

УДК: 355.354

## **Бортовая оперативно советующая экспертная система дальнего боя с наземной целью на борту фронтового самолета**

Лавров А.О.

### **Аннотация**

В статье подробно рассматриваются структура режимов работы бортовой оперативно советующей экспертной системы дальнего боя с наземной целью (БОСЭС ДБП). В качестве примера приведен один из режимов работы БОСЭС ДБП: «атака одним самолетом визуально ненаблюдаемой групповой незащищенной цели с заранее известными координатами, изделиями с инерциально-спутниковой головкой самонаведения». Выделен перечень проблемных субситуаций, представлен прототип кадра индикации, рассмотрена роль БОСЭС ДБП в данном режиме работы.

### **Ключевые слова:**

бортовая оперативно-советующая экспертная система, инерциально-спутниковая головка самонаведения, дальний бой по поверхности.

### **Введение**

«Бортовые оперативно-советующие экспертные системы типовых ситуаций функционирования антропоцентрического объекта (БОСЭС ТС) – новый класс бортовых алгоритмов, определяющих рациональный способ достижения текущей цели функционирования антропоцентрического объекта. ...» [1].

При выполнении боевых вылетов самолётами фронтовой авиации, когда развитие ситуации представляется многообразием исхода событий, в условиях противодействия противника и быстрой смены тактической обстановки, основной задачей БОСЭС ТС является расчёт наиболее эффективного способа достижения цели за отведенное время и выдача рекомендаций в удобном виде экипажу.

Общая функциональная схема БОСЭС ТС и ТБС (типовых боевых ситуаций) представлена на рисунке 1 [2].

