

УДК 630\*6

С.П. Санников, П.А. Серков, В.В. Шипилов  
(S.P. Sannikov, P.A. Serkov, V.V. Shipilov)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО НАВЕДЕНИЯ  
РАБОЧЕГО ОРГАНА МАНИПУЛЯТОРА НА ДЕРЕВО  
(ALGORITHM FOR AUTOMATIC GUIDANCE OF THE BODY  
MANIPULATOR ON WOOD)**

*Разработан алгоритм автоматизированной системы наведения рабочего органа манипулятора лесозаготовительной машины на ствол дерева с помощью радиочастотных меток.*

*The algorithm of the automated targeting system working body manipulator harvester on a tree trunk with the RFID tags.*

Предлагаемый алгоритм предназначен для автоматизированной экспертной системы наведения рабочего органа манипулятора лесозаготовительной машины (ЛЗМ) на ствол дерева. Задачей системы являются определение координат дерева для спиливания и наведение рабочего органа манипулятора на ствол дерева.

Манипулятор имеет сложную механическую конструкцию консольного типа, и оператор должен уметь управлять всеми звеньями манипулятора. Производительность ЛЗМ зависит от мастерства оператора. Экспертная автоматизированная система поможет оптимизировать труд оператора и повысить производительность ЛЗМ. Фрагмент алгоритма управления одним звеном манипулятора представлен на рис. 1.

Поступающие данные в контроллер анализируются, т.е. производится определенный расчет по предельным углам наклона и поворота звеньев манипулятора, сравниваются с данными оператора, производится расчет оптимальных ускорений и скоростей, а затем контроллер вырабатывает управляющее воздействие на гидроцилиндр манипулятора.

Важным элементом алгоритма управления манипулятором являются данные, поступающие с радиочастотной метки (рис. 2). Сканер считывает данные с радиочастотной метки, обрабатывает их и передает в контроллер, где производится расчет координаты метки.

На рис. 2 представлена схема расположения радиочастотной метки для расчета координат метки, расположенной на стволе дерева. Источником информации является метка М, расположенная на дереве на высоте  $h$ , сканер состоит из приемопередающих антенн  $S_1$  и  $S_2$ , находящихся на расстоянии  $r_1$ ,  $r_2$  от метки М. Трехмерная система координат расположения радиочастотной метки М и сканирующего устройства  $S_1$ ,  $S_2$  необходима для объяснения принципа работы алгоритма управления манипулятором ЛЗМ.

