

**УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МАКЕТА
НАЗЕМНОГО ПРИБОРА ОРИЕНТАЦИИ**

Белянин Л. Н., Ву Доан Кет
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: doanket@tpu.ru

**INSTALLATION FOR EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE MAQUETTE
OF THE GROUND ORIENTATION DEVICE**

L. N. Belyanin, Ket Vu Doan
Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050
E-mail: doanket@tpu.ru

Наземный прибор ориентации входит в состав системы ориентации и навигации горнопроходческого комбайна. Назначение прибора – определение трёх углов Эйлера-Крылова, характеризующих ориентацию его корпуса относительно горизонтальной, географически ориентированной системы координат. В работе приводятся назначение, состав, краткое описание составных частей и технические характеристики разработанной и изготовленной установки.

The ground orientation device is part of the orientation and navigation system of the roadheader. The purpose of the device is the determination of the three Euler-Krylov angles, which characterize the orientation of its hull relative to a horizontal, geographically oriented coordinate system. In this work are given the purpose, consist, a brief description of the components and technical characteristics of the developed and manufactured installation.

Введение

Установка разработана и изготовлена в Отделении электронной инженерии Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности для экспериментального исследования макета наземного прибора ориентации. Цель исследований: проверка разработанных алгоритмов вычисления параметров ориентации прибора (углов Эйлера–Крылова); экспериментальное определение степени влияния дефектов датчика угловой скорости (ДУС) на точность определения азимутального угла; оценка точности определения ориентации макета прибора.

Наземный прибор ориентации (НПО) является составной частью системы ориентации и навигации горнопроходческого комбайна (ГПК), используемого при строительстве штреков. Прибор закрепляется неподвижно под кровлей штрека в исходной точке с известными географическими координатами. Ориентация и местоположение ГПК вычисляются на основе информации с НПО, подвижного прибора ориентации, установленного на ГПК, системы взаимного оптического визирования, связывающей два прибора ориентации, и дальномера, измеряющего расстояние между ними [1].

В НПО реализован принцип аналитического гирокомпасирования, который позволяет определить параметры ориентации по отношению к горизонтальной, географически ориентированной, системе координат. Отличительными особенностями прибора являются использование одного ДУС, установленного на вращающейся платформе.

Состав установки

В состав установки входят: действующий макет НПО (без системы взаимного оптического визирования и дальномера); стенд наклонно-поворотный; двухкоординатная оптическая делительная головка; наземный гирокомпас; два цифровых вольтметра; осциллограф; компьютер; электронно-счётный частотомер; обслуживающая электроника. Схема установки представлена на рис. 1.

