

УДК 623.746.4-519

Обоснование облика навигационной системы ударного беспилотного летательного аппарата

О. В. Востриков

Статья посвящена обоснованию облика навигационной системы малого ударного беспилотного летательного аппарата (БЛА) средней продолжительности полета, относящегося к классу дистанционно управляемых авиационных систем и предназначенному для уничтожения наземных малоразмерных целей. Рассматриваются задачи, решаемые БЛА, методы навигации и навигационные системы, способные обеспечить решение, возложенных на систему задач. Исходя из анализа возможностей, достоинств и недостатков современных навигационных систем делается вывод о том, что для реализации всех требований, предъявляемых к БЛА, он должен быть оснащен комбинированной системой навигации, реализующей принципы комплексной обработки информации.

Ключевые слова:

беспилотный летательный аппарат, облик, навигационная система, комбинированная система, комплексирование, полуавтоматическая система, оператор, помехозащищенность.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты применяются для решения большого количества народнохозяйственных и специальных задач. Исходя из потребностей выполняемой задачи, БЛА оснащаются различным оборудованием. Основной системой современных БЛА является навигационная система. В зависимости от решаемых задач при синтезе навигационной системы могут использоваться различные принципы навигации, которые и обуславливают аппаратный состав системы. В статье рассматривается ударный БЛА, относящийся к классу малых БЛА средней продолжительности полета и, являющийся средством поражения, предназначенным для поражения наземных малоразмерных целей. Такая система является новой для отечественных разработчиков и в открытой печати сведе-

ния о таких системах не приводятся. Информация о зарубежных аналогах так же отсутствует.

Задачи, связанные с уничтожением наземных малоразмерных целей имеют ряд специфических особенностей, которые требуют от системы высокой точности, помехозащищенности, надежности и высокой вероятности правильного применения. Обоснование облика навигационной системы является основополагающей задачей при создании такого БЛА. Исходя из этого, в статье решается задача обоснования облика навигационной системы малого ударного БЛА средней продолжительности полета, предназначенного для поражения наземных малоразмерных целей. Задача решается методом оценки анализа возможностей существующих навигационных систем по реализации требований, предъявляемых к разрабатываемой авиационной системе в целом [4]. На основе анализа делается вывод о рациональном варианте построения навигационной системы БЛА. Основным допущением является использование известных и хорошо зарекомендовавших себя в различных условиях применения навигационных систем.

Выбор навигационной системы беспилотного летательного аппарата полностью зависит от возлагаемых на него задач. В настоящей работе рассматривается ударный БЛА, предназначенный для уничтожения наземных малоразмерных подвижных и стационарных целей, относящийся к классу дистанционно управляемых авиационных систем (ДУАС). То есть, БЛА является летательным аппаратом (ЛА), автономно реализующим свое функциональное предназначение путем формирования и выполнения внутренних динамических алгоритмов функционального поведения при эпизодическом вмешательстве оператора боевого управления для перенацеливания или постановки новой боевой задачи [1]. Рассматриваемый БЛА является малым (60-100 кг), многоразовым, тактическим средством поражения средней продолжительности полета (1-6 ч).

Навигационная система (НС) БЛА должна решать следующие задачи:

- подготовка к пуску с использованием команд и данных от системы запуска БЛА с обеспечением контроля состояния бортовых средств БЛА и выдачей результатов контроля в систему запуска;
- выполнение автоматического полёта по запрограммированному маршруту с выдерживанием параметров полёта (высоты, скорости и курса), заданных для каждого участка маршрута;
- наведение на цель, заданную оператором или обзорно-прицельной системой БЛА;
- наведение на цель с заданными географическими координатами;

- наведение на цель, маркированную на цифровой карте местности или на видеоизображении местности;
- возвращение на аэродром, выполнение предпосадочного маневра и посадки по парашютному или по самолётному;
- возможность участия оператора в процессе управления полетом БЛА;
- выполнение боевой задачи в сложных метеоусловиях, в условиях естественных и искусственных помех.