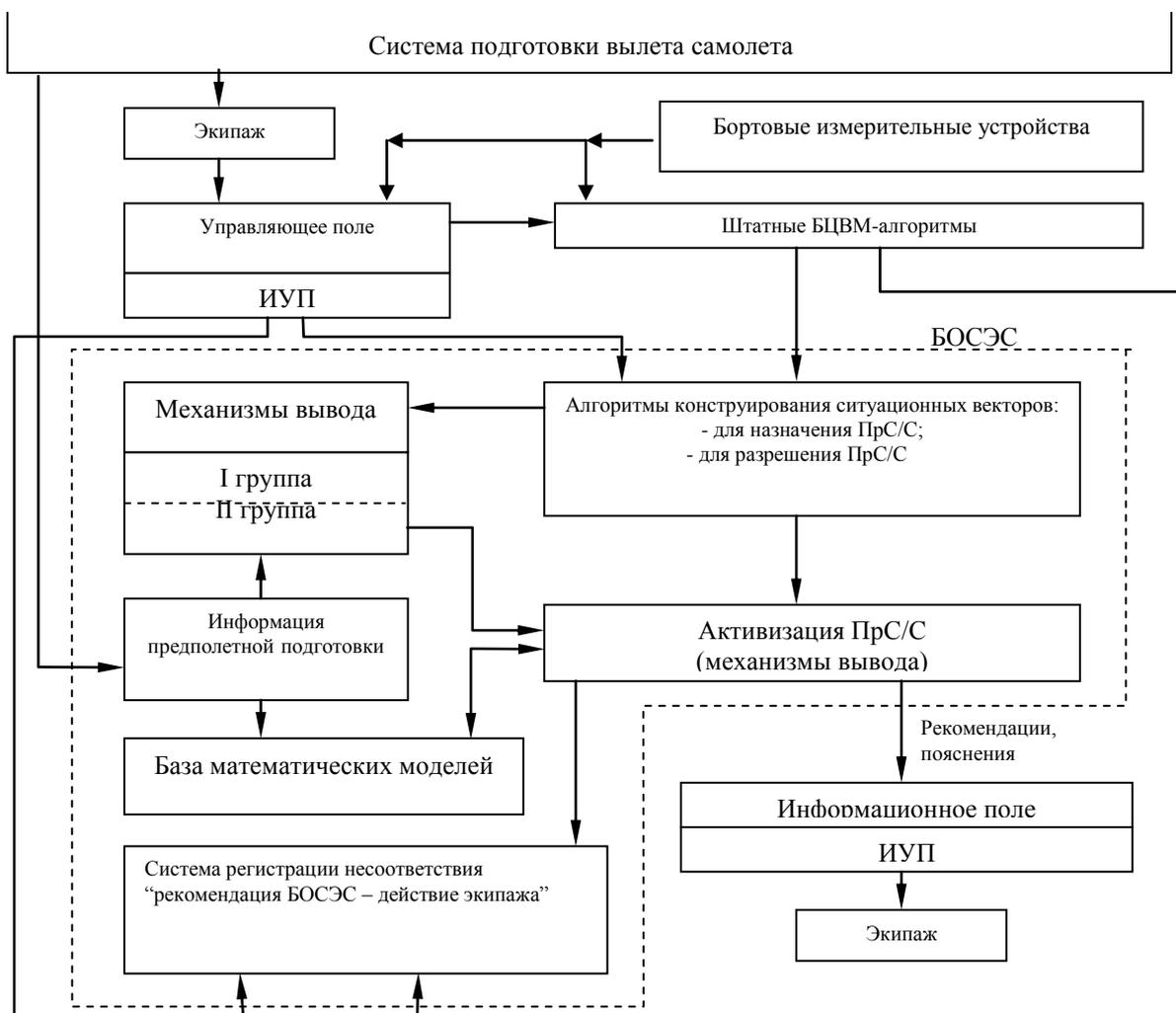


Рисунок 1 – Функциональная схема БОСЭС ТС и ТБС.

### Структура базы знаний БОСЭС ДБП

Одними из основных задач фронтовой авиации является ведение атаки наземных целей, среди которых можно выделить основные из приоритетных: ведение ближнего и дальнего боя по поверхности. Под дальним боем по поверхности (ДБП) понимается атака визуально ненаблюдаемых целей. Бортовая оперативно советующая экспертная система дальнего боя с наземной целью (БОСЭС ДБП) предназначена для повышения эффективности при выполнении задач атаки визуально ненаблюдаемых наземных целей.

В базе знаний (БЗ) выделены по приведенным ниже признакам режимы работы БОСЭС ДБП:

| <i><b>СОСТАВ УДАРНОЙ ГРУППЫ</b></i> | <i><b>ТИП ГОЛОВКИ САМОНАВЕДЕНИЯ (ГСН) ОРУЖИЯ</b></i> | <i><b>ТИП ЦЕЛИ</b></i>   |
|-------------------------------------|--|--|
| атака цели одним самолетом          | инерциально-спутниковая                              | надводная:<br>защищенная/незащищенная                                    |
| атака цели парой самолетов          | лазерная полуактивная                                | радиоизлучающая (ПВО)  |
| ....                                | активная радиолокационная                            | Стационарная:<br>• одноцелевая/многоцелевая<br>• незащищенная/защищенная |
|                                     | пассивная<br>противорадиолокационная                 | .....  |

**БОСЭС ДБП в режиме работы: «атака одним самолетом визуально ненаблюдаемой групповой незащищенной цели с заранее известными координатами изделиями с инерциально-спутниковой головкой самонаведения»**

Один из режимов работы БОСЭС рассмотрим в текущей статье: режим атаки одним самолетом визуально ненаблюдаемой групповой незащищенной цели с заранее известными координатами изделиями с инерциально-спутниковой головкой самонаведения (ГСН). Ветка выбора данного режима работы БОСЭС ДБП при атаке цели одним самолетом представлена на рисунке 2.

Перед вылетом в полётное задание летательного аппарата (ЛА) вносятся координаты целей, координаты узловых точек маршрута и запасные траектории атаки групповой цели.

БОСЭС ДБП включается экипажем после входа ЛА в район боевых действий (РБД).

