

УДК 519.711.3

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛОМЕРОВ В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

А.А. Воронцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> доцент кафедры "Вычислительные машины и системы", к.т.н., Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: [aleksander.vorontsov@gmail.com](mailto:aleksander.vorontsov@gmail.com)

**Аннотация.** В данной статье подробно рассмотрены угломеры, принцип работы которых основан на различных физических эффектах, используемых в системах обеспечения безопасности строительных работ. Показано, что в зависимости от условий их работы необходимо осуществлять выбор конкретного из них. В заключении сделаны соответствующие выводы.

*Ключевые слова:* угломер, магнитострикция, использование угломеров, магнитострикционные угломеры.

## TO THE QUESTION OF USE OF ANGLOMERS IN THE SYSTEMS OF SECURITY OF CONSTRUCTION OF CONSTRUCTION WORKS

A.A. Vorontsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>lecturer of department "Computers and Systems", Ph.D., Penza State Technological University, s. Penza, Russia, e-mail: [aleksander.vorontsov@gmail.com](mailto:aleksander.vorontsov@gmail.com)

**Abstract.** This article discusses in detail goniometers, the principle of which is based on various physical effects used in safety systems for construction work. It is shown that, depending on the conditions of their work, it is necessary to select a specific one. In conclusion, the corresponding conclusions are made.

*Keywords:* goniometer, magnetostriction, the use of goniometers, magnetostrictive goniometers.

**Введение.** Огромные масштабы строительства в настоящее время невозможны без обеспечения безопасности строительных работ, для чего необходимо использовать приборы или устройства, предназначенные для предотвращения аварийной ситуации. К таким приборам относятся угломеры, предназначенные для определения углов наклона объекта. угломеры используются в строительстве для определения положения различных высотных сооружений, плотин, для определения величины прогибов и деформаций различного рода опор и балок, контроля углов наклона авто-

мобильных и железных дорог при их строительстве, ремонте и эксплуатации, определения угла наклона дорожных грейдеров, асфальтоукладчиков, подъемников, кранов и экскаваторов.

### **Цель работы.**

Целью данной статьи является обзор угломеров, используемых для обеспечения безопасности строительных работ, принцип работы которых основан на различных физических эффектах.

### **Материал и результаты исследований.**

Существуют следующие основные типы угломеров, используемые для обеспечения безопасности строительных работ:

1. Механические
2. Гидравлические
3. Оптико-механические (лазерные)
4. Электромеханические
5. Магнитострикционные

К *механическим угломерам* относится маятниковый угломер, принцип работы которого заключается в сохранении вертикального положения маятника при изменениях угла или углов наклона объекта. К данному типу угломеров относятся СКМ-3, ОНК-140 и др.

Принцип работы *гидравлических угломеров* основан на свойстве тел погружаться на дно жидкости или всплывать, занимая верхнее положение, в зависимости от плотности тела.

Наиболее распространенными являются *гидравлические угломеры*, содержащие корпус со сферической поверхностью с нанесенными на ней концентрическими окружностями, расположенными под определенным углом. Внутри корпуса, частично заполненного жидкостью, имеется пузырек воздуха, по положению которого судят об угле наклона объекта относительно горизонта. Данный принцип работы используется в угломере КП-1.3, где одна риска соответствует одному градусу. Имеются также гидравлические угломеры, работающие на других принципах. Например, угломер УНШ-1, в котором вместо пузырька воздуха используется шарик, который перекачивается по внутренней сферической поверхности дна и указывает угол наклона. Диапазон измерения гидравлических угломеров достигает  $\alpha = \pm 180^\circ$ .

К *электромеханическим* относятся емкостные угломеры, принцип работы которых основан на изменении емкости при изменении угла наклона объекта. Емкостный однокоординатный угломер состоит из двух пластин, разделенных диэлектриком.

Так как емкость угломера  $C$  определяется по формуле  $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ , где  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость диэлектрика,  $S$  - площадь пластин,  $d$  - расстояние между пластинами, то для определения угла наклона используют изменение расстояния между пластинами, делая одну из них неподвижной, либо изменение площади контакта пластин с диэлектриком, используя в качестве диэлектрика вещество, сохраняющее при изменении угла горизонтальное положение, например жидкость.

Диапазон измерения емкостных угломеров составляет  $\alpha = \pm 45^\circ$ .

Принцип работы *оптико-механических (лазерных) угломеров* основан либо на изменении угла отражения светового пучка от поверхности, либо на явлении интерференции, когда угол наклона объекта определяют подсчетом количества интерференционных полос. Диапазон измерения лазерных инклинометров составляет  $\alpha = \pm 180^\circ$ . Основным достоинством является небольшая погрешность измерений, достигающая менее одной тысячной секунды.

