

[https://doi.org 10.53364/24138614_2024_32_1_49](https://doi.org/10.53364/24138614_2024_32_1_49)
МРНТИ 73.37.81

¹К.Д. Кочеткова, ¹П.А.Шолохов*, ¹А. Балгожиев,
¹В.Красноперов, ¹М.Мырзагалиев

¹ ФГБОУ ВО Пензенский Государственный Университет, г. Пенза, Россия

*E-mail: sholokhovpav@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АКСЕЛЕРОМЕТРА

Аннотация: Акселерометры находят широкое применение в различных устройствах, связанных с перемещением, наклоном и вибрацией. Список типичных областей использования акселерометров включает авионику, промышленность, бытовую технику, системы защиты от падений, медицину и спорт, а также устройства ввода информации. Именно поэтому важно, чтобы выбранный акселерометр, подходил под все заданные параметры, например, был прост в конструкции, имел повышенный порог чувствительности и отсутствие зоны застоя. Выбор оптимального акселерометра для конкретного изделия зависит от многочисленных факторов.

На ранних стадиях разработки акселерометра необходимо оценить множество факторов, таких как целесообразность затрат и актуальность данного изделия, провести проверку сравнения характеристик с различными аналогами отечественных и зарубежных стран, а также оценить степень риска в получении ряда характеристик с учетом достигнутого мирового уровня. При составлении технического задания также важно учитывать все вышеперечисленные факторы.

Акселерометр предназначен для измерения параметров поступательного движения и используется как датчик изменения положения устройства в пространстве.

Ключевые слова: акселерометр, ускорение, инерционная масса, частотный спектр, порог чувствительности.

Инженер компании *Sperry Gyroscope* Френсис Дэвенпорт в 1917 году создал первый акселерометр, который позволял измерять ускорение и угол наклона летательных аппаратов, судов и других транспортных средств. Это изобретение стало настоящей революцией в различных областях науки, техники и промышленности.

Измерительный прибор акселерометр измеряет разницу между истинным и гравитационным ускорением объекта. Считается, что акселерометр представляет собой чувствительную массу, которая закреплена в упругом держателе.

Информацию о значении данного ускорения может дать отклонение массы от ее первоначального положения при наличии кажущегося ускорения.

Акселерометры подразделяют на две основные группы – пружинные, построенные по разомкнутой структурной схеме; - компенсационные, построенные по замкнутой структурной схеме. Рассмотрим подробнее схему работы пружинного акселерометра. На рисунке 1 представлена схема пружинного акселерометра

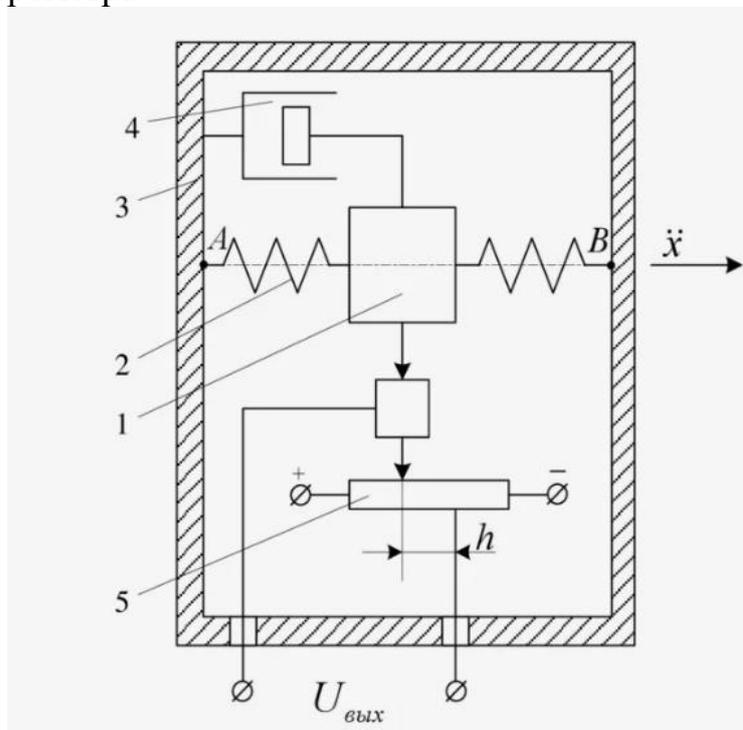


Рисунок 1. Схема пружинного акселерометра

где 1 - инерционная масса; 2 - пружина; 3 - корпус; 4 - демпфер; 5 – потенциометр.

