



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Е.О. Арискин, А.В. Никитин, В.М. Солдаткин, С.С. Мальцев

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА БОРТУ ВЕРТОЛЕТА С НЕПОДВИЖНЫМ ПРИЕМНИКОМ, УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ И АЭРОМЕТРИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ*

(Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева-КАИ)

Известным системам измерения параметров вектора ветра на борту вертолета, построенным на основе неподвижного приемника и аэрометрических измерительных каналов [1] и неподвижного комбинированного приемника с аэрометрическими и ионно-меточными измерительными каналами [2, 3] характерны усложнение конструкции приемника, аддитивные и мультипликативные погрешности выделения и преобразования амплитудных первичных информативных сигналов.

На рисунке приведена структурно-функциональная схема бортовой системы измерения параметров вектора ветра на вертолете с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами, при этом ультразвуковые измерительные каналы реализуются с помощью совмещенных пар излучатель-приемник частотно-пакетных ультразвуковых сигналов [4].

Ультразвуковые измерительные каналы системы включают плату 1. На ее внешней поверхности, обтекаемой воздушным потоком горизонтального вектора ветра W_{Γ} , установлены две пары 3 и 4 совмещенных пьезоэлектрических излучателей – приемников I_1-P_1 , $I_1'-P_1'$ и I_2-P_2 , $I_2'-P_2'$. Излучатели 3 I_1 и I_1' , I_2 и I_2' через модуляторы 5 M_1 и M_1' , M_2 и M_2' подключены к генератору 2 (G) синусоидальных колебаний высокой частоты (10 МГц). Совмещенные пьезоэлектрические пары излучатель – приемник I_1-P_1 , $I_1'-P_1'$ и I_2-P_2 , $I_2'-P_2'$ установлены под углом Θ_0 к оси симметрии приемной платы, относительно которой по часовой стрелке отсчитываются положительные значения угла направления ψ вектора ветра W_{Γ} . При этом, измеряемая скорость W_{Γ} ветра в ультразвуковых измерительных каналах I_1-P_1 и I_2-P_2 направлены в сторону распространения ультразвуковых колебаний, а в ультразвуковых измерительных каналах $I_1'-P_1'$ и $I_2'-P_2'$ – действует в сторону, противоположную направлению распространения ультразвуковых колебаний. Воспринимаемые пьезоэлектрическими приемниками P_1 , P_1' и P_2 , P_2' ультразвуковые колебания с частотами f_1 , f_1' и f_2 , f_2' усиливаются усилителями 6 U_1 , U_1' и U_2 , U_2' и выделяются детекторами 7 D_1 , D_1' и D_2 , D_2' .

* Работа выполнена по гранту РФФИ №18-08-00264



Частоты ультразвуковых колебаний f_1 и f_1' , выделяемые детекторами D_1 и D_1' поступают на вход схемы вычитания 8 CB_1 , на выходе которой формируется разность $\Delta f_1 = f_1 - f_1'$. Частоты f_2 и f_2' , выделяемые детекторами D_2 и D_2' , поступают на вход схемы вычитания 9 CB_2 , на выходе которой формируется разность $\Delta f_2 = f_2 - f_2'$. Разности частот Δf_1 и Δf_2 являются информативными сигналами ультразвуковых измерительных каналов, по которым по рассматриваемым ниже алгоритмам в вычислителе 10 определяются скорость W_Γ и угол направления ψ вектора ветра W_Γ .

