

ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ИЗМЕРЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В АВИАЦИОННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

© 2010 В.А. Яшков, А.А. Порунов, В.М. Солдаткин

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева

Поступила в редакцию 01.04.2010

Исследуются проблемы измерения кинематических параметров, применительно к задачам авиационного машиностроения. Приведены датчики измерения кинематических параметров, основанные на различных физических эффектах, рассмотрены их принципиальные достоинства и недостатки.

Ключевые слова: *струйный измеритель, кинематические параметры, система автоматического управления, авиационное машиностроение*

Развитие и эффективность авиационного машиностроения неразрывно связаны с проблемой безопасности полетов, обеспечение которой представляется определяющим, как для гражданской, так и для военной авиации. Важность проблемы непрерывно возрастает в связи с усложнением авиационной техники, расширением круга выполняемых функциональных задач и интенсификацией ее использования, в связи с созданием новых перспективных воздушных транспортных средств, движение которых происходит на сверхмалых высотах с относительно большими скоростями в приземном возмущенном слое, когда критерий безопасности является определяющим: экранопланы и термoplаны, летательные аппараты (ЛА) с аэростатической разгрузкой, аппараты и суда на воздушной подушке, другие аналогичные средства, приоритеты в создании и применения которых принадлежат России.

Безопасность полета определяется как надежностью конструкции планера, работы силовой установки, агрегатов и систем, так и нарушением эксплуатационных режимов вследствие воздействия опасных внешних возмущений, ошибок пилотирования, отказов техники, влияния других связанных с ними неблагоприятных факторов. Полеты в возмущенной атмосфере, на предельных режимах

полета или в условиях неблагоприятных метеоявлений связаны с возможностью непреднамеренного выхода ЛА за эксплуатационные границы, сопровождаются дополнительными ошибками пилотирования и отказами авиационной техники [1]. Как показывает опыт эксплуатации отечественной и зарубежной авиационной техники, эффективность использования информации по ускорению в ряде случаев ограничивается применением гироскопических ДУС и акселерометров, которые обладают недостаточной вибропрочностью, виброустойчивостью, значительным и непостоянным по величине моментом трения (для устройств с механическим подвесом) в подшипниках рамок подвеса, сложностью осуществления и поддержания постоянным демпфирования. Гироскопическим ДУС свойственны существенные погрешности аддитивного характера, среди основных источников которых известны: кориолисово ускорение, дебаланс массы, вариации температуры, магнитные поля, влияния гибких проводников (видов), обратная реакция катушек чувствительных элементов, моментных датчиков и др. Для гироскопических акселерометров наиболее существенны также погрешности от заданий динамической реакции в виде резонансных явлений, а также значительные температурные погрешности. Наличие достоверной информации по линейному и угловому ускорению позволяет наиболее полно использовать лётно-технические возможности ЛА, обеспечить безопасность и эффективность полетов.

Струйные измерители кинематических параметров (ИКП), несмотря на интенсивное развитие микромеханических измерителей, обладающих большой погрешностью измерения, сохраняют свою актуальность для объектов

Яшков Виталий Андреевич, аспирант. E-mail: yavitalic@yandex.ru

Порунов Александр Азикович, кандидат технических наук, профессор кафедры приборостроения и информационно-измерительных систем. E-mail:

porunov_aa@mail.ru

Солдаткин Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой приборостроения и информационно-измерительных систем. E-mail:

svm@nich.kstu-kai.ru

разового применения, длительность полета которых составляет десятки и сотни секунд, когда особенно важным является высокая надежность и готовность к работе в сложных условиях больших перегрузок и радиационного излучения. Информация по КП может быть

получена измерителями (датчиками), основанными на самых различных физических принципах. Эти принципы измерения КП положены в основу классификационной схемы, представленной на рис. 1 [2].

