

- вычислительная система с резервированием замещением // Авиакосмическое приборостроение. – 2015. – № 3. – С. 23-31.
4. Самойленко А.П., Панычев А.И., Панычев С.А. Метод оценки надежности комплекса радиоэлектронного оборудования летательного аппарата // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 3 (164). – С. 102-110.
5. Гузик В.Ф., Самойленко А.П., Панычев С.А. Логико-порядковая модель контроллера доступа к канальным ресурсам локальной сети // Новые технологии и проблемы технических наук: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Красноярск, 2014. – С. 103-106.
6. Самойленко А.П., Панычев А.И., Панычев С.А. Синтез системы автоматического контроля работоспособности бортового радиоэлектронного комплекса // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 11 (172). – С. 166-177.

### ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРИБОРА СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ ГОРНОПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

Пожарский Т.С.

Научный руководитель: Белянин Л.Н., доцент, к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: tim-pozharskij@yandex.ru

### CONSTRUCTION FEATURES AUTOMATIC INSTRUMENT SYSTEM OF ORIENTATION AND NAVIGATION OF MINING COMBINE

Pozharsky T.S.

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Belyanin L.N.

Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: tim-pozharskij@yandex.ru

*Рассматриваются вопросы конструирования автоматического гироскопического прибора ориентации. Прибор является составной частью системы ориентации и навигации горнопроходческого комбайна функции, выполняемые прибором – определение трех углов Эйлера – Крылова характеризующих ориентацию системы координат связанную с корпусом прибора по отношению к горизонтальной, географически ориентированной системе координат. Ожидается, что действующий макет прибора обеспечит точность определения каждого из трех названных углов Эйлера – Крылова с погрешностью, не превышающей одной, двух угловых минут, при отсутствии жестких требований к вертикализации прибора. Макет строится с использованием динамически настраиваемого гироскопа, макет должен обеспечивать реализацию двух принципиальных схем прибора. Первая основана на использовании двухкомпонентного датчика угловых скоростей, на основе динамически настраиваемого гироскопа, установленного на одноосной платформе. Последняя приводится во вращение с помощью управляющего интегрирующего привода. Информация с двух акселерометров закрепленных на корпусе используется для вычисления двух углов характеризующих положение прибора относительно вертикали места. Вторая схема строится на базе одноосного индикаторного датчика угловых скоростей закрепленном на платформе стабилизации. В этом случае одна измерительная ось гироскопа используется в качестве датчика угла, на базе другой строится датчик угловой скорости компенсационного типа. При разработке конструкции в максимальной степени использованы детали и узлы от отечественной малогабаритной гировертикали МГВ-1. Представлены три проекции и 3D модель макета выполненного в среде SolidWorks2015.*

*This work focuses on the designing problems of automatic position sensing gyroscopic device. The device is a component part of the position control system of the tunneling machine. The main function performed by the device is to evaluate three Euler-Krylov angles which define the coordinate system position, associated with the enclosure with respect to the horizontal, geographically oriented coordinate system. It is expected that the actuated device model will ensure the evaluation accuracy of three Euler- Krylov angles with an error of no more than one or*

two arc minutes in the absence of strict requirements for vertical adjustment of the device. The model is constructed with the use of the tuned rotor gyroscope and should ensure the implementation of two basic device circuits. The first circuit is based on the use of two-component angular rate sensor on the base of the tuned rotor gyroscope mounted on the single axis platform. The latter is driven by the integrating control drive. The data from two accelerometers mounted on the enclosure is used to evaluate two angles that define the position of the device relative to the location vertical. The second circuit is constructed on the basis of the single axis angular rate sensor mounted on the stabilization platform. In this case one sensitive gyroscope axis is used as the angle sensor, on the basis of another one the force-balance angular rate sensor is constructed. During the designing process to the most extent were used parts and components of the small-scale attitude gyroscope (МГВ-1) that is produced in Russia. Three projections and 3D model made in framework SolidWorks2015 are also presented in this work.

Подземная навигация является одной из важных проблем при управлении горнопроходческими комбайнами (ГПК) в шахте. Рост энерговооруженности и производительности проходческих комбайнов, с одной стороны, и возросшие требования к точности обеспечения проектных параметров по местоположению, направлению и геометрическим формам штреков, с другой стороны, делают актуальными разработку и внедрение новых систем ориентации и навигации проходческих комбайнов. Такие системы должны строиться с использованием новейших достижений в области гироскопической и навигационной техники, лазерной техники, радиосвязи и радиолокации, и т. д.

