

Стенд для наземной отработки несущей системы беспилотного вертолёта с соосными винтами

Сергей Алилуев, Павел Голованов, Дмитрий Лаптев, Александр Попов, Андрей Матвеев, Алексей Балашов, Алексей Яшин

В статье изложен опыт создания автоматизированного стенда для наземной отработки несущей системы беспилотного летательного аппарата вертолётного типа. Описаны структура и функции, возможности использования технических и программных средств стенда.

ВВЕДЕНИЕ

24 февраля 2017 года акционерное общество «Конструкторское бюро промышленной автоматики» (АО «КБПА») отметило 70-летний юбилей с момента своего образования. Основная деятельность организации связана с проведением НИОКР по разработке пилотажных комплексов и навигационных систем для летательных аппаратов самолётного и вертолётного типов, самолётов- и ракет-мишеней, дирижаблей и судов на воздушной подушке.

Наибольшее число разработок предприятия выполнено в интересах компаний «Миль» и «Камов».

Для компании «Миль» коллективом предприятия разработаны автопилоты и пилотажные комплексы вертолётов Ми-14, Ми-24, Ми-26, Ми-28Н, Ми-8/17, беспилотного варианта вертолёта Ми-4 и др.

Практически все машины фирмы «Камов», начиная с вертолёта Ка-25, также оснащены САУ разработки АО «КБПА». Для вертолёта Ка-50 «Черная акула» впервые в стране был создан отечественный цифроаналоговый вертолётный пилотажно-навигационный комплекс ПНК-800. Позже он стал основой при создании САУ-800 вертолёта Ка-52 «Аллигатор», принятого на вооружение и выпускаемого в настоящее время серийно (рис. 1).

Разработанная система автоматического управления САУ-37Д вертолёта Ка-31 обеспечивает управление и ста-



Рис. 1. Российский разведывательно-ударный вертолёт Ка-52 «Аллигатор»

билизацию вертолёта с вращающейся в полете антенной радиолокационного дозора. Она производится в организации серийно и поставляется в составе вертолёта как отечественным, так и зарубежным заказчиком.

Принципиальным шагом в развитии предприятия явились разработка, производство, испытания и сертификация базового навигационного пульта-вычислителя ПВН-1 как комплектующего изделия. На базе данного оборудования построены навигационные системы вертолётов Ка-226Т, Ка-226МС, Ми-171А2.

В настоящее время в конструкторском бюро завершены разработки изделий

САУ-32-226М и ПВН-1-04 вертолётов серии Ка-226Т, ПКВ-М24(А) вертолётов серии Ми-24 и Ми-28Н «Ночной охотник», базового ПКВ-8 вертолётов серии Ми-8/17, ПКВ-26ДЭ вертолёта Ми-26Т2, СУУ-А вертолёта «Ансат» и др.

Созданы новые дублированные пилотажные комплексы и системы вертолётов Ми-38, Ми-171А2, Ка-62, находящиеся на стадии лётных испытаний.

Особо следует сказать о вертолёте Ми-171А2, комплекс бортового оборудования которого построен на основе дублированного пилотажного комплекса вертолёта ПКВ-171А и двух навигационных вычислителей на базе навигационного

