

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт математики и механики  
им. Н.Н. Красовского Уральского отделения  
Российской академии наук (ИММ УрО РАН)

УДК 656.7.052 (075.8)

УТВЕРЖДАЮ

№ государственной  
регистрации

Зам.Директора

ИММ УрО РАН

Инв. №

к.ф.-м.н. И. Н. Кандоба

“ 13 ” февраля 2018 г.

## ОТЧЕТ О НАУЧНО–ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЕ

Исследование задач управления и наблюдения в АС  
УВД  
(Этап 3)

Том 3

Исследование веерных схем  
слияния потоков а/п Кольцово

Зав. отделом динамических систем  
доктор физ.-мат.наук

А.М. Тарасьев

Зав. сектором  
кандидат физ.-мат.наук

В.С. Пацко

Екатеринбург — 2018

## РЕФЕРАТ

Отчёт Том 3, 52 стр., рис. 22, источн. 12.

ВОЗДУШНЫЕ СУДА, ЗОНА УВД а/п Кольцово, МНОГОВЕЕРНАЯ СХЕМА, СЛИЯНИЕ ПОТОКОВ, ФОРМИРОВАНИЕ ОЧЕРЕДИ, УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ЗАДЕРЖКА, АЛГОРИТМЫ БЕКОНФЛИКТНОГО СЛИЯНИЯ, ДИАЛОГ С ДИСПЕТЧЕРОМ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Для варианта реальной зоны УВД а/п Кольцово и структуры её воздушного пространства рассматривается задача бесконфликтного слияния десяти потоков прибывающих воздушных судов.

Исследуются алгоритмы расчёта как необходимой задержки или ускорения (замедления) каждого судна путём регулирования скорости движения судов.

Алгоритмы обеспечивают минимальное суммарное время задержки судов всех потоков.

Результаты работы алгоритмов предоставляются диспетчеру в форме рекомендации для обоснованного принятия им решений по выдаче команд управления экипажам судов на всей траектории судна от момента входа на контроль до момента слияния потоков перед заходом на посадку.

Алгоритмы предназначены для использования в диспетчерских тренажёрах и перспективных автоматизированных системах УВД.

## Руководители работы

В.С. Пацко  
Зав.сектором  
кандидат физ.-мат.наук

Руководство работой со стороны Исполнителя

А.В. Васильев  
Начальник отдела  
авиационных тренажёров  
ООО “Фирма НИТА”

Руководство работой со стороны Заказчика, уточнение требований по управлению очередью воздушных судов в многовеерной схеме.

А.В. Алёшин  
старший инженер  
ООО “Фирма НИТА”

Руководство работой со стороны Заказчика, уточнение исходных данных по пробным веерным схемам а/п Кольцово, согласование исходной схемы и данных для моделирования и исследования.

## Список исполнителей

С.И. Кумков  
Старший научн. сотр.  
кандидат техн.наук

Разработка и отработка алгоритмов слияния потоков судов и управления их очередью в многовеерных схемах а/п Кольцово. Написание и редактирование отчёта

Н.Л. Пацко  
Старший научн. сотр.  
кандидат физ.-мат.наук

Анализ алгоритмов, разработка их программной реализации и оценочное моделирование

М.М. Овчинников  
Ведущий программист,  
магистр

Разработка и программирование на рабочем языке алгоритмов слияния судов и управления их очередью в многовеерных схемах а/п Кольцово. Разработка пакета визуализации процессов слияния, отладочное моделирование

# Содержание

Введение . . . . .	5
1 Реальный вариант многовеерной схемы со слиянием десяти прибывающих потоков а/п Кольцово. Структура и режимы движения . . . . .	6
2 Программный пакет алгоритмов слияния потоков а/п Кольцово . . . . .	35
3 Результаты моделирования слияния десяти потоков в трех-веерной схеме а/п Кольцово . . . . .	41
Заключение . . . . .	50
Список литературы . . . . .	51

## Введение

В настоящем Отчёте Том 3, задача бесконфликтного слияния и соответствующие алгоритмы конкретизированы для исследования слияния десяти потоков прибывающих судов в трёх-веерной схеме а/п Кольцово [1].

Как и на предыдущих этапах исследований [2–5], к алгоритмам слияния потоков предъявляется требование выработки рекомендаций диспетчеру по оптимальности (по минимуму времени суммарной задержки судов всех потоков) управления слиянием потоков в бесконфликтную предпосадочную очередь. При этом диспетчер имеет возможность как воспользоваться предлагаемой рекомендацией по управлению задержками судов, так и по-прежнему самостоятельно “вручную” принимать решение на коррекцию движения выбранного судна.

Для отработки и дальнейшей практической реализации алгоритмы сведены в единый пакет, проведено оценочное программирование пакета и проведена оценка работоспособности алгоритмов на заданной схеме потоков прилетающих судов а/п Кольцово.

Проведен сравнительный анализа возможностей реального варианта веерных схем и модельного варианта со специальными схемами предварительной задержки. Для исследований и отработки алгоритмов слияния в различных условиях, пакет снабжён управляемой базой данных для задания нужного набора и вариации параметров прибывающих потоков.

Целью настоящих исследований является дальнейшая разработка алгоритмического и программного обеспечения для перспективных автоматизированных систем управления воздушным движением.

Работа выполнена по Договору № 623-17У от 20.02.2017 г. между Институтом математики и механики УрО РАН (Екатеринбург) и ООО “Фирма НИТА” (Санкт-Петербург).

# 1 Реальный вариант многовеерной схемы со слиянием десяти прибывающих потоков а/п Кольцово.

## Структура и режимы движения

Разработка и моделирование алгоритмов слияния в реальной многовеерной схеме а/п Кольцово выполнялись на основе исходных материалов проекта организации движения и веерных схем в зоне УВД данного аэропорта [1].

По согласованию, при подготовке исходных данных для разработки алгоритмов слияния и моделирования их работы используются следующие данные:

- число “пи” = 3.14159265359;
- 1 фут = 0.3048 м;
- 1 морская миля = 1852.0 км;
- 1 узел = 1 мор.миля/час = 1852 м / 3600 сек = 0.514444444 м/сек;
- географические координаты точки слияния потоков SS025 56° 44' 42" северной широты и 60° 28' 31" восточной долготы;
- Земной радиус точки SS025 общего слияния потоков в системе ПО-93.2 составляет  $R_{SS025} = 6363387.2$  м (для расчётов декартовых координат контрольных пунктов траекторий относительно условного нуля в точке SS025 слияния потоков в работе процедуры прогнозирования моментов прибытия судов при различных скоростных режимах их движения по траекториям и контрольным пунктам).

При разработке алгоритмов слияния и управления очередью использовались результаты предыдущих исследований по слиянию потоков самолётов в веерных схемах [2–5]. Кроме того, принимались во внимание рекомендации документов ICAO, EUROCONTROL и NASA [6–9].

Бесконфликтность движения судов по траекториям в зоне подхода и захода на посадку контролировалась в соответствии с руководящими материалами по технологиям УВД и организации воздушного пространства [10,11].

Управляемое движение судов, оценка возможности конфликтов между ними и прогнозирование времени их прибытия в заданные контрольные пункты моделировались в соответствии с описанием стандартной динамики судов по ГОСТ [12].

Общий вид зоны УВД Кольцово представлен на рис. 1.1.

Структура движения и слияния прибывающих потоков показана на рис. 1.2. Исследуемым вариантом организации движения [1] предусмотрена следующая последовательность слияния прибывающих потоков.

Выделяются следующие группы потоков:

- Северная группа ВІКМА (RALUB), AKERA и BANAM (условные но-

мера потоков 1, 2 и 3, соответственно) (рис. 1.1 и 1.2);  
 – Южная группа LEPDI, ASKAL, SUTIN, DIBUL, IMANA, SOUTH (условно) и ARBUP (условные номера потоков 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10, соответственно).

Причем поток ВІКМА (от входной точки RALUB, рис. 1.1) прямо направляется через точки ВІКМА и SS014 на точку слияния SS015, общую





входа на контроль направляются в точку предварительного слияния МІКНА. Далее этот объединённый поток следует (рис. 1.2) до начальной точки SS011 своей веерной дуги ДО1 ожидания (SS014 — конечная точка ДО1). В случае возможного бесконфликтного движения данный поток может сразу выходить на промежуточную точку SS015 и далее — на общую точку SS025 слияния всех потоков.

Поток IMANA/NEBIS через входную точку NEBIS направляется на *свою* начальную точку SS009 веерной дуги ожидания ДО2 (SS014 — конечная точка ДО2). В случае возможного бесконфликтного движения данный поток может сразу выходить на промежуточную точку SS015 и далее — на общую точку SS025 слияния всех потоков.

Поток SOUTH/PESAM через входную точку PESAM и траекторную точку ALUMA направляется на точку SS007 предварительного слияния с потоком NEKER. Далее этот объединённый поток направляется в точку SS008, которая является начальной точкой веерной дуги ДО2 ожидания этого потока (SS014 — конечная точка ДО2). В случае возможного бесконфликтного движения данный поток может сразу выходить на промежуточную точку SS015 и далее — на общую точку SS025 слияния всех потоков.

Отметим, что веерная дуга ДО2 ожидания имеет две начальных точки: SS008 для потоков PESAM-NEKER и SS009 для потока NEBIS.

Таким образом, в схеме для обеспечения бесконфликтной посадочной очереди предусмотрены три веерные дуги ожидания ДО1, ДО2 и ДО3. Дуги разнесены по эшелонам 2100, 1800 и 2400 м, соответственно. В исходных данных принято, что в горизонтальной плоскости координаты опорных точек ДО1 и ДО2 совпадают, а координаты дуги ДО3 отнесены в сторону общей точки слияния (рис. 1.13).

В точке SS025 (рис. 1.2) предусматривается окончательное слияние предварительно объединённых потоков в бесконфликтную предпосадочную очередь. Заход на посадку и посадка выполняются с восточным курсом на левую ВПП RW08L (рис. 1.2).

При конструировании расчётной структуры рассматриваемой зоны УВД [1] были приняты следующие допущения:

- для каждого потока были введены **удалённые** точки входа на контроль и управление слиянием; это точки RALUB, AKERA, BANAM, LEPDI, ASKAL, SUTIN, DIBUL, IMANA, SOUTH (условная точка) и ARBUP;
- в режимах движения по высоте и скорости учтена рекомендация EUROCONTROL и ICAO по применению оптимального режима “CONTINUOUS DESCENDING APPROACH” на всем движении судов от точки входа на контроль до точки общего слияния потоков.

## Данные по структуре траекторий и скоростным режимам полёта

Начало координат  $x = 0, z = 0$  расчётной системы  $XOZ$  помещено в точку SS025 (рис. 1.2).

### Поток 1. RALUB/BIKMA

Точка входа на контроль **RALUB** с координатами  $X_{\text{RALUB}} = 72900.0$  м,  $Z_{\text{RALUB}} = -192500.0$  м,  $Y_{\text{RALUB}} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{RALUB, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{RALUB}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{RALUB}} = 148.9$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока RALUB/BIKMA у точки RALUB (рис. 1.3).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **RAL01**, **RAL02** и **RAL03**.

Точка **RAL01** имеет данные: координаты  $X_{\text{RAL01}} = 55000.0$  м,  $Z_{\text{RAL01}} = -196500.0$  м,  $Y_{\text{RAL01}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{RAL01, ном}} = 138.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{RAL01}} = 128.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{RAL01}} = 148.0$  м/сек.

Точка **RAL02** имеет данные: координаты  $X_{\text{RAL02}} = 64000.0$  м,  $Z_{\text{RAL02}} = -230000.0$  м,  $Y_{\text{RAL02}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{RAL02, ном}} = 138.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{RAL02}} = 128.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{RAL02}} = 148.0$  м/сек.

Точка **RAL03** имеет данные: координаты  $X_{\text{RAL03}} = 81500.0$  м,  $Z_{\text{RAL03}} = -226000.0$  м,  $Y_{\text{RAL03}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{RAL03, ном}} = 138.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{RAL03}} = 128.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{RAL03}} = 148.0$  м/сек.

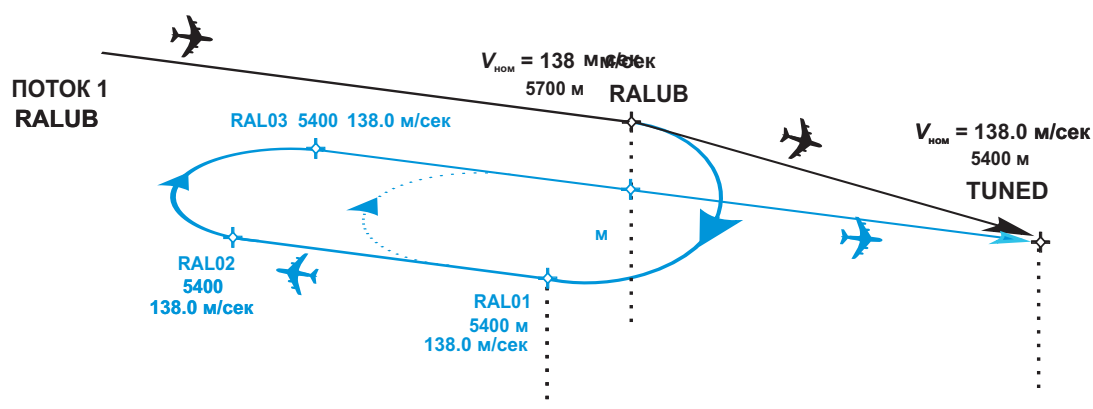


Рис. 1.3: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 1 RALUB (BIKMA)

**Прохождение этой схемы.** От точки **RALUB** правый разворот на 90 град на точку **RAL01** и точку **RAL02** со снижением на 300 м на 5400 м. Далее движение с требуемой *номинальной или регулируемой* скоростью на точку **RAL02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **RALUB**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **RAL03** и далее на точку **RALUB** по обратному плечу на 5400.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

По прохождению точки движение на точку **TUNED**.

### **Пункты траектории подхода потока RALUB/BIKMA.**

Точка **TUNED** с координатами  $X_{\text{TUNED}} = 58366.1$  м,  $Z_{\text{TUNED}} = -123791.3$  м,  $Y_{\text{TUNED}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{TUNED, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{TUNED}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{TUNED}} = 148.9$  м/сек.

Точка **BIKMA** с координатами  $X_{\text{BIKMA}} = 36308.0$  м,  $Z_{\text{BIKMA}} = -79095.6$  м,  $Y_{\text{BIKMA}} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{BIKMA, ном}} = 132.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{BIKMA}} = 122.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{BIKMA}} = 142.0$  м/сек.