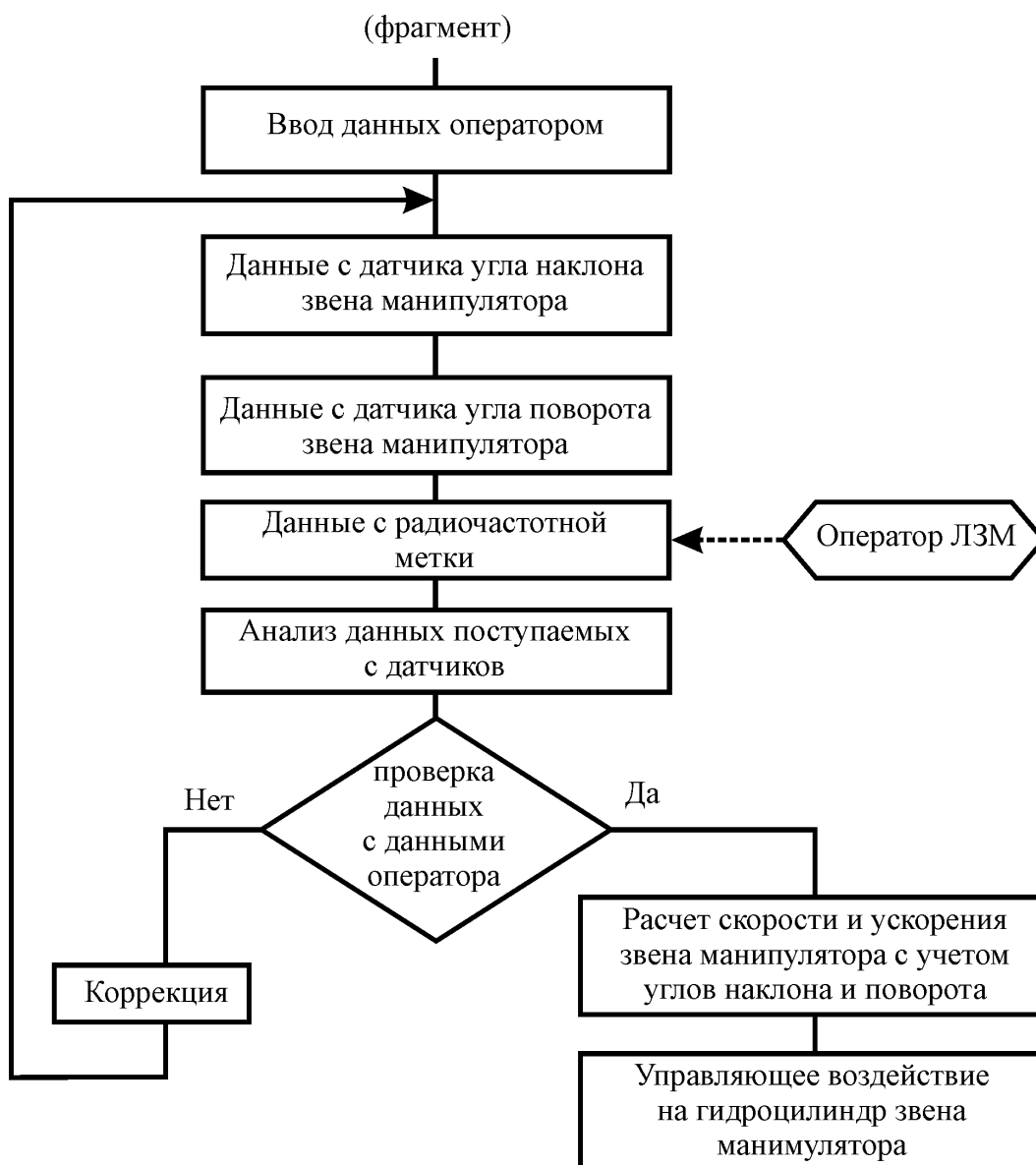


Рис. 1. Алгоритм управления работой манипулятора

Текущее положение  $S_1$  в момент времени  $t$  определено заданием вектора  $r_1 = [x_1, y_1, z_1]^T$ , положение  $S_2$  определяет вектор  $r_2 = [x_2, y_2, z_2]^T$ . Таким образом, векторы  $r_1$  и  $r_2$  определяют в момент времени  $t$  текущее расстояние  $R = \| r_1 - r_2 \|$  между  $S_1$  и  $S_2$  в выбранной системе координат.

Доминирующий вклад в погрешность измерения расстояния вносят канал распространения радиоволн, возникающие в условиях леса отражения от близкорасположенных стволов деревьев, собственный шум метки (передатчика) и сканера (приемника). Для точной оценки времени прихода сигнала (дальности) использовали методологию, описанную в [1]. Результат измерений сводится к оценке всех трех координат точки М.