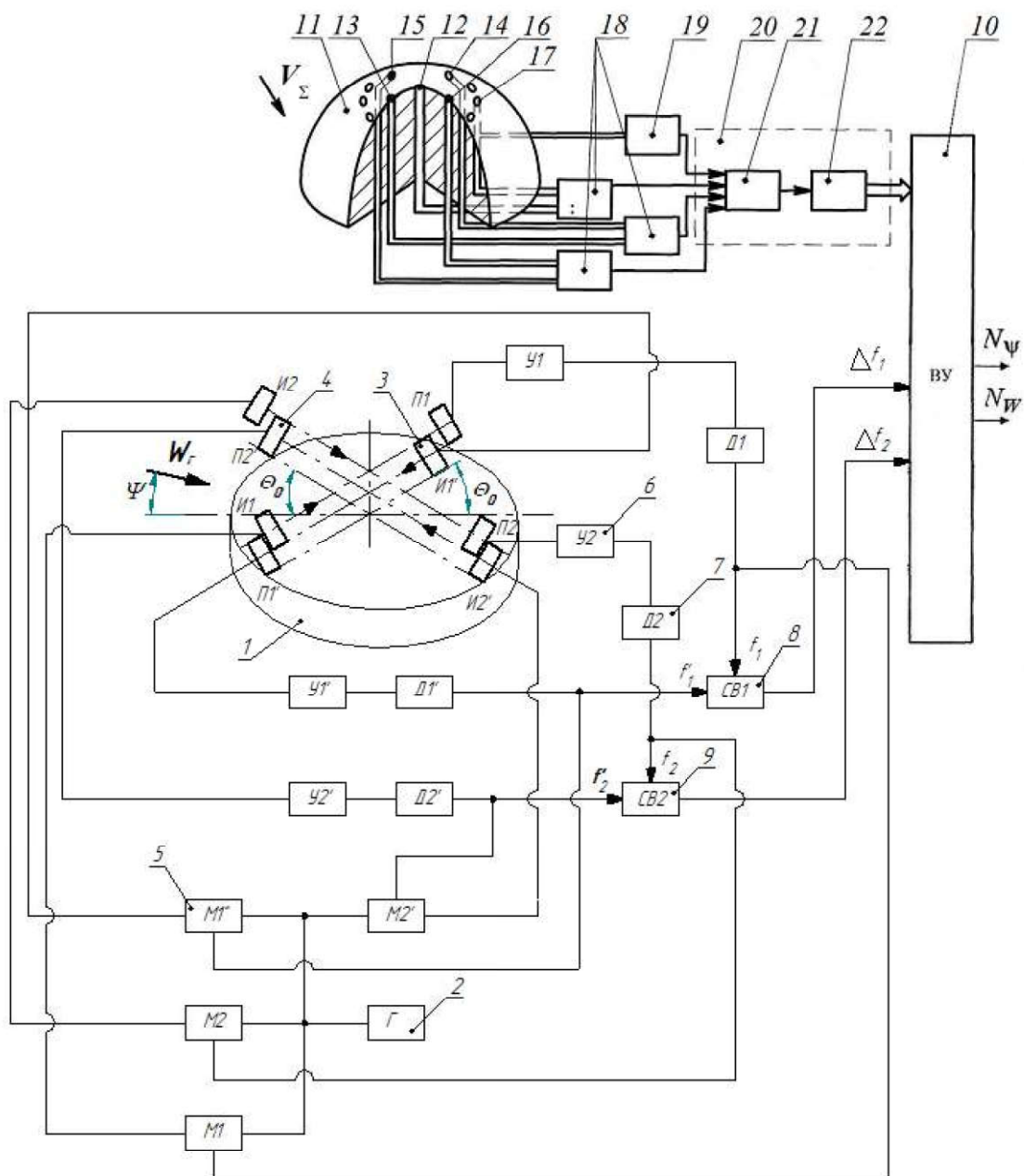


Рис. 1. Структурно-функциональная схема системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами



Для измерения параметров вектора ветра на стоянке при вращении несущего винта, на стартовых и взлетно-посадочных режимах вертолета над платой 1 ультразвуковых измерительных каналов устанавливается неподвижный полусферический приемник 11, на поверхности которого расположены: отверстия 12-17 для забора давлений, определяющих скорость V_{Σ} и углы направления φ_1 и φ_2 вектора скорости V_{Σ} результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта. Воспринимаемые давления через пневмоэлектрические преобразователи 18, 19 абсолютного давления и перепадов давлений, элементы 21, 22 аналого-цифрового преобразователя 20 аэрометрических измерительных каналов поступают на вход вычислительного устройства ВУ рассматриваемой системы измерения параметров вектора ветра. Следует отметить, что аэрометрические измерительные каналы рассматриваемой системы аналогичны бортовой системы измерения параметров вектора ветра на основе ионно-меточного датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости [2].

Применительно к совмещенной паре излучатель – приемник $I_1 - П_1, I_1' - П_1'$ при измерении скорости W и угла направления ψ горизонтального вектора ветра W_{Γ} время прохождения звуковых колебаний от излучателя до приемника будут определяться соотношениями:

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{L}{a + W \cos(\Theta_0 + \Psi)}; & t_1' &= \frac{L}{a - W \cos(\Theta_0 + \Psi)}; \\ t_2 &= \frac{L}{a + W \cos(\Theta_0 - \Psi)}; & t_2' &= \frac{L}{a - W \cos(\Theta_0 - \Psi)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где L – расстояние между излучателями I_1 и I_1' и приемниками $П_1, П_1'$ ультразвуковых колебаний; a – скорость распространения звука в воздухе.

Как только первые электрические колебания, создаваемые на выходах пьезоэлектрических приемников $П_1, П_1'$ и $П_2, П_2'$, пройдя через усилители $У_1, У_1'$ и $У_2, У_2'$ и детекторы $Д_1, Д_1'$ и $Д_2, Д_2'$, поступают на модуляторы $М_1$ и $М_1'$, $М_2$ и $М_2'$, работающие в триггерном режиме. Модуляторы закрывают прохождение колебаний от генератора $Г$ к пьезоэлектрическим элементам излучателей I_1, I_1' и I_2 и I_2' и посылка ультразвуковых колебаний прекратится. Модуляторы $М_1$ и $М_1'$, $М_2$ и $М_2'$ вновь открываются после того как последние ультразвуковые колебания первых пакетов импульсов достигнут пьезоэлектрических элементов приемников $П_1, П_1'$ и $П_2, П_2'$ и поступление электрических колебаний к модуляторам прекратится.