В процессе выполнения полётного задания БОСЭС ДБП контролирует правильность выполнения полётного задания, осуществляет оценки влияния внешних факторов на выполнения задания и в случае появления нештатных ситуаций даёт рекомендации по их возможному разрешению. (Для рассматриваемого примера внешнем фактором является прогноз состояния спутниковой группировки на момент пуска изделий).

Одним из основных моментов применения изделий с инерциально-спутниковой ГСН является выставка БИНС (ИНС) и подготовка спутниково-навигационной системы (СНС) изделия. Для этого в полётном задании вводится траектория подготовки изделий.

После того как изделия проходят выставку лётчик (система) переходит к следующему этапу полётного задания: ЛА переходит на участок «временного удержания». Данный участок служит для корректировки времени выхода ЛА в точку сброса изделий.

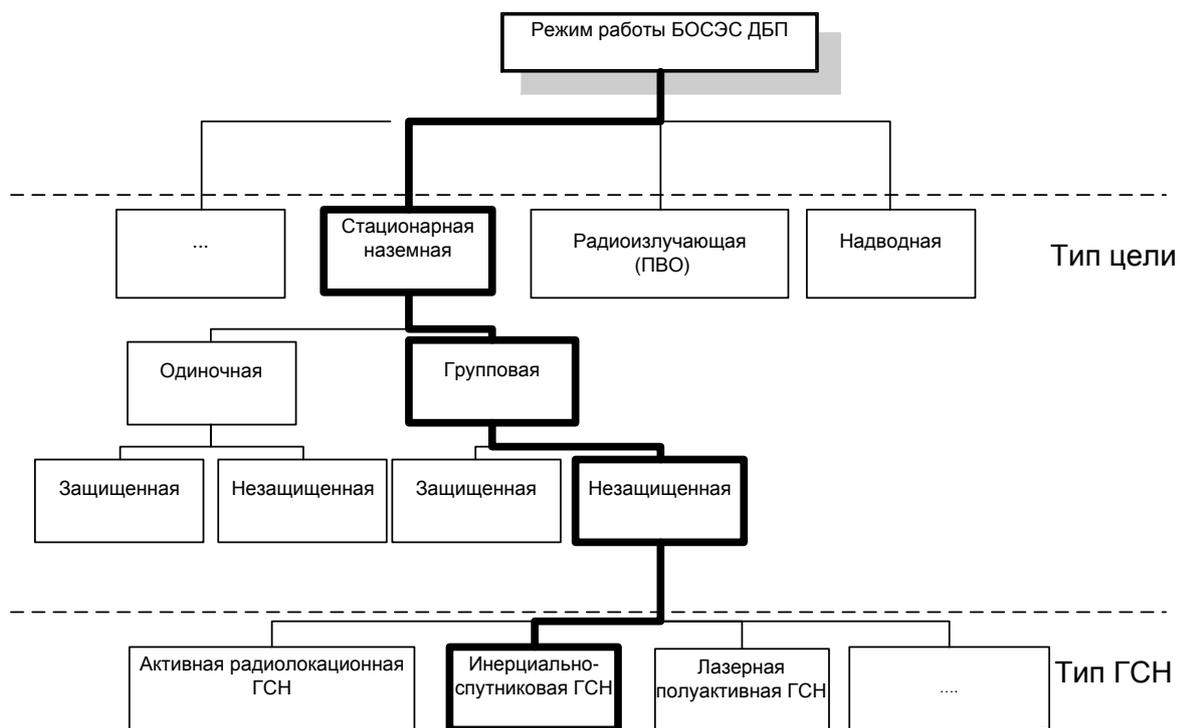


Рисунок 2 – Структурная схема режимов работы БОСЭС ДБП

Основными факторами, которые могут повлиять на «смещение» времени атаки цели, можно выделить следующие:

- заданное время атаки целей;
- отсутствие достаточного количества спутников на момент атаки цели;
- не пройдена подготовка СНС-приёмников (обновление альманаха, отказ...).