Точка **SS014** с координатами  $X_{\text{SS014}} = 16653.1$  м,  $Z_{\text{SS014}} = -25641.7$  м,  $Y_{\text{SS014}} = 2700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS014, ном}} = 118.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS014}} = 108.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS014}} = 128.0$  м/сек.

Далее через точку **SS014** поток BIKMA направляется “с прямой” на точку предварительного слияния SS015 веерной дуги ожидания ДО1, на точку общего слияния SS025, точку SS003 и ВПП RW08L.

Точка **SS015** с координатами  $X_{\text{SS015}} = -5778.30$  м,  $Z_{\text{SS015}} = -7612.8$  м,  $Y_{\text{SS015}} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS015, ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS015}} = 90.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS015}} = 110.0$  м/сек.

### **Точки посадочной траектории судов потока BIKMA.**

**SS025:**  $X_{\text{SS025}} = 0$  м,  $Z_{\text{SS025}} = 0$  м,  $Y_{\text{SS025}} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS025, ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS025}} = 70.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS025}} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{\text{SS003}} = 6.1$  м,  $Z_{\text{SS003}} = 9258.8$  м,  $Y_{\text{SS003}} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS003, ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS003}} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS003}} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{\text{RW08L}} = -21.5$  м,  $Z_{\text{RW08L}} = 18431.5$  м,  $Y_{\text{RW08L}} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{RW08L, ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{RW08L}} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{RW08L}} = 85.0$  м/сек.

## Поток 2. АКЕРА

Точка входа на контроль **АКЕРА** с координатами  $X_{\text{АКЕРА}} = 108313.2$  м,  $Z_{\text{АКЕРА}} = 138648.2$  м,  $Y_{\text{АКЕРА}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{АКЕРА, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{АКЕРА}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{АКЕРА}} = 148.9$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока АКЕРА у точки АКЕРА (рис. 1.4).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **АКЕ01**, **АКЕ02** и **АКЕ03**.

Точка **АКЕ01** имеет данные: координаты  $X_{\text{АКЕ01}} = 110000.0$  м,  $Z_{\text{АКЕ01}} = 101000.0$  м,  $Y_{\text{АКЕ01}} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{АКЕ01, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{АКЕ01}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{АКЕ01}} = 148.9$  м/сек.

Точка **АКЕ02** имеет данные: координаты  $X_{\text{АКЕ02}} = 135000.0$  м,  $Z_{\text{АКЕ02}} = 115000.0$  м,  $Y_{\text{АКЕ02}} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{АКЕ02, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{АКЕ02}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{АКЕ02}} = 148.9$  м/сек.

Точка **АКЕ03** имеет данные: координаты  $X_{\text{АКЕ03}} = 125000.0$  м,  $Z_{\text{АКЕ03}} = 134000.0$  м,  $Y_{\text{АКЕ03}} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{АКЕ03, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{АКЕ03}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{АКЕ03}} = 148.9$  м/сек.

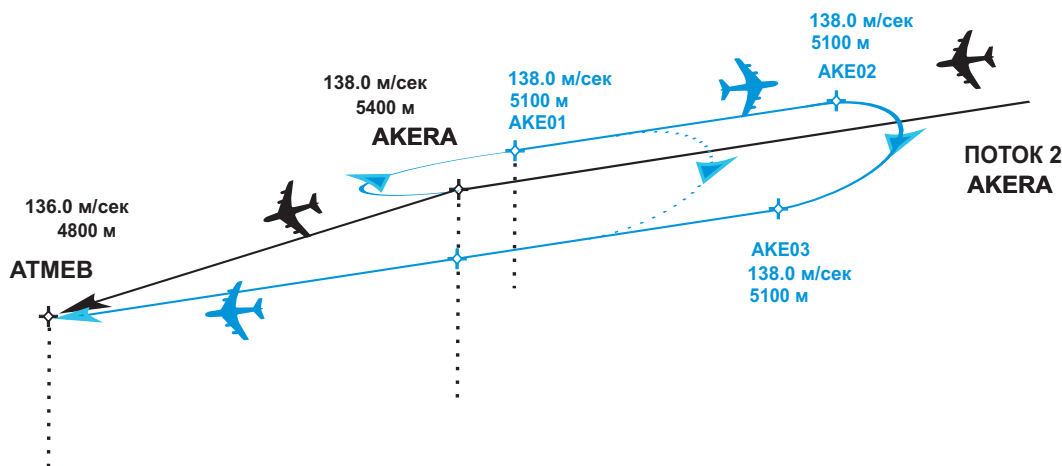


Рис. 1.4: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 2 АКЕРА

**Прохождение этой схемы.** От точки **АКЕРА** правый разворот на 90 град на точку **АКЕ01** и точку **АКЕ02** со снижением на 300 м на 5100.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **АКЕ02**. В случае небольшой величины задержки

– разворот (после её реализации) на точку **AKERA**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **АКЕ03** и далее на точку **AKERA** по обратному плечу на 5100.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

### Пункты траектории подхода потока **AKERA**.

Точка **АТМЕВ** с координатами  $X_{\text{АТМЕВ}} = 80239.2$  м,  $Z_{\text{АТМЕВ}} = 105473.2$  м,  $Y_{\text{АТМЕВ}} = 4800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{АТМЕВ, ном}} = 136.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{АТМЕВ}} = 126.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{АТМЕВ}} = 146.0$  м/сек.

Точка **АРТЕМ** с координатами  $X_{\text{АРТЕМ}} = 65708.6$  м,  $Z_{\text{АРТЕМ}} = 88572.7$  м,  $Y_{\text{АРТЕМ}} = 4500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{АРТЕМ, ном}} = 136.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{АРТЕМ}} = 126.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{АРТЕМ}} = 146.0$  м/сек.

Точка **SS024** с координатами  $X_{\text{SS024}} = 37872.1$  м,  $Z_{\text{SS024}} = 43447.2$  м,  $Y_{\text{SS024}} = 4200.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS024, ном}} = 134.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS024}} = 124.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS024}} = 144.0$  м/сек.

Точка **SS024** является точкой промежуточного слияния потоков **AKERA** и **BANAM**.

Далее через точку **SS024** поток **AKERA/BANAM** направляется на точку **SS023** и начальную точку **SS022** веерной дуги ожидания ДОЗ этого потока.

Данные точки **SS023**:  $X_{\text{SS023}} = 27204.0$  м,  $Z_{\text{SS023}} = 13029.7$  м,  $Y_{\text{SS023}} = 3600.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS023, ном}} = 132.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS023}} = 122.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS023}} = 142.0$  м/сек.

Дуга ожидания **ДОЗ** составлена из точек **SS022-SS021-SS021-SS020-SS019-SS018-SS017** и промежуточной точки **SS016**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS022**:  $X_{\text{SS022}} = 28178.9$  м,  $Z_{\text{SS022}} = -8989.9$  м,  $Y_{\text{SS022}} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS022, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS022}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS022}} = 127.0$  м/сек.

**SS021**:  $X_{\text{SS021}} = 23387.8$  м,  $Z_{\text{SS021}} = -17775.1$  м,  $Y_{\text{SS021}} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS021, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS021}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS021}} = 127.0$  м/сек.

**SS020**:  $X_{\text{SS020}} = 15881.8$  м,  $Z_{\text{SS020}} = -24357.6$  м,  $Y_{\text{SS020}} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS020, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS020}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS020}} = 127.0$  м/сек.

**SS019**:  $X_{\text{SS019}} = 6574.2$  м,  $Z_{\text{SS019}} = -27944.1$  м,  $Y_{\text{SS019}} = 2400.0$

м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS019, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS019} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS019} = 127.0$  м/сек.

**SS018:**  $X_{SS018} = -3399.7$  м,  $Z_{SS018} = -28118.4$  м,  $Y_{SS018} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS018, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS018} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS018} = 127.0$  м/сек.

**SS017:**  $X_{SS017} = -12827.6$  м,  $Z_{SS017} = -24880.4$  м,  $Y_{SS017} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS017, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS017} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS017} = 127.0$  м/сек.

**SS016:**  $X_{SS016} = 8449.9$  м,  $Z_{SS016} = -6344.0$  м,  $Y_{SS016} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS016, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS016} = 90.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS016} = 110.0$  м/сек.

**Точки посадочной траектории судов потока AKERA/SOPUS(BANAM).**

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

### Поток 3. BANAM/SOPUS

Точка входа на контроль **BANAM** с координатами  $X_{BANAM} = 41861.1$  м,  $Z_{BANAM} = 199652.3$  м,  $Y_{BANAM} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{BANAM, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{BANAM} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{BANAM} = 148.9$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки) потока BANAM/SOPUS у точки BANAM (рис. 1.5).**

Здесь вводятся три вспомогательные точки **BAN01**, **BAN02** и **BAN03**.

Точка **BAN01** имеет данные: координаты  $X_{\text{BAN01}} = 62000.0$  м,  $Z_{\text{BAN01}} = 189000.0$  м,  $Y_{\text{BAN01}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{BAN01, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{BAN01}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{BAN01}} = 148.9$  м/сек.

Точка **BAN02** имеет данные: координаты  $X_{\text{BAN02}} = 60000.0$  м,  $Z_{\text{BAN02}} = 236000.0$  м,  $Y_{\text{BAN02}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{BAN02, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{BAN02}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{BAN02}} = 148.9$  м/сек.

Точка **BAN03** имеет данные: координаты  $X_{\text{BAN03}} = 38000.0$  м,  $Z_{\text{BAN03}} = 235000.0$  м,  $Y_{\text{BAN03}} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{BAN03, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{BAN03}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{BAN03}} = 148.9$  м/сек.

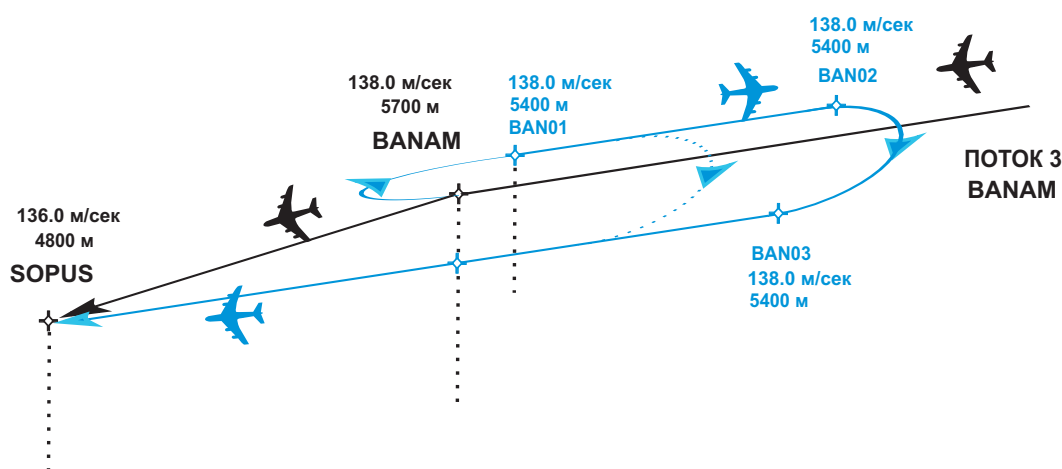


Рис. 1.5: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 3 BANAM

**Прохождение этой схемы.** От точки **BANAM** правый разворот на 90 град на точку **BAN01** и точку **BAN02** со снижением на 300 м на 5400.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **BAN02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **BANAM**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **BAN03** и далее на точку **BANAM** по обратному плечу на 5400.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

#### Пункты траектории подхода потока BANAM.

Точка **SOPUS** с координатами  $X_{\text{SOPUS}} = 43341.9$  м,  $Z_{\text{SOPUS}} = 92971.2$  м,  $Y_{\text{SOPUS}} = 4500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SOPUS, ном}} = 136.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SOPUS}} = 126.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SOPUS}} = 146.0$  м/сек.

Точка **SS024** с координатами  $X_{\text{SS024}} = 37872.1$  м,  $Z_{\text{SS024}} = 43447.2$  м,  $Y_{\text{SS024}} = 4200.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS024, ном}} =$

134.0 м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS024} = 124.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS024} = 144.0$  м/сек.

Точка **SS024** является точкой промежуточного слияния потоков AKERA и BANAM.

Далее через точку **SS024** поток AKERA/BANAM направляется на точку **SS023** и начальную точку **SS022** веерной дуги ожидания ДОЗ этого потока.

Данные точки **SS023**:  $X_{SS023} = 27204.0$  м,  $Z_{SS023} = 13029.7$  м,  $Y_{SS023} = 3600.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS023, \text{ном}} = 132.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS023} = 122.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS023} = 142.0$  м/сек.

Дуга ожидания ДОЗ составлена из точек **SS022-SS021-SS021-SS020-SS019-SS018-SS017** и промежуточной точки **SS016**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS022**:  $X_{SS022} = 28178.9$  м,  $Z_{SS022} = -8989.9$  м,  $Y_{SS022} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS022, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS022} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS022} = 127.0$  м/сек.

**SS021**:  $X_{SS021} = 23387.8$  м,  $Z_{SS021} = -17775.1$  м,  $Y_{SS021} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS021, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS021} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS021} = 127.0$  м/сек.

**SS020**:  $X_{SS020} = 15881.8$  м,  $Z_{SS020} = -24357.6$  м,  $Y_{SS020} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS020, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS020} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS020} = 127.0$  м/сек.

**SS019**:  $X_{SS019} = 6574.2$  м,  $Z_{SS019} = -27944.1$  м,  $Y_{SS019} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS019, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS019} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS019} = 127.0$  м/сек.

**SS018**:  $X_{SS018} = -3399.7$  м,  $Z_{SS018} = -28118.4$  м,  $Y_{SS018} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS018, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS018} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS018} = 127.0$  м/сек.

**SS017**:  $X_{SS017} = -12827.6$  м,  $Z_{SS017} = -24880.4$  м,  $Y_{SS017} = 2400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS017, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS017} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS017} = 127.0$  м/сек.

**SS016**:  $X_{SS016} = 8449.9$  м,  $Z_{SS016} = -6344.0$  м,  $Y_{SS016} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS016, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS016} = 90.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS016} = 110.0$  м/сек.



## Точки посадочной траектории судов потока AKERA/SOPUS(BANAM).

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

## Поток 4. LEPDI

Точка входа на контроль **LEPDI** с координатами  $X_{LEPDI} = 15000.0$  м,  $Z_{LEPDI} = -261600.0$  м,  $Y_{LEPDI} = 6000.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{LEPDI, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{LEPDI} = 1340.0$  м/сек и  $\bar{V}_{LEPDI} = 150.0$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока LEPDI у точки LEPDI (рис. 1.6).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **LEP01**, **LEP02** и **LEP03**.