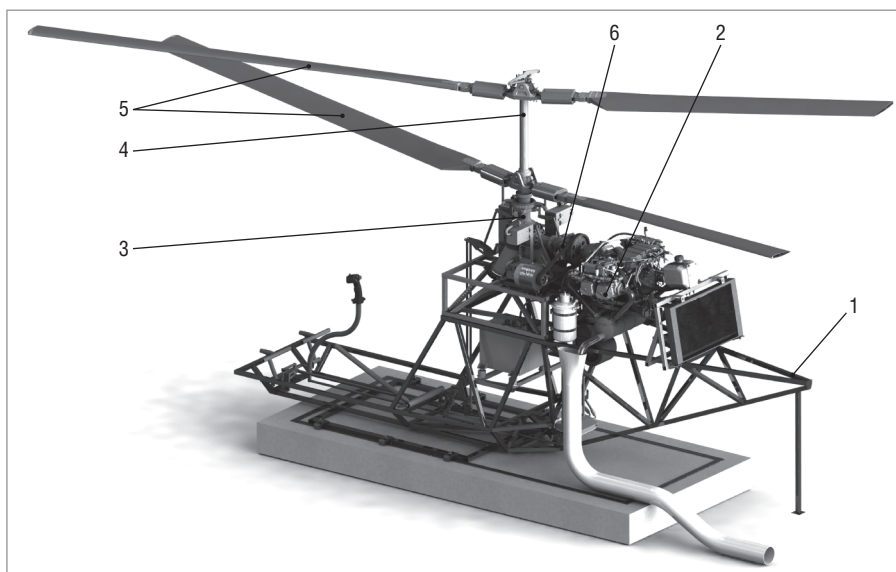


Рис. 2. Сверхлёгкий вертолёт с соосной схемой расположения винтов

пульта-вычислителя ПВН-1-03. Благодаря решениям, воплощённым в комплексе бортового оборудования КБО-17, Ми-171А2 получил возможность безопасно осуществлять полёты в любое время суток, в том числе в сложных метеоусловиях. Кроме этого, посредством изделий ПКВ-171А и ПВН-1-03 обеспечивается выполнение ряда авиационных работ, в том числе в режимах висения и полёта по специальным траекториям. Одновременно за счёт оптимального навигационного расчёта и плана полёта происходит снижение расхода топлива.

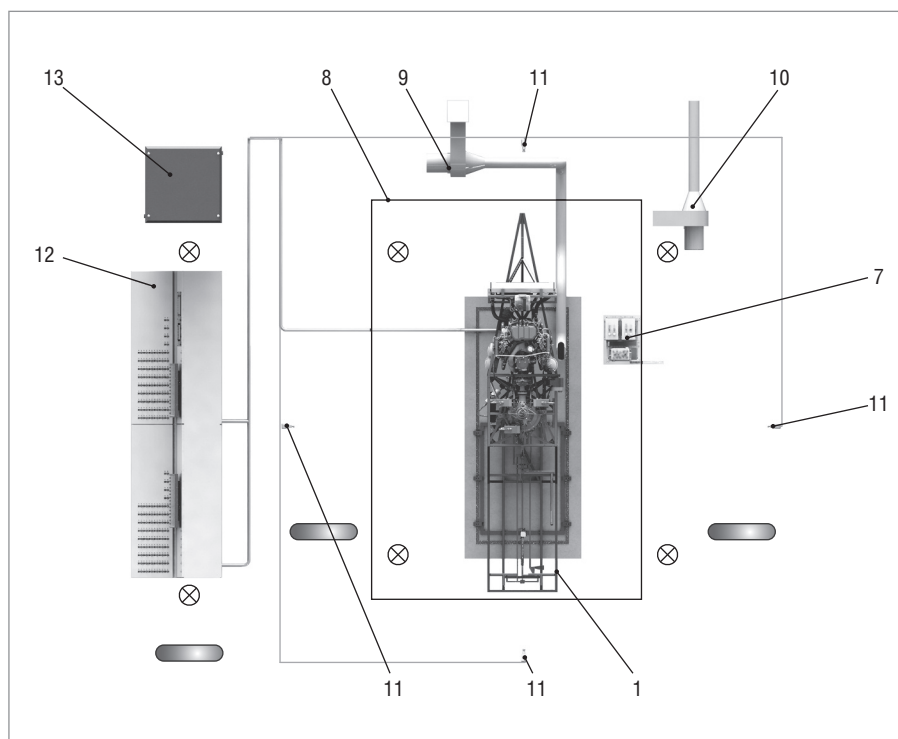
Большое количество разработок выполнено АО «КБПА» по созданию систем автоматического управления для беспилотных летательных аппаратов. В 1970–80-х годах были созданы такие системы, как автоматика самолёта-мишени МиГ-21М, навигационно-пилотажный комплекс беспилотного тактического ударного самолёта «Коршун», пилотажные комплексы для беспилотных летательных аппаратов типа «Дань» и «Крыло», пилотажный комплекс беспилотного самолёта на базе летательного аппарата Л-29М, ряд систем автоматического управления ракет-мишеней и др.

В последние годы активно проводятся исследования в области создания интегрированных пилотажно-навигационных комплексов для беспилотных летательных аппаратов вертолётного типа взлётной массой более 300 кг. Важную роль в этих исследованиях выполняет интегрированный стенд для наземной отработки несущей системы беспилотного вертолёта (рис. 2) с соосными винтами (далее по тексту – стенд).



Условные обозначения: 1 – каркас фюзеляжа, 2 – двигатель внутреннего сгорания, 3 – редуктор, 4 – выходные соосные валы, 5 – соосные винты, 6 – муфта.