Датчик механического акселерометра функционирует на принципе измерения относительного движения инертной массы или грузика, прикреплённого к упругим элементам (пружинам). Пружины закреплены на неподвижной части устройства и реагируют на смещение инертной массы при ускорении. Принцип работы акселерометра состоит в следующем: когда устройство ускоряется, инертная масса стремится сохранить свою скорость и положение относительно земли. Однако упругие элементы, с которыми она связана, оказывают сопротивление её движению, вызывая отклонение от нейтрального положения. Чем больше ускорение, тем сильнее отклонение инертной массы и, следовательно, тем больше деформируются пружины. Измеряя степень деформации пружин, можно определить величину ускорения. В данной конструкции демпфер нужен для так называемого «гашения колебаний» инерционной массы в переходном режиме.

Выбор оптимального акселерометра для конкретного устройства зависит от многочисленных факторов. Один из ключевых параметров — это диапазон измерений, который указывает на способность акселерометра измерять амплитуду ускорения. Чем больше значение в характеристиках, тем больше ускорения способен измерить датчик.

Еще одним важным показателем является чувствительность (разрешение) акселерометра, которая указывает на минимальное изменение ускорения, которое датчик может определить. Чем ниже значение, тем выше чувствительность, и, соответственно, датчик способен зафиксировать более слабое ускорение.

Полоса пропускания также играет важную роль при выборе акселерометра. Это диапазон частот, в котором датчик измеряет ускорение. Чем шире полоса пропускания, тем больше частот датчик сможет зафиксировать. Поэтому необходимо понимать, в каком частотном диапазоне планируется проводить измерения.

Кроме того, акселерометры могут быть специализированы для различных видов вибрации. Для источников возбуждения, таких как взрывы и работа машин, диапазон частот составляет от 1 до 300 Гц. Вибрации, связанные со забивкой свай, имеют диапазон от 1 до 100 Гц. Есть и другие виды вибрации, которые измеряются в диапазоне от 1 до 1000 Гц, и выбор акселерометра зависит от нужного вида вибрации.

Выходное разрешение акселерометра — это отношение полного диапазона измерений к полному диапазону полезного сигнала на выходе датчика. Чем выше разрешение, тем более высокая амплитуда выходного сигнала при минимальном изменении входной величины.

Еще одним параметром является число осей, по которым датчик может измерять ускорения. Также важным фактором является нестабильность смещения, которая характеризует случайные вариации смещения датчика в определенный временной интервал. Чем ниже нестабильность смещения, тем стабильнее сигнал на выходе датчика в неизменных условиях.

Диапазон рабочих температур также следует учитывать при выборе акселерометра, поскольку он определяет, в каких условиях датчик сможет функционировать. Чем шире диапазон, тем больше разнообразных условий акселерометр может выдержать.

Необходимо также обратить внимание на ударостойкость акселерометра, которая определяет силу удара, которую датчик способен выдержать. Чем выше ударостойкость, тем больше экстремальных механических нагрузок датчик сможет выдержать без изменения в технических характеристиках.

Наконец, тип подключения акселерометра - еще один фактор, который следует учесть. Датчик может быть припаян на плату или подключен через разъем.

Главной отличительной особенностью качественных акселерометров является повышенный порог чувствительности и отсутствие зоны застоя за счет обхода кинематических пар постоянного трения. Для обеспечения линейной характеристики преобразования в конструкции предусмотрено демпфирование, т.е. искусственное подавление колебаний. Таким образом, про акселерометр можно сказать, что он прост в конструкции, удобен в использовании, и имеет линейную характеристику преобразования, что обеспечивает точные измерения.