Исходя из заданных задач возможно использование различных способов навигации и соответствующих навигационных систем:

- ✓ Штурманский метод – подразумевает наличие оператора в контуре управления. Основными достоинствами является высокая точность наведения и достоверность распознавания цели; основным недостатком – слабая помехозащищенность.
- ✓ Метод счисления пути – основан на измерении вектора скорости объекта относительно поверхности земли и интегрирования этих составляющих во времени. Основное достоинство – автономность; основной недостаток – низкая точность.
- ✓ Обзорно сравнительный метод – основан на определении текущего изображения местности и сравнении его с эталонным изображением, заложенным в память системы. Основное достоинство – автономность; основной недостаток – необходимость иметь большой массив исходных данных.
- ✓ Позиционный метод – основан на измерении координат объекта относительно известных ориентиров. Основные достоинства – возможность определять координаты объекта без учёта и знания пройденного пути, быстродействие; основные недостатки – подверженность помехам, относительно низкая точность.

На основе используемых методов в настоящее время могут быть реализованы следующие системы наведения (рис. 1): полуавтоматическая с участием оператора в контуре наведения, система самонаведения (ССН), инерциальная навигационная система (ИНС), спутниковая радионавигационная система (СРНС), корреляционно-экстремальная система (КЭНС). Различные варианты построения и режимы работы этих систем представлены на рисунке 1, где ППМ – промежуточный пункт маршрута, ОЭС – оптико-электронная станция, ЛЛС – лазерная локационная станция.

Каждой из рассмотренных систем присущи свои достоинства и недостатки.

Позиционный метод наведения обеспечивается спутниковыми радионавигационными системами, которые подразделяются на обычные и дифференциальные. Дифференциальные системы (или дифференциальный режим работы СРНС) подразумевают наличие в районе

цели дифференциальной станции (приемо-передатчика). Он имеет точную привязку к географическим координатам, принимает сигнал от спутников, вычисляет ошибку приходящих сигналов и передает ее на потребителя. Режим базируется на том, что ошибка сигнала спутника считается одинаковой для относительно больших дальностей.

В настоящее время существует российская система ГЛОНАСС и американская GPS. Характеристики этих систем приведены в таблице 1 [2]. Дифференциальные СРНС имеют более высокие точности (таблица 2).

Достоинствами СРНС являются [3]:

- возможность определять координаты объекта без учёта и знания пройденного пути;
- высокий уровень быстродействия всех звеньев системы;
- возможность обслуживать обширные территории;
- неограниченная дальность действия в приземном слое пространства;
- достаточно высокая точность определения координат и составляющих скорости во всей пространственной рабочей области;
- однозначность навигационных определений, выдаваемых в единой для всех потребителей системе координат;
- непрерывность действия;
- возможность быстрого старта приёмного устройства;
- возможность применения радиально-скоростного метода навигационных определений;
- возможность использования статистических методов обработки измерений;
- допустимость работы в диапазоне УКВ (возможности использования широкополосных сигналов и их пространственной селекции);
- неограниченность числа обслуживаемых подвижных объектов;
- возможность применения в любое время суток.

Рассматриваемы СРНС обладают как общими, так и частными недостатками. К общим можно отнести следующие недостатки [2, 3]:

- недостаточная точность для наведения на цель в обычном режиме;
- ограничения в возможности использования дифференциального режима;
- неавтономность системы;
- зависимость точности системы от взаимного положения приемника и спутников (геометрическая ошибка);
- низкая точность в приполярных областях;
- экранирование сигнала естественными и искусственными объектами;

- зависимость точности измерений от месторасположения соседних объектов (переотражение сигналов);
- низкая помехустойчивость к активным помехам и ухудшение работы в близи мощных источников радиоизлучения;
- зависимость точности измерений от метеоусловий (облачность, магнитные бури);
- зависимость точности от времени суток (распространение радиоволн в ионосфере);
- необходимость поддержания целостности созвездия спутников.