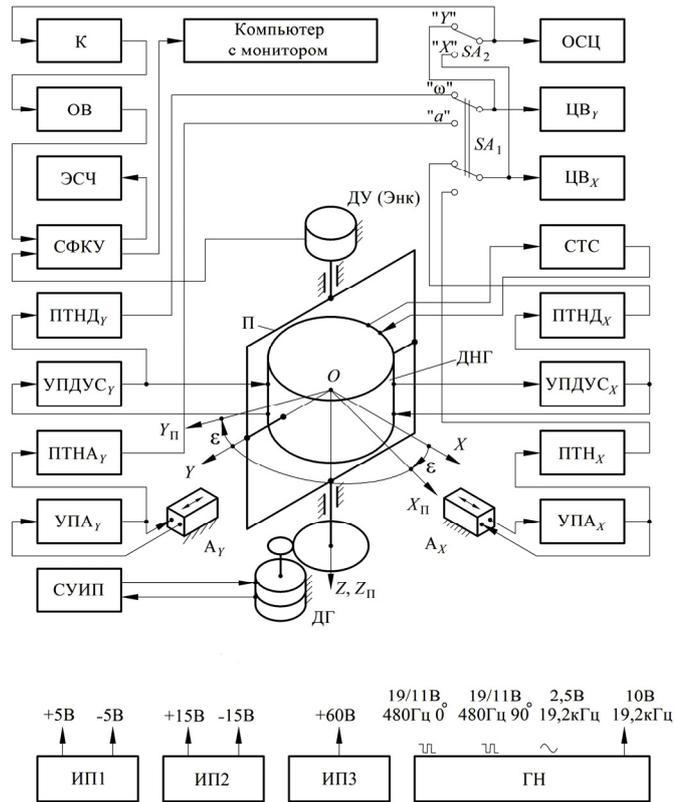


Рис. 1. Схема установки

На рис. 1 обозначено: ДНГ – динамически настраиваемый гироскоп; П – платформа; ДУ (Энк) – датчик угла (энкодер); ДГ – двигатель-генератор с понижающим редуктором; $OXYZ$ – система координат, связанная с корпусом прибора; $OX_n Y_n Z_n$ – система координат, связанная с платформой; ε – угол поворота платформы относительно корпуса прибора; A_x, A_y – акселерометры, оси чувствительности которых параллельны осям OX и OY соответственно; $УПА_x, УПА_y$ – усилитель-преобразователи акселерометров A_x, A_y соответственно; $ПТНА_x, ПТНА_y$ – преобразователи «ток – напряжение» акселерометров A_x и A_y соответственно; $УПДУС_x, УПДУС_y$ – усилитель-преобразователи датчиков угловой скорости вращения платформы вокруг осей OX и OY соответственно; $ПТНД_x, ПТНД_y$ – преобразователи «ток – напряжение» датчиков угловой скорости вращения платформы вокруг осей OX и OY соответственно; СТС – система термостатирования ДНГ; СУИП – система управления интегрирующим приводом; К – компаратор; ОВ – одновибратор; СФКУ – схема формирования кода угла; ЭСЧ – электронно-счётный частотомер; $ЦВ_x, ЦВ_y$ – цифровые вольтметры; ОСЦ – осциллограф; SA_1, SA_2 – переключатели; ГН – генератор напряжений; ИП1, ИП2, ИП3 – источники питания.

На рисунке не показаны входящие в состав установки оптическая делительная головка, стенд наклонно-поворотный и наземный гироскопический компас.

Краткое описание входящих в состав макета НПО устройств

Акселерометры A_x и A_y – компенсационные, построенные на основе датчика акселерометра маятникового типа ДА-11 [2]. В нём маятник подвешен на камневых опорах. В приборе применены датчик угла трансформаторного типа и датчик момента магнитоэлектрического типа.

Динамически настраиваемый гироскоп (ДНГ) – гиродатчик типа ГВК-6 [2]. Имеет внутренний двухколенный карданов подвеса ротора, синхронно-гистерезисный привод ротора, индуктивные датчики угла и магнитоэлектрические датчики момента по каждой из двух измерительных осей, совпадающих с осями OX_{II} и OY_{II} . Гиродатчик обеспечивает заявленные разработчиком точностные характеристики в условиях термостатирования прибора.

Платформа П предназначена для размещения на ней ДНГ и обеспечения его вращения относительно корпуса прибора вокруг оси OZ . В качестве опор подвеса использованы шарикоподшипники. По оси подвеса платформы установлены: преобразователь «угол – код» (энкодер) – в верхней части прибора; узел токоподводов (на рисунке не показан) и двигатель-генератор с понижающим редуктором – в нижней части прибора.

Датчик угла (ДУ) – точный преобразователь угла поворота платформы по отношению к корпусу прибора в цифровой код (энкодер). В качестве датчика применён инкрементный преобразователь типа ЛИР 190Е [3]. Для связи полуоси подвеса платформы с валом преобразователя использована сильфонная муфта.

Двигатель-генератор (ДГ) с понижающим редуктором входит в состав интегрирующего привода и обеспечивает плавное вращение платформы с заданной стабильной скоростью в заданном направлении.

