

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СИЛОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЦЕНТРОВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Антонец И.В., Писанов А.А.

Ульяновский институт гражданской авиации, г. Ульяновск

Ключевые слова: силоизмерительное устройство, остаточная деформация, погрешность, постоянные магниты, фотоприемник, центр масс.

Аннотация. Разработана конструкция силоизмерительного устройства с вторичным оптическим преобразователем и применением двух высококоэрцитивных постоянных магнитов, которая увеличивает точность процесса при взвешивании, устраняя целый ряд погрешностей при измерении за счёт силовой компенсации внешней нагрузки. Данный метод поможет повысить качество на производстве, усовершенствовав процесс дозирования, в том числе процесс взвешивания воздушного судна для определения положения центра масс.

METHOD FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF LOAD SENSORS THAT ARE USED TO MEASURE THE CENTER OF MASS OF AN AIRCRAFT

Antonets I.V., Pisanov A.A.

Ulyanovsk Civil Aviation Institute, Ulyanovsk

Keywords: force measuring device, deformation residue, errors, permanent magnets, photodetector, center of mass.

Abstract. A design of a power measuring device with a secondary optical converter and the use of two highly coercive permanent magnets has been developed, which increases the accuracy of the process during weighing, eliminating a number of measurement errors due to power compensation of the external load. This method will help improve the quality of production by improving the dosing process, including the weighing process of the aircraft to determine the center of mass.

Под процессом дозирования понимается процесс обособления определенного объема или массы материала и выдачи его для последующей обработки. Практически во всех отраслях промышленности процессы дозирования занимают важное место, так как в производстве используется огромное количество различных материалов, состав и соотношение величин которых определяет качество конечного продукта. Наиболее широкое применение дозаторы нашли в металлургической, химической и пищевой отрасли промышленности, а так же в строительстве, где дозирование применяется в основном для фасовки продукции, а так же при приготовлении смесей из нескольких компонентов. Также процесс взвешивания применим для определения центровки воздушного судна. При погрузке летательных аппаратов часто происходит их перегруз, что является причиной многочисленных летных происшествий и катастроф. Перегруз приводит к смещению положения центра тяжести, т.е. к изменению центровки летательного аппарата, что приводит к нарушению взлетного режима и летных характеристик летательного аппарата. Вследствие этого очень важно осуществлять в процессе загрузки летательного

аппарата контроль изменения его массы и распределения груза. В данной работе будет подробно описано, каким образом процесс взвешивания может быть модернизирован и каким образом данный метод может быть применим на практике, а именно для измерения центровки воздушного судна.

Для начала следует описать способы взвешивания и дозирования, а также принцип работы предлагаемого силоизмерительного устройства.

В условиях современного производства взвешивание и дозирование производится автоматическими весами и дозаторами, которые можно классифицировать по различным признакам, в том числе: по материалам (для сыпучих и жидких сред); по принципу дозирования (весовые, объемные и комбинированные); по принципу управления (с ручным управлением, полуавтоматические, автоматические).

Автоматическое весовое дозирование основано на автоматическом взвешивании предварительно заданных и фактически постоянных по массе доз продукта (материала) и наполнения ими емкостей, при этом дозы сохраняются раздельно. Дозатор включает в себя в качестве основных частей: автоматический питатель или питатели, связанные с одним или несколькими взвешивающими устройствами, соответствующие контрольные и разгрузочные устройства. Различают следующие виды автоматических весовых дозаторов:

а) дозатор с комбинированной дозой (associative (selective combination) weigher) – весовой дозатор, который состоит из одного или более взвешивающих узлов и который рассчитывает соответствующую комбинацию нагрузок и объединяет их для последующей выдачи в качестве дозы;

б) дозатор с накоплением дозы (cumulative weigher) – весовой дозатор с одним взвешивающим узлом с приспособлением для получения дозы более чем за один цикл взвешивания;

в) вычитающий дозатор (subtractive weigher) – весовой дозатор, у которого доза определяется регулированием порции, выходящей из бункера.

Дозирование по массе является более точным, чем дозирование по объему. В дозаторах, работающих по этому способу, процесс взвешивания состоит из четырех этапов: воздействие материала на чувствительный элемент силоизмерительного устройства, преобразование этого воздействия в цифровой информационный сигнал, указание или регистрация полученной в результате преобразования информации, воздействия на рабочий орган для завершения наборы дозы материала [2].

Входными параметрами для методики (алгоритма) расчета параметров силоизмерительных датчиков будут являться:

- 1) диапазон номинальных значений массы дозы (кГ);
- 2) быстродействие дозатора в (c^{-1});
- 3) предельное отклонение среднего значения массы дозы от номинального (%).

