



Рис. 3. Новая монтажная панель шкафа управления станка «Асфероид-100»

Вследствие проведенной модернизации получена современная шлифовальная система, отвечающая всем требованиям ГОСТ и имеющая следующие преимущества:

- расширение функциональных возможностей станка;
- повышенная производительность станка за счет применения современной системы ЧПУ NC 210;
- повышенная надежность и безопасность;
- повышенное удобство эксплуатации и технического обслуживания.

## МОДЕЛИ НАВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**К. Я. Мысник**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. В. Брель

*Исследована модель наведения для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Модель наведения является ключевым компонентом БПЛА, обеспечивающим способность определять местоположение, направление движения и точность управления своими дейст-*

*виями. Также рассмотрены различные применения модели наведения БПЛА, включая военные, гражданские и коммерческие сферы. Описаны задачи, которые могут выполняться БПЛА в каждой из этих сфер, такие как разведка, наведение огня, аэрофотосъемка, геодезия и другие.*

**Ключевые слова:** лазерные локационные системы, бесплатформенные инерциальные навигационные системы.

Модель наведения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) играет решающую роль в обеспечении их точности и эффективности в выполнении различных задач. Наведение является процессом, в результате которого БПЛА способен определять свое местоположение и направление движения, а также точно управлять своими действиями в соответствии с поставленными задачами.

Эффективная модель наведения БПЛА требует интеграции различных компонентов и систем, таких как датчики, системы навигации, алгоритмы обработки данных и аппаратное обеспечение. В совокупности эти компоненты обеспечивают способность БПЛА в реальном времени анализировать окружающую среду и принимать решения на основе полученной информации.

Современные модели наведения БПЛА базируются на широком спектре технологий, включая глобальные системы позиционирования (GPS), инерциальные системы навигации, компьютерное зрение и датчики обнаружения препятствий. Эти технологии позволяют БПЛА устанавливать свое местоположение с высокой точностью, определять цели и препятствия в окружающей среде, а также адаптироваться к изменяющимся условиям.

**Принцип работы лазерной системы наведения БПЛА.** В процессе картографирования подстилающей поверхности лазерных локационных систем (ЛЛС) формируется так называемое облако точек. Отдельная такая точка представляет собой единичное измерение координат подстилающей поверхности и находящихся на ней объектов.

Облако точек – это множество точек, полученных при зондировании всего углового поля обзора ЛЛС. Для определения дальности до точек используется время-пролетный метод измерений (измерение времени задержки между излучением зондирующего импульса и приемом эхо-сигнала).

В навигационных комплексах БПЛА могут быть использованы конструкции ЛЛС, к примеру, ЛЛС на основе оптико-механического сканера (ОМС) традиционного типа, выполняющего последовательный просмотр поля обзора узкой диаграммой зондирующего излучения и совмещенным с ней полем зрения приемного канала.

При картографировании земной поверхности плотность сканирования ЛЛС должна обеспечивать хорошую информативность получаемого облака точек и высокую производительности просмотра поля обзора.

При этом нежелательно перекрытие соседних точек. Оптико-механический сканер традиционного типа должен обеспечивать равномерность распределения получаемых точек по подстилающей поверхности и простоту технической реализации.

Этим критериям в полной мере отвечает строчная развертка с помощью вращающейся призмы или зеркала. Строчная развертка осуществляется перпендикулярно направлению полета. Скорость сканирования связана с диапазоном рабочих высот.

Минимальная и максимальная рабочие высоты определяются скоростью вращения зеркала или призмы, а также частотой повторения импульсов лазерного источника.

Длительность просмотра поля обзора связана с дальностью до подстилающей поверхности (высотой полета) следующим выражением:

$$t = \frac{2D\Omega}{c\Omega}$$

Частота повторения зондирующих импульсов ограничена максимальной рабочей высотой измерений:

$$f = \frac{c}{2D}$$

Практически можно повысить частоту повторения зондирующих импульсов с увеличением высоты, усложнив конструкцию ЛЛС: использовать фотоприемное устройство на базе линейки фотодетекторов или ввести в схему два спектральных канала и кодирование сигнала. Принимая разрешение ЛЛС по углам  $\Delta$ , равным по обеим осям координат в плоскости построчного сканирования, получаем зависимость длительности просмотра поля обзора от скорости вращения призмы (зеркала) (рис. 1).