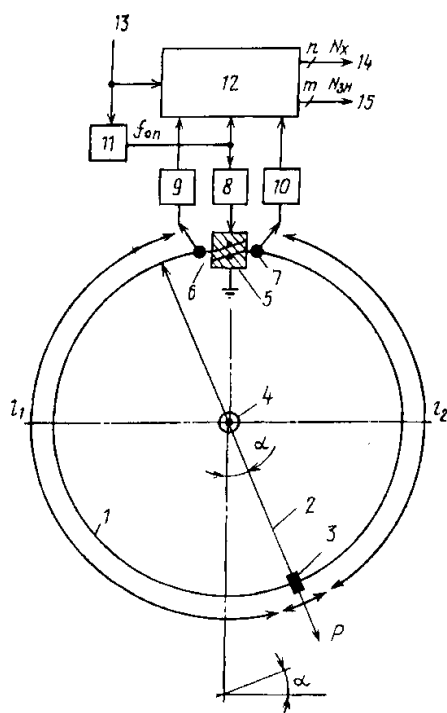


Рисунок 1 – Вариант магнитострикционного наклонмера

Диапазон измерения *магнитострикционных угломеров [1-4]* достигает  $\pm 180^\circ$ . Погрешность измерения составляет менее одной сотой секунды. Данные устройства нечувствительны к условиям проведения эксперимента и могут быть одно- и двухкоординатными. Принцип работы основан на изменении положения постоянного магнита относительно волновода или волноводов (ферромагнитных элементов) в зависимости от угла (углов) наклона объекта.

При прохождении токового импульса в среде волновода вокруг него образуется магнитное поле, которое взаимодействует с магнитным полем, созданным постоянным магнитом, в результате чего в волноводе происходит формирование упругих волн кручения, распространяющихся в обе стороны от места взаимодействия по волноводу вследствие магнитомеханического преобразования (эффект Видемана).

С помощью элементов считывания осуществляется преобразование упругих волн кручения в электрические импульсы вследствие магнитоупругого преобразования (эффект Виллари). Возможно демпфирование волн; для увеличения времени распространения и точности измерений возможно использование отражающей нагрузки. Производя подсчет времени распространения волн, находят код угла наклона.

Один из вариантов однокоординатного магнитострикционного угломера приведен на рисунке 1. Он состоит из следующих элементов и узлов: волновода 1 из магнитострикционного материала с радиусом закругления  $R$ , поводка 2 с поляризатором 3 и шарниром 4, акустического поглотителя 5, двух элементов считывания 6,7, усилителя записи 8, двух усилителей считывания 9,10, генератора опроса 11, блока кодирования и вычислений 12 (БКВ), шины управления 13,  $n$  шин данных 14 и  $m$  шин знака перемещения 15.

Все рассмотренные типы угломеров используются в строительстве, однако по технико-экономическим показателям маятниковые угломеры уступают магнитострикционным по чувствительности, точности, быстродействию, надежности и энергопотреблению; гидравлические – по чувствительности, точности, быстродействию и энергопотреблению; емкостные – по точности, быстродействию, надежности и стоимости; лазерные – по энергопотреблению, стоимости, массе и габаритам. Эти преимущества магнитострикционных угломеров позволяют отдать им предпочтение при создании систем обеспечения безопасности строительных работ.

**Вывод.** Представленная в данной статье информация позволяет сделать выводы о характеристиках угломеров, используемых в строительстве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А.А. Исследование изменения быстродействия при удаленном подключении по сети интернет к рабочему столу виртуальной машины частного облака ПензГТУ. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 3 (31). С. 173-178.
2. Прошкин В.Н. Конструкторско-технологические способы совершенствования магнитострикционных преобразователей линейных перемещений для специальных условий эксплуатации: Дис....канд. техн. наук. – Астрахань, 2007. – 229 с.
3. Воронцов, А.А. Двумерная модель формирования сигнала воспроизведения магнитострикционного угломера / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов // Известия Пензенского государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. – С. 462–466.
4. Воронцов, А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных угломеров, содержащих кольцевой или сплошной постоянный магнит / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин // Известия Пензенского

государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. С. 467–472.

УДК 519.711.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭФФЕКТА В МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

А.А. Воронцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> доцент кафедры "Вычислительные машины и системы", к.т.н., Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: [aleksander.vorontsov@gmail.com](mailto:aleksander.vorontsov@gmail.com)

**Аннотация.** В данной статье подробно рассмотрено явление, получившее название скин или поверхностный эффект, проявляющийся в протекании переменного электрического тока в поверхностном слое волновода, называемом также эффективно проводящим  $Z_e$ -слоем. Выполнен анализ основных факторов, влияющих на толщину поверхностного слоя. Проведено математическое моделирование поверхностного эффекта и оценка толщины  $Z_e$ -слоя при различных значениях частоты колебаний переменного электрического тока.

*Ключевые слова:* скин эффект, магнитострикционный угломер, эффективно проводящий слой, поверхностный эффект, математическое моделирование скин эффекта.

## RESEARCH OF SURFACE EFFECT IN MAGNETOSTRICTION CONVERTERS OF LINEAR AND ANGULAR MOVEMENTS

A.A. Vorontsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>lecturer of department "Computers and Systems", Ph.D., Penza State Technological University, s. Penza, Russia, e-mail: [aleksander.vorontsov@gmail.com](mailto:aleksander.vorontsov@gmail.com)

**Abstract.** This article describes in detail a phenomenon called a skin or a surface effect, which manifests itself in the flow of an alternating electric current in the surface layer of a waveguide, also called an effectively conducting  $Z_e$  layer. The analysis of the main factors affecting the thickness of the surface layer is carried out. Mathematical modeling of the surface effect and estimation of the thickness of the  $Z_e$  layer at various values of the frequency of oscillations of the alternating electric current are carried out.

*Keywords:* Skin effect, magnetostrictive protractor, effective conductive layer, surface effect, mathematical modeling of the skin effect.