Рис. 3. 3D-модель стенда для наземной отработки несущей системы беспилотного вертолёта с соосными винтами



Условные обозначения: 7 – пилотажный комплекс с приводами управления автоматами перекося, 8 – защитные экраны, 9 – устройство отвода отработавших газов, 10 – система приточно-вытяжной вентиляции, 11 – видеокамеры, 12 – пульт управления, 13 – устройство электропитания.

Рис. 4. Стенд наземной отработки несущей системы беспилотного вертолёта с соосными винтами – вид сверху

НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СТЕНДА

Стенд предназначен для наземной отработки пилотажно-навигационного комплекса, системы управления силовой установкой и бортовой системы электроснабжения летательного аппарата с использованием технологической колонки несущих винтов.

Состав стенда показан на рис. 3, 4. На каркасе фюзеляжа установлены следующие элементы силовой установки: системы смазки, водяного охлаждения, воздушного охлаждения, топливная система, устройство пожаротушения, система управления двигателем, электрооборудование, выхлопная система, устройство измерения вибрации, средства пожаротушения и т.д.

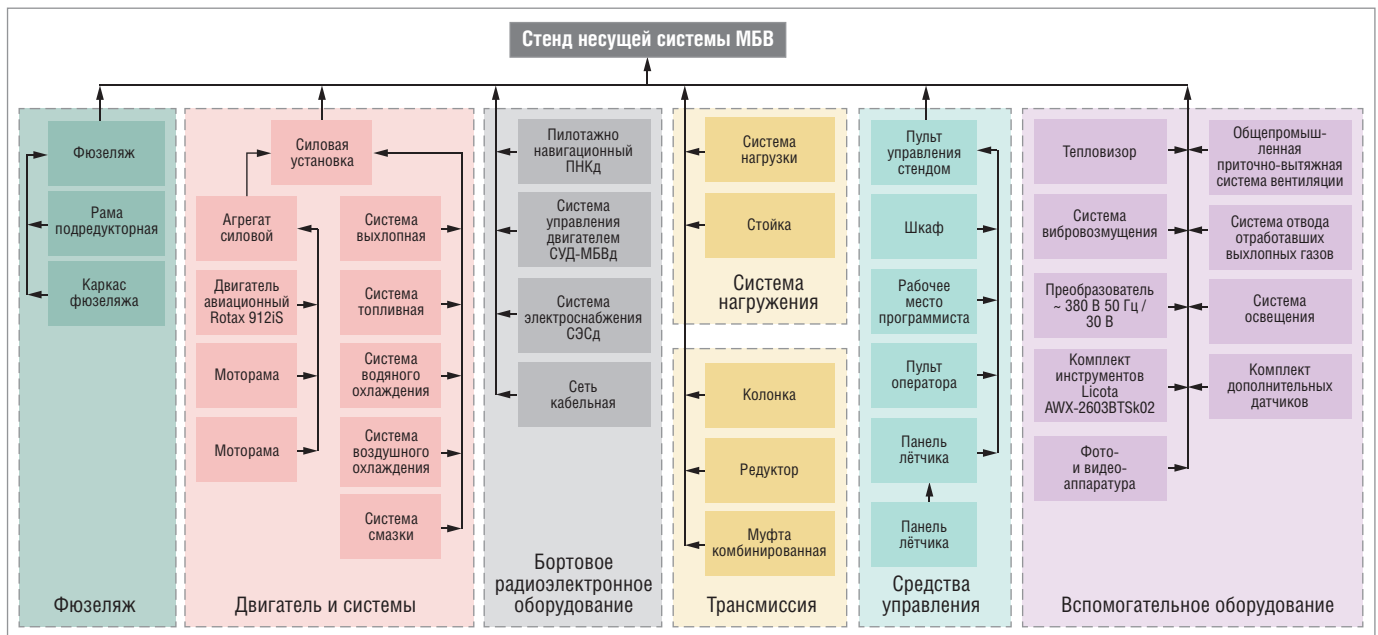


Рис. 5. Интегрированный стенд для наземной отработки несущей системы беспилотного вертолёта с соосными винтами

Функции стенда:

- проверка конструктивных решений, качества изготовления и сборки несущей системы;
- проверка работы двигателя на всех режимах эксплуатации;
- определение параметров и отработка силовой установки при изменениях

нагрузки в системе электроснабжения и на несущих винтах;