Точка **LEP01** имеет данные: координаты  $X_{LEP01} = -4000.0$  м,  $Z_{LEP01} = -268000$  м,  $Y_{LEP01} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{LEP01, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{LEP01} = 130.0$  м/сек и  $\bar{V}_{LEP01} = 150.0$  м/сек.

Точка **LEP02** имеет данные: координаты  $X_{LEP02} = 5000.0$  м,  $Z_{LEP02} = -300000.0$  м,  $Y_{LEP02} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{LEP02, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{LEP02} = 130.0$  м/сек и  $\bar{V}_{LEP02} = 150.0$  м/сек.

Точка **LEP03** имеет данные: координаты  $X_{LEP03} = 24000.0$  м,  $Z_{LEP03} = -294000.0$  м,  $Y_{LEP03} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{LEP03, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{LEP03} = 130.0$  м/сек и  $\bar{V}_{LEP03} = 150.0$  м/сек.

**Прохождение этой схемы.** От точки **LEPDI** правый разворот на 90 град на точку **LEP01** и точку **LEP02** со снижением на 300 м на

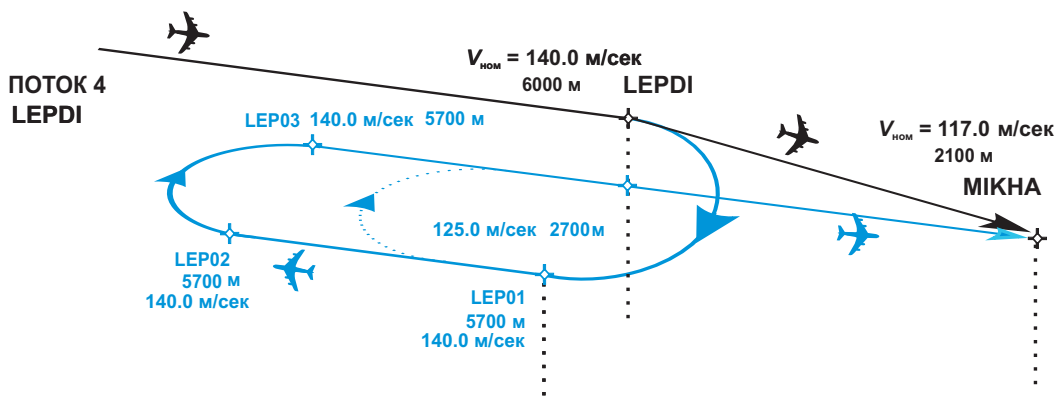


Рис. 1.6: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 4 LEPDI

5700.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **LEP02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **LEPDI**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **LEP03** и далее на точку **LEPDI** по обратному плечу на 5700 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

### Пункты траектории подхода потока LEPDI.

Точка **МИКНА** с координатами  $X_{\text{МИКНА}} = -34956.7$  м,  $Z_{\text{МИКНА}} = -82766.6$  м,  $Y_{\text{МИКНА}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{МИКНА, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{МИКНА}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{МИКНА}} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS011** с координатами  $X_{\text{SS011}} = -13552.6$  м,  $Z_{\text{SS011}} = -26181.3$  м,  $Y_{\text{SS011}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS011, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS011}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS011}} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS011** является начальной точкой веерной дуги ожидания потока LEPDI.

**Дуга ожидания ДО1** составлена из точек **SS011-SS012- SS013-SS014** и промежуточной точки **SS015**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS012:**  $X_{\text{SS012}} = -3634.1$  м,  $Z_{\text{SS012}} = -29590.2$  м,  $Y_{\text{SS012}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS012, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS012}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS012}} = 127.0$  м/сек.

**SS013:**  $X_{\text{SS013}} = 6858.0$  м,  $Z_{\text{SS013}} = -29412.5$  м,  $Y_{\text{SS013}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS013, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS013}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS013}} = 127.0$  м/сек.

**SS014:**  $X_{\text{SS014}} = 16653.1$  м,  $Z_{\text{SS014}} = -25641.7$  м,  $Y_{\text{SS014}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS014, ном}} = 117.0$  м/сек и

интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS014} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS014} = 127.0$  м/сек.

**SS015:**  $X_{SS015} = -5778.3$  м,  $Z_{SS015} = -7612.8$  м,  $Y_{SS015} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS015, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS015} = 90.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS015} = 110.0$  м/сек.

### **Точки посадочной траектории судов потока LEPDI.**

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\overline{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

## **Поток 5. ASKAL**

Точка входа на контроль **ASKAL** с координатами  $X_{ASKAL} = -43400.0$  м,  $Z_{ASKAL} = -251100.0$  м,  $Y_{ASKAL} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{ASKAL, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{ASKAL} = 128.9$  м/сек и  $\overline{V}_{ASKAL} = 148.9$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока 5 ASKAL у точки ASKAL (рис. 1.7).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **ASK01**, **ASK02** и **ASK03**.

Точка **ASKP01** имеет данные: координаты  $X_{ASK01} = -63000.0$  м,  $Z_{ASK01} = -251000.0$  м,  $Y_{ASK01} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{ASK01, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{ASK01} = 128.9$  м/сек и  $\overline{V}_{ASK01} = 148.9$  м/сек.

Точка **ASK02** имеет данные: координаты  $X_{ASK02} = -64000.0$  м,  $Z_{ASK02} = -285000.0$  м,  $Y_{ASK02} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{ASK02, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{ASK02} = 128.9$  м/сек и  $\overline{V}_{ASK02} = 148.9$  м/сек.

Точка **ASK03** имеет данные: координаты  $X_{ASK03} = -44000.0$  м,  $Z_{ASK03} = -285100.0$  м,  $Y_{ASK03} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной

скоростью  $V_{\text{ASK03, ном}} = 138.9 \text{ м/сек}$  и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{ASK03}} = 128.9 \text{ м/сек}$  и  $\bar{V}_{\text{ASK03}} = 148.9 \text{ м/сек}$ .

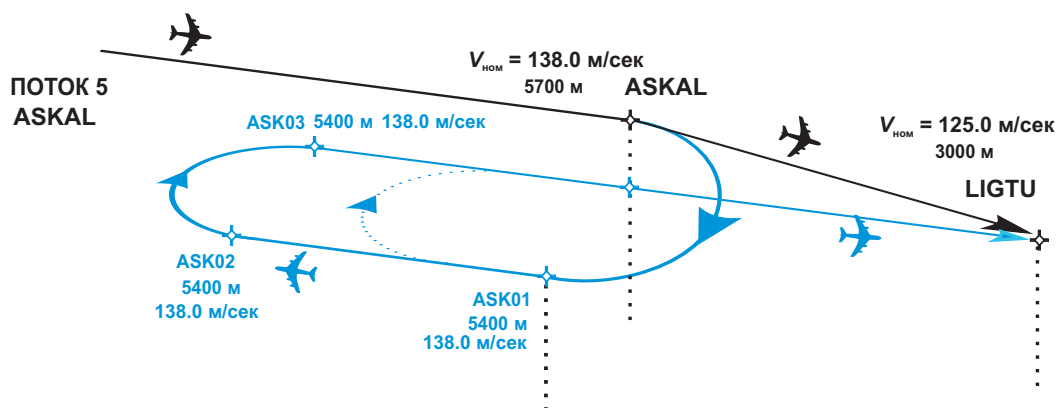


Рис. 1.7: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 5 ASKAL

**Прохождение этой схемы.** От точки **ASKAL** правый разворот на 90 град на точку **ASK01** и точку **ASK02** со снижением на 300 м на 5400.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **ASK02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **ASKAL**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **ASK03** и далее на точку **ASKAL** по обратному плечу на 5400.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

**Пункты траектории подхода судов потока ASKAL.** **LIGTU** - 39245.0 -127293.2 Точка **LIGTU** с координатами  $X_{\text{LIGTU}} = -39245.0 \text{ м}$ ,  $Z_{\text{LIGTU}} = -127293.2 \text{ м}$ ,  $Y_{\text{LIGTU}} = 3000.0 \text{ м}$ , ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{LIGTU, ном}} = 125.0 \text{ м/сек}$  и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{LIGTU}} = 115.0 \text{ м/сек}$  и  $\bar{V}_{\text{LIGTU}} = 135.0 \text{ м/сек}$ .

Точка **МИКНА** с координатами  $X_{\text{МИКНА}} = -34956.7 \text{ м}$ ,  $Z_{\text{МИКНА}} = -82766.6 \text{ м}$ ,  $Y_{\text{МИКНА}} = 2100.0 \text{ м}$ , ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{МИКНА, ном}} = 117.0 \text{ м/сек}$  и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{МИКНА}} = 107.0 \text{ м/сек}$  и  $\bar{V}_{\text{МИКНА}} = 127.0 \text{ м/сек}$ .

Точка **SS011** с координатами  $X_{\text{SS011}} = -13552.6 \text{ м}$ ,  $Z_{\text{SS011}} = -26181.3 \text{ м}$ ,  $Y_{\text{SS011}} = 2100.0 \text{ м}$ , ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS011, ном}} = 117.0 \text{ м/сек}$  и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS011}} = 107.0 \text{ м/сек}$  и  $\bar{V}_{\text{SS011}} = 127.0 \text{ м/сек}$ .

Точка **SS011** является начальной точкой веерной дуги ожидания потока ASKAL.

**Дуга ожидания ДО1** составлена из точек **SS011-SS012- SS013-SS014** и промежуточной точки **SS015**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS012:**  $X_{\text{SS012}} = -3634.1 \text{ м}$ ,  $Z_{\text{SS012}} = -29590.2 \text{ м}$ ,  $Y_{\text{SS012}} = 2100.0 \text{ м}$ , ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS012, ном}} = 117.0 \text{ м/сек}$  и

интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS012} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS012} = 127.0$  м/сек.

**SS013:**  $X_{SS013} = 6858.0$  м,  $Z_{SS013} = -29412.5$  м,  $Y_{SS013} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS013, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS013} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS013} = 127.0$  м/сек.

**SS014:**  $X_{SS014} = 16653.1$  м,  $Z_{SS014} = -25641.7$  м,  $Y_{SS014} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS014, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS014} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS014} = 127.0$  м/сек.

**SS015:**  $X_{SS015} = -5778.3$  м,  $Z_{SS015} = -7612.8$  м,  $Y_{SS015} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS015, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS015} = 70.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS015} = 90.0$  м/сек.

#### **Точки посадочной траектории судов потока ASKAL.**

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\overline{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

### **Поток 6. SUTIN**

Точка входа на контроль **SUTIN** с координатами  $X_{SUTIN} = -76000.0$  м,  $Z_{SUTIN} = -217000.0$  м,  $Y_{SUTIN} = 5400.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SUTIN, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SUTIN} = 128.9$  м/сек и  $\overline{V}_{SUTIN} = 148.9$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока SUTIN у точки SUTIN (рис. 1.8).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **SUT01**, **SUT02** и **SUT03**.

Точка **SUT01** имеет данные: координаты  $X_{SUT01} = -95000.0$  м,  $Z_{SUT01} = -213000.0$  м,  $Y_{SUT01} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной

скоростью  $V_{\text{SUT01, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SUT01}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SUT01}} = 148.9$  м/сек.

Точка **SUT02** имеет данные: координаты  $X_{\text{SUT02}} = -104000.0$  м,  $Z_{\text{SUT02}} = -250000.0$  м,  $Y_{\text{SUT02}} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SUT02, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SUT02}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SUT02}} = 148.9$  м/сек.

Точка **SUT03** имеет данные: координаты  $X_{\text{SUT03}} = -85000.0$  м,  $Z_{\text{SUT03}} = -255000.0$  м,  $Y_{\text{SUT03}} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SUT03, ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SUT03}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SUT03}} = 148.9$  м/сек.

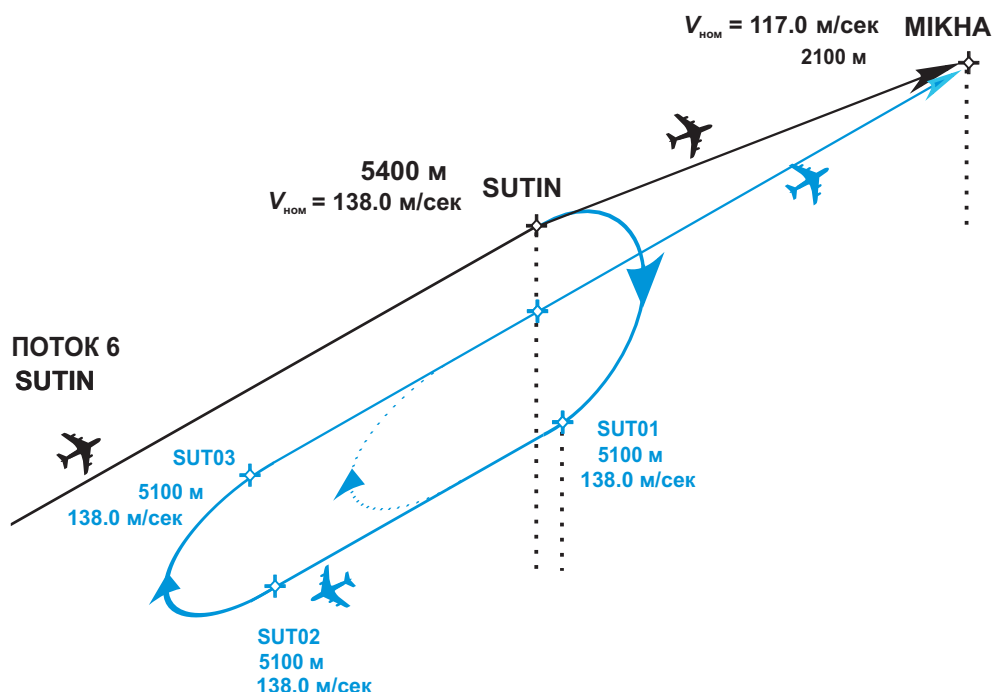


Рис. 1.8: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 6 SUTIN

**Прохождение этой схемы.** От точки **SUTIN** правый разворот на 90 град на точку **SUT01** и точку **SUT02** со снижением на 300 м на 5100.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **SUT02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **SUTIN**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **SUT03** и далее на точку **SUTIN** по обратному плечу на 5100.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

### Пункты траектории подхода судов потока SUTIN.

Точка **МИКНА** с координатами  $X_{\text{МИКНА}} = -34956.7$  м,  $Z_{\text{МИКНА}} = -82766.6$  м,  $Y_{\text{МИКНА}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{МИКНА, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{МИКНА}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{МИКНА}} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS011** с координатами  $X_{SS011} = -13552.6$  м,  $Z_{SS011} = -26181.3$  м,  $Y_{SS011} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS011, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS011} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS011} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS011** является начальной точкой веерной дуги ожидания потока SUTIN.