После того как ЛА (система, лётчик) выполнил этап полёта выполнения манёвров «временного удержания» (если это требуется), ЛА (система, лётчик) переходит к следующему этапу: вывод ЛА на траекторию «разгонного» участка. Данный участок предназначен для достижение ЛА оптимальной скорости, высоты полёта и курса захода на групповую цель, при которой будут обеспечены максимальные зоны расчётных пусков (ЗРП) применяемого изделия.

После того как ЛА вошел в ЗРП, лётчик производит атаку групповых целей и выходит из атаки по траектории, внесённой в полётное задание.

Данная тактическая схема атаки наземной групповой цели представлена на рисунке 3.

В рассмотренном примере тактической схемы атаки групповой цели при штатном выполнении полётного задания, штатной работе изделий и отсутствие влияния внешних

неблагоприятных факторов, ролью БОСЭС ДБП является контроль правильности выполнения заложенного полётного задания и информировании лётчика об этапах выполнения полётного задания.

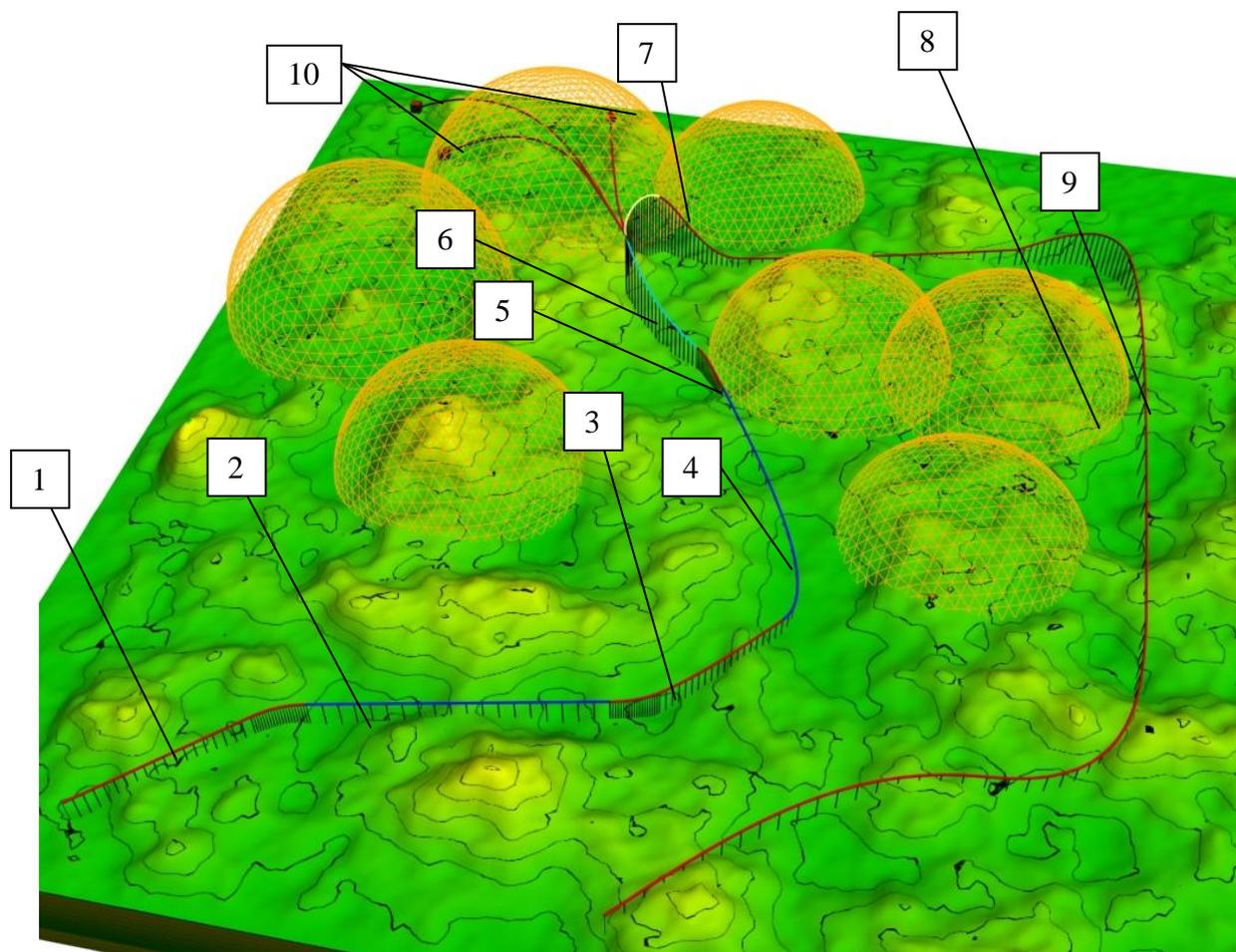


Рисунок 3 – Тактическая схема атаки наземной групповой цели с применением изделий с инерциально-спутниковой ГСН.

Обозначения рисунка 3:

1. Траектория ввода ЛА на участок «подготовки изделий с инерциально-спутниковой ГСН»
2. Участок «подготовки АСП» (Выставка БИНС, подготовка СНС-приёмника изделия)
3. Участок «временного удерживания»
4. «Разгонный» участок
5. Участок занятия тактически выгодной точки сброса
6. Участок пуска изделий

7. Участок выхода из зоны разлета осколков
8. Участок выхода из атаки
9. Зоны ПВО
10. Цели

В реальных же условиях при атаке наземной групповой цели лётчик (экипаж) может столкнуться с такими условиями, при которых потребуются перепланирование полётного задания, выбор запасного варианта атаки цели, корректировка времени атаки, осуществление расчёта траекторий повторного захода, сравнение задач достижимости возврата ЛА на аэродром с задачей атаки наземной цели.... В этом случае на помощь экипажу должна прийти БОСЭС ДБП.