На кафедре точного приборостроения разрабатывается такая система, основным прибором которой является автоматический прибор ориентации. Этот прибор в автоматическом режиме (без участия оператора) с высокой точностью способен определять угловое положение объекта в пространстве. В данном случае - ориентацию горнопроходческого комбайна при прокладке подземного штрека [1, 2].

В статье рассматриваются особенности конструкции макета автоматического прибора ориентации. Предлагаются два варианта реализации прибора: первый вариант прибора с двухкомпонентным датчиком угловых скоростей (ДУСом) и интегрирующим приводом (рис. 1.); второй вариант прибора с приводом на основе одноосного индикаторного гиросtabilизатора и однокомпонентным ДУСом (рис. 2.).

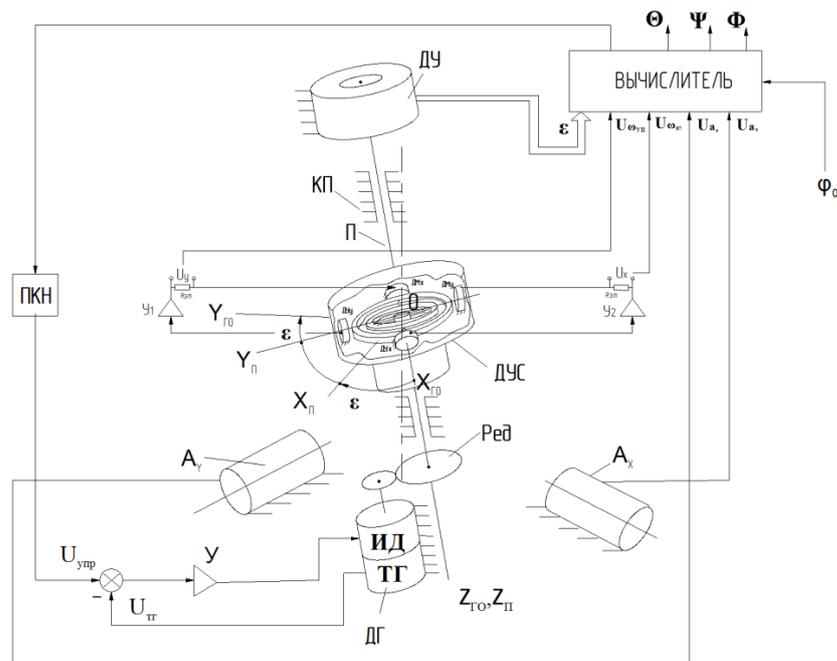


Рис. 1. Вариант схемы прибора с двухкомпонентным ДУСом и интегрирующим приводом

На рис. 1 обозначено:

КП - корпус прибора;

П – платформа;

ДУС – датчик угловой скорости, на основе динамически настраиваемого гироскопа;

ДУ – датчик угла (энкодер);

ДГ – двигатель - генератор;

ИД – исполнительный двигатель;

ТГ – тахогенератор;

У – усилитель;

$A_x, A_y$  – датчики линейных акселерометров, оси чувствительности которых направлены параллельно осям  $OX_{г0}$  и  $OY_{г0}$ ;

$OX_{г0}, Y_{г0}, Z_{г0}$  – система координат, связанная с корпусом автоматического прибора ориентации (АПО);

$OX_{п}, Y_{п}, Z_{п}$  – система координат, связанная с платформой и датчиком угловой скорости, оси чувствительности которого совпадает с осями  $OX_{п}, OY_{п}$ ;

$\varepsilon$  – угол поворота платформы П и датчика угловой скорости ДУС вокруг оси  $OZ_{г0}$  относительно корпуса прибора КП;

$U\omega_{xp}, U\omega_{yp}$  – выходные напряжения ДУСа, прямо пропорциональные проекциям угловой скорости вращения платформы на оси  $OX_{п}, OY_{п}$  соответственно;

$Ua_x, Ua_y$  – выходные напряжения линейных акселерометров, прямо пропорциональные проекциям ускорения силы тяжести на оси  $OX_{п}, OY_{п}$  соответственно;