**Дуга ожидания ДО1** составлена из точек **SS011-SS012- SS013-SS014** и промежуточной точки **SS015**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS012:**  $X_{SS012} = -3634.1$  м,  $Z_{SS012} = -29590.2$  м,  $Y_{SS012} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS012, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS012} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS012} = 127.0$  м/сек.

**SS013:**  $X_{SS013} = 6858.0$  м,  $Z_{SS013} = -29412.5$  м,  $Y_{SS013} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS013, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS013} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS013} = 127.0$  м/сек.

**SS014:**  $X_{SS014} = 16653.1$  м,  $Z_{SS014} = -25641.7$  м,  $Y_{SS014} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS014, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS014} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS014} = 127.0$  м/сек.

**SS015:**  $X_{SS015} = -5778.3$  м,  $Z_{SS015} = -7612.8$  м,  $Y_{SS015} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS015, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS015} = 90.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS015} = 110.0$  м/сек.

**Точки посадочной траектории судов потока SUTIN.**

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

Точка входа на контроль **DIBUL** с координатами  $X_{\text{DIBUL}} = -113000.0$  м,  $Z_{\text{DIBUL}} = -210600.0$  м,  $Y_{\text{DIBUL}} = 5100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{DIBUL}, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{DIBUL}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{DIBUL}} = 148.9$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока 7 DIBUL у точки DIBUL (рис. 1.9).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **DIB01**, **DIB02** и **DIB03**.

Точка **DIB01** имеет данные: координаты  $X_{\text{DIB01}} = -133000.0$  м,  $Z_{\text{DIB01}} = -202000.0$  м,  $Y_{\text{DIB01}} = 4800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{DIB01}, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{DIB01}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{DIB01}} = 148.9$  м/сек.

Точка **DIB02** имеет данные: координаты  $X_{\text{DIB02}} = -150000.0$  м,  $Z_{\text{DIB02}} = -236000.0$  м,  $Y_{\text{DIB02}} = 4800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{DIB02}, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{DIB02}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{DIB02}} = 148.9$  м/сек.

Точка **DIB03** имеет данные: координаты  $X_{\text{DIB03}} = -130000.0$  м,  $Z_{\text{DIB03}} = -245000.0$  м,  $Y_{\text{DIB03}} = 4800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{DIB03}, \text{ном}} = 138.9$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{DIB03}} = 128.9$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{DIB03}} = 148.9$  м/сек.

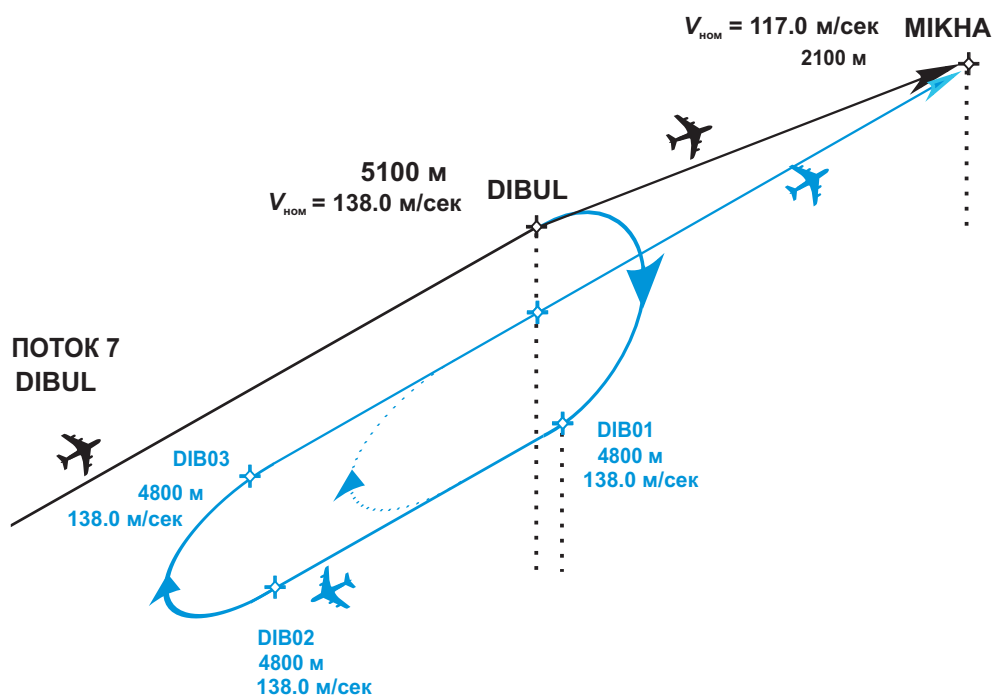


Рис. 1.9: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 7 DIBUL

**Прохождение этой схемы.** От точки **DIBUL** правый разворот на 90 град на точку **DIB01** и точку **SUT02** со снижением на 300 м на 4800.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой



скоростью на точку **DIB02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **DIBUL**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **DIB03** и далее на точку **DIBUL** по обратному плечу на 4800.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

### Пункты траектории подхода потока **DIBUL**.

Точка **МИКНА** с координатами  $X_{\text{МИКНА}} = -34956.7$  м,  $Z_{\text{МИКНА}} = -82766.6$  м,  $Y_{\text{МИКНА}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{МИКНА, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{МИКНА}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{МИКНА}} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS011** с координатами  $X_{\text{SS011}} = -13552.6$  м,  $Z_{\text{SS011}} = -26181.3$  м,  $Y_{\text{SS011}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS011, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS011}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS011}} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS011** является начальной точкой веерной дуги ожидания потока **DIBUL**.

Дуга ожидания **ДО1** составлена из точек **SS011-SS012- SS013-SS014** и промежуточной точки **SS015**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS012:**  $X_{\text{SS012}} = -3634.1$  м,  $Z_{\text{SS012}} = -29590.2$  м,  $Y_{\text{SS012}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS012, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS012}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS012}} = 127.0$  м/сек.

**SS013:**  $X_{\text{SS013}} = 6858.0$  м,  $Z_{\text{SS013}} = -29412.5$  м,  $Y_{\text{SS013}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS013, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS013}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS013}} = 127.0$  м/сек.

**SS014:**  $X_{\text{SS014}} = 16653.1$  м,  $Z_{\text{SS014}} = -25641.7$  м,  $Y_{\text{SS014}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS014, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS014}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS014}} = 127.0$  м/сек.

**SS015:**  $X_{\text{SS015}} = -5778.3$  м,  $Z_{\text{SS015}} = -7612.8$  м,  $Y_{\text{SS015}} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS015, ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS015}} = 90.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS015}} = 110.0$  м/сек.

### Точки посадочной траектории судов потока **DIBUL**.

**SS025:**  $X_{\text{SS025}} = 0$  м,  $Z_{\text{SS025}} = 0$  м,  $Y_{\text{SS025}} = 900.00$  м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS025, ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS025}} = 70.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS025}} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{\text{SS003}} = 6.1$  м,  $Z_{\text{SS003}} = 9258.8$  м,  $Y_{\text{SS003}} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS003, ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS003}} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS003}} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\overline{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

## Поток 8. IMANA/NEBIS

Точка входа на контроль **IMANA** с координатами  $X_{IMANA} = -143000.0$  м,  $Z_{IMANA} = -68100.0$  м,  $Y_{IMANA} = 6000.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{IMANA, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{IMANA} = 130.0$  м/сек и  $\overline{V}_{IMANA} = 150.0$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока 8 IMANA/NEBIS у точки IMANA (рис. 1.10).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **IMA01**, **IMA02** и **IMA03**.

Точка **IMA01** имеет данные: координаты  $X_{IMA01} = -157000.0$  м,  $Z_{IMA01} = -52000.0$  м,  $Y_{IMA01} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{IMA01, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{IMA01} = 130.0$  м/сек и  $\overline{V}_{IMA01} = 150.0$  м/сек.

Точка **IMA02** имеет данные: координаты  $X_{IMA02} = -188000.0$  м,  $Z_{IMA02} = -75000.0$  м,  $Y_{IMA02} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{IMA02, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{IMA02} = 130.0$  м/сек и  $\overline{V}_{IMA02} = 150.0$  м/сек.

Точка **IMA03** имеет данные: координаты  $X_{IMA03} = -175000.0$  м,  $Z_{IMA03} = -92000.0$  м,  $Y_{IMA03} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{IMA03, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{IMA03} = 130.0$  м/сек и  $\overline{V}_{IMA03} = 150.0$  м/сек.

**Прохождение этой схемы.** От точки **IMANA** правый разворот на 90 град на точку **IMA01** и точку **IMA02** со снижением на 300 м на 5700.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **IMA02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **IMANA**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **IMA03** и далее на точку **IMANA** по обратному плечу на 5700.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

## Пункты траектории подхода потока IMANA/NEBIS.

Точка **NEBIS** с координатами  $X_{NEBIS} = -91968.6$  м,  $Z_{NEBIS} = -30052.0$  м,  $Y_{NEBIS} = 4200.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью

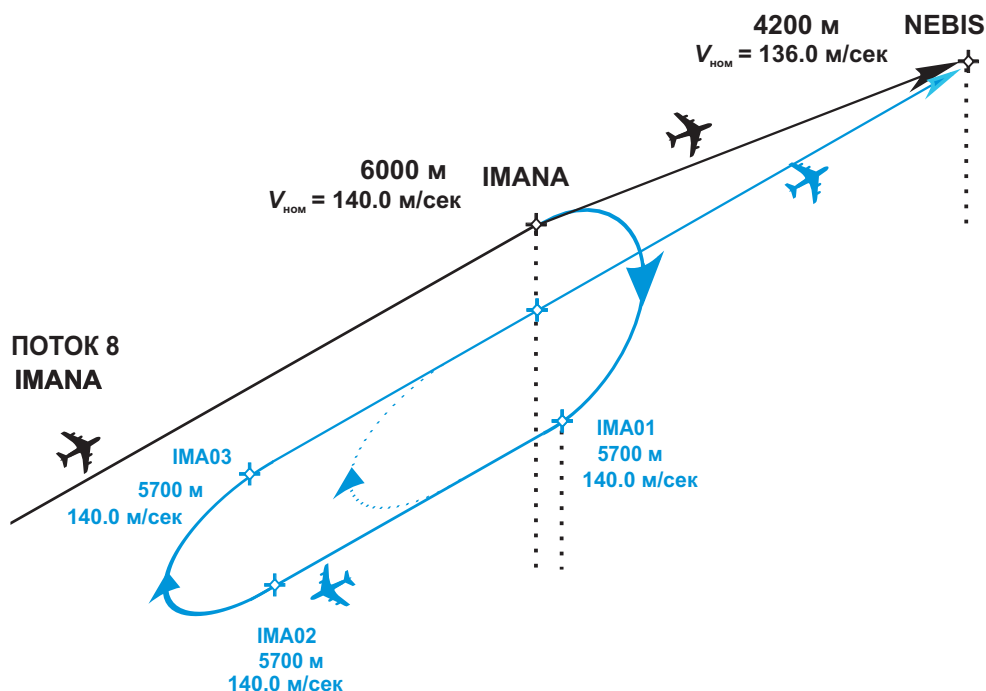


Рис. 1.10: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 8 IMANA (NEBIS)

$V_{\text{NEBIS, ном}} = 136.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{NEBIS}} = 126.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{NEBIS}} = 146.0$  м/сек.

Точка **SS009** с координатами  $X_{\text{SS009}} = -27126.9$  м,  $Z_{\text{SS009}} = -10700.2$  м,  $Y_{\text{SS009}} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS009, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS009}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS009}} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS009** является начальной точкой веерной дуги ожидания потока IMANA/NEBIS.

**Дуга ожидания ДО2** потока NEBIS составлена из точек **SS009-SS010-SS011-SS012-SS013-SS014** и промежуточной точки **SS015**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS010:**  $X_{\text{SS010}} = -21709.5$  м,  $Z_{\text{SS010}} = -19619.1$  м,  $Y_{\text{SS010}} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS010, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS010}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS010}} = 127.0$  м/сек.

**SS011:**  $X_{\text{SS011}} = -13552.6$  м,  $Z_{\text{SS011}} = -26181.3$  м,  $Y_{\text{SS011}} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS011, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS011}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS011}} = 127.0$  м/сек.

**SS012:**  $X_{\text{SS012}} = -3634.1$  м,  $Z_{\text{SS012}} = -29590.2$  м,  $Y_{\text{SS012}} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS012, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS012}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS012}} = 127.0$  м/сек.

**SS013:**  $X_{SS013} = 6858.0$  м,  $Z_{SS013} = -29412.5$  м,  $Y_{SS013} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS013, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS013} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS013} = 127.0$  м/сек.

**SS014:**  $X_{SS014} = 16653.1$  м,  $Z_{SS014} = -25641.7$  м,  $Y_{SS014} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS014, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS014} = 107.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS014} = 127.0$  м/сек.

**SS015:**  $X_{SS015} = -5778.3$  м,  $Z_{SS015} = -7612.8$  м,  $Y_{SS015} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS015, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS015} = 90.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS015} = 110.0$  м/сек.

### **Точки посадочной траектории судов потока NEBIS.**

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\overline{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\overline{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

## **Поток 9. SOUTH/PESAM**

Точка входа на контроль **SOUTH** с координатами  $X_{\text{SOUTH}} = -157500.0$  м,  $Z_{\text{SOUTH}} = 58750.0$  м,  $Y_{\text{SOUTH}} = 6000.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SOUTH}, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SOUTH}} = 130.0$  м/сек и  $\overline{V}_{\text{SOUTH}} = 150.0$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки) потока 9 SOUTH/PESAM у точки SOUTH (рис. 1.11).**

Здесь вводятся три вспомогательные точки **SOU01**, **SOU02** и **SOU03**.

Точка **SOU01** имеет данные: координаты  $X_{\text{SOU01}} = -155500.0$  м,  $Z_{\text{SOU01}} = 83000.0$  м,  $Y_{\text{SOU01}} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SOU01}, \text{ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SOU01}} = 130.0$  м/сек и  $\overline{V}_{\text{SOU01}} = 150.0$  м/сек.

Точка **SOU02** имеет данные: координаты  $X_{\text{SOU02}} = -195000.0$  м,  $Z_{\text{SOU02}} = 88000.0$  м,  $Y_{\text{SOU02}} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SOU02, ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{SOU02}} = 130.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SOU02}} = 150.0$  м/сек.

Точка **SOU03** имеет данные: координаты  $X_{\text{SOU03}} = -198000.0$  м,  $Z_{\text{SOU03}} = 64000.0$  м,  $Y_{\text{SOU03}} = 5700.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SOU03, ном}} = 140.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{SOU03}} = 130.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SOU03}} = 150.0$  м/сек.