- определение параметров и отработка привода дроссельной заслонки двигателя по командам от пилотажно-навигационного комплекса;
- отработка электромеханических приводов управления автоматами пере-

коса по командам от пилотажно-навигационного комплекса;

- моделирование на управляющем компьютере режимов полёта летательного аппарата;
- отработка алгоритмов функционирования пилотажно-навигационного комплекса в зависимости от

GENESIS 64™



64-битовая SCADA-система

- Прекрасная визуализация на основе 2D- и 3D-графики
- Работа на любых устройствах, включая смартфоны и планшеты
- Встроенная поддержка ГИС-систем Bing, Google и Esri
- Поддержка систем видеонаблюдения
- Возможность конфигурирования инфопанелей непосредственно с мобильных устройств
- Сбор данных по OPC DA, OPC A&E, OPC HDA, OPC UA, BACnet, SNMP



Откройте новую страницу в АСУ ТП вместе с GENESIS64!

ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ICONICS



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

режимов полёта летательного аппарата;

- определение параметров и проверка работоспособности системы охлаждения двигателя и редуктора путём измерения температур;
- определение характеристики расхода топлива в зависимости от изменения условий применения летательного аппарата;
- измерение тепловых полей силовой установки и несущей системы;
- измерение собственных частот конструкции;
- измерение уровней вибрации при работе двигателя;
- имитация вибронегрузки от несущих винтов, проверка автоколебаний в проводке управления автоматами переключения и т.д.

Пульт управления

Основным элементом стенда является пульт управления (рис. 5), оснащённый двумя компактными безвентиляторными 1U промышленными компьютерами AdvantiX IPC-SYS8FN, клавиатурами, манипуляторами мышь, устройствами документирования HP LazerJet M452dn, промышленными ЖК-дисплеями Sharp LQ231U1LW32, комплектом органов управления и индикации, устройствами видеонаблюдения и регистрации, индикации и регистрации, согласования дискретных сигналов.

Устройство электропитания

Преобразование и коммутацию электроэнергии для обеспечения работоспособности стенда выполняет устройство электропитания (рис. 5), состоящее из источника бесперебойного питания INELT Monolith II 3000RMLT, батарейных блоков BFR96-9, предназначенных для увеличения времени автономной работы ИБП INELT, коммутатора, вторичных источников питания Genesys GEN 100-50-LAN, устройств преобразования интерфейсов CN2650I-8 и аварийного отключения, устройства программирования.

ИБП серии Monolith II представляют собой высокоэффективные ИБП структуры on-line (двойное преобразование) и специально разработаны для защиты и обеспечения стабильным и качественным питанием компьютерного оборудования.

Блоки питания Genesys™ — это высокоэффективные импульсные источ-

ники питания с широким диапазоном выходного напряжения. Серия Genesys™ оснащена корректором коэффициента мощности и обеспечивает работу от сетей переменного тока в любой точке земного шара без переключения. Выходные напряжение и ток постоянно отображаются на передней панели, а светодиодные индикаторы дают исчерпывающую информацию о рабочем состоянии источника питания.

Органы настройки на передней панели позволяют пользователю установить выходные параметры и уровни защиты

(максимальную защиту от перенапряжения, нижний предел напряжения и перегрузку), а также просмотреть настройки.

На задней панели находятся ручки, необходимые для регулировки и мониторинга работы источника питания посредством внешних аналоговых сигналов или встроенной последовательной связи (RS-232/485).

Возможно осуществление программирования через GPIB-порт или изолированного аналогового программирования/контроля.

Новые SLIO CPU

максимальная производительность при минимальных размерах



Мощные, как S7-300, и чрезвычайно гибкие!

Новые процессорные модули CPU 014 и CPU 015 серии SLIO обеспечивают максимальную гибкость системам управления, созданным на их основе. Благодаря разнообразным встроенным интерфейсам они легко интегрируются в промышленные сетевые структуры. Мощный процессор, быстрая системная шина и наличие широкого набора модулей расширения позволяют осуществлять управление самыми различными технологическими процессами, гарантируя при этом высочайшую скорость реакции системы.