В 2029 году, если верить прогнозам исследователей, мировой рынок акселерометров будет иметь объем в 5.23 млрд долларов США, что можно сопоставить с 3.74 млрд долларов США в 2022 году, при среднегодовом темпе роста на уровне 3.8% в течение всего периода прогнозирования.

Таким образом, из всего выше сказанного следует, что акселерометры могут быть использованы в любых устройствах, которые имеют дело с перемещением, наклоном или вибрацией, и даже в повседневной жизни каждый человек пользуется акселерометрами, которые встроены в различные устройства, например смартфоны или смарт-часы. Акселерометры имеют широкое применение и в таких важных областях, как авиация.

К. Д. Кочеткова, П.А. Шолохов, А. Балғожиев,
В. Красноперов, М. Мырзағалиев

АКСЕЛЕРОМЕТРДІҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа: Акселерометрлер қозғалыс, кәлбеу және дірілге қатысты әртүрлі құрылғыларда кеңінен қолданылады. Акселерометрлерді қолданудың типтік бағыттарының тізіміне авионика, өнеркәсіп, тұрмыстық техника, құлаудан қорғау жүйелері, медицина және спорт, сондай-ақ ақпаратты енгізу құрылғылары кіреді. Сондықтан таңдалған акселерометрдің барлық берілген параметрлерге сәйкес келуі маңызды, мысалы, дизайн қарапайым, сезімталдық шегі жоғарылаған және тоқырау аймағы жоқ. Белгілі бір өнім үшін оңтайлы акселерометрді таңдау көптеген факторларға байланысты.

Акселерометрді дамытудың алғашқы кезеңдерінде көптеген факторларды бағалау қажет, мысалы, шығындардың орындылығы және осы өнімнің өзектілігі, отандық және шет елдердің әртүрлі аналогтарымен сипаттамаларды салыстыруды тексеру, сондай-ақ қол жеткізілген әлемдік деңгейді ескере отырып, бірқатар сипаттамаларды алудағы тәуекел дәрежесін бағалау. Техникалық тапсырманы дайындау кезінде жоғарыда аталған барлық факторларды ескеру қажет.

Акселерометр трансляциялық қозғалыс параметрлерін өлшеуге арналған және құрылғының кеңістіктегі орнын өзгерту сенсоры ретінде қолданылады.

Түйін сөздер: акселерометр, үдеу, инерциялық масса, жиілік спектрі, сезімталдық шегі.

K.D. Kochetkova, P.A. Sholokhov, A. Balgozhiev,
V. Krasnoperov, M. Myrzagaliev

DETERMINATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE ACCELEROMETER

Abstract: Accelerometers are widely used in various devices related to displacement, tilt and vibration. The list of typical applications of accelerometers includes avionics, industry, household appliances, fall protection systems, medicine and sports, as well as information input devices. That is why it is important that the selected accelerometer fits all the specified parameters, for example, it is simple in design, has an increased sensitivity threshold and no stagnation zone. The choice of the optimal accelerometer for a particular product depends on numerous factors.

At the early stages of accelerometer development, it is necessary to evaluate many factors, such as the expediency of costs and the relevance of this product, to check the comparison of characteristics with various analogues of domestic and foreign countries, as well as to assess the degree of risk in obtaining a number of characteristics, taking into account the achieved world level. When drawing up the terms of reference, it is also important to take into account all of the above factors.

The accelerometer is designed to measure the parameters of translational motion and is used as a sensor for changing the position of the device in space.

Key words: accelerometer, acceleration, inertial mass, frequency spectrum, sensitivity threshold.

Список литературы

1. Торгашин С.И., Папко А.А., Пауткин В.Е., Цыпин Б.В. Технологические аспекты формирования первичных измерительных преобразователей микромеханических акселерометров//Нано- и микросистемная техника - 2019. - №6(29). С. 341-346.
2. Желтухина Л.В. Акселерометр//Достижение вузовской науки - 2016. №21. С.
3. Комбарова И.В., Папко А.А., Кирынина И.В., Алексеева В.В. Об исследовании повторяемости и воспроизводимости метрологических характеристик прецизионных акселерометров//Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль - 2014. - №1(7). С.21-24.
4. Папко А.А., Шепталиня С.В., Алексеева В.В., Скамордин Д.А., Соловьев А.В. О моделировании параметров механической колебательной системы акселерометра и методах ее контроля в производстве//Труды Международного Симпозиума «Надежность и Качество» - 2009. - №1. С.368-371.