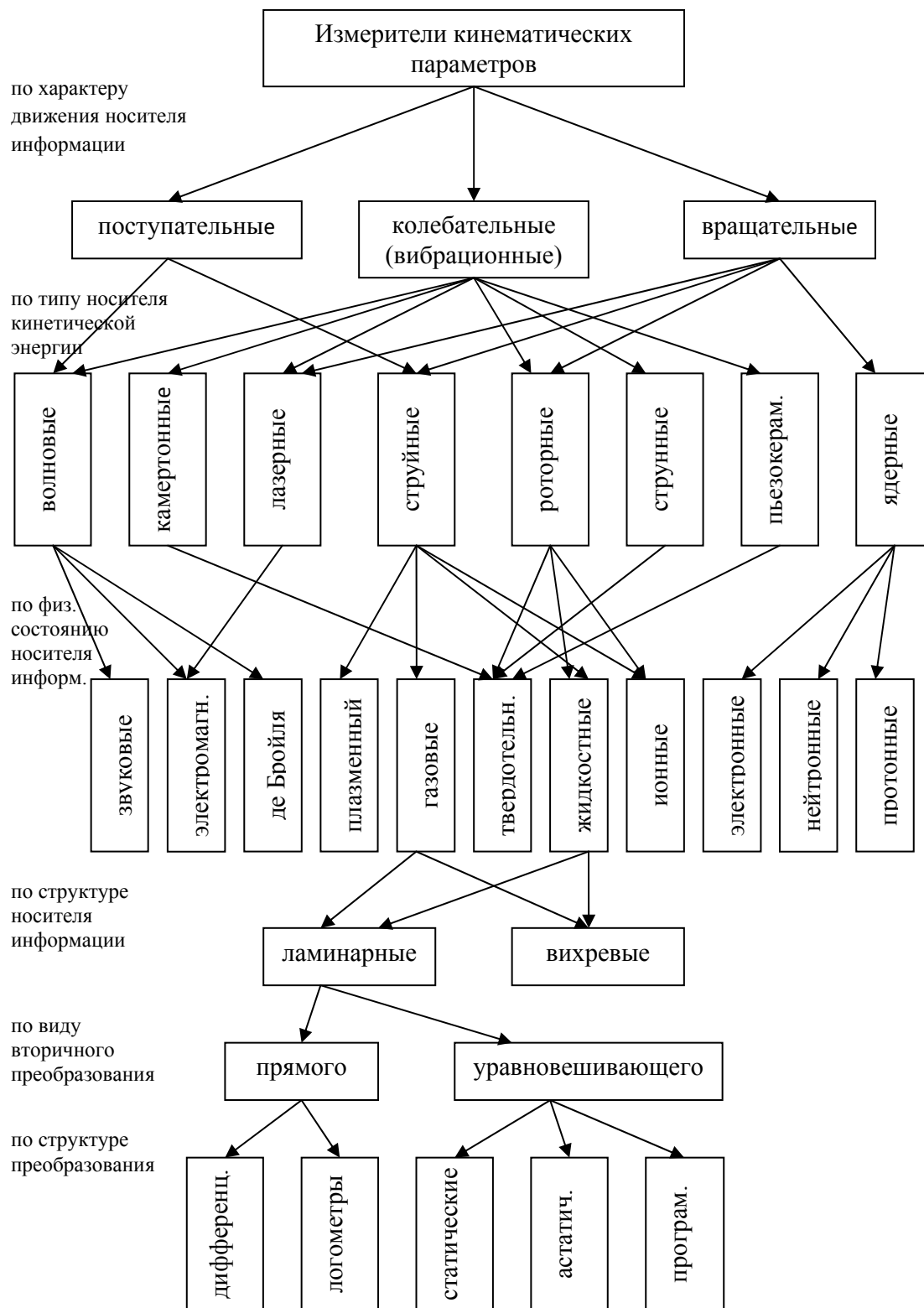


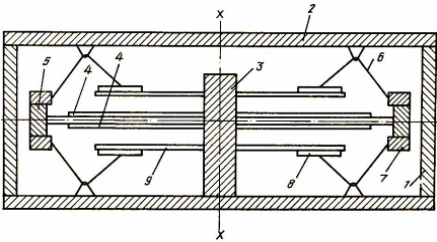
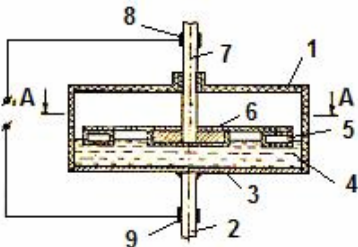
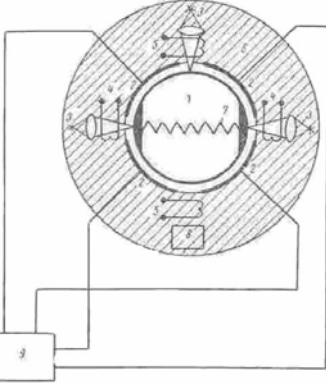
Рис. 1. Классификация измерителей кинематических параметров