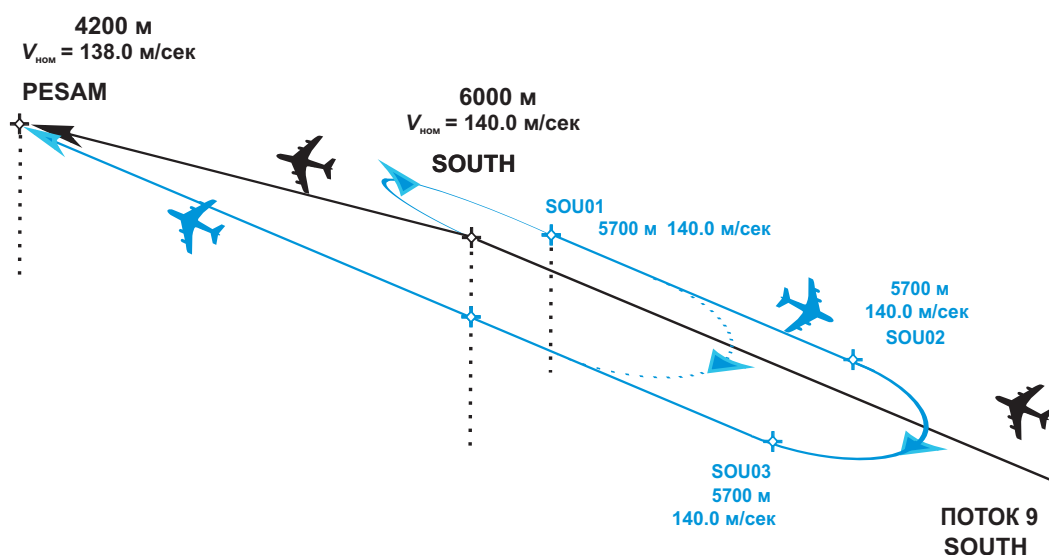


Рис. 1.11: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 9 SOUTH (PESAM)

**Прохождение этой схемы.** От точки **SOUTH** правый разворот на 90 град на точку **SOU01** и точку **IMA02** со снижением на 300 м на 5700.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **SOU02**. В случае небольшой величины задержки – разворот (после её реализации) на точку **SOUTH**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **SOU03** и далее на точку **SOUTH** по обратному плечу на 5700.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

#### Пункты траектории подхода потока SOUTH/PESAM.

Точка **PESAM** с координатами  $X_{\text{PESAM}} = -93171.8$  м,  $Z_{\text{PESAM}} = 51405.2$  м,  $Y_{\text{PESAM}} = 4200.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{PESAM, ном}} = 138.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{PESAM}} = 128.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{PESAM}} = 148.0$  м/сек.

Точка **ALUMA** с координатами  $X_{\text{ALUMA}} = -40602.4$  м,  $Z_{\text{ALUMA}} = 33235.9$  м,  $Y_{\text{ALUMA}} = 3300.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{ALUMA, ном}} = 130.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей полёта  $\underline{V}_{\text{ALUMA}} = 120.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{ALUMA}} = 140.0$  м/сек.

Точка **SS007** с координатами  $X_{SS007} = -28984.1$  м,  $Z_{SS007} = 13562.6$  м,  $Y_{SS007} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS007, \text{ном}} = 120.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS007} = 110.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS007} = 130.0$  м/сек.

Точка **SS007** является точкой слияния потоков PESAM и NEKER.

Точка **SS008** с координатами  $X_{SS008} = -29156.8$  м,  $Z_{SS008} = -492.2$  м,  $Y_{SS008} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS008, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS008} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS008} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS008** является начальной точкой веерной дуги ожидания ДО2 потока PESAM/NEKER.

**Дуга ожидания ДО2** потока PESAM/NEKER составлена из точек **SS008-SS009-SS010-SS011-SS012- SS013-SS014** и промежуточной точки **SS015**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS009:**  $X_{SS009} = -27126.9$  м,  $Z_{SS009} = -10700.2$  м,  $Y_{SS009} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS009, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS009} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS009} = 127.0$  м/сек.

**SS010:**  $X_{SS010} = -21709.5$  м,  $Z_{SS010} = -19619.1$  м,  $Y_{SS010} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS010, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS010} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS010} = 127.0$  м/сек.

**SS011:**  $X_{SS011} = -13552.6$  м,  $Z_{SS011} = -26181.3$  м,  $Y_{SS011} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS011, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS011} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS011} = 127.0$  м/сек.

**SS012:**  $X_{SS012} = -3634.1$  м,  $Z_{SS012} = -29590.2$  м,  $Y_{SS012} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS012, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS012} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS012} = 127.0$  м/сек.

**SS013:**  $X_{SS013} = 6858.0$  м,  $Z_{SS013} = -29412.5$  м,  $Y_{SS013} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS013, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS013} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS013} = 127.0$  м/сек.

**SS014:**  $X_{SS014} = 16653.1$  м,  $Z_{SS014} = -25641.7$  м,  $Y_{SS014} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS014, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS014} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS014} = 127.0$  м/сек.

**SS015:**  $X_{SS015} = -5778.3$  м,  $Z_{SS015} = -7612.8$  м,  $Y_{SS015} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS015, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS015} = 90.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS015} = 110.0$  м/сек.

**Точки**      **посадочной**      **траектории**      **судов**      **потока**

## PESAM/NEKER.

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

## Поток 10. ARBUP/NEKER

Точка входа на контроль **ARBUP** с координатами  $X_{ARBUP} = -92894.1$  м,  $Z_{ARBUP} = 164108.9$  м,  $Y_{ARBUP} = 6600.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{ARBUP, \text{ном}} = 144.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{ARBUP} = 134.0$  м/сек и  $\bar{V}_{ARBUP} = 154.0$  м/сек.

**Зона ожидания (предварительной задержки)** потока 10 ARBUP/NEKER у точки ARBUP (рис. 1.12).

Здесь вводятся три вспомогательные точки **ARB01**, **ARB02** и **ARB03**.

Точка **ARB01** имеет данные: координаты  $X_{ARB01} = -83000.0$  м,  $Z_{ARB01} = 170000.0$  м,  $Y_{ARB01} = 6300.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{ARB01, \text{ном}} = 144.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{ARB01} = 134.0$  м/сек и  $\bar{V}_{ARB01} = 154.0$  м/сек.

Точка **ARB02** имеет данные: координаты  $X_{ARB02} = -105000.0$  м,  $Z_{ARB02} = 208000.0$  м,  $Y_{ARB02} = 6300.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{ARB02, \text{ном}} = 144.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{ARB02} = 134.0$  м/сек и  $\bar{V}_{ARB02} = 154.0$  м/сек.

Точка **ARB03** имеет данные: координаты  $X_{ARB03} = -125000.0$  м,  $Z_{ARB03} = 195000.0$  м,  $Y_{ARB03} = 6300.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{ARB03, \text{ном}} = 144.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{ARB03} = 134.0$  м/сек и  $\bar{V}_{ARB03} = 154.0$  м/сек.

**Прохождение этой схемы.** От точки **ARBUP** правый разворот на 90 град на точку **ARB01** и точку **ARB02** со снижением на 300 м на 6300.0 м. Далее движение с требуемой номинальной или регулируемой скоростью на точку **ARB02**. В случае небольшой величины задержки

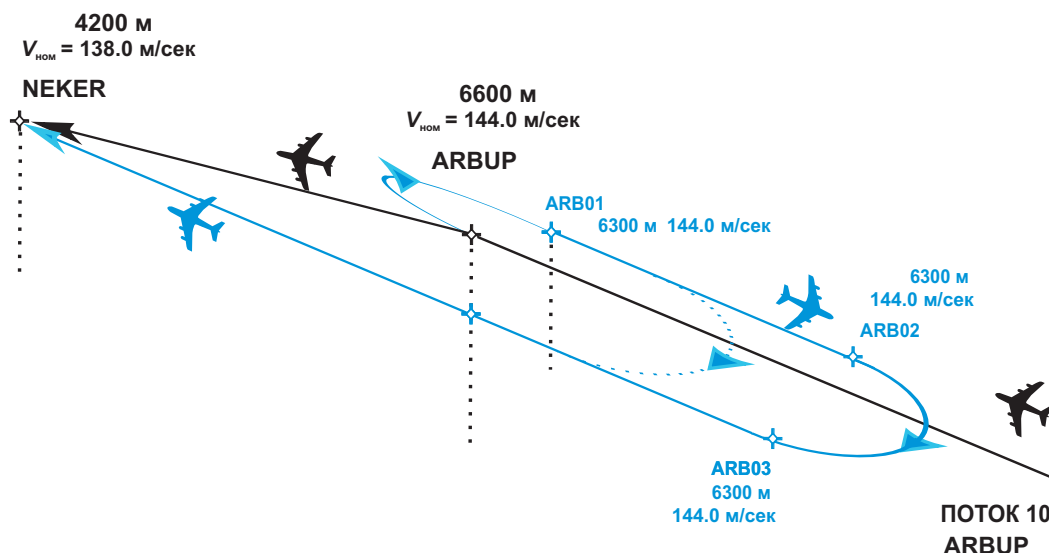


Рис. 1.12: Схема предварительной задержки (ожидания) Потока 10 ARBUP (NEKER)

– разворот (после её реализации) на точку **ARBUP**. В случае большой величины задержки последующий разворот на точку **ARB03** и далее на точку **ARBUP** по обратному плечу на 6300.0 м с требуемой номинальной или регулируемой скоростью.

### Пункты траектории подхода потока ARBUP/NEKER.

Точка **NEKER** с координатами  $X_{\text{NEKER}} = -71237.0$  м,  $Z_{\text{NEKER}} = 97640.4$  м,  $Y_{\text{NEKER}} = 4200.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{NEKER, ном}} = 138.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{NEKER}} = 128.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{NEKER}} = 148.0$  м/сек.

Точка **SS006** с координатами  $X_{\text{SS006}} = -28839.1$  м,  $Z_{\text{SS006}} = 30339.6$  м,  $Y_{\text{SS006}} = 3000.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS006, ном}} = 130.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS006}} = 120.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS006}} = 140.0$  м/сек.

Точка **SS007** с координатами  $X_{\text{SS007}} = -28984.1$  м,  $Z_{\text{SS007}} = 13562.6$  м,  $Y_{\text{SS007}} = 2100.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS007, ном}} = 120.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS007}} = 110.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS007}} = 130.0$  м/сек.

Точка **SS007** является точкой слияния потоков PESAM и NEKER.

Точка **SS008** с координатами  $X_{\text{SS008}} = -29156.8$  м,  $Z_{\text{SS008}} = -492.2$  м,  $Y_{\text{SS008}} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{\text{SS008, ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{\text{SS008}} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{\text{SS008}} = 127.0$  м/сек.

Точка **SS008** является начальной точкой веерной дуги ожидания ДО2 объединённого потока PESAM/NEKER.

Дуга ожидания ДО2 потока PESAM/NEKER составлена из точек **SS008-SS009-SS010-SS011-SS012- SS013-SS014** и промежуточ-



ной точки **SS015**. Данные точки имеют следующие данные.

**SS009:**  $X_{SS009} = -27126.9$  м,  $Z_{SS009} = -10700.2$  м,  $Y_{SS009} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS009, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS009} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS009} = 127.0$  м/сек.

**SS010:**  $X_{SS010} = -21709.5$  м,  $Z_{SS010} = -19619.1$  м,  $Y_{SS010} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS010, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS010} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS010} = 127.0$  м/сек.

**SS011:**  $X_{SS011} = -13552.6$  м,  $Z_{SS011} = -26181.3$  м,  $Y_{SS011} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS011, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS011} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS011} = 127.0$  м/сек.

**SS012:**  $X_{SS012} = -3634.1$  м,  $Z_{SS012} = -29590.2$  м,  $Y_{SS012} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS012, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS012} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS012} = 127.0$  м/сек.

**SS013:**  $X_{SS013} = 6858.0$  м,  $Z_{SS013} = -29412.5$  м,  $Y_{SS013} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS013, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS013} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS013} = 127.0$  м/сек.

**SS014:**  $X_{SS014} = 16653.1$  м,  $Z_{SS014} = -25641.7$  м,  $Y_{SS014} = 1800.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS014, \text{ном}} = 117.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS014} = 107.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS014} = 127.0$  м/сек.

**SS015:**  $X_{SS015} = -5778.3$  м,  $Z_{SS015} = -7612.8$  м,  $Y_{SS015} = 1500.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS015, \text{ном}} = 100.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS015} = 90.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS015} = 110.0$  м/сек.

**Точки посадочной траектории судов потока PESAM/NEKER.**

**SS025:**  $X_{SS025} = 0$  м,  $Z_{SS025} = 0$  м,  $Y_{SS025} = 900.0$  м, с номинальной скоростью  $V_{SS025, \text{ном}} = 80.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS025} = 70.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS025} = 90.0$  м/сек.

**SS003:**  $X_{SS003} = 6.1$  м,  $Z_{SS003} = 9258.8$  м,  $Y_{SS003} = 450.0$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{SS003, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{SS003} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{SS003} = 85.0$  м/сек.

**RW08L:**  $X_{RW08L} = -21.5$  м,  $Z_{RW08L} = 18431.5$  м,  $Y_{RW08L} = 10$  м, ЛУР 5000 м, с номинальной скоростью  $V_{RW08L, \text{ном}} = 75.0$  м/сек и интервалом допустимых скоростей пролёта  $\underline{V}_{RW08L} = 65.0$  м/сек и  $\bar{V}_{RW08L} = 85.0$  м/сек.

Общая пространственная структура и расположение веерных схем слияния приведены на рис. 1.13.

