

ПОЛИМОРФНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ НОВЫЙ ТИП КОММУТАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ И АВИАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

В.Никитин, Р.Белов, Э.Семенов, Е.Данилов 505z@mail.ru

Прогресс в разработке полимерных микроджойстиков позволил создать настолько легкий, технологичный и дешевый полимерный прибор, что возникла идея использовать его в качестве многофункционального переключателя для замены механических контактных тумблеров и пакетных переключателей. В результате были изготовлены полиморфные переключатели нового поколения, обладающие такими достоинствами, как полиморфность, высокая технологичность, миниатюрность и малые массогабаритные характеристики.

С развитием современных зенитных ракет возрастают требования к маневренности истребителей. Некоторые эксперты считают, что при маневренности свыше 17-20g самолет становится неуязвим для ракет противника. Но как быть с пилотом? Ведь в антиперегрузочном костюме он может переносить перегрузки до 9-11g, перегрузка в 40g считается предельной для травматичности, а 70-кратная – предельной для выживания.

Одно из решений этой проблемы – беспилотный истребитель, маневренность которого может достигать 30g. И, очевидно, скоро такой гиперманевренный дрон будет создан. Другое решение заключается в обеспечении гидрокompенсации перегрузок пилота, что позволит поднять уровень допустимой перегрузки до 25-30g, т.е. до уровня, при котором самолет становится неуязвимым. Однако управлять аппаратом, совершающим маневры, с такими перегрузками с помощью ручек управления в виде джойстиков невозможно, поскольку при этом на руку пилота, удерживающую джойстик, будет действовать сила ~120 кг. Что же делать? Решить проблему можно с помощью скоростных систем ввода информации на основе противоперегрузочных полиджойстиков.

ПРОТИВОПЕРЕГРУЗОЧНЫЙ ПОЛИДЖОЙСТИК

Основу противоперегрузочного полиджойстика составляет прочная внешняя оболочка, внутри которой расположена эластичная полость в виде перчатки для руки пилота (рис.1). Область между оболочкой и перчаткой перед полетом заполняется жидкостью, плотность которой близка к средней плотности тела человека. Под перчаткой находятся микроджойстики, нажимая на которые пилот может управлять летательным аппаратом. Погружение рук пилота в жидкость позволяет в значительной степени компенсировать действие внешних перегрузок и вибраций на них и на полиджойстики.

Благодаря применению полиджойстиков время доступа к органам управления сокращается более чем в 12 раз (0,018 с против 0,24 с в случае применения обычных джойстиков). Минимальное время, требуемое для выполнения пилотом полного хода ручки управления на основе джойстика (при скорости руки, равной ~2 м/с, и времени его реакции 0,1 с) из одного крайнего положения в другое (~150 мм), составляет 0,075 с. В то же время полный ход ручки полиджойстика не превышает 10 мм, а значит, время выполнения маневра составит 0,005 с, т.е. будет примерно в 15 раз меньше, чем при управлении обычным джойстиком. Таким

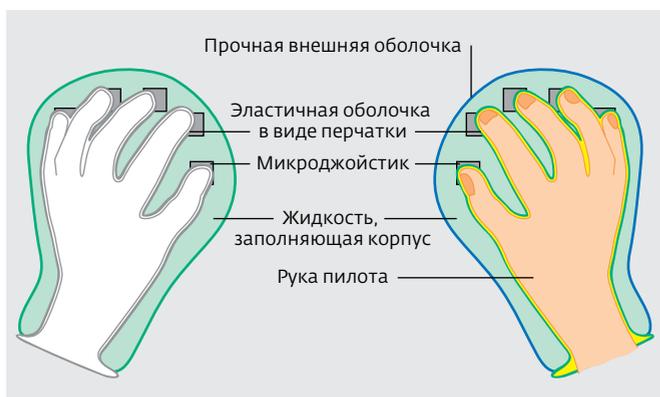


Рис.1. Противоперегрузочный полиджджойстик

образом, применение полиджджойстиков позволяет не только управлять летательным аппаратом в условиях больших перегрузок, но и значительно ускоряет формирование управляющих команд.

Разработка полиджджойстика – легкого, технологичного и дешевого полимерного прибора – стимулировала создание специалистами ООО "НПП "Тензосенсор" (Рыбинск) совместно с учеными кафедры вычислительной техники Рыбинского государственного авиационного технического университета им. П.А.Соловьева многофункционального полимерного микроджджойстика нового поколения МД-14. Микроджджойстик характеризуется высокой технологичностью и миниатюрностью и пригоден для замены механических контактных тумблеров и пакетных переключателей. Полимерные микроджджойстики разрабатывались в 2009–2011 годах (НИР "Джой") в рамках ФЦП "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники" на 2008–2015 годы. Сейчас прибор готов к НИОКР и опытно-промышленному внедрению.