- Возможность расширения объёма рабочей памяти до 512 кбайт
- Встроенные порты Ethernet PG/OP и PROFINET (CPU 015)
- Возможность подключения до 64 модулей расширения
- Порт X2 с функциями MPI или PROFIBUS DP ведущий/ведомый
- Порт X3 с поддержкой обмена данными в режиме PtP (включая Modbus RTU) или MPI
- Системная шина со скоростью передачи 48 Мбит/с

VIPA
A YASKAWA COMPANY

S7-300 является зарегистрированной торговой маркой Siemens AG



PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ VIPA

Реклама

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КАЗАНЬ Тел.: (843) 203-6020 • Факс: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КРАСНОДАР Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
САМАРА Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
УФА Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru

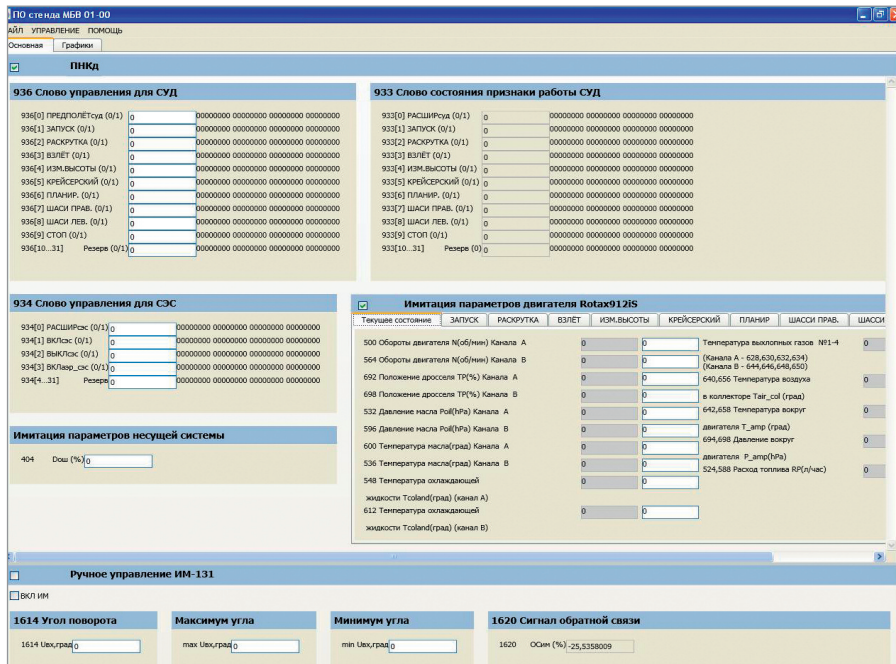


Рис. 6. Общий вид интерфейса программы «Станд МБВ»

УСТРОЙСТВО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Устройство программирования состоит из ноутбука Getac X500G2 с модифицированным блоком расширения PCI Express. Getac X500 является защищённым и полностью укомплек-

тованным ноутбуком военного назначения с высокопрочными байонетными металлическими разъёмами, данная модель соответствует стандартам MIL-STD-810G, MIL-STD-461F, IP65, диапазон рабочих температур составляет -20...+60°C.

Модификация блока расширения представляет собой его дооснащение платой сопряжения с интерфейсом CAN Advantech CAN-200PCI, модулем АЦП PCI-1713U-VE и модулем цифрового осциллографа для осуществления контроля срабатывания проверяемых устройств (форсунок).

Порядок работы стенда

При подаче электропитания от внешних источников на источник бесперебойного питания через вторичные источники питания и коммутатор из состава устройства электропитания рабочее напряжение поступает к потребителям электроэнергии из состава пульта управления.

Вторичные источники питания обеспечивают преобразование первичной электроэнергии (напряжения переменного тока), поступающей от внешних источников электроэнергии, в напряжение постоянного тока с характеристиками, необходимыми для обеспечения работоспособности потребителей электроэнергии из состава стенда.

Коммутатор выполняет замыкание/размыкание цепей передачи электроэнергии от вторичных источников пи-

ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Яркость 600 кд/м²**
- Угол обзора 150° (конусный)**
- Встроенные контроллеры управления**
- Символы высотой 5 и 9 мм**
- Вибрации от 10 до 500 Гц**
- Удары до 20 г (по каждой оси)**
- Ресурс от 40 000 до 100 000 часов**
- Диапазон рабочих температур -40...+85°C**

ВЛД с точечной матрицей
серии Century —
по-прежнему в строю!

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ IEE

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

тания к потребителям электроэнергии из состава стенда по командам от устройства преобразования интерфейсов и устройства аварийного отключения.