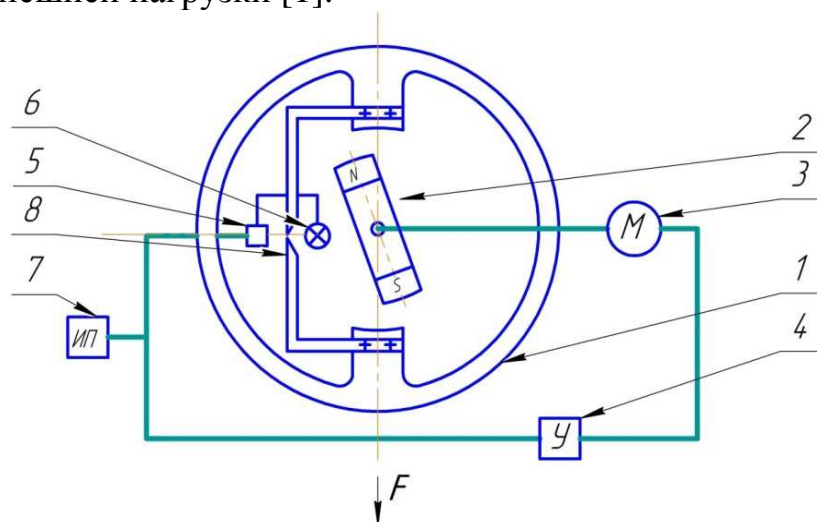
Функциональная схема дозатора дискретного действия представлена на рис. 1.



Рис. 1. Функциональная схема дозатора дискретного действия

Питатель создает поток сыпучего груза $G(t)$ воздействующий на тару. Учитывая потери (преобразования) в механической составляющей конструкции подвеса тары, воздействие сыпучего груза передается на силоизмерительный датчик в виде функции силы $G_1(t)$. Который, в свою очередь, на основании произведенного измерения, передает на вход системы управления сигнал в виде зависимости массы от времени $m(t)$. Система управления формирует управляющие сигнал U_1 для исполнительного органа (заслонки тары), и U_2 – для питателя.

Нами разработана (рис. 2) конструкция силоизмерительного устройства, в которой устраняется погрешность измерения, вызванная остаточной деформацией измерительного кольцевого упругого элемента за счет силовой компенсации внешней нагрузки [1].



1 – кольцевой упругий элемент, 2 – постоянный магнит, 3 – двигатель, 4 – усилительное устройство, 5 – приемник излучения, 6 – источник излучения, 7 – измерительный прибор, 8 – шторки

Рис. 2. Схема силоизмерительного устройства, использующего систему стабилизации пространственного положения упругого кольца: с поворотным магнитом

Работа устройства осуществляется следующим образом. В исходном положении кольцо не деформировано и сигнал с фотоприемника отсутствует. При приложении нагрузки на упругое кольцо просвет между шторками в первый момент увеличивается, при этом сигнал с фотоприемника также увеличивается и на выходе усилителя – преобразователя появляется ток, приводящий, в свою очередь к вращению двигателя 3(М). Вращающийся постоянный магнит взаимодействует с пластинами, закрепленными на концах кольцевого упругого

элемента. Чем меньше угол между осью постоянного магнита и вертикальной осью, тем больше сила притяжения и меньше деформация упругого элемента. В этом случае величина внешней нагрузки пропорциональна углу поворота постоянного магнита [1].

Основное функциональное назначение магнитных плоских систем – наличие силы притяжения постоянных магнитов к ферромагнитным телам, причем сила притяжения тем больше, чем меньше воздушный зазор между магнитом и телом системы. Притяжение постоянных магнитов обуславливает необходимость в специальных прокладочных деталях из немагнитного материала в воздушном зазоре для исключения эффекта прилипания. Уже на стадии конструкторской разработки устройств необходимо определять значение силы притяжения постоянных магнитов.

В магнитных системах применяются высококоэрцитивные постоянные магниты из сплавов редкоземельных элементов: самарий–кобальт (Sm–Co) и неодим–железо–бор (Nd–Fe–B). Постоянные магниты представляют собой прямоугольные призмы.

Рассмотрим расположение двух высококоэрцитивных постоянных магнитов в виде прямоугольных призм, расположенных друг против друга, в торцевой магнитной муфте или плоской магнитной системе (рис. 3). Обозначим ширину, длину и толщину верхнего и нижнего магнитов соответственно $A * B * H$ и $a * b * h$; намагниченности J верхнего и нижнего магнитов — одинаковы и направлены перпендикулярно к поверхности полюсов. Центр O верхнего полюса нижнего магнита совпадает с центром системы координат $x y z$. Центр нижнего полюса верхнего магнита удален по оси z от центра верхнего полюса нижнего магнита на расстояние δ (воздушный зазор). Постоянный магнит представим в виде двух полюсов (верхний и нижний) с магнитными зарядами, противоположными по знаку, с поверхностной плотностью $\mu_0 j$. Для высококоэрцитивных постоянных магнитов плотность магнитных зарядов по площади полюса считается постоянной. Далее предложена схема расположения двух противоположащих магнита в магнитной схеме [4].