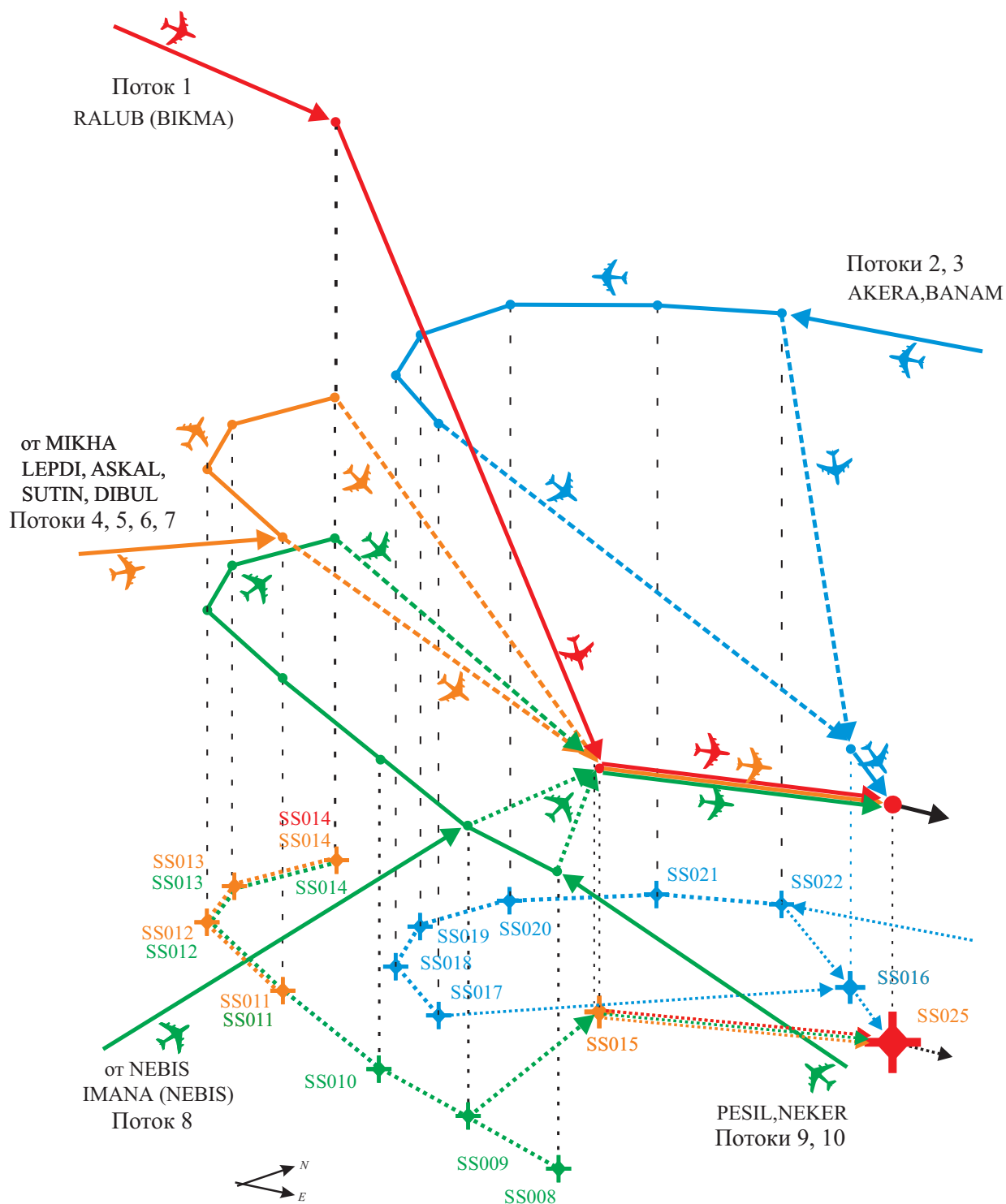


Рис. 1.13: Пространственная структура и расположение трех веерных дуг ожидания в исследуемой схеме а/п Кольцово.

## 2 Программный пакет алгоритмов слияния потоков а/п Кольцово

Разработанные алгоритмы были реализованы на языке C++ с использованием среды разработки Qt 4.7.x [15] и встроены в общий пакет KOLTISOVOREAL.exe управления слиянием потоков в исследуемой трёх-веерной схеме.

Пакет снабжён специальной управляемой базой данных для варьирования параметров прибывающих потоков.

На данном этапе исследований, в пакет включены следующие алгоритмы:

- основной алгоритм формирования бесконфликтной очереди с расчётом задержки каждого ВС, как на зонах предварительного ожидания, так и на дугах ожидания;
- основной алгоритм регулирования скорости движения судов (ускорения и замедления) для формирования слитой бесконфликтной очереди;
- алгоритм пропуска-вписывания в очередь аварийных и приоритетных ВС;
- упрощённые алгоритмы задания поля ветрового возмущения во всей рассматриваемой зоне УВД;
- алгоритм восстановления информации после полного информационного сбоя и возобновления/продолжения работы системы.

Кроме того, включены алгоритмы:

- моделирования запаздывания принятия решения диспетчером, исполнения команд экипажами и разбросов пилотирования на уровне 25–30 сек;
- специального предварительного (не в реальном времени работы) бесконфликтного упорядочения моментов прибытия судов на входные точки начала их контроля.

**Общий вид модельного диалогового окна** диспетчера в исследуемом варианте веерных схем а/п Кольцово представлен на рис. 2.1.

Здесь, в верхней части окна представлена линейка управления режимами моделирования:

- запуск, временный останов картинки для анализа, сброс запуска (Start, Pause, Stop, соответственно);
- моделирование с управлением в автоматическом или ручном режиме (Avto или Handle);
- демонстрация движения судов Demo;
- окно DenyMerge отмены режима слияния для оценки номинальной ситуации прибытия потоков судов в общую точку слияния;
- окно DenyEntry для прекращения прибытия судов на контроль в данную зону УВД;

– в правом верхнем углу окна помещено окошко “Airport Schema” указания исследуемого аэропорта.

Для контроля процессов управления и слияния в нижней части окна помещена “динамическая (бегущая) таблица” текущих прогнозируемых моментов прибытия каждого из судов в точку слияния. Соответственно, сверху вниз: RALUB LEPDI, ASKAL, SUTIN, DIBUL, IMANA, SOUTH, ARBUP, BANAM и AKERA.

Для подробного анализа протекания процессов введена стандартная экранная операция (клик и растягивание мышкой) выделения фрагмента и изменения масштаба его изображения.

## Окно PARAMETERS

В левой части помещено окно PARAMETERS задания для моделирования параметров и режимов движения потоков а/п Кольцово. Состав окна показан на рис. 2.2. Здесь рабочие окошечки:

- “Parameters of Aircraft”, выбор потока для выставки параметров его судов;
- “beta”, максимальная величина ускорения судна в вертикальном канале, м/сек<sup>2</sup>;
- “gamma”, максимальная величина ускорения судна в боковом канале, м/сек<sup>2</sup>;
- “dec”, максимальная величина замедления судна в продольном канале, м/сек<sup>2</sup> ;
- “acc”, максимальная величина ускорения судна в продольном канале, м/сек<sup>2</sup> ;
- “T<sub>—</sub>(.)”, временной интервал продольного эшелонирования судов всех потоков на их соответствующих точках начала контроля, сек;
- “dT<sub>—</sub>(.)”, случайный разброс начала входа каждого судна на его соответствующую точку начала контроля, сек ;
- “Probability”, вероятность появления внеочередного (аварийного или приоритетного) судна в каждом их входных потоков, размерность проценты, в интервале от 0% до 20% ;
- “Height1”, нижняя граница задания поля ветра, м;
- “Height2”, верхняя граница задания поля ветра, м;
- “V1”, скорость поля ветра на его нижней границе, м/сек;
- “V2”, скорость поля ветра на его верхней границе, м/сек;
- “Direction”, направление ветра, градусы, отсчёт направления ветра от оси ОХ (рис.1.1, Север) по часовой стрелке.

Поле ветра задаётся для всей зоны УВД линейной интерполяцией величины от нижней до верхней границы. Направление поля ветра одинаково и постоянно во всей зоне УВД.

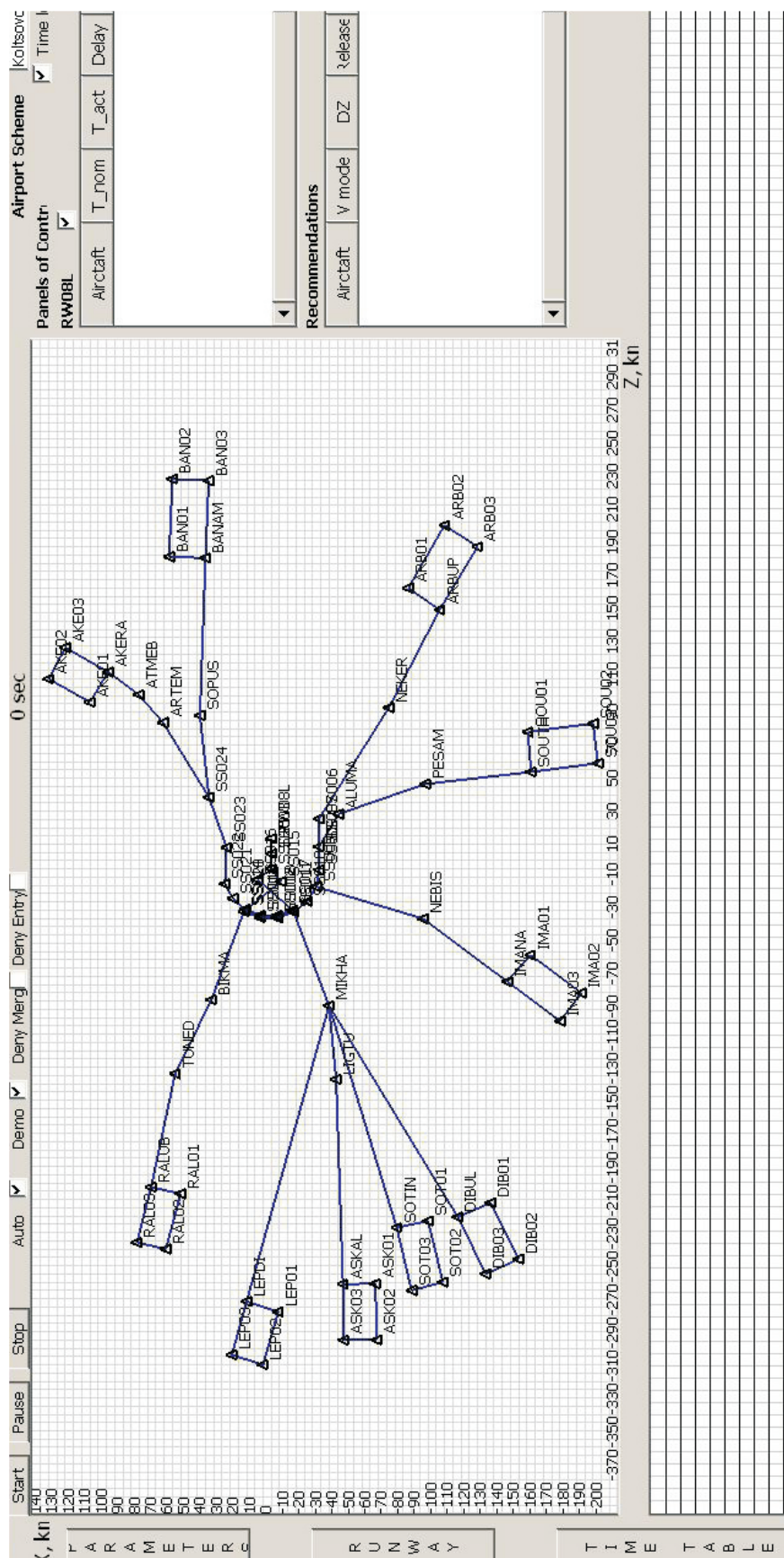
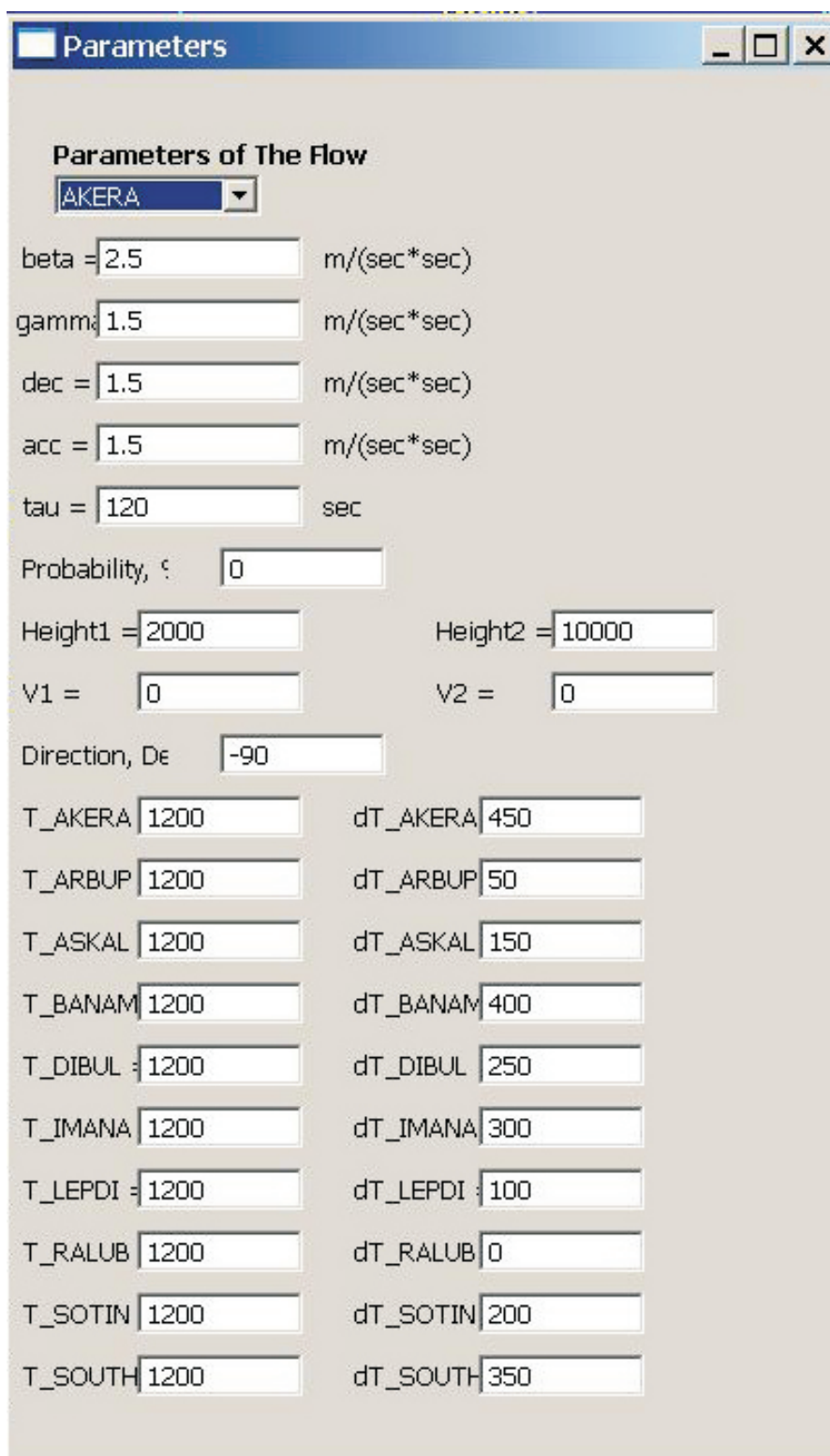


Рис. 2.1: Общий вид модельного диалогового окна диспетчера; а/п Кольцово.