При подаче электроэнергии через замкнутые цепи коммутатора на вычислительные комплексы, устройства документирования, мониторы, устройство видеонаблюдения и регистрации, устройство индикации и регистрации происходит инициализация предустановленного на них программного обеспечения. При подаче электроэнергии через замкнутые цепи коммутатора на видеокамеры через каналы информационного обмена на устройство видеонаблюдения и регистрации начинает передаваться видеоинформация о состоянии элементов стенда, находящихся в изолированном помещении, где располагается фундамент стенда. Устройство видеонаблюдения и регистрации после инициализации предустановленного программного обеспечения обеспечивает приём, отображение и хранение получаемой информации с привязкой к шкале астрономического времени постоянно на всех последующих этапах работы устройства.

Устройство индикации и регистрации после инициализации предустановленного программного обеспечения и тестирования каналов информационного обмена с оборудованием стенда обеспечивает приём, отображение и хранение данных, получаемых через каналы информационного обмена с оборудованием стенда, с привязкой к шкале астрономического времени постоянно на всех последующих этапах работы устройства.

В соответствии с методиками и алгоритмами работы устройства последовательно или параллельно для вычислительных комплексов из состава пульта управления автоматически, под управлением функционального программного обеспечения, или вручную операторами, в диалоговом режиме «оператор—вычислительный комплекс» с использованием клавиатур, манипуляторов, мышь, комплекта органов управления и индикации последовательно осуществляется:

- включение элементов освещения;
- включение системы приточно-вытяжной вентиляции;
- включение устройства отвода отработавших газов;
- выполнение предстартового контроля элементов устройства;