$\varphi_0$  – широта места установки АПО прибора;

$\Psi, \Theta, \Phi$  – углы Эйлера – Крылова, характеризующие ориентацию корпуса АПО по отношению к горизонтальной, географически ориентированной системе координат;

$DU_x$  – датчик угла ДНГ по оси  $OX_{п}$ ;

$DU_y$  – датчик угла ДНГ по оси  $OY_{п}$ ;

$DM_x$  – датчик момента ДНГ по оси  $OX_{п}$ ;

$DM_y$  – датчик момента ДНГ по оси  $OY_{п}$ ;

$U_1, U_2$  – усилители - преобразователи в каналах измерения угловых скоростей вокруг осей  $OY_{п}$  и  $OX_{п}$  соответственно;

$U_x$  – сигнал с датчика угла  $DU_x$ ;

$U_y$  – сигнал с датчика угла  $DU_y$ ;

Ред – редуктор;

ПКН – преобразователь код-напряжение;

$R_{эт}$  – эталонное сопротивление.

В нашей системе интегрирующий привод состоит из усилителя УС, двигателя ИД, редуктора Ред и тахогенератора ТГ. С тахогенератора снимается напряжение, прямо пропорциональное угловой скорости вращения вала двигателя. Входное напряжение  $U_{упр}$  сравнивается с выходным напряжением тахогенератора  $U_{тг}$  и сигнал, прямо пропорциональный разности этих напряжений  $U_{упр} - U_{тг}$ , попадает на вход усилителя. Интегрирующий привод обеспечивает достаточную точность интегрирования при большом коэффициенте усиления прямой цепи [3].

В данной схеме информация об угловой скорости снимается с двух взаимно перпендикулярных осей чувствительности ДУСа, а вращение платформы осуществляется с помощью двигателя - генератора с редуктором. Плавность хода обеспечивается применением интегрирующего привода и разрезной шестерни последней ступени редуктора (последняя на схеме не указана).

Другой вариант - это построение системы на основе одноосного гиросtabilизатора индикаторного типа (рис. 2). В качестве чувствительного элемента гиросtabilизатора используется трехстепенный астатический гироскоп или динамически настраиваемый гироскоп. Одна измерительная ось этого гироскопа, параллельная оси подвеса платформы, используется в качестве датчика угла поворота платформы в одноосном индикаторном гиросtabilизаторе. Вторая ось этого гироскопа выступает в роле оси чувствительности датчика угловой скорости компенсационного типа [4, 5].

В виде кода сигнал с вычислителя поступает на преобразователь ПКТ далее сигнал в виде тока  $I_{упр}$  поступает на датчик момента  $ДМ_x$  по оси  $OX_{п.}$ . Вокруг оси  $OY_{го}$  возникнет угловая скорость прецессии. С датчика угла  $ДУ_y$  поступает сигнал  $U_{дy}$  который после усиления подается на обмотку управления исполнительного двигателя ИД. Последний обеспечивает плавное вращение платформы с постоянной скоростью, пропорциональной току  $I_{упр.}$