Частными недостатками ГЛОНАСС являются:

- неполнота развертывания созвездия спутников;
- значительное снижение точности при смене эфемерид спутников;
- значительное снижение точности работы при коррекции набежавшей секунды;
- взаимовлияние ГЛОНАСС и систем подвижной спутниковой связи и радиоастрономии.

Основным недостатком GPS является ее принадлежность к министерству обороны США, что обуславливает возможность ее отключения, введения помех, уменьшающих точность работы, введение режима ограниченного (селективного) доступа, так же уменьшающего точность НС.

Таким образом, использование СРНС в качестве НС БЛА обеспечивает приемлемую точность выполнения боевой задачи только в дифференциальном режиме, реализация которого не всегда возможна. Работа же в обычном режиме и, тем более, в условиях естественных и организованных помех не обеспечивает требуемой точности наведения БЛА на цель.

Основными достоинствами КЭНС являются:

- автономность системы;
- скрытность функционирования;
- высокая точность измерения;
- высокая достоверность;
- линейность характеристик измерения;
- высокая чувствительность современных оптических систем;
- отсутствие накапливающихся погрешностей;
- высокий уровень информационной избыточности измерений;
- широкая возможность использования неавтоматизированных (визуальная ориентировка) и автоматизированных средств измерения, –

а основными недостатками:

- подверженность искусственным и естественным помехам;
- ограниченное быстродействие (высокие требования к вычислительным устройствам);

- сложность наведения на подвижный объект;
- необходимость подготовки априорной актуальной эталонной информации;
- относительно высокая стоимость серийного образца;
- относительно длительный срок подготовки к боевому применению;
- неэффективность в условиях безориентирной местности (моря, пустыни и т.п.);
- необходимость преобразования текущего изображения с датчиков информации в форму, удобную для сравнения с эталоном;
- необходимость большого объема памяти для хранения эталонного изображения и большой объем вычислений;
- необходимость высотомера при размещении измерителя под наклоном.

Анализ недостатков КЭНС показывает невозможность ее использования в качестве НС БЛА.

Анализ других систем так же не позволяет рекомендовать их в качестве навигационных систем БЛА, способных решить поставленные выше задачи. Так ИНС, основанные на счислении пути, накапливают неприемлемую ошибку при требуемых дальностях полета БЛА. А системы с оператором в контуре управления требуют наличия надежной и помехозащищенной линии связи наземного пункта управления (НПУ) с БЛА. ССН обладают небольшой дальностью действия, как правило, требуют целеуказания и подвержены влиянию естественных и искусственных помех.

Возможным решением в целях создания системы, удовлетворяющей поставленным требованиям, является комплексирование – объединение различных НС в единый комплекс, обладающий более высокими характеристиками, чем каждая из них по отдельности.

Целями комплексирования являются:

- повышение точности системы;
- обеспечение непрерывности функционирования системы;
- обеспечение помехоустойчивости системы;
- повышение надежности навигационных определений;
- расширение круга решаемых задач.

Варианты построения НС БЛА представлены на рисунке 2. Наиболее рациональными, отвечающими заданным требованиям, из них являются комбинированные системы наведения: ИНС + СРНС + Оператор + ССН или ИНС + СРНС + КЭНС + Оператор + ССН. Такое сочетание навигационных систем позволяет выполнять поставленные задачи в рамках заданных требований, в том числе, обеспечить полное автономное применение БЛА по заданной цели (группе целей).

