frac{H_{\text{об. макс.}} - H_{\text{об. мин.}}}{2} + A_1 \cdot \text{tg}\left(\frac{\omega_1}{2}\right) - A_2 \cdot \text{tg}\left(\frac{\omega_2}{2}\right). \quad (3)$$

The formula is valid in the absence of vignetting, and setting the permissible vignetting will allow us to ensure acceptable dimensions of the device when designing.

ЭССЕНТОПТИКС ESSENTOPTICS

LINZA 150

Первый в мире спектрофотометр для измерения пропускания и отражения линз и объективов



Спектрофотометр LINZA 150
 Новая функция: измерение пропускания и отражения от асферических поверхностей

LINZA 150 Spectrophotometer
 New feature: transmittance and reflectance measurement of aspheric lens

ООО «ЭссентОптикс»

23а-81, ул. 40 лет Победы, Боровляны, Минская обл., Минский р-н, 223053 Беларусь
 Тел.: +375-17-5112025 | Факс: +375-17-5112026 | www.essentoptics.com



матрица EV76C660 производства Teledyne e2v формата 1280×1024 пиксела, обеспечивающая качественное изображение при изменении освещенности от $5 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^4$ лк.

Блок процессора, основным вычислительным ядром которого служит программируемая логическая матрица XC7A75T производства Xilinx, обеспечивает обработку поступающей видеoinформации с последующим выводом ее на микродисплей.

AMOLED микродисплеи SXGA-120 R5 производства eMagin Corporation формата 1280×1024 позволяют отображать поступающую видеoinформацию и вводить служебные данные.

A variant of such an arrangement, which has the weight of the optics of all channels with microdisplays and two CR123A batteries of ~134 g, can provide a low profile at a level of ~45 mm in depth (Fig. 11).

The television observation branch provides observation of the outdoor environment during the day and the in-cab equipment in day and night conditions due to the coincidence of the working spectral ranges of the in-cab emitters and the television photodetector.

The SWIR channel of the spectral range provides night observation without the influence of illumination from the in-cabin lighting equipment due to the different operating spectral ranges of the television

Таблица 1. Сравнительные характеристики приборов

Table 1. Comparative characteristics of devices

Наименование Name	1ПН74	1ПН105	ТВ+SWIR TV+SWIR		
			ТВ канал TV channel		SWIR
Увеличение, крат Magnification, x	1,0	1,0	1,05	2,10	1,05
Поле зрения, угл. град. Field of view, ang. deg. ГН HD ВН VD	Ø40	45 38	40 30	20 15	40 30
Дальность опознавания ростовой фигуры человека (ЕНО=0,005 лк), м Recognition range of a person's height figure (ЕНО = 0.005 lux), m	200	200	250	500	250
Видимость объектов, нагретых до ≥ 50 °С Visibility of objects heated to ≥ 50 °С	Нет No	Нет No	Нет No		Есть Yes
Диапазон диоптрийной наводки, дптр Diopter adjustment range, diopters	± 4	± 4	± 4		
Фокусировка, м Focusing, m	0,25 – ∞	–	0,25 – ∞		
Диаметр выходного зрачка, мм Exit pupil diameter, mm	6	13	4 (зона Ø11 мм) 4 (area Ø11 mm)		
Удаление выходного зрачка, мм Removal of the exit pupil, mm	15	18	18		
Диапазон регулировки «базы глаз», мм Eye base adjustment range, mm	58–72	–	58–72		
Диапазон рабочих температур, °С Operating temperature range, °С	± 50	± 50	± 50		
Питание, В Power supply, V	3,0 (2 шт. «АА») (2 pcs. AA)	3,0 (2 шт. «АА») (2 pcs. AA)	6,0 (2 шт. «CR-123А») (2 pcs. CR-123A)		
Размеры, мм Dimensions, mm	217×185×105	120×113×70	48×120×85		
Масса, кг Weight, kg	0,8	0,55	0,35		

Блок питания вырабатывает необходимые для функционирования ОНВ напряжения, а также дает возможность заряжать аккумуляторы от внешнего источника питания. В качестве источников питания используются два Li-Ion аккумулятора типоразмера 16340, емкостью 1200 mAh.

Важной особенностью двухканальных ОНВ является использование отечественных фотоприемников. Московское предприятие «Орион» разработало и выпускает новый модуль – формата 640×512 элементов с шагом 15 мкм, параметры которого представлены в таблице 2. В состав модуля входят матрица фоточувствительных элементов из InGaAs.

Московское предприятие «Пульсар» завершает ОКР по созданию полного аналога CMOS матрицы EV76C660. Органы управления позволяют выбрать различные режимы работы ОНВ: вывод изображения только с SWIR матрицы, вывод изображения только с CMOS матрицы, вывод комбинированного изображения, а также вывод изображения с CMOS матрицы в режиме электронного увеличения 2 крата, что делает прибор практически универсальным вариантом для многих применений.

Следует особо отметить, что режим вывода комплексированного изображения обеспечивает

channel, in-cabin emitters and a SWIR range photo-detector. The working spectral range of the television channel and modern LED in-cab emitters is in the range from 0.45 to 0.85 μm , and the SWIR channel has a spectral range of wavelengths from 0.9 to 1.7 μm , which provides the necessary spectrum spacing.

The characteristics of night vision goggles in comparison with serial devices of types ИИВ74 and ИИВ105 are shown in Table 1. The functional diagram of the NVG is shown in Fig. 12. The given functional diagram is universal and can be the basis for an NVG in any version of the spectral performance of the observation channels.

In the considered version of NVG, two matrices are used as photodetectors – SWIR matrix FUK36M manufactured by NPO Orion JSC with a format of 640×512 pixels, which has a high sensitivity in the short-wave infrared range of 0.9–1.7 microns, and a CMOS matrix EV76C660 by Teledyne e2v with a 1280×1024 pixel format, providing a high-quality image when the illumination changes from 5×10^{-2} to 5×10^4 lux.

The processor unit, the main computing core of which is the Xilinx XC7A75T programmable logic array, provides processing of incoming video information and its subsequent output to microdisplays.

**Современным компаниям –
инновационные решения!**

**Одночастотный лазер
TopWave 405
для литографии
и голографии**



Лазер TopWave 405 производства TOPTICA (Германия) – идеальная замена громоздким и энергоемким газовым лазерам на ионах криптона (406,7 нм и 413,1 нм), обычно используемым в литографии и голографии. TopWave 405 обеспечивает выходную мощность 1 Вт на длине волны 405 нм в сочетании с превосходным качеством луча. Диаметр луча и M^2 (тип. 1,15) соответствуют установленным параметрам газового лазера, что позволяет легко интегрировать его без существенных изменений в оптическую систему. Заметно более высокая длина когерентности (> 100 м) дает явное преимущество в отношении стабильной генерации рисунка в интерференционной литографии или голографии. Экономичная замена газового лазера – для простого и удобного управления в приложениях литографии и голографии. **Высокая эффективность и низкая стоимость эксплуатации!**

Эксклюзивным представителем компании TOPTICA (Германия) в РФ является компания «ЕвроЛэйз».

www.eurolase.ru





Таблица 2. МФПУ формата 640×480 на диапазон 0,9–1,7 мкм

Table 2. MFP format 640×480 for the range of 0.9–1.7 microns

Наименование Name	Значение Value
Формат матрицы фоточувствительных элементов Photosensitive matrix format	640×512
Шаг фоточувствительных элементов, мкм Step of photosensitive elements, μm	15
Спектральный диапазон, мкм Spectral range, μm	0,9–1,7
Квантовая эффективность, % Quantum efficiency, %	≥ 65
Средняя удельная обнаружительная способность, $\text{Вт}^{-1} \cdot \text{Гц}^{1/2} \cdot \text{см}$ Average specific detectivity, $\text{W}^{-1} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{cm}$	$1 \cdot 10^{13}$
Максимальная кадровая частота, Гц Maximum frame rate, Hz	400

возможность одновременного наблюдения изображения внутрикабинного светотехнического оборудования через телевизионный канал и изображения местности на всех уровнях естественной ночной освещенности через SWIR канал без влияния на него засветок от внутрикабинного светотехнического оборудования.

REFERENCES

1. Патент РФ № 2133973. Способ освещения приборного оборудования и транспарантов световой сигнализации летательного аппарата при наблюдении их через пилотажные очки ночного видения / Беликова В. Н., Винокуров С. А., Гордиенко Ю. Н., Грузевич Ю. К., Дятлов А. Л., Солдатенков В. А., Хуснетдинов А. Р.
2. Патент РФ № 2325308 С2. Устройство импульсной адаптации светотехнического оборудования преимущественно летательных аппаратов к приборам ночного видения / Падалко Г. А., Покотило С. А., Головатенко В. П., Щедрина Т. В., Локтионов В. И.
3. **Медведев А. В., Гринкевич А. В., Князева С. Н.** ЭОП или телевизионная матрица? Аспекты эффективности применения. *Фотоника*. 2020;14(5): 394–411.
4. **Грузевич Ю. К.** Оптико-электронные приборы ночного видения. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2014. 276 с. – ISBN 978-5-9221-1550-6.
5. **Птицын А.** Что мы видим и что не видим. *Фотоника*. 2015; 3 / 51:142–151.
6. **Гусарова Н. И., Кошавцев Н. Ф., Попов С. В.** Преимущества использования твердотельных фотоприемных устройств на область спектра 1,4–1,7 мкм в приборах ночного видения. *Успехи прикладной физики*. 2014; 2(3).

AUTHORS

Медведев Александр Владимирович, design@romz.ru, генеральный конструктор, ОАО «Ростовский оптико-механический завод (ОАО «РОМЗ»», Ростов Великий, Ярославская область, Россия.
Гринкевич Александр Васильевич, lyu1455@yandex.ru, ЗАО «ЭВС», Москва, Россия.
Князева Светлана Николаевна, ksn61@yandex.ru, инженер-конструктор, ОКБ ОАО «Ростовский оптико-механический завод (ОАО «РОМЗ»», Ростов Великий, Ярославская область, Россия.

AMOLED microdisplays SXGA-120 R5 manufactured by eMagin Corporation in 1280×1024 format allow displaying incoming video information and entering service data.

The power supply generates the voltages necessary for the operation of the NVC, and also makes it possible to charge the batteries from an external power source. Two Li-Ion accumulators of 16340 size, 1200 mAh capacity are used as power sources.

An important feature of two-channel NVG is the use of domestic photodetectors. The Moscow enterprise “Orion” has developed and is producing a new module – 640×512 elements with a pitch of 15 μm , the parameters of which are presented in Table 2. The module includes a matrix of photosensitive elements made of InGaAs.

The Moscow enterprise Pulsar is completing R&D work to create a complete analogue of the EV76C660 CMOS matrix. The controls allow you to select different modes of NVC operation: image output only from the SWIR matrix, image output only from the CMOS matrix, combined image output, as well as the image output from the CMOS matrix in the electronic zoom mode of 2 krt, which makes the device almost a universal option for numerous applications.

It should be especially noted that the integrated image output mode provides the possibility of simultaneous observation of the image of the in-cab lighting equipment through a television channel and images of the terrain at all levels of natural night illumination through the SWIR channel without being influenced by illumination from the in-cab lighting equipment.

REFERENCES

1. RF patent No. 2133973. Method of illumination of instrument equipment and transparencies of light signaling of an aircraft when observing them through aerobatic night vision goggles / Belikova V. N., Vinokurov S. A., Gordienko Yu. N., Gruzevich Yu. K., Dyatlov A. L., Soldatenkov V. A., Khusnetdinov A. R.
2. RF patent № 2325308 С2. Device for impulse adaptation of lighting equipment, mainly aircraft to night vision devices / Padalko G. A., Pokotilo S. A., Golovatenko V. P., Shchedrina T. V., Loktionov V. I.
3. **Medvedev A. V., Grinkevich A. V., Knyazeva S. N.** Image intensifier or television matrix? Aspects of the effectiveness of the application. *Photonics*. 2020; 14 (5): 394–411.
4. **Gruzevich Yu. K.** Optoelectronic night vision devices. M.: FIZMATLIT. 2014. 276 p. – ISBN 978-5-9221-1550-6.
5. **Ptitsyn A.** What we see and what we do not see. *Photonics*. 2015; 3 / 51: 142–151.
6. **Gusarova N. I., Koshavtsev N. F., Popov S. V.** Advantages of using solid-state photodetectors for the spectral range of 1.4–1.7 microns in night vision devices. *Advances in Applied Physics*. 2014; 2 (3).

AUTHORS

Medvedev Alexander Vladimirovich, design@romz.ru, General Designer, Rostov Optical and Mechanical Plant OJSC (ROMZ OJSC), Rostov Velikiy, Yaroslavl Region, Russia.
Grinkevich Alexander Vasilievich, lyu1455@yandex.ru, ZAO “EVS”, Moscow, Russia.
Knyazeva Svetlana Nikolaevna, ksn 61@yandex.ru, Design Engineer, Design Bureau of OJSC “Rostov Optical and Mechanical Plant, (OJSC “ROMZ”), Rostov the Great, Yaroslavl Region, Russia.

Фирма «Тэйлор Хобсон Лтд.» Основана в 1886 году и уже более ста лет остается синонимом слова «точность». Сегодня «Тэйлор Хобсон Лтд.» производит самые точные в мире приборы для контроля параметров отклонения от круглости, шероховатости/профиля и расположения поверхностей. Фирма известна и как производитель ультра-прецизионных электро-оптических приборов, электронных уровней и приборов для контроля компонентов прецизионной оптики и сверхгладких поверхностей.

Московское бюро фирмы «Тэйлор Хобсон Лтд.», открытое в 1992 году, призвано удовлетворять потребность российских производственных и научно-исследовательских предприятий в прецизионных приборах фирмы. В рамках заключенного, с головным предприятием Ростехрегулирования - ФГУП «ВНИИМС», соглашения о научно-техническом сотрудничестве, фирма осуществляет техническую поддержку государственных эталонов РФ, в основе которых, используются приборы «Тэйлор Хобсон Лтд.»

Специалисты бюро выполняют работы по вводу оборудования в эксплуатацию, поверке приборов и образцовых мер, проводят обучение операторов заказчика, осуществляют гарантийное и послегарантийное обслуживание приборов. Подобные работы московское бюро предлагает и для предприятий Белоруссии, Украины, Казахстана и других государств бывшего СССР.



Система для контроля подшипников Form Talysurf PGI

Измерительная система для контроля деталей подшипников и деталей сложной формы, требующих высоко разрешения при контроле чистоты поверхности и отклонения от заданной формы.



3D профилометр PGI NOVUS

3D профилометр для измерения угла, шероховатости поверхности, геометрии. В основе разработки – новаторский двойной датчик смещения.

Датчик NOVUS обеспечивает способность измерить диаметр, угол, качество обработки поверхности в нормальном и перевернутом положении детали с достаточно скоростью и точностью.

Благодаря этой разработке Taylor Hobson решает проблемы, с которыми ежедневно сталкиваются производители подшипниковой и двигательной промышленности, а так же производители прецизионных компонентов.



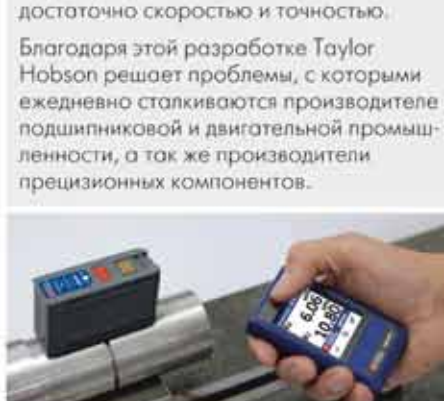
Talyrond

Талиронд воспроизводит форму детали, используя замеры по окружности, вертикали и горизонтали. Возможность измерение контура и шероховатости.



Форм Талисурф Интра

Цеховой / Лабораторный прибор для измерения параметров шероховатости и волнистости на прямых, сферических выпуклых/вогнутых поверхностях. Измерения радиуса дуги, углов наклона профиля, линейных размеров по поверхности профиля.



Суртроник Дуо

Суртроник Дуо предназначен для точной оценки параметров шероховатости детали непосредственно на месте ее изготовления нажатием одной кнопки, за считанные секунды.



Суртроник S серии

Прибор для измерения параметров шероховатости поверхности сложных деталей в цеховых и лабораторных условиях с максимальной производительностью и удобством в использовании

Фирма «Тэйлор Хобсон Лтд.» поможет Вам в решении проблем обеспечения качества продукции. Обращайтесь к нам с вашими специфическими задачами и мы предоставим Вам возможное решение.