ИКП применяются на объектах различного назначения и требования к которым, соответственно, также различны. В табл. 1 представлен широкий спектр датчиков измерения КП, основанных на различных эффектах, рассмотрены их достоинства и недостатки [3]. Для формирования законов управления САУ и СПАУ воздушного судна наиболее часто используются гироскопические измерители КП, которые позволяют получить только косвенную оценку информативных параметров, входящих в законы управления.

Инерционные измерители ускорения с твердой инерционной массой не позволяют решать задачу измерения малых (менее 0,5 g) и больших (более 12 g) ускорений. При малых ускорениях возникающие силы не могут вызвать ощутимого перемещения твердой инерционной массы вследствие большой инерционности, при

больших ускорениях – может произойти заклинивание измерительного механизма (ИМ). Существующие инерционные преобразователи имеют те или иные недостатки, обусловленные способом подвеса ИМ (например, при механическом подвесе на ИМ значительно влияют механические воздействия со стороны подвеса, погрешности от сил трения, от температурных воздействий; при электромагнитном способе подвеса возникает возможность потери измерительной информации при повышении установленного предела измерения); недостатки, обусловленные способом демпфирования (при жидкостном демпфировании, например, к массе инерционного элемента присоединяется некоторая неопределенная и нестабильная масса демпфирующей жидкости) и другие недостатки.

Табл. 1. Датчики измерения КП

Принципиальная схема	Обозначения	Достоинства и недостатки
1	2	3
	<p>Гироскопические ИКП: 1 – цилиндр; 2 – крышки; 3 – центральный внутренний выступ; 4 – пьезопластины; 5 – инерционные массы ЧЭ; 6 – V-образный рычаг; 7 – груз-арретир; 8 – груз-противовес; 9 – упругие пластины</p>	<p><u>Недостатки:</u> значительный и непостоянный по величине момент трения в подшипниках рамы подвеса; большое время готовности; недостаточная вибрационная и ударная прочность и устойчивость; относительно небольшое быстродействие; большая величина дрейфа $4,8 \cdot 10^{-7} \dots 1,9 \cdot 10^{-6}$ рад/с</p>
	<p>Поплавковый ИКП: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – токопроводящее основание; 4 – жидкость; 5 – кольцевой поплавок; 6 – токопроводящий диск; 7 – токопроводящий шток; 8, 9 – контактные кольца</p>	<p><u>Достоинства:</u> сравнительно небольшая величина дрейфа $4,8 \cdot 10^{-8} \dots 1,4 \cdot 10^{-7}$ рад/с <u>Недостатки:</u> трудность изготовления; необходимость поддержания с большой точностью температуры жидкости; слабый выходной сигнал</p>
	<p>ИКП с электростатическим подвесом ротора: 1 – ротор; 2 – электроды подвеса; 3 – оптический съем; 4 – катушки разгона; 5 – демпфирующие катушки; 6 – корпус гироскопа; 7 – рисунок на роторе; 8 – система поддержания вакуума; 9 – система питания электродов подвеса</p>	<p><u>Достоинства:</u> дрейф $10^{-4} \dots 10^{-5}$ град/ч <u>Недостатки:</u> восприимчивость к электромагнитным полям; влияние на результат измерения остаточного газа в зазоре между ротором и электродами; влияние несовпадения геометрического центра и центра масс на результат измерения</p>