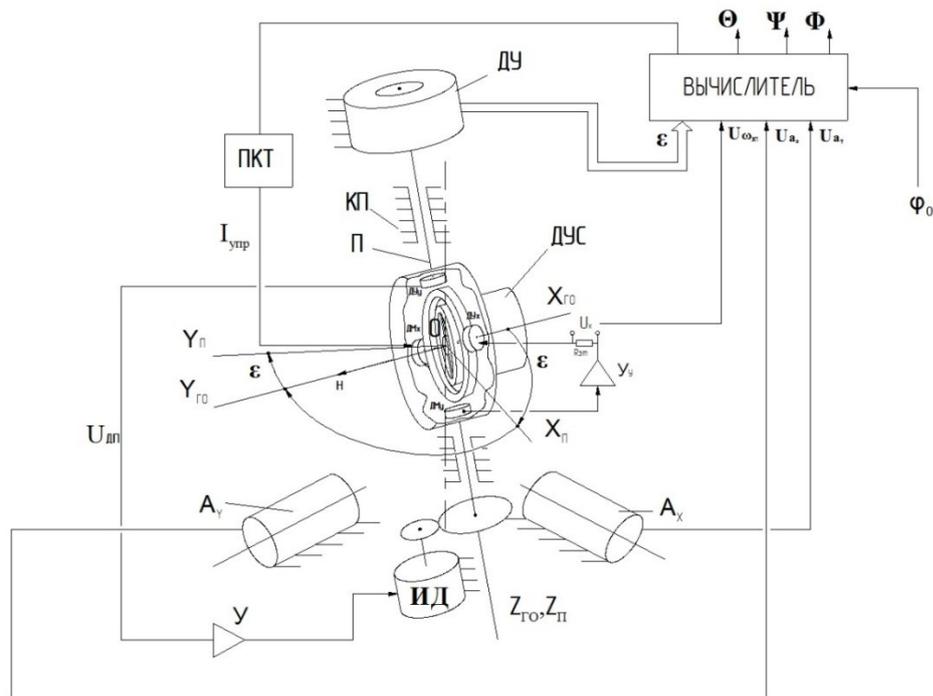


Рис. 2. Вариант схемы прибора с приводом на основе одноосного индикаторного гиросtabilизатора и однокомпонентным ДУСом

На рис. 2 обозначено:

$U_y$  – усилитель по оси  $OY_{го}$ ;

$U_{дy}$  – сигнал с датчика угла  $ДУ_y$ ;

$I_{упр}$  – сигнал управления с вычислителя;

$U_{дп}$  – сигнал с датчика момента  $ДМ_y$  на моментный двигатель МД;

ПКТ – преобразователь код-ток;

Остальное см. обозначения рис.1

Основная задача построения макета состоит в том, чтобы добиться необходимой точности в условиях лаборатории с использованием доступных узлов и деталей. Макет должен позволять произвести исследования как по одной схеме, так и по другой, в результате чего путем сравнения будет определена лучшая схема прибора. На рис. 3 представлена при проекции макета прибора а также его 3D модель. Модель выполнена в среде SolidWorks 2015. Макет прибора позволяет реализовать обе вышеприведенные схемы прибора. Путем поворота промежуточной рамы на  $90^\circ$  (на рис. 3 выделена синим цветом) схема из первого варианта прибора преобразуется во второй. ДНГ на рис. 3 обозначен черным цветом и закрепляется на промежуточной раме с помощью оправки. В приборе используется ДНГ типа ГВК-6. Между оправкой с ДНГ и промежуточной рамой устанавливается теплоизоляционный стакан из фторопласта. Такая конструкция облегчает работу системы термостатирования ДНГ. Датчик угла - энкодер (на рис. 3 выделен коричневым цветом) устанавливается в верхней части прибора. Вал энкодера связан с полуосью подвеса платформы при помощи соединительной муфты сильфонного типа. Для обеспечения питания чувствительных элементов, расположенных на платформе прибора, и съёма информации применяется коллекторный токоподвод на 36 цепей. Корпус прибора и внутренняя рама заимствованы от отечественной гировертикали МГВ-1. При исследовании макета последний устанавливается на наклонно - поворотном стенде. На общем основании устанавливаются датчики линейных акселерометров. Платы обслуживающей электроники на рисунке не показаны и размещаются в отдельном блоке.