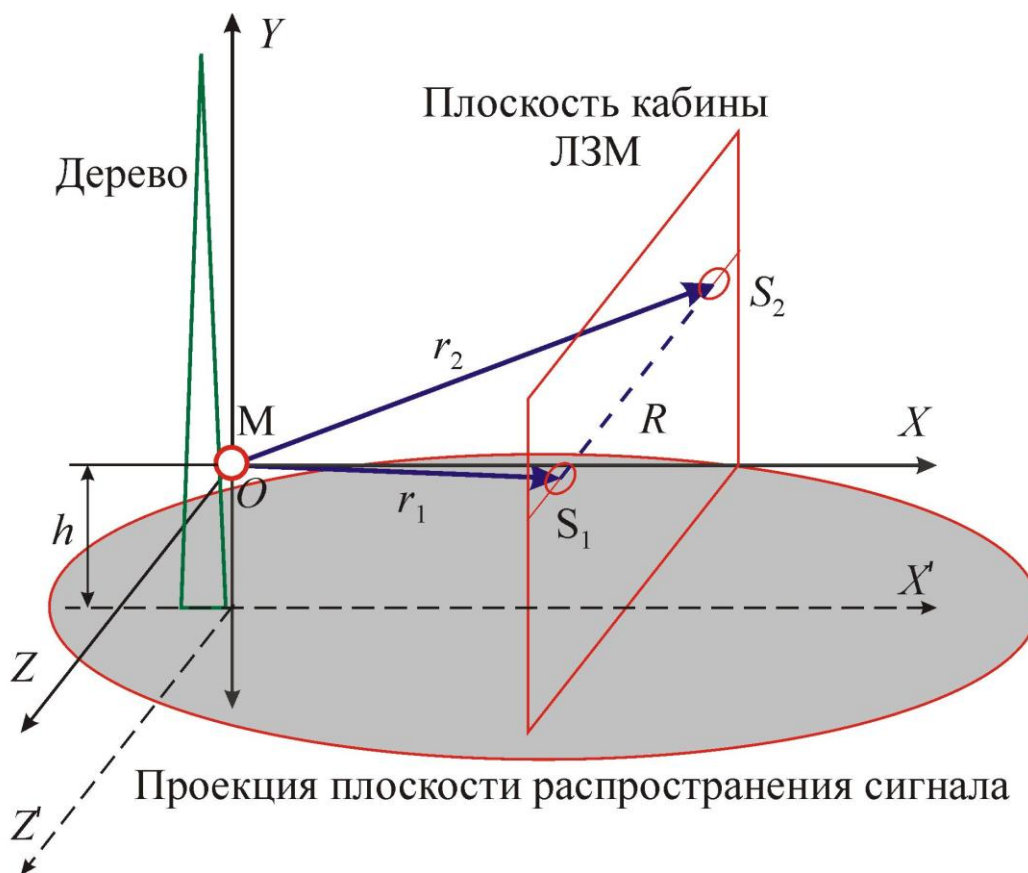


Рис. 2. Система координат сканирующего устройства:

M – радиочастотная метка;  $r_1$  и  $r_2$  – расстояние (радиус распространения сигнала) от M до сканера;  $h$  – высота расположения M;  $S_1$  и  $S_2$  – сканирующее устройство с двумя приемниками сигнала от M;  $R$  – расстояние между точками  $S_1$  и  $S_2$

Предлагаемый синтез алгоритма расчета координат выполним на основе марковской теории нелинейной фильтрации [2]. Введем трехмерный вектор переменных состояния

$$x^T = [x_1, x_2, x_3] = [x_2, y_2, z_2], \quad (1)$$

координаты являются неизвестными случайными величинами. Для неподвижного на интервале измерения  $r$  в дискретном времени для вектора  $x$  справедлива система разностных уравнений

$$x(k) = x(k-1), \quad k = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Случайные начальные условия для (2) определены заданием априорной плотности распределения вероятностей  $W[x(0)]$ , где в качестве источника информации о состоянии используются измерения дальности, объединенные в вектор наблюдения

$$z(k) = \|x(k) - r_1(k)\| + n(k), \quad (3)$$

где  $n(k)$  — одномерный вектор ошибок измерений.

Применяя формулу Байеса с учетом марковских свойств состояний (2) и наблюдений (3), можно записать уравнения, позволяющие рекурсивно обновлять апостериорную плотности распределения вероятностей по мере поступления наблюдений [3]. Для квадратичной функции потерь

оптимальная байесовская оценка  $\hat{x}(k)$  текущего состояния  $x(k)$  реализуется в виде оператора апостериорного среднего.

Задачей экспериментальных исследований является определение ошибки измерения расстояния. Исследование проводили на местности в горизонтальной плоскости с углом от  $-90^\circ$  до  $+90^\circ$  с шагом  $45^\circ$ . Расчет ошибок с определением координат выполнен методом статистических испытаний при усреднении по 100 независимым реализациям гауссовых ошибок в канале наблюдений и различным начальным условиям для (2). При движении сканера в пределах действия радиочастотной метки радиусом 100 м со скоростью 5 км/ч ошибки измерений предположили статистически независимыми во времени с нулевым средним и среднеквадратичным отклонением 30 мм. Интервал сканирования, т.е. поступление данных – 1 с. Расстояние  $R$  между точками  $S_1$  и  $S_2$  выбрали 1 м, длину волны сигнала – 130 мм. Произведен расчет максимальной ошибки при определении места расположения радиочастотной метки  $M$ .

#### *Библиографический список*

1. Савин А.А., Тисленко В.И. Сравнительный анализ алгоритмов определения времени прихода импульсного сигнала при многолучевом распространении радиоволн // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. 2006. № 6. С. 62—66.

2. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении / под ред. Б.Р. Левина. М.: Связь, 1976. 496 с.

3. Doucet A. On Sequential Simulation-Based Methods for Bayesian Filtering // Technical report CUED / F-INFENG / TR 310, Department of Engineering, Cambridge University, 1998.

УДК 630\*6

С.П. Санников, В.В. Шипилов, П.А. Серков  
(S.P. Sannikov, V.V. Shipilov, P.A. Serkov)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

### **СИСТЕМА НАВЕДЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАНИПУЛЯТОРА НА ДЕРЕВО (GUIDANCE SYSTEM OF BODY MANIPULATOR ON WOOD)**

*Разработана система наведения рабочего органа манипулятора лесозаготовительной машины на ствол дерева с помощью радиочастотных меток.*