К числу электронных устройств, обеспечивающих работу НПО относятся: УПА_X, ПТНА_X, УПА_Y, ПТНА_Y, УПДУС_X, ПТНД_X, УПДУС_Y, ПТНД_Y, СТС, а также СФКУ, СУИД. УПА_X, УПА_Y – устройства, преобразующие амплитудно-модулированный сигнал переменного тока с датчиков угла акселерометров в постоянный ток, подаваемый в обмотки датчиков момента этих акселерометров. Эти токи с помощью ПТНА_X, ПТНА_Y преобразуются в пропорциональные им напряжения, которые сглаживаются с помощью фильтров низких частот и подаются для последующей обработки. УПДУС_X, ПТНД_X, УПДУС_Y, ПТНД_Y – устройства, выполняющие те же, описанные выше, функции, но для двухкомпонентного ДУС на основе ДНГ и отличающиеся от последних только параметрами. В экспериментах использован один канал измерения скорости – канал «X». СТС предназначена для осуществления термостатирования ДНГ на уровне $+(75 \pm 0,5)^\circ \text{C}$. СФКУ обеспечивает непрерывную обработку сигналов ДУ, выведение на экран компьютера текущих значений угла ε и, при поступлении импульса с выхода одновибратора ОВ, выведение на экран значения угла ε на момент, определяемый передним фронтом этого импульса. Компаратор К формирует на выходе импульс, передний фронт которого по времени совпадает с моментом перехода сигнала ДУС через нуль. Одновибратор ОВ служит для предотвращения «дребезга» из-за наличия помех в выходном сигнале ДУС. СУИД осуществляет управление ДГ таким образом, чтобы скорость вращения его вала была строго пропорциональна управляющему напряжению. В макете реализован интегрирующий привод переменного тока.

Технические характеристики установки

Коэффициенты передачи датчиков линейных ускорений, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}$ – 0,5.

Коэффициенты передачи датчика угловой скорости, $\frac{\text{В} \cdot \text{час}}{\text{град}} \left(\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}} \right)$ – 0,25 ($3,98 \cdot 10^{-3}$).

Постоянная времени сглаживающих фильтров (второго порядка) на выходах датчиков акселерометров, с – 0,3.

Постоянная времени сглаживающих фильтров (второго порядка) на выходах датчика угловой скорости, с – 0,3.

Диапазон обеспечиваемых скоростей вращения платформы (в двух направлениях), $\frac{\text{град}}{\text{с}}$ ($\frac{\text{рад}}{\text{с}}$) – от 1 до 20 (от 0,01745 до 0,349).

Погрешность преобразования угла поворота платформы в цифровой код, угл. сек, не более – 5.

Цена младшего разряда устройства визуализации величины угла поворота платформы, угл. сек – 1.

Время выхода на режим системы термостатирования гиродатчика при температуре окружающей среды +20°C, мин., не более – 7.

Погрешность измерения напряжений на выходах датчиков линейных ускорений и датчиков угловой скорости, %, не более – $\pm 0,25 + \frac{0,05}{U_x}$,

где U_x – показание вольтметра, В.

Относительная погрешность определения скорости вращения платформы (среднее значение за 10 с), % – $\pm 7 \cdot 10^{-5}$.

Питание установки: от однофазной промышленной сети напряжением 220 ± 22 В частотой $50 \pm 0,5$ Гц; от однофазной сети напряжением $36 \pm 1,8$ В частотой 400_{-4}^{+0} Гц.

Погрешность задания азимутального угла корпуса прибора при установке его на оптическую делительную головку, угл. сек, не более – $\pm(10 + \delta_{\text{ГК}})$,

где $\delta_{\text{ГК}}$ – предельная погрешность определения азимута наземным гироскопическим компасом 1Г17, угл. сек.

Погрешность задания углов Эйлера-Крылова корпуса прибора, установленного на наклонно-поворотном стенде КПА-5, угл. мин, не более – 6.

Выводы

Пробные включения установки и первые эксперименты показали работоспособность установки и её пригодность для проведения запланированных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ву Д. К., Белянин Л. Н. Алгоритмы определения местоположения горнопроходческого комбайна. Навигация и управление движением. Материалы XVIII конференции молодых ученых «Навигация и управление движением» с международным участием / Науч. Редактор д.т.н проф. О. А. Степанов / Под. общ. ред. Академика РАН В. Г. Пешехонова. – СПб: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016. - с. 388 – 395.
2. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.В Матвеев, В. Я Распопов / Под общ. ред. д.т.н В. Я. Распопова. – СПб: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», 2009. - 280с.
3. Инкрементные угловые фотоэлектрические преобразователи перемещений (инкрементные энкодеры) ЛИР 190Е. (Электронный ресурс: (<http://skbis.ru/index.php?p=3&c=4&d=190>)). Дата обращения 15.03.2018.