В выбранной конфигурации типовые НС могут решать следующие задачи:

- ИНС:
 - полет по маршруту.
- СРНС:
 - коррекция ИНС;
 - полет по координатам в случае отказа ИНС.
- КЭНС:
 - коррекция ИНС в комплексе с СРНС или автономно при помехах (отказе) СРНС;
 - автоматическое наведение на маркированную цель.
- Оператор:
 - полет по маршруту по визуальным ориентирам;
 - коррекция маршрута полета в сложных метеоусловиях и условиях помех;
 - обнаружение и распознавание цели;
 - наведение БЛА на цель;
 - выдача целеуказания ССН;
 - контроль функционирования системы.
- ССН:
 - автоматическое распознавание и сопровождение маркированной цели;
 - автоматическое сопровождение цели, заданной оператором;
 - автоматическое обнаружение, распознавание и сопровождение цели по заданному образу.

Для повышения эффективности БЛА при уничтожении наземных целей целесообразно использование оператора в районе цели с переносным пунктом управления. Это позволит повысить помехозащищенность системы, ускорить процесс обнаружения цели и повысить достоверность ее распознавания, а так же проконтролировать результаты боевого применения БЛА и степень выполнения поставленной задачи.

Принцип комплексирования различных систем для повышения качества общей системы является известным. Его применение в данном случае для обоснования облика новой системы на этапе синтеза позволяет создать навигационную систему, удовлетворяющую заданным требованиям, которые являются достаточно жесткими для рассматриваемой системы. Подобные решения применяются в отечественных и зарубежных управляемых ракетах большой дальности. В рассматриваемом случае, во-первых, сама система является новой, во-вторых, в заданных размерах применение сложной навигационной системы является не тривиальным решением. Однако только такое построение навигационной системы позволит ей

решать возложенные на средство поражения задачи и удовлетворять всем предъявляемым требованиям.

Исходя из анализа возможностей, достоинств и недостатков современных навигационных систем можно сделать вывод о том, что для реализации всех требований, предъявляемых к малому ударному БЛА средней продолжительности полета, предназначенному для поражения наземных малоразмерных целей, он должен быть оснащен комбинированной системой навигации, реализующей принципы комплексной обработки информации.

библиографический список

1. Полтавский А.В., Маклаков В.В. Системные принципы создания и применения многоцелевых комплексов беспилотных летательных аппаратов/ Научное издание. – М.: ИПУ РАН, 2010. – 102 с.
2. ГЛОНАСС: принципы построения и функционирования. 4-е изд./ Под ред. Перова А.И., Харисова В.Н. –М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
3. Бакулев П. А., Сосновский А. А. Радионавигационные системы. Учебник для вузов. Изд-е 2-е, испр. и доп. –М.: Радиотехника, 2011. – 272 с.
4. Ашурбейли И.Р., Лаговиер А.И., Соколов С.П. Сложные радиоэлектронные системы вооружения. Планирование и управление созданием. –М.: Радиотехника, 2010. – 438 с.

Сведения об авторе

Востриков Олег Валерьевич, доцент Московского авиационного института (национального исследовательского университета) к. т.н.,
тел. +7-916-576-86-06, e-mail: Volv@gempico.ru