В результате между пьезоэлементами пары $I_1-П_1$ и $I_1'-П_1'$ и пары $I_2-П_2$ и $I_2'-П_2'$ будут проходить пакеты ультразвуковых колебаний с периодами следования $2T_1, 2T_1'$ и $2T_2, 2T_2'$. На входы схемы вычитания 8 $СВ_1$ и схемы вычитания 9 $СВ_2$ будут поступать процессы с частотами f_1, f_1' и f_2, f_2' , определяемых соотношениями



$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{a + W \cos(\Theta_0 + \Psi)}{L}; & f_1' &= \frac{a - W \cos(\Theta_0 + \Psi)}{L}; \\ f_2 &= \frac{a + W \cos(\Theta_0 - \Psi)}{L}; & f_2' &= \frac{a - W \cos(\Theta_0 - \Psi)}{L}. \end{aligned} \quad (2)$$

На выходе схем вычитания δCB_1 и δCB_2 формируются информативные сигналы ультразвуковых измерительных каналов в виде разности частот $\Delta f_1 = f_1 - f_1'$ и $\Delta f_2 = f_2 - f_2'$, определяемые соотношениями вида

$$\Delta f_1 = \frac{2W}{L} \cos(\Theta_0 + \Psi); \quad \Delta f_2 = \frac{2W}{L} \cos(\Theta_0 - \Psi); \quad (3)$$

Тогда аналитическая зависимость для определения скорости W и угла направления ψ вектора ветра в ультразвуковых измерительных каналах будет иметь вид

$$W = \frac{L}{2} \sqrt{\Delta f_1^2 + \Delta f_2^2}, \quad \psi = \arctg \frac{\Delta f_2 - \Delta f_1}{\Delta f_1 + \Delta f_2}. \quad (4)$$

Соотношения (4) определяют алгоритмы обработки информации ультразвуковых измерительных каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами на стоянке до запуска силовой установки.

На других режимах эксплуатации вертолета параметры вектора горизонтального ветра W_H определяются в аэрометрических измерительных каналах в соответствии с алгоритмами, приведенными в [2, 3].

Разработанные принципы построения, структурно-функциональная схема и алгоритмы обработки информации ультразвуковых измерительных каналов позволяют обоснованно проводить проектирование системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами. В сравнении с ионно-меточными измерительными каналами, ультразвуковые измерительные каналы имеют существенно меньшее число каналов с однотипными элементами и малые погрешности выделения и преобразования частотных сигналов, что обеспечивает их конкурентные преимущества.

Литература

[1] Никитин А.В., Солдаткин В.М. Система измерения параметров вектора ветра и истинной воздушной скорости // Датчики и системы. 2015. №4. С. 48-54.

[2] Арискин Е.О., Лисин Р.А., Миннебаев М.Р., Солдаткин В.М. Особенности построения и алгоритмическое обеспечение системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета с ионно-меточными и аэрометрическими измерительными каналами // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. №2. С. 79-87.

[3] Арискин Е.О., Солдаткин В.М. Модели инструментальных погрешностей системы измерения параметров вектора ветра на борту



одновинтового вертолета с ионно-меточными и аэрометрическими измерительными каналами // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2019. Том 75. №1. С. 82-88.

[4] Кремлевский П.П. *Расходомеры и счетчики количества*. Изд. 3-е перераб. и доп. // Машиностроение, 1975. 776 с.

А.А. Бородинов

МЕТОД ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

(Самарский университет)

В данной работе рассматривается задача определения множества вероятностных корреспонденций пользователя на общественном маршрутном транспорте или «пешком» и их вероятностные характеристики по данным мобильного приложения «Прибывалка-63» сервиса tosamara.ru, используемого в настоящее время для информирования жителей г. Самара о движении общественного транспорта и прибытия его на остановки.

Получаемое множество вероятностных корреспонденций пользователя в дальнейшем может использоваться в навигационных или рекомендательных системах (сервисах) [1] в качестве предыдущих действий и решений пользователей [2, 3]. Учет всех обозначенных факторов возможен в «самоподстраивающихся» под индивидуальные предпочтения пользователей системах на основе методов машинного обучения [4].

Используемые в работе данные содержат информацию о идентификаторах и координатах остановок, координатах пользователя во время запроса информации о прибытии общественного транспорта к остановке и идентификаторах маршрута и списка идентификаторов остановок на маршруте.

Задача определения осуществляемых пользователем транспортных корреспонденций по косвенным данным может быть определена как задача оценки вероятностных характеристик соответствующих корреспонденций, то есть перемещений от остановки s_1 к остановке s_2 с использованием некоторого маршрута. Множество корреспонденций на маршрутном общественном транспорте представим следующим образом:

$$\left\{ \left(d_i, s_i^{start}, s_i^{end}, m_i^\ell, k_i^\ell \right) \right\}_{i \in I_u; \ell \in \mathcal{S}_i},$$

где I_u – множество вероятных корреспонденций пользователя и от известной (по запросам пользователя) остановки s_i^{start} к неопределенной на момент выбора РТС s_i^{end} для каждого дня d_i ($w(d_i) \in W_a$).