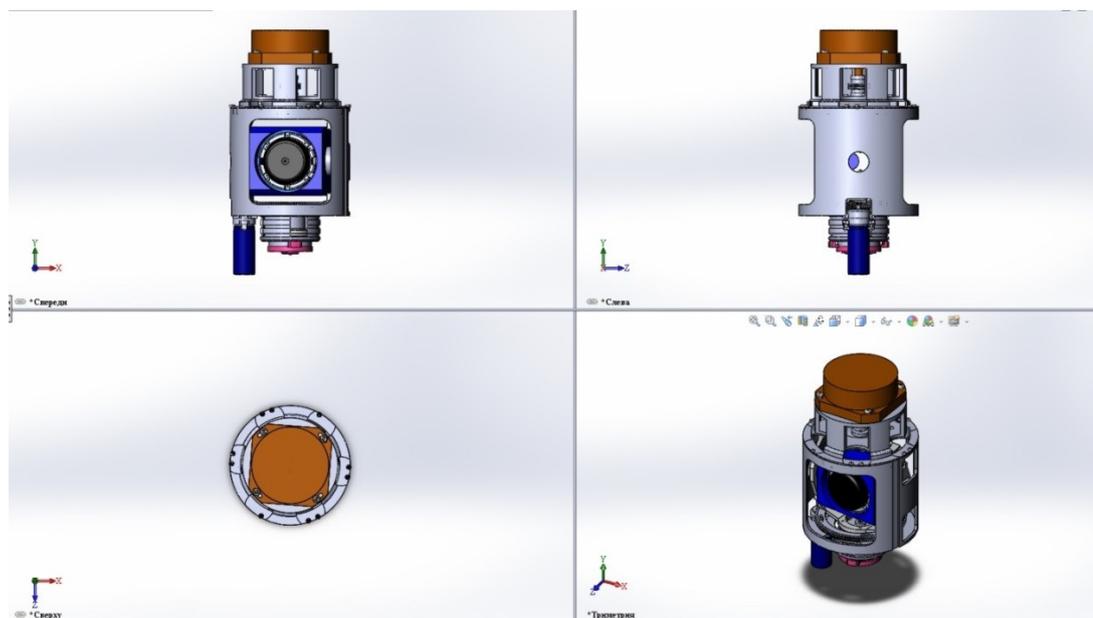


Рис. 3. Макет прибора спроектированный в среде SolidWorks 2015

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поиск путей создания системы навигации горнопроходческого комбайна. Отчет о научно-исследовательской работе по хоздоговору №5-190/13 научный руководитель Л.Н. Белянин. Утвержден директором ИНК, доктором технических наук профессором В.Н. Бориковым. – Томск: НИИ ТПУ, 2014.
2. Пат.1051375 СССР. Автоматический наземный гирокомпас/В.П. Белокуров, В.И. Глейзер, И.А. Корбут, В.М. Мовчан, С.Л. Резентулер, Е.И. Ханеева// Бюл. – 1983. – №40.
3. Л.П. Крайзмер. Словарь радиолобителя. - Выпуск 794 Издание 4. – 1972. – с. 166.

4. Теория гироскопических гиросtabilизаторов: учебное пособие /А.Н. Лысов, А.А. Лысова. – Челябинск Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 117 с.
5. Индикаторные гироскопические платформы: монография/А.Д. Александров, Е.А. Правоторов, В.Ф. Рафельсон, М.П. Фельдман; под ред. А.Д. Александрова. – М.: Машиностроение, 1979. – 239 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В СОТОВОЙ ПАНЕЛИ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОВОЛНОВОГО КОНТРОЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ НАГРЕВА**

Разумова А.А., Чулков А.О.  
Научный руководитель: Ширяев В. В., к.т.н.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: razumova\_aa@mail.ru

**DETERMINATION OF DEFECTS IN THE CELLULAR PANEL BY MEANS OF THERMOWAVE CONTROL AT VARIOUS SOURCES OF HEATING**

Razumova A.A., Chulkov A.O.  
Scientific Supervisor: Ph.D. Shiryayev V.V.  
Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: razumova\_aa@mail.ru

*В данной работе представлены эксперименты по обнаружению искусственно созданных дефектов в сотовой панели из стеклопластика, с помощью термоволнового контроля. В статье показаны иллюстрации экспериментальной установки и термограммы, полученные в результате экспериментов. Данные эксперименты помогут в реальных условиях повысить качество и безопасность производства в космостроении.*

*The article presents the experiments on detection of the artificially created defects in the cellular panel from fibreglass, by means of thermowave control. The illustrations of the experimental installation and the thermogram received as a result of experiments are showed. These experiments can help to increase the quality and safety of production in space construction.*

В настоящее время контроль качества материалов и объектов, которые создают из них, имеет больше значение. Это касается различных областей промышленности, в частности авиастроения и космостроения. Необходимо своевременно определять и находить дефекты в конструкциях, деталях, корпусах объектов, что позволит вовремя произвести ремонт или замену необходимых частей, что не повлечет за собой катастроф.

Целью статьи является представление результатов эксперимента, по обнаружению искусственно созданных дефектов в объекте контроля – сотовой панели из стеклопластика, при различных источниках нагрева.

Для эксперимента был изготовлен объект контроля (ОК) из двух пластин стеклопластика и бумаги между ними. Размеры ОК следующие: 44x62 см. объект контроля представлен на рисунке 1. Дефектами в объекте контроля являются капли воды и эпоксидной смолы.