### **Перечень проблемных субситуаций БОСЭС ДБП в режиме атаки наземной цели**

База знаний БОСЭС ДБП в этом режиме имеет два иерархических уровня:

- на первом иерархическом уровне активизируется проблемная субситуация (ПрС/С), адекватная сложившейся внешней обстановки
- на втором иерархическом уровне определяется и предъявляется экипажу рациональный способ решения активизированной ПрС/С.

В рассматриваемом режиме в базе знаний БОСЭС ДБП активизируются и разрешаются следующие ПрС/С:

*ПрС/С «Организация нападения (атаки)».*

Данная ПрС/С активна на участках:

- Траектория ввода ЛА на участок «подготовки изделий с инерциально-спутниковой ГСН»;
- Участок «подготовки АСП» (Выставка БИНС, подготовка СНС-приёмника изделия);
- Участок «временного удерживания»;
- «Разгонный» участок.

Задачи решаемые БОСЭС ДБП в данной ПрС/С:

- Расчёт прогноза спутниковой группировки на участок полёта от начала подготовки изделий до момента попадания изделия в цель, с последующими формированиями рекомендаций по времени атаки целей;

- Контроль отклонения от заданного маршрута (траектории), с последующими рекомендациями по корректировке траектории атаки цели, в случае отклонения от маршрута атаки;
- Расчёт оптимального маршрута в случае возникновения угрозы;
- Сопоставления задачи достижимости полёта по запланированному маршруту с задачей запаса по топливу;

*ПрС/С «Нападение».*

ПрС/С «Нападение» активизируется при входе в ЗВП выбранного для атаки оружия и при отсутствии огневого противодействия со стороны атакуемой цели.

Данная ПрС/С включается на участках:

- участок занятия тактически выгодной точки сброса;
- участок пуска изделий.