5. Мокров Е.А., Папко А.А. Оптимизация конструкций обратных преобразователей компенсационных акселерометров//Измерительная техника-2004. №5. С. 41-43.

References

1. Torgashin S.I., Papko A.A., Pautkin V.E., Tsy-pin B.V. Technological aspects of the formation of primary measuring transducers of micromechanical accelerometers//Nano- and microsystem technology - 2019. - №6(29). Pp. 341-346.

2. Zheltukhina L.V. Accelerometer//Achievement of university science - 2016. No.21. p.

3. Kombarova I.V., Papko A.A., Kiryanina I.V., Alekseeva V.V. On the study of repeatability and reproducibility of metrological characteristics of precision accelerometers//Measurement. Monitoring. Management. Control - 2014. - №1(7). Pp.21-24.

4. Papko A.A., Sheptalina S.V., Alekseeva V.V., Skamordin D.A., Solovyov A.V. On modeling parameters of the mechanical oscillatory system of the accelerometer and methods of its control in production//Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality" - 2009. - No.1. pp.368-371.

5. Mokrov E.A., Papko A.A. Optimization of designs of reverse converters of compensation accelerometers//Measuring equipment-2004. No.5.

Кочеткова Ксения Денисовна	Студент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет. г. Пенза, Россия E-mail: kochetkova504@mail.ru
Кочеткова Ксения Денисовна	"Радиоаппаратураны құрастыру және өндіру" кафедрасының студенті ФГБОУ кезінде Пенза мемлекеттік университеті. Пенза қ., Ресей E-mail: kochetkova504@mail.ru
Kochetkova Ksenia Denisovna	Student of the Department of "Design and manufacture of radio equipment" Penza State University. g. Penza, Russia E-mail: kochetkova504@mail.ru

Шолохов Павел Анатольевич	Старший преподаватель кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет. г.Пенза, Россия, E-mail: sholokhovpav@mail.ru PavelAPja5IE!
Шолохов Павел Анатольевич	"Радиоаппаратураны құрастыру және өндіру" кафедрасының аға оқытушысы ФГБОУ кезінде Пенза мемлекеттік университеті. Пенза қ., Ресей E-mail: sholokhovpav@mail.ru
Pavel Anatolyevich Sholokhov	Senior lecturer at the Department of "Design and manufacture of radio equipment" Penza State University. g. Penza, Russia E-mail: sholokhovpav@mail.ru

Балгожиев Асылан	Военный институт воздушной обороны. Начальник группы. Актобе, Казахстан E-mail: aslanbalgozиеv@gmail.com
Балгожиев Асылан	Әуе қорғанысы әскери институты. Топ бастығы Ақтөбе қ., Қазақстан E-mail: aslanbalgozиеv@gmail.com
Balgozhiev Aslan	Military Institute of Air Defense. Head of the Aktobe Group, Kazakhstan E-mail: aslanbalgozиеv@gmail.com

Красноперов Вячеслав	Министерство обороны Казахстана Начальник военного представительства. г.Астана, Казахстан, E-mail: Slava.kras@list.com
Красноперов Вячеслав	Қазақстан Қорғаныс министрлігі Әскери өкілдіктің бастығы. Астана қ., Қазақстан E-mail: Slava.kras@list.com
Krasnoperov Vyacheslav	Ministry of Defense of Kazakhstan Head of the military representation. Astana, Kazakhstan E-mail: Slava.kras@list.com

Мырзағалиев Мухтар	Министерство обороны Казахстан. Военный представитель г. Алматы, Казахстан E-mail: mirman2008@gmail.com
Мырзағалиев Мухтар	Қазақстан Қорғаныс министрлігі. Алматы қ., Қазақстан Әскери өкілі E-mail: mirman2008@gmail.com
Myrzagaliev Mukhtar	The Ministry of Defense of Kazakhstan. Military Representative of Almaty, Kazakhstan E-mail: mirman2008@gmail.com