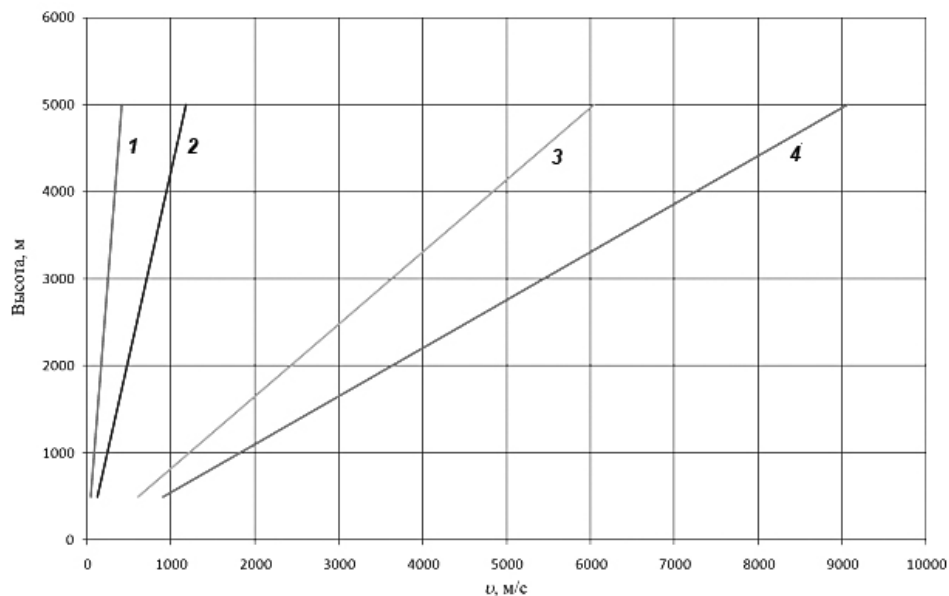


Рис. 1. Зависимость высоты полета от допустимой скорости беспилотного летательного аппарата-носителя

Для ОМС (рис. 1) традиционного (1, 2) и гибридного (3, 4) типов: 1 –  $\Omega_{обз} = 5 \cdot 30^\circ$ ; 2 –  $\Omega_{обз} = 3 \cdot 18^\circ$ ; 3 –  $n_2 = 45^\circ$ ; 4 –  $n_2 = 30^\circ$ .

Допустимая скорость БПЛА-носителя (при которой не наступает искажение облака точек) для ОМС традиционного и гибридного типов  $\Delta = 0,25^\circ$ ;  $\omega = 1250$  об/мин. Для ОМС гибридного типа максимально допустимая скорость полета БПЛА-носителя будет выше на порядок, чем у ОМС традиционного типа.

Максимально допустимая скорость полета БПЛА-носителя, при которой не наступает искажения облака точек, определяется отношением углового разрешения

к размеру поля обзора ЛЛС с ОМС. При размере поля обзора  $\Omega_{\text{обз}} = n_1 \cdot n_2 = 30^\circ \cdot 30^\circ$  и  $\Delta = 0,25^\circ$  для ОМС традиционного типа  $v_{\text{max}} = 81,8$  км/ч, а для ОМС гибридного типа ( $n_2 = 32^\circ$ )  $v_{\text{max}} = 9203,9$  км/ч.

Для увеличения допустимой скорости полета, на которой может использоваться ОМС традиционного типа, потребуется сузить его поле обзора. Это можно обеспечить путем уменьшения числа строк сканирования (перпендикулярных направлению полета), сохранив их длину (рис. 2). Захват набегающей подстилающей поверхности широким полем обзора обеспечивает наибольшую информативность получаемых данных.

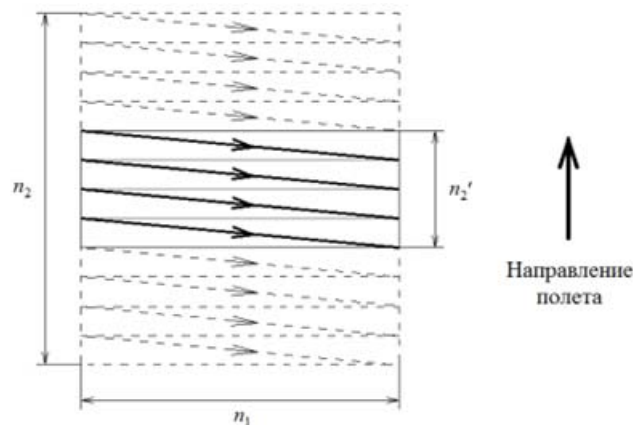


Рис. 2. Сужение поля обзора оптико-механического сканера традиционного типа за счет уменьшения количества строк сканирования

Если сузить поле обзора ЛЛС до  $\Omega_{\text{обз}} = 5 \cdot 30^\circ$ , то  $v_{\text{max}} = 490,9$  км/ч, тогда максимальную рабочую высоту ЛЛС можно оценить с помощью «классического» уравнения лазерной локации на основе приближений геометрической оптики:

$$t = \frac{D\Delta}{2\vartheta}$$

Модели наведения БПЛА являются важной составляющей их функциональности и эффективности. Эти модели представляют собой системы, которые позволяют БПЛА точно и надежно выполнять задачи наведения и прицеливания на цели. Модели наведения БПЛА также включают в себя алгоритмы и математические модели, которые обрабатывают данные от сенсоров и принимают решения о траектории полета, времени атаки и других параметрах. Они строятся на основе знаний о физических принципах полета, поведении объектов воздушного пространства и тактике ведения боевых действий.

#### Литература

1. Медведев, Е. М. Лазерная локация земли и леса / Е. М. Медведев, И. М. Данилин, С. Р. Мельников. – М. : Геолитар, Геокосмос ; Красноярск : Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 230 с.
2. Ульрих, А. Информационное наполнение облака точек при воздушном лазерном сканировании / А. Ульрих // Геоматика. – 2016. – № 1. – С. 38–53.