Решаемые задачи БОСЭС ДБП в данной ПрС/С:

- контроль атаки целей (факт пуска изделий по атакуемым целям). В случае если цели не были атакованы выработка начальных условий для ПрС/С «Повторный заход»;

*ПрС/С «Защита с нападением».*

ПрС/С «Защита с нападением» активизируется при входе в ЗВП выбранного для атаки оружия и при реализовавшемся огневом противодействии со стороны атакуемой цели.

Данная ПрС/С включается на участках:

- участок занятия тактически выгодной точки сброса;
- участок пуска изделий.

Решаемые задачи БОСЭС ДБП в данной ПрС/С:

- контроль атаки целей (факт пуска изделий по атакуемым целям). В случае если цели не были атакованы выработка начальных условий для ПрС/С «Повторный заход» с учётом точек огневого противодействия;
- обеспечение срыва наведения ракет противника (траектория противоракетного маневра, постановка помех).

*ПрС/С «Выход из атаки».*

ПрС/С «Выход из атаки» постоянно производит расчёты, и в любой момент готова предоставить траекторию выхода с отображением траектории на ИУП, при поступлении сигнала от летчика (сигнал с ИУП).

Решаемые задачи БОСЭС ДБП в данной ПрС/С:

Построение траектории происходит с учётом:

- местоположения средств огневой защиты атакуемой цели;
- места сбора группы.

*ПрС/С «Повторный заход».*

Данная ПрС/С активизируется после атаки целей или по ручной операции лётчика.

Решаемые задачи БОСЭС ДБП в данной ПрС/С:

Прокладка маршрута повторного захода с учётом:

- местоположения средств огневой защиты атакуемой цели;
- числа оставшихся групповых целей;
- степени готовности АСП.

### Прототип кадра индикации для БОСЭС ДБП

Для информирования лётчика о ходе выполнения текущего полётного задания, о воздействии внешних факторов на выполнения задания, оценке эффективности выбранных им траекторий захода, БОСЭС ДБП формирует кадр, прототип которого показан на рисунке 4.