ПОЛИМЕРНЫЕ МИКРОДЖОЙСТИКИ И ПОЛИМОРФНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Полимерный микроджджойстик представляет собой управляющую ручку, выполненную как единое целое с упруго деформируемым элементом, на поверхность которого нанесен тензорезистор в виде слоя электропроводного эластичного материала (рис.2). При нажатии на ручку микроджджойстика сопротивление тензорезистора меняется. Это изменение регистрирует и обрабатывает микропроцессор, вычисляющий угол и направление нажатия ручки микроджджойстика.

Если микроджджойстик применяется для управления работой компьютера, на основе его сигнала микропроцессор вычисляет направление и скорость перемещения курсора. Если он используется

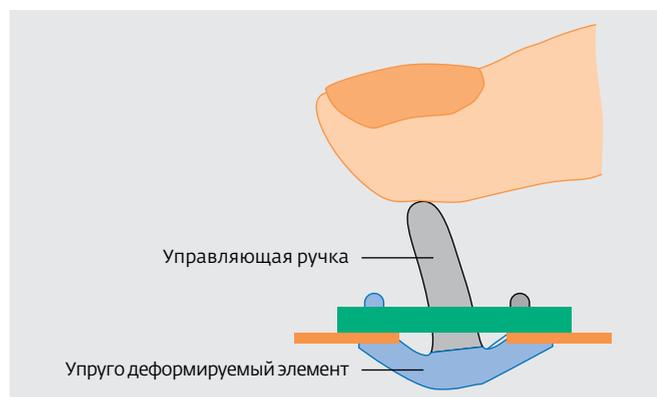
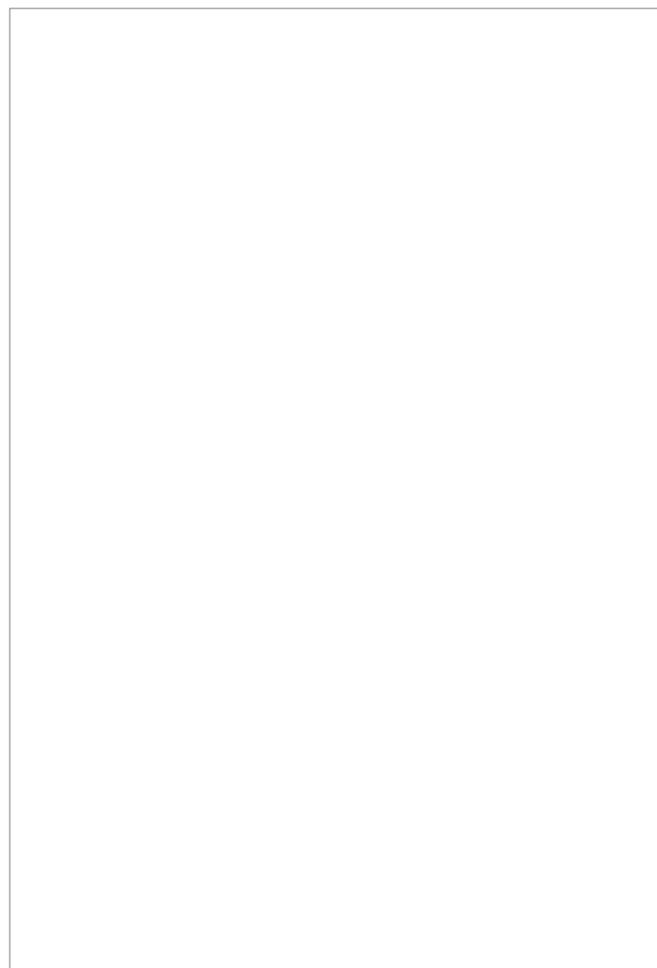


Рис.2. Полимерный микроджджойстик

как многофункциональный полиморфный переключатель, то в зависимости от направления нажатия управляющей ручки реализуются различные варианты коммутации управляемых им цепей. Эти варианты могут изменяться программным путем, в том числе и с учетом состояния переключателя. Вариант коммутации электрических цепей может отображаться светодиодным



индикатором, расположенным возле переключателя. Поскольку полиморфные переключатели в отличие от механических устройств не содержат контактных элементов из цветных металлов, они не только обладают более широкими функциональными возможностями, но и в три-пять раз легче их. При массе 0,2-0,6 г полиморфный микроджойстик может выполнять полный набор функций от простейшего переключателя до двухкоординатного. Он способен заменить группу кнопок, тумблеров и пакетных переключателей. При эксплуатационных испытаниях приборы сохраняли свою работоспособность после $750 \cdot 10^3$ циклов нагрузки.

Благодаря дешевизне, технологичности, простоте, малым габаритам и массе полиморфные многофункциональные программируемые переключатели могут эффективно заменять и дополнять различные коммутационные устройства (рис.3).