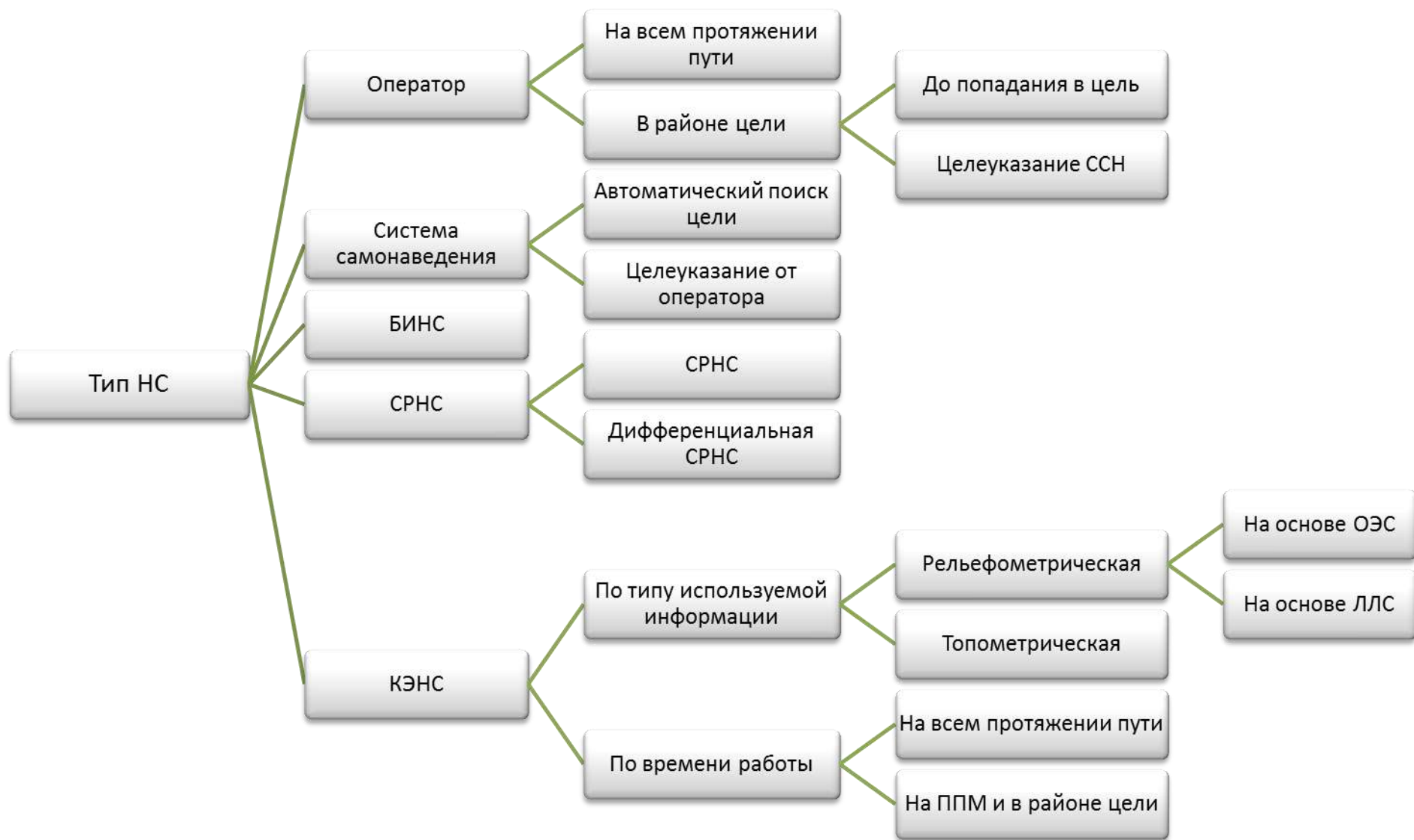


Рис. 1. Типовые системы наведения

Таблица 1

Параметр	Точность измерений (СКО)					
	GPS (P=0,95)			ГЛОНАСС (P=0,997)		
	Код	Стандартные значения	Оцененные значения (с SA/без SA)	Код	Стандартные значения	Оцененные значения
Горизонтальная плоскость, м	C/A-код P-, Y-код	100 18	72/18	СТ-код	60	39
Вертикальная плоскость, м	C/A-код P-, Y-код	156 28	135/34	СТ-код	75	67,5
Скорость см/с	C/A-код P-, Y-код	< 200 20		СТ-код	15	
Ускорение мм/с ²	C/A-код P-, Y-код	< 19 8		-	-	
Время, мкс	C/A-код P-, Y-код	0,34 0,18		СТ-код	1	

Таблица 2

Дифференциальный режим	Точность измерений (СКО)	
	Горизонтальная плоскость, м	Вертикальная плоскость, м
	5	5