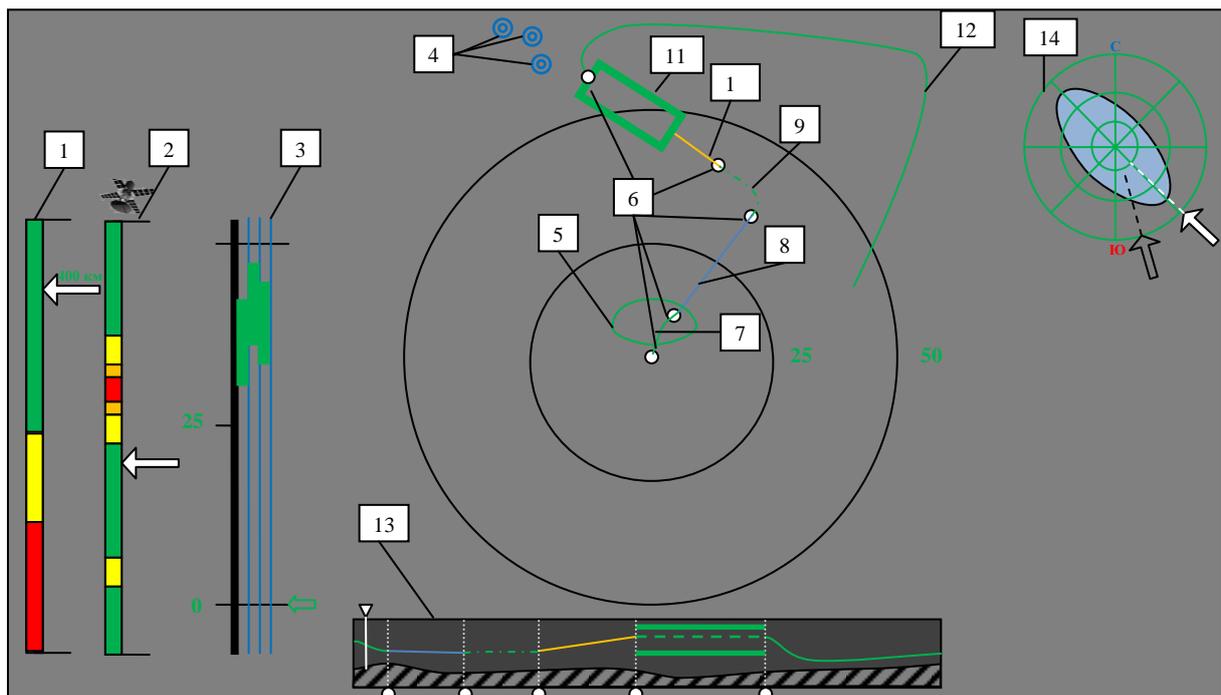


Рисунок 4 – Прототип кадра индикации атаки наземной групповой цели в режиме ДБП

Обозначения на рисунке 4:

- 1 – шкала достижимости выполнения задания по топливу: на шкале показаны три зоны: первая «зеленая» - зона при которой решается задача атаки цели и возврат на основной аэродром, вторая «желтая» - зона при которой решается задача атаки цели и возврат на запасной аэродром, третья «красная» - зона индицирует расстояние запаса по топливу, при этом остатка топлива не хватит для возврата на аэродром. Так же индицируется метка текущего запаса топлива;
- 2 – шкала прогнозирования спутниковой группировки (прогноз геофактора);
- 3 – шкала индикации проекции зон ЗРП каждой из цели на линию вектора путевой скорости;
- 4 – групповые цели;
- 5 – текущая ЗВП для данного типа изделий;
- 6 – промежуточные пункты маршрута участков выполнения атаки наземной групповой цели;
- 7 – траектория ввода ЛА на участок «подготовки изделий»;
- 8 – траектория «подготовки изделий»;
- 9 – участок траектории «временного удерживания»;
- 10 – «разгонный» участок;
- 11 – рекомендуемый коридор «ЗВП» атаки наземной групповой цели;
- 12 – траектория возврата;
- 13 – проекция профиля траекторий высоты полёта ЛА;
- 14 – круговая диаграмма отображения оптимальных траекторий заходов атаки групповой цели.

### **Роль БОСЭС ДБП в режиме атаки наземной групповой цели с применением изделий с инерциально-спутниковой ГСН**

Рассмотрим поэтапно работу БОСЭС ДБП в режиме атаки наземной групповой цели с применением изделий с инерциально-спутниковой ГСН, при возникновении «нештатных» ситуаций, при отсутствии противодействия противника. Рассмотрим несколько из них:

1. Время атаки наземной групповой цели смещается и расчётных выход в зону ЗРП попадает в интервал, при котором спутниковая группировка имеет недостаточное количество спутников для решения задачи спутниковой навигации. В сложившейся ситуации в БОСЭС ДБП производятся расчёты анализа задачи «достижимости по топливу» с задачей ожидания появления минимально необходимого количества

спутников. При этом если текущий прогноз спутниковой группировки оказывается неблагоприятным или лётчик принимает решение атаковать цель не дожидаясь минимально необходимого количества спутников, в этом случае БОСЭС ДБП выбирает альтернативную траекторию (занесённое в полётное задание перед вылетом) с учётом ЗРП без использования СНС-приёмника (режим применения оружия - неполное приборное обеспечение). В случае если задача ожидания спутниковой группировки решается в рамках решения задачи достижимости по топливу, лётчику выдается подсказка по необходимому времени нахождения на участки траектории «временного удержания». В случае если прогноз спутниковой группировки за отведенное время ожидания не наступил, лётчику так же выдаётся подсказка для перехода в режим атаки наземных целей в режиме атаки без использования СНС-приёмника изделия.