1	2	3
	<p>Вихревой ИКП: 1 – корпус; 2 – соединительное кольцо; 3, 4 – диски; 5 – проводящий канал; 6 – камера; 7 – выходной канал; 8 – приёмные трубки</p>	<p>Недостатки: высокое потребление энергии; высокий выходной импеданс; узкая полоса пропускания.</p>
	<p>Вибрационный ИКП: 1 – ЧЭ (полый цилиндр); 2 – входная ось; 3 – основание; 4 – генератор; 5 – демодулятор; 6 – усилитель</p>	<p>Недостатки: время готовности 1...2 мин.; из-за наличия перекрестных связей чувствительность составляет 0,1 град/ч</p>
	<p>Лазерный ИКП: 1 – непрозрачные зеркала; 2 – трубки с газовой рабочей смесью; 3 – источник питания; 4 – непрозрачное зеркало; 5 – полупрозрачное зеркало; 6 – фотодетектор; 7 – (осциллограф или частотомер); 8 – регистрирующее устройство</p>	<p>Достоинства: отсутствие механически подвижных частей; малая потребляемая мощность; мгновенный запуск; частотный выход, облегчающий сочленение датчика с цифровыми устройствами; диапазон измерений 0,1 град/ч...1200град/ч. сохраняющая линейность характеристики.</p> <p>Недостатки: выходной сигнал не дает информацию о направлении вращения; уход нуля и возможное возникновение добавочного шума, если генерируется несколько типов колебаний; необходимость обеспечения «жесткости» оптического пути в кольцевом лазере.</p>
	<p>Струйный ИКП: 1 – нагнетатель, 2 – сопло, 3 – рабочая камера, 4 – корпус, 5 – термоанемо-чувствительные элементы, 9 – затопленная струя</p>	<p>Достоинства: высокий предельный динамический диапазон; малый дрейф нуля; не восприимчив ко всем видам излучений.</p>

В связи с этим в последнее время стали развиваться струйные измерители КП, где в качестве инерционной массы используется струя жидкости или газа. Такие инерциальные измерители не чувствительны к радиационным воздействиям, электрическим и магнитным полям, что приводит к упрощению конструкции. Характеристики струйных инерциальных преобразователей не зависят от усло-

вий внешней среды [4]. Преимущества струйных устройств измерения КП, такие как низкая стоимость, высокие надежность и ресурс работы, малая масса и габариты, сохранение работоспособности в условиях радиационного излучения приводят к появлению гибридных схем, в которых, наряду со струйными устройствами, используются и другие (гидравлические, электрические, пневматические и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Яшков, В.А. Струйная система измерения кинематических параметров легких вертолетов: сб. трудов молодежного конкурса научно-технических работ авиационного профиля, посвященного 100-летию со дня рождения М.Л.Миля. – Казань, КВЗ, 2009. – С. 132-133.
2. Яшков, В.А. Эволюция струйных измерителей кинематических параметров подвижных объектов и этапы коммерциализации: сб. трудов ВНТК «Наука. Технологии. Инновации-2009». – Новосибирск: НГТУ, 2009. – С. 38-40.
3. Солдаткин, В.М. Методы и средства построения бортовых информационно-управляющих систем обеспечения безопасности полета. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. – 350 с.
4. Яшков, В.А. Разработка и исследование базовых элементов струйно-конвективной системы измерения параметров движения летательного аппарата: сб. трудов ВНПК «Приоритетные направления современной российской науки глазами молодых ученых». – Рязань: РГУ, 2009. – С.117-121.
5. Яшков, В.А. Принципы построения струйного датчика кинематических параметров для систем управления летательным аппаратом / II Общероссийская МНТК «Молодежь, техника, космос», г. Санкт-Петербург: БГТУ, 2010. – в печати.

PROBLEMS OF MEASUREMENT THE KINEMATIC PARAMETERS IN AVIATION MECHANICAL ENGINEERING

© 2010 V.A. Yashkov, A.A. Porunov, V.M. Soldatkin

Kazan State Technical University named after A.N.Tupolev

Problems of measurement the kinematic parameters, with reference to problems of aviation mechanical engineering are investigated. Sensors for measurement the kinematic parameters, based on various physical effects are resulted, their basic merits and demerits are considered.

Key words: *jet measuring instrument, kinematic parameters, system of automatic control, aviation mechanical engineering*

Vitaliy Yashkov, Post-graduate Student. E-mail: yavitalic@yandex.ru

Alexander Porunov, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Devices and Information-measuring Systems. E-mail: porunov_aa@mail.ru

Vladimir Soldatkin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Devices and Information-measuring Systems. E-mail: svm@nich.kstu-kai.ru