**Parameters of The Flow**

AKERA

beta = 2.5 m/(sec\*sec)

gamma = 1.5 m/(sec\*sec)

dec = 1.5 m/(sec\*sec)

acc = 1.5 m/(sec\*sec)

tau = 120 sec

Probability, % 0

Height1 = 2000 Height2 = 10000

V1 = 0 V2 = 0

Direction, De -90

T_AKERA	1200	dT_AKERA	450
T_ARBUP	1200	dT_ARBUP	50
T_ASKAL	1200	dT_ASKAL	150
T_BANAM	1200	dT_BANAM	400
T_DIBUL	1200	dT_DIBUL	250
T_IMANA	1200	dT_IMANA	300
T_LEPDI	1200	dT_LEPDI	100
T_RALUB	1200	dT_RALUB	0
T_SOTIN	1200	dT_SOTIN	200
T_SOUTH	1200	dT_SOUTH	350

Рис. 2.2: Состав окна PARAMETERS для задания параметров и режимов движения потоков при моделировании.

### Окно TIME TABLE

В левой части помещено окно TIME TABLE (рис. 2.3) задания специального режима предварительного (не в реальном времени работы) бесконфликтного упорядочения моментов прибытия судов на входные

точки начала их контроля. Здесь:

- в первом столбце приводятся названия потоков прибывающих судов;
- во втором столбце скорректированные (упорядоченные) бесконфликтные моменты прибытия в общую точку слияния;
- в третьем столбце для сравнения приведены начальные – номинальные моменты прибытия в общую точку слияния.

Например, видно (несколько верхних строк таблицы), что задержаны суда SOUTH-350, LEPDI-100, DIBUL-250 и т.д. При дальнейшем управлении слиянием упорядоченные моменты их прибытия в общую точку слияния будут бесконфликтно разнесены.

### **Окна рекомендаций диспетчеру и контроля их текущей реализации**

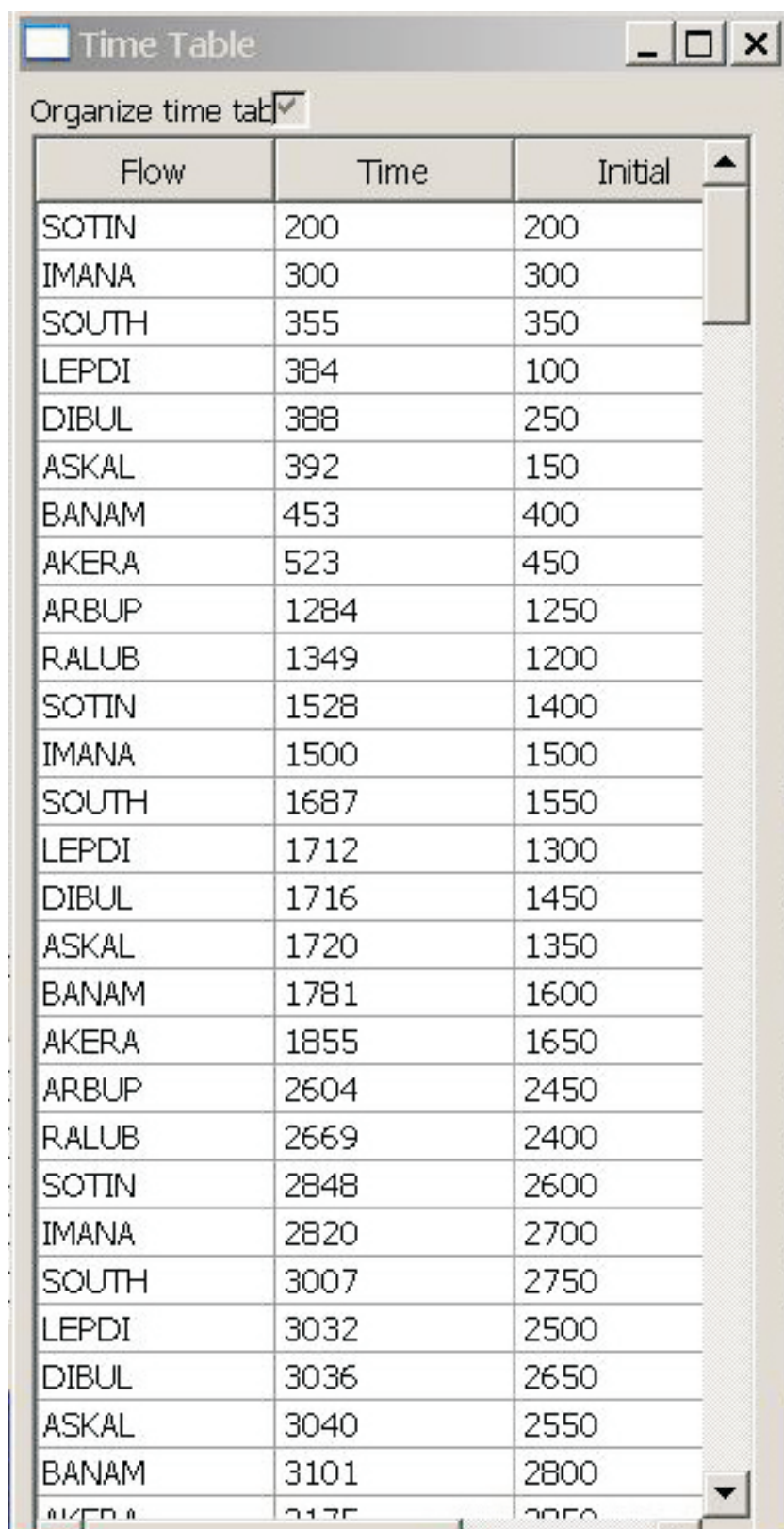
В среднем справа окне диспетчеру выводятся рассчитанные рекомендации:

- формуляр судна;
- рекомендуемая величина  $V$  по скорости и тип mode команды (ускорение или замедление);
- символ DZ необходимости на правления на схему задержки;
- оставшееся время Release до передачи рекомендации экипажу.

В верхнем справа окне диспетчеру выводится информация о текущем выполнении рекомендаций:

- формуляр судна;
- номинальное текущее  $T_{\text{ном}}$  время прибытия в точку слияния, сек;
- фактическое текущее (скорректированное)  $T_{\text{act}}$  время прибытия в точку слияния, сек;
- величина Delay задержки данного судна.





Flow	Time	Initial
SOTIN	200	200
IMANA	300	300
SOUTH	355	350
LEPDI	384	100
DIBUL	388	250
ASKAL	392	150
BANAM	453	400
AKERA	523	450
ARBUP	1284	1250
RALUB	1349	1200
SOTIN	1528	1400
IMANA	1500	1500
SOUTH	1687	1550
LEPDI	1712	1300
DIBUL	1716	1450
ASKAL	1720	1350
BANAM	1781	1600
AKERA	1855	1650
ARBUP	2604	2450
RALUB	2669	2400
SOTIN	2848	2600
IMANA	2820	2700
SOUTH	3007	2750
LEPDI	3032	2500
DIBUL	3036	2650
ASKAL	3040	2550
BANAM	3101	2800
AKERA	3135	2850

Рис. 2.3: Состав окна TIMETABLE для предварительного упорядочения моментов прибытия потоков.



### 3 Результаты моделирования слияния десяти потоков в трех-веерной схеме а/п Кольцово

На предыдущих этапах исследований основная величина безопасного интервала в слитой очереди задавалась  $\tau_{\text{без}} = 120$  сек (2 минуты). При этом максимальная предельная пропускная способность ВПП составляет 30 судов/час.

В настоящей работе для частичной компенсации разбросов-запаздывания передачи диспетчером команд экипажам, эта величина была увеличена до  $\tau_{\text{без}} = 140$  сек.

#### Работоспособность алгоритмов при завышенной интенсивности входных потоков

Этому случаю соответствуют следующие примерные данные по интенсивности входа судов потоков на контроль:

- RALUB 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- AKERA 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- BANAM 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- LEPDI 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- ASKAL 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- SUTIN 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- DIBUL 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- IMANA 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- SOUTH 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- ARBUP 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час.

При этом суммарная интенсивность прибытия – 30 ВС/час **без учёта** времени запаздывания передачи диспетчером соответствующих команд экипажам судов на контроле.

Но даже при такой интенсивности разработанные алгоритмы слияния в ряде случаев успешно разрешают сложную множественную конфликтную ситуацию как регулированием скоростей судов, так и активным использованием дуг ожидания. На рис. 3.1а показана такая ситуация между судами DIBUL-250–IMANA-1500–ARBUP-1250–RALUB-1200–SOUTH-1550, а рис. 3.1б иллюстрирует её успешное разрешение несмотря на жёсткое условие направления ВС RSLUB-1200 в точку слияния SS015 “с прямой” вследствие отсутствия веерной дуги ожидания у этого потока.

Однако при длительном моделировании была обнаружена **недопустимость** направления судов потока RALUB от точки SS014 “с прямой” сразу на точку слияния SS015: он либо сам не вписывается в посадочную очередь, либо создаёт ситуации “прерванной посадки” для последующих

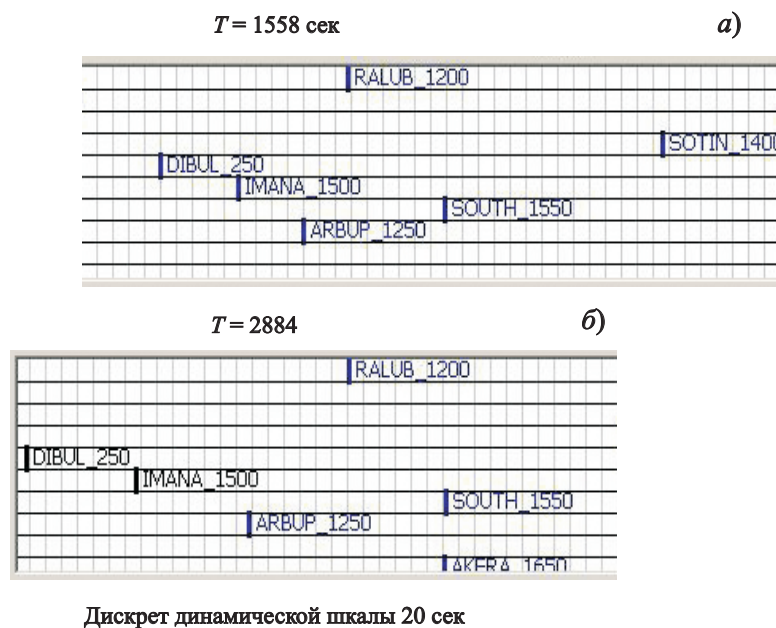


Рис. 3.1: Множественная конфликтная ситуация; а) её возникновение; б) её успешное разрешение.

за ним судов других потоков. **Необходима** специальная веерная дуга ожидания на эшелоне 2700 м (аналогично, например, веерной дуге ожидания ДОЗ) для возможности точной доводки момента выхода в точку SS015 и бесконфликтного слияния.

Моделирование показало также, что суда потоков “усложнённой четвёрки” LEPDI-ASKAL-SUTIN-DIBUL в случае назначения точки МІКНА точкой их предварительного слияния в поток создают ситуации “прерванного подхода” как друг другу, так и судам потоков IMANA, SOUTH и ARBUP.

Рисунок 3.2 иллюстрирует такие ситуации. Здесь посадка судна RALUB-2400 была прервана впереди идущим судном IMANA-2700. А подход судна ARBUP-2450 был прерван судном SUTIN-2600. (ВС с прерыванием отмечены специальными маркерами самолётов.)

А для исключения ситуаций прерванного подхода судами “четвёрки” **необходимо:**

- не назначать точку МІКНА точкой их слияния;
- данные потоки надо подводить от входных точек к точке МІКНА (рис. 1.1) каждый на своём эшелоне и далее, по снижающимся траекториям до точки их предварительного слияния на начальной точке SS011 веерной дуги ДО1.

Эти меры дают возможность эффективной **независимой** работы режима регулирования скоростных режимов в каждом из потоков этой “четвёрки”.

Кроме того, в случае повышенной плотности прибытия этих потоков, *желательно:*

- введение **ещё одной** схемы их промежуточной задержки между точкой МІКНА и точкой SS011;
- введение своих самостоятельных веерных дуг ожидания (аналогичных веерным дугам ожидания ДО1 и ДО3) на соответствующих эшелонах.

Моделирование показало, что предельно допустимая суммарная интенсивность прибытия судов в данной схеме составляет 24–25 ВС/час **при наличии** времени запаздывания (на уровне 25–30 сек) передачи диспетчером соответствующих команд экипажам судов на контроле.

- RALUB 1800 сек, 20 мин, 2 ВС/час;
- AKERA 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- BANAM 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- LEPDI 1800 сек, 20 мин, 2 ВС/час;
- ASKAL 1800 сек, 20 мин, 2 ВС/час;
- SUTIN 1800 сек, 20 мин, 2 ВС/час;
- DIBUL 1800 сек, 20 мин, 2 ВС/час;
- IMANA 1800 сек, 20 мин, 2 ВС/час;

- SOUTH 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час;
- ARBUP 1200 сек, 20 мин, 3 ВС/час.

При предельно допустимой интенсивности 24 судна/час разработанные алгоритмы успешно обеспечивают бесконфликтность слияния всех потоков в предпосадочную очередь (рис. 3.3 и 3.4).