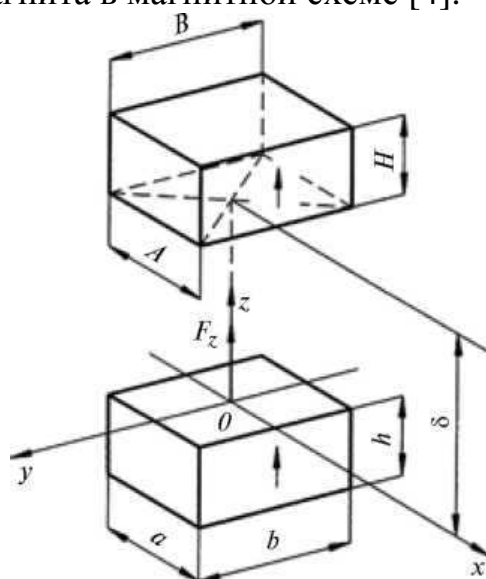


Рис. 3. Схема расположения двух противоположащих магнитов в магнитной системе (стрелками показаны направления намагниченности)

Магниты размещаются на стержнях из магнитомягкого материала (сталь 20). Для расчета общей силы притяжения постоянных магнитов, расположенных в торцевых частях магнитной системы воспользуемся известным выражением:

$$F = [1,33(B_{rn} / B_{r1})^2 - 0,57(\delta / \Delta)] * mF_z, \quad (1)$$

где F – общая сила притяжения постоянных магнитов, B_{rn} – остаточная магнитная индукция магнита n -й группы, $n = 1; 2$ и т.д., B_{r1} – остаточная магнитная индукция 1й группы, δ – расстояние между магнитами (воздушный зазор), Δ – интервал измерения между магнитами, m – количество постоянных магнитов, F_z – сила притяжения 1го постоянного магнита.

В нашем случае поворотная система содержит по два постоянных магнита ($m = 2$) из сплава редкоземельных элементов (самарий–кобальт) марки КС-37 первой группы с остаточной магнитной индукцией $B_{r1} = 0,76$ Тл, размерами $A = a = 10$ мм, $B = b = 10$ мм, $H = h = 25$ мм. Постоянные магниты в соосной с полюсами кольца позиции располагаются друг против друга на расстоянии $\delta = 0,5$ мм (воздушный зазор). По формуле (1) общая сила притяжения двух магнитов составила 840 Н, что позволит компенсировать внешнюю нагрузку массой более 50 кг.

Таким образом, практическое отсутствие деформации упругого элемента разработанного весоизмерительного устройства позволит избавиться от целого ряда погрешностей: остаточной деформации, нелинейности, упругих несовершенств материала, температурных колебаний, от воздействия линейных ускорений, от воздействия вибраций, от изменения свойств материала с течением времени и т.п. Устранение перечисленных погрешностей позволит повысить точность процесса взвешивания.

Существуют два основных способа взвешивания ВС.

1. С использованием платформенных весов – устройство для взвешивания самолета, содержащее смонтированные в углублениях пола цеха две платформы весов и три гидравлических подъемника, при этом при расположении самолета на шасси его носовая нога опирается на первую платформу весов, при расположении самолета на гидравлических подъемниках гидравлический подъемник, установленный под опорный узел хвостовой части фюзеляжа, опирается на вторую платформу весов. Каждая платформа известного устройства посредством шариковых опор расположена на четырех силоизмерительных датчиках, установленных на основании, при этом платформа снабжена стабилизирующим устройством в продольном и поперечном направлениях. Однако погрешность взвешивания известным устройством увеличена весом двух платформ и гидравлического подъемника, расположенных на силоизмерительных датчиках. Это недостаток известного устройства.

2. С использованием весов с точечным подвесом – способ определения веса и центровки с помощью измерения усилий на элементах шасси тензометрическим методом, при котором на каждую опору шасси устанавливаются тензометрические датчики. Недостатком такого способа является необходимость специального конструирования силовых элементов шасси для размещения на них тензометрических датчиков. Определенную сложность представляет также

надежность эксплуатации датчиков в условиях воздействия воды, слякоти, снега и др. на взлетно-посадочных полосах и рулежных дорожках.

Погрешность взвешивания известных устройств зависит от погрешностей силоизмерительных датчиков и измерительного блока. Указанная погрешность равна определенной величине платформ и гидравлического подъемника, расположенных на силоизмерительных датчиках. Это недостаток известных устройств. Использование заявленного силоизмерительного устройства в известных методах взвешивания ВС позволит избавиться от большинства этих погрешностей, тем самым обеспечив больший контроль по распределению массы и груза, тем самым поможет улучшить вычисление положения центра тяжести ВС.

Список литературы

1. Антонец И.В. Весоизмерительные устройства с кольцевым упругим элементом и вторичным фотодатчиком / И.В. Антонец, В.П. Табаков, Д.Э. Финогенов // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2006. №12. С. 21-25.
2. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. М.: Машиностроение, 1980. 230с.
3. Тихонов А.И., Тихоненков В.А., Мокров В.А. Упругие элементы датчиков механических величин: Учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 1998. 120с.
4. Проектирование датчиков для измерения механических величин / под ред. Е.П. Осадчего. М.: Машиностроение, 1979. 247с.

Сведения об авторах:

Антонец Иван Васильевич – д.т.н., профессор кафедры АТ УИГА, УИГА, г. Ульяновск;

Писанов Александр Александрович – курсант, УИГА, г. Ульяновск.