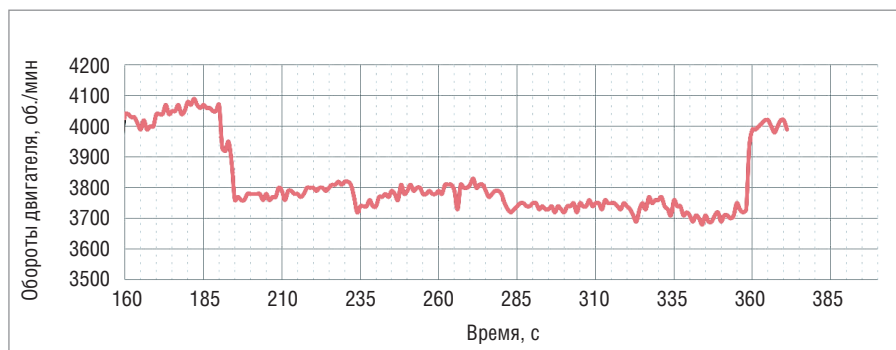


Рис. 7. Величина оборотов двигателя

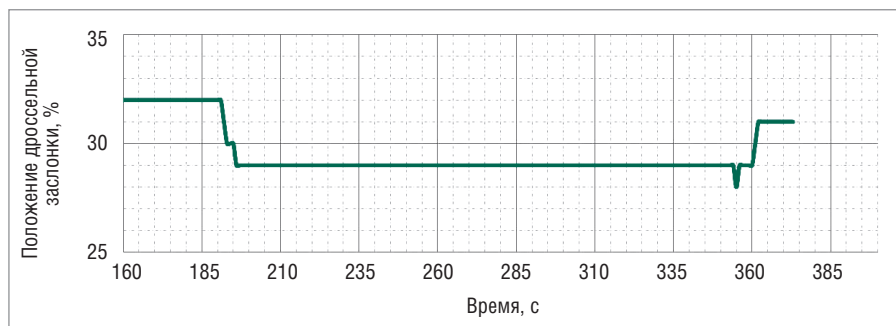


Рис. 8. Изменение положения дроссельной заслонки двигателя

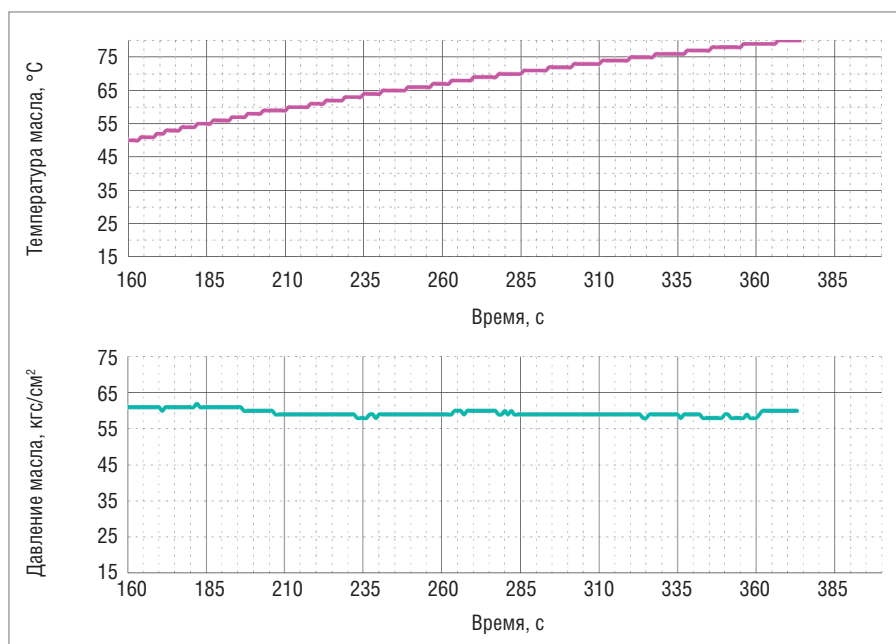


Рис. 9. Изменение температуры и давления масла двигателя

- запуск и работа двигателя внутреннего сгорания;
- раскрутка соосных винтов;
- наземные автономные или комплексные испытания элементов беспилотного вертолёта с соосными винтами;
- останов двигателя внутреннего сгорания;
- приведение элементов устройства в исходное состояние.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Результаты отработки несущей системы беспилотного вертолёта с соосными винтами отображаются на мониторах

(рис. 6) и распечатываются на бумажных носителях с помощью устройств документирования из состава пульта управления. Это, например, величина оборотов двигателя (рис. 7), положение дроссельной заслонки двигателя (рис. 8), температура и давление масла двигателя (рис. 9), расход топлива двигателя (рис. 10), зависимость положения дроссельной заслонки двигателя от положения исполнительного механизма привода дроссельной заслонки (рис. 11), распределение тепловой энергии между элементами несущей системы (рис. 12), параметры вибрации (ли-

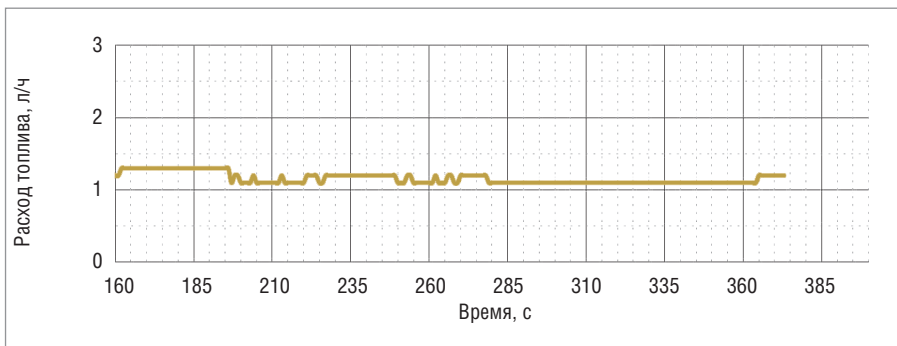


Рис. 10. Изменение расхода топлива двигателя

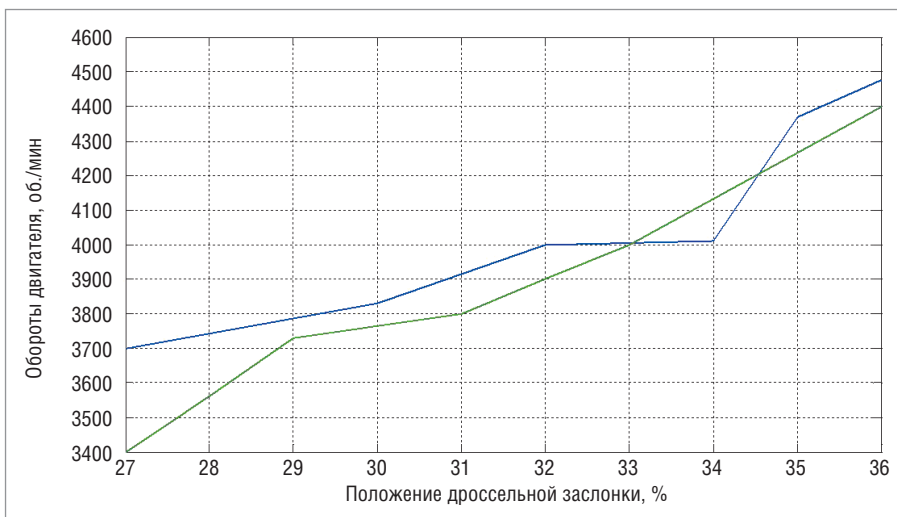


Рис. 11. Зависимость положения дроссельной заслонки от положения исполнительного механизма