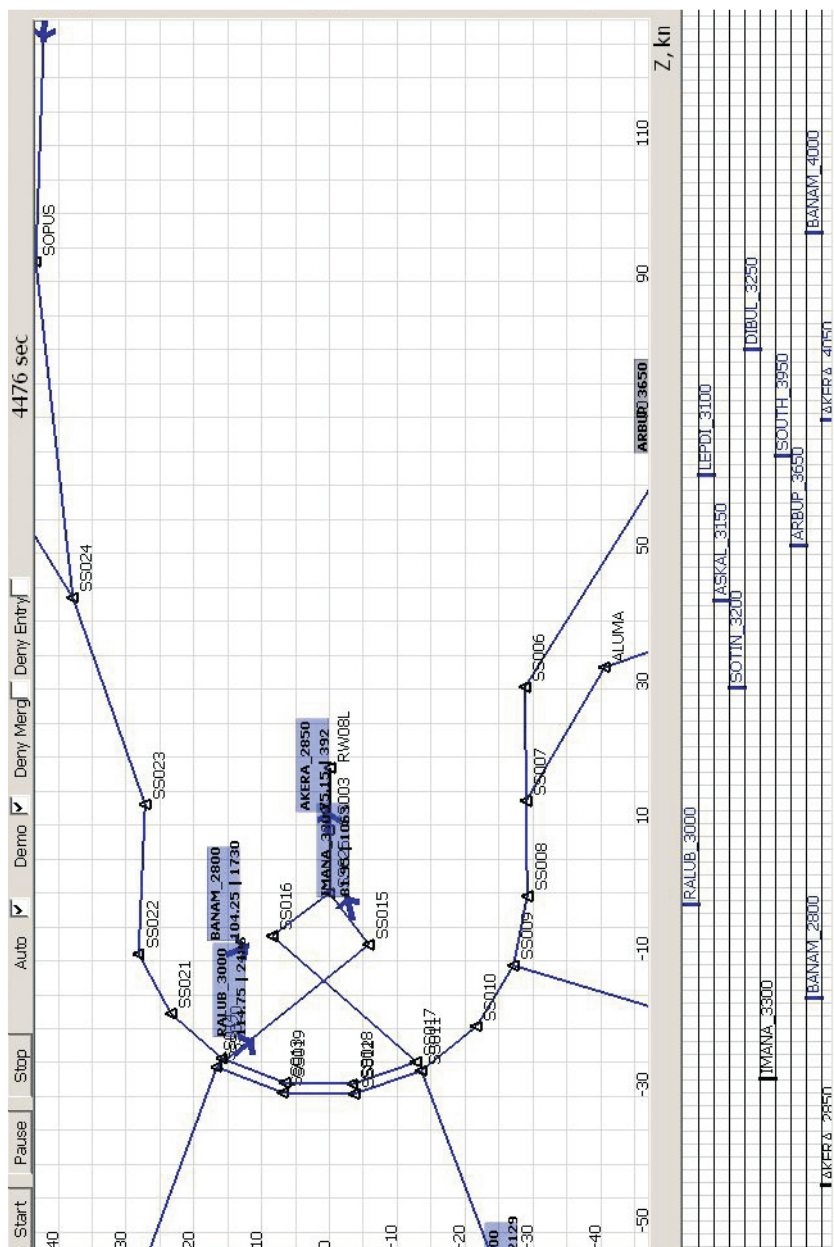


Рис. 3.4: Нормальная работа (4476 сек моделирования) алгоритмов слияния при предельно допустимой интенсивности прилёта 24 судна/час.

## Специальный вариант моделирования

Было проведено специальное исследование функционирования разработанных (в соответствии с рекомендациями ИКАО) и предложенных ранее [2–5] схем предварительной задержки типа “развёрнутый полу-тромбон”. Для этого была сконструирована новая структура организации подходов в зоне УВД а/п Кольцово (рис. 3.5). Здесь схемы предварительной задержки размещены ещё на траекториях подхода всех потоков между точками входа на контроль и граничными точками зоны. Веерные дуги в районе аэродрома **не вводились**. На каждом полу-тромбоне указаны соответствующие вспомогательные точки и его и границы. Точки возврата на исходные траектории нанесены увеличенными треугольниками. Структура и порядок прохождения этих схем:

- разворот от точки 1 на точку 2 со снижением на 300 м;
- реализация необходимой задержки движением на точку 2;
- при этом в случае небольшой величины задержки и её реализации до точки 2 выполняются разворот на точку возврата исходной траектории (точки 4 или граничные точки), а дальнейшее движение осуществляется со снижением до эшелона точки возврата; в случае большой величины задержки после точки 2 производится разворот на точку 3, дорабатывается необходимая величина задержки и производится разворот на точку возврата, а дальнейшее движение осуществляется со снижением до эшелона точки возврата.

Рисунок 3.6 иллюстрирует работу алгоритмов слияния в модельной схеме в усложнённой ситуации. Здесь видно (рис. 3.6а) возникновение в момент  $T = 494$  сек множественных конфликтных ситуаций в группе судов ARBUP-50—IMANA-300—SOUTH-350—AKERA-450 и в группе SUTIN-200—BANAM-400—DIBUL-250—ASKAL-150—LEPDI-100.

После прорабатывания алгоритмов слияния (рис. 3.6б, момент  $T = 1634$  сек) эти множественные конфликты были успешно и оптимально (по минимуму суммарной задержки всех указанных судов) разрешены. Причём разрешение было выполнено:

- точной задержкой ВС IMANA-300 на его схеме полу-тромбон;
- точной задержкой ВС SOUTH-350 регулированием скорости;
- точной задержкой ВС AKERA-450 на его схеме полу-тромбон;
- точной задержкой ВС SUTIN-350 регулированием скорости;
- точной задержкой ВС BANAM-400 на его схеме полу-тромбон;
- точной задержкой ВС DIBUL-250 регулированием его скорости;
- точной задержкой ВС ASKAL-150 на его схеме полу-тромбон;
- точной задержкой ВС LEPDI-100 на его схеме полу-тромбон.

Отметим, что при предварительной задержке в схемах “развёрнутый полу-тромбон” возможна указанная точная реализация необходимой величины задержки. Отсутствуют нежелательные скачки задерживания



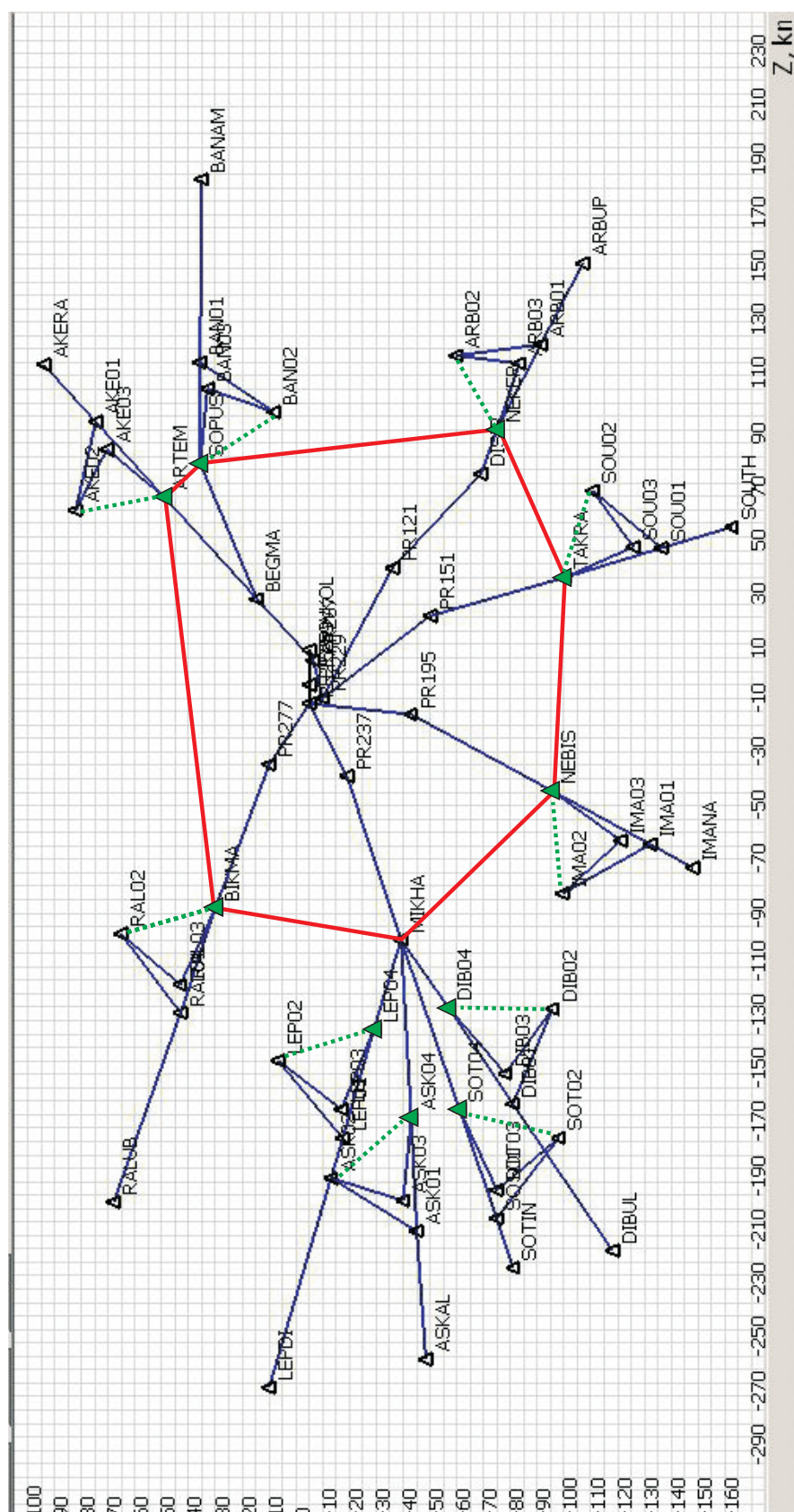


Рис. 3.5: Модельная структура зоны УВД а/п Кольцово; схемы предварительной задержки типа “развёрнутый полу-тромбон” на траекториях подхода.



[2-5], присущие стандартным схемам задержки типа “продольно ориентированный тромбон”.

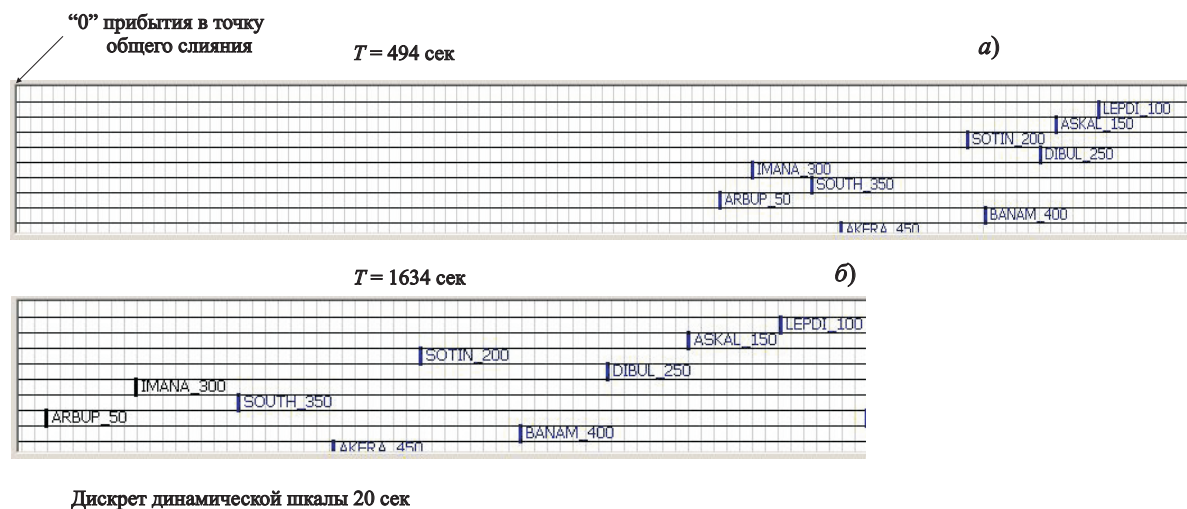


Рис. 3.6: Модельная структура; а) ситуация с “всплеском” приходящих судов и множественными конфликтами; б) успешное оптимальное разрешение ситуации.

Моделирование показало, что такие введенные схемы типа “развёрнутый полу-тромбон” полностью “растаскивают” тяжёлые всплески числа судов близких по времени прибытия в общую точку слияния. При этом ситуации “прерванных подходов” практически устраняются. Однако в этой модельной структуре остаётся необходимым введение и использование веерных дуг ожидания для точной бесконфликтной доводки и слияния такого большого числа (десяти) прибывающих потоков. Иначе, при повышении плотности прибытия могут возникать ситуации “прерванной посадки”.

Как отмечалось на предыдущих этапах работ [2-5], в рассматриваемой схеме (рис. 1.1 и 1.2) негативным фактором является “продольная” (по направлению основной траектории движения судна) ориентация зон предварительной задержки вместо развёрнутого положения зоны, являющегося аналогом дуги ожидания веера. Продольное расположение приводит к большому интервалу времени (полный разворот) задержки судна. Желательным и более эффективным было бы применение “развёрнутого полу-тромбона”, разработанного и исследованного ранее.

## Заключение

Разработан пакет алгоритмов формирования бесконфликтной очереди десяти потоков судов применительно к реальной схеме а/п Кольцово.

Отнесение точек входа потоков от аэродромной зоны за границы этой зоны позволяет эффективно регулировать бесконфликтное слияние путём изменения (ускорения или замедления в допустимых пределах) скоростных режимов движения судов.

Моделирование показало успешную работу алгоритмов слияния при предельной суммарной интенсивности прилёта порядка 24–25 судов/час и при учёте запаздывания выдачи диспетчером команд экипажам.

Было выявлено, что имеющиеся зоны предварительного ожидания хотя в большинстве работают нормально, но вследствие указанного их недостатка нарушают оптимальность (минимальность) суммарной задержки потоков.

Необходимым является введение собственной веерной дуги ожидания у потока RALUB.

Желательным является не назначение точки МІКНА точкой слияния и организация независимого движения потоков LEPDI–ASKAL–SUTIN–DIBUL по собственным траекториям от точек входа на контроль до точки их слияния SS011. Желательным является также введение для этой “четвёрки” дополнительной схемы предварительного ожидания (типа “развёрнутый полу-тромбон”) в области между точками МІКНА и SS011.

На следующем этапе работ необходимо детальное исследование последующих вариантов структуры зоны УВД а/п Кольцово с внесёнными коррекциями.

## Список литературы

- [1] АД Екатеринбург/Кольцово. АИП. Книга 1. Дополнение 12/17. Федеральное Агентство Воздушного Транспорта. Служба Аэронавигационной Информации. – Москва; Россия. 2017.
- [2] Кумков С.И., Пацко Н.Л., Овчинников М.М. Коррекция расписаний прибытия. Обработка судов с конфликтным подходом и прерванной посадкой. Отчёт о научно-экспериментальной работе “Разработка алгоритмов управления и наблюдения в АС УВД” по Договору 623-17У. Этап 2. Том 2. ИММ УрО РАН, Екатеринбург, 2017, с.43.
- [3] Кумков С.И., Пацко Н.Л., Овчинников М.М. Управление слиянием потоков в полной схеме а/п Домодедово. Переменные режимы работы двух ВПП. Отчёт о научно-экспериментальной работе “Разработка алгоритмов управления и наблюдения в АС УВД” по Договору 623-17У. Этап 1. Том 2. ИММ УрО РАН, Екатеринбург, 2017, с.31.
- [4] Кумков С.И., Пацко Н.Л., Овчинников М.М. Управление слиянием потоков прилетающих судов в многовеерной схеме а/п Шереметьево. Вариант 3. Отчёт о научно-экспериментальной работе “Алгоритмы и программы обработки информации для АС УВД” по Договору 610-15У. Этап 3. Том 2. ИММ УрО РАН, Екатеринбург, 2016, с.62