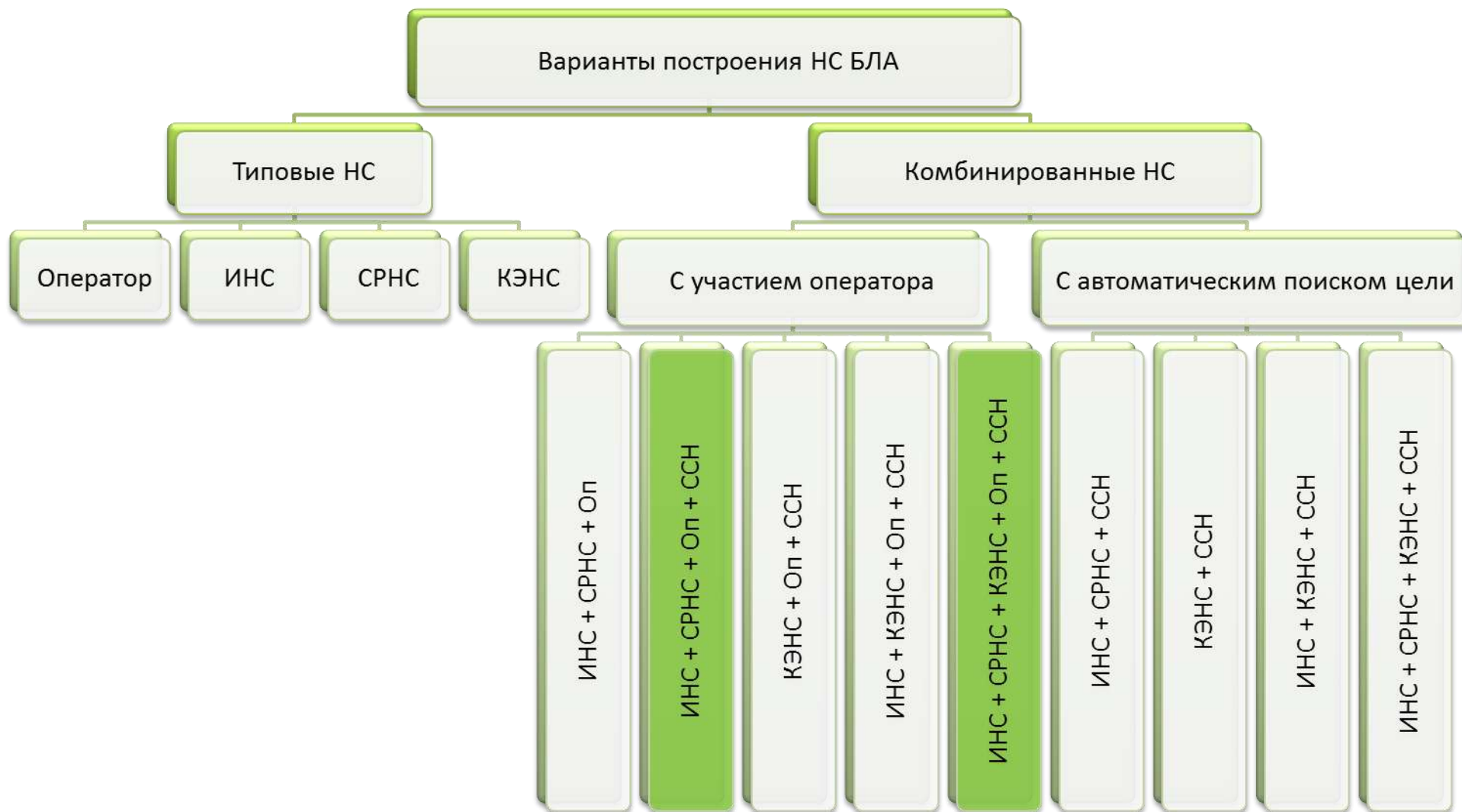


Рис. 2. Варианты построения навигационной системы БЛА