Ближайшие конкуренты полимерных микроджойстиков – микроджойстики EasyPoint компании austriamicrosystems, построенные на основе датчиков Холла. Конструктивно они не совсем джойстики. Скорее это миниатюрные движковые двухкоординатные манипуляторы с диапазоном перемещений $\pm 2,0$ мм по каждой координате, что не совсем удобно для управления по эргономическим причинам. Диапазон перемещений ручки

полимерных микроджойстиков МД-14 составляет $\pm 8,0$ мм, что обеспечивает более точное управление аппаратом. Современные технологии позволяют производить полимерные микроджойстики как одиночные, так и блоками с линейным или двухмерным расположением микроджойстиков размером от 40-50 до 3 мм.

Массивы микроджойстиков открывают новые возможности для систем ввода информации.

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ВВОДА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ГИПЕРМАНЕВРЕННЫХ АППАРАТОВ

Известно, что большая часть поверхности кабин летательных аппаратов и космических аппаратов (КА) заполнена коммутационными элементами в виде кнопок, тумблеров и переключателей. Многие из них продублированы и используются редко, но в аварийных ситуациях они травмоопасны. Коммутационные элементы в кабине мешают размещению подушек безопасности, которые могли бы спасти пилотов при аварийных посадках, снижают эргономичность систем управления, увеличивают их размеры и массу, усложняют управление в условиях дефицита времени, действия перегрузок и вибраций. Специалистами ООО "НПП "Тензосенсор" на основе полиморфных переключателей предложена эргономическая



Рис.3. Возможные области применения полиморфных переключателей

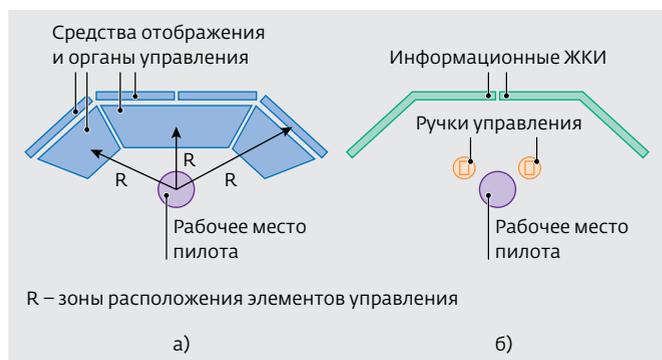


Рис.4. Традиционная (а) и предлагаемая (б) компоновки системы управления

концепция системы ввода информации (СВИ) для гиперманевренных аппаратов (рис.4). Она поддерживает современную тенденцию виртуализации коммутационных элементов путем их отображения на дисплеях летательного аппарата. Управление осуществляется десятью микроджойстиком, расположенными непосредственно на ручках управления (РУ). В разработанной схеме РУ для левой и правой рук – зеркальные копии друг друга и функционально разделены на "основную" и "вспомогательную" в зависимости от того, является ли пилот левшой или правшой. На каждой РУ расположено по пять микроджойстиков, которые позволяют управлять аппаратом, имитируя его средства управления, или работать как виртуальные полиморфные переключатели. Различные варианты функций микроджойстиков при необходимости могут устанавливаться и изменяться программным путем.

Большинство переключателей КА отображают дисплеи. Предлагаемая система позволяет управлять как отдельными переключателями, так и их группами. Разработаны структурная и функциональная схемы экспериментального образца, а также общий алгоритм работы устройства. Чем больше кнопок, тумблеров и переключателей будут виртуальными, тем больше можно снизить массу систем управления. Известно, что в системе управления ОК "Буран" использовалось 1037 различных коммутационных элементов (тумблеров, переключателей, регуляторов), а в системе Space Shuttle еще больше – 1666. Суммарное сокращение массы систем управления этих ОК за счет перевода всех коммутационных элементов в виртуальный вид могло бы достичь соответственно 300 и 500 кг.

Благодаря полиморфности новых коммутационных элементов существенно повышается

надежность системы управления только за счет оперативного перепрограммирования оставшихся исправных полиморфных элементов в случае повреждения без многократного резервирования ее элементов. Полиморфность также позволяет значительно увеличить функциональность каждого элемента системы управления, повысить ее эргономичность, а значит, маневренность и выживаемость управляемых аппаратов в целом.

Таким образом, применение предложенной системы ввода информации на основе полиморфных переключателей позволяет создавать системы ввода информации, пригодные для управления гиперманевренными летательными и космическими аппаратами, в том числе и БПЛА, значительно ускорить формирование управляющих команд, снизить массу систем управления.

Настоящая работа проводится в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы".

Патент РФ № 2 333 527, 2007 г. Противоперегрузочный полиджойстик. ●