2. В процессе атаки наземной групповой цели происходит отклонение от заложенного маршрута полёта, при этом БОСЭС ДБП оценивает (и при возможном решении предлагает) траекторию «безболезненного» возврата на маршрут полётного задания или предлагает наиболее рациональный выбор из заранее заложенных альтернативных маршрутов. Так же для этой ситуации актуальна задача выполнения повторного захода на групповую цель, в этом случае БОСЭС ДБП конструирует маршрут атаки из заранее заложенных альтернативных маршрутов или основного маршрута атаки цели, исключая из них участки «Подготовки» изделий и участка «временного удерживания» (если он не требуется).
3. В процессе полёта на борт ЛА передаются новые координаты оперативно обнаруженной программной наземной групповой цели (одиночной). В данном случае БОСЭС ДБП решает задачу прокладки оптимального маршрута атаки наземной групповой цели, сопоставляет с задачей «достижимости по топливу» и предлагает результат прокладки маршрута атаки наземной групповой цели.

В рассмотренном примере тактической схемы атаки групповой цели при штатном выполнении полётного задания, штатной работе изделий и отсутствие влияния внешних неблагоприятных факторов, ролью БОСЭС ДБП является контроль правильности выполнения заложенного полётного задания и информировании лётчика об этапах выполнения полётного задания.

## **Заключение**

В рассмотренной работе дан облик БОСЭС ДБП, разработаны ПрС/С для режима работы БОСЭС ДБП «атака одним самолетом визуально ненаблюдаемой групповой незащищенной цели с заранее известными координатами изделиями с инерциально-спутниковой ГСН», выработаны требования для данных ПрС/С, разработан прототип интегрального кадра.

Результатом таких внедрений должно стать повешение боевой эффективности и оперативности ударных операций самолётов фронтовой авиации с применением изделий с инерциально-спутниковой ГСН по групповым целям в случаи появления незапланированных ситуаций. Повышение боевой эффективности ЛА происходит за счёт расчёта оптимальных траекторий, обеспечивающих такой ракурс и траекторию захода на групповую цель при котором происходит атака максимального количества целей, с учётом прогноза спутниковой группировки на момент атаки групповой цели и «достижимости атаки по запасу топлива».

При отсутствии БОСЭС ДБП на борту самолёта фронтовой авиации, во время совершения атаки визуально ненаблюдаемой групповой незащищенной цели с заранее известными координатами изделиями с инерциально-спутниковой ГСН, в случае возникновения нештатных ситуаций, приведет к потребности поиска экипажем решения задачи перепланирования полётного задания самостоятельно. Решение задач такого рода, является задачей трудоёмкой, сочетающей в себе поиск достижения многокритериального оптимального максимума и большинству экипажей может оказаться не под силу или требующих больших навыков и опыта, как следствие в таких ситуация групповая цель может быть атакована полностью, в большинстве случаев, только в результате нескольких заходов на групповую цель, вследствие чего может возникнуть потеря эффекта «внезапности». Так же может возникнуть ситуация при которой время атаки совпадет со временем наличия недостаточного созвездия спутниковой группировки, такая ситуация может привести к необходимости повторных заходов. Потребность в наличии повторных незапланированных заходов потребует дополнительный расход топлива, что как следствие может оказаться критическим для решения задачи возврата ЛА на аэродром.

## **Библиографический список**

1. Стефанов В.А., Федун Б.Е. Бортовые оперативно – советующие экспертные системы (БОСЭС) типовых ситуаций функционирования антропоцентрических (технических) объектов. Москва. Издательство МАИ. 2006. 191 стр.

2. Федун Б.Е. Базовая алгоритмическая оболочка бортовых оперативно советующих экспертных систем типовых ситуаций функционирования объекта.– М., Изв. РАН, ТиСУ. №.5 , 2009. стр. 90 -101.

**Сведения об авторе:**

Лавров Александр Олегович, аспирант ФГУП «ГосНИИАС».

Адрес: 125319, г. Москва, ул. Викторенко, 7;

тел.: (499) 157-95-09;

e-mail: sanya\_\_1@mail.ru