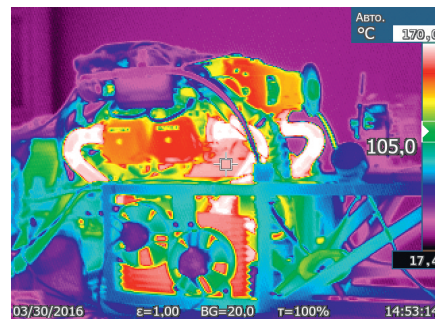


Рис. 12. Распределение тепловой энергии между элементами несущей системы

нейных ускорений) в районе установки редуктора, конструкции хвостовой балки, моторамы крепления двигателя (табл. 1) и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный вариант реализации стенда наземной отработки несущей системы беспилотного вертолёта с соосными винтами по сравнению с аналогами позволяет:

- осуществлять автономные и комплексные испытания элементов силовой установки (систем смазки, водяного и воздушного охлаждения, управления двигателем, топливной системы), системы электро-

ИМПОРТОЗАМЕЩАЙТЕСЬ!

Ждём Ваших запросов: cd@dolomant.ru

ЗАЩИЩЁННЫЙ ПЛАНШЕТ
НОСИМОГО / БОРТОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

ОНИКС08



- ✓ Разработан и серийно производится в России
- ✓ Поставка с ОТК или ВП
- ✓ Жизненный цикл изделия не менее 10 лет
- ✓ Поддержка Android, AstraLinux, КПДА, Windows
- ✓ Диапазон рабочих температур -30...+50°C
- ✓ Степень пылевлагозащиты IP65
- ✓ Ударопрочность и вибростойкость
- ✓ Поддержка ГЛОНАСС/GPS
- ✓ Возможность модификации под проект



ДОЛОМАНТ
ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

WWW.DOLOMANT.RU / Тел.: (495) 232-2033, факс: (495) 232-1654

Результаты измерения вибрации конструкции стенда

Параметр	Характеристики измерений	Результаты измерения	
		Математическое ожидание	Среднеквадратическое отклонение шумов
Продольная составляющая кажущегося ускорения, m/c^2	Обороты двигателя 0 об./мин	-0,0196	0,0065
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепление на редукторной раме	0,0215	0,1937
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепления на хвостовой раме	-0,0072	0,5351
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепления на двигателе	0,1148	2,9159
Нормальная составляющая кажущегося ускорения, m/c^2	Обороты двигателя 0 об./мин	-0,0076	0,0157
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепление на редукторной раме	-0,1518	0,6794
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепления на хвостовой раме	-0,0699	0,3608
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепления на двигателе	-1,9013	1,519
Поперечная составляющая кажущегося ускорения, m/c^2	Обороты двигателя 0 об./мин	-0,0976	0,0085
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепление на редукторной раме	-0,2837	0,3192
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепления на хвостовой раме	-0,2348	0,4989
	Обороты двигателя 4 000 об./мин, крепления на двигателе	0,1292	0,9785

Примечание. В результате измерений установлено, что амплитуда вибрационных ускорений конструкции крепления редукторной рамы не более $0,02 m/c^2$, амплитуда вибрационных ускорений конструкции хвостовой балки не более $0,0336 m/c^2$, амплитуда вибрационных ускорений конструкции крепления мотора двигателя не более $0,2296 m/c^2$. Конструкция не содержит существенных резонансов.

снабжения и пилотажного комплекса беспилотного вертолёт с соосными винтами;

- защищать операторов, обслуживающий персонал и само устройство от последствий нештатных ситуаций,

которые могут возникать в процессе испытаний элементов беспилотного вертолёт с соосными винтами;

- сократить время и стоимость наземных испытаний беспилотного вертолёт с соосными винтами, обеспечить

возможность выявления конструктивных несовершенств в конструкции вертолёт на ранних этапах его проектирования. ●

E-mail: yashinag@mail.ru

Система расширения интерфейсов MI/O

Гибкая разработка компьютерных систем



ADVANTECH

Enabling an Intelligent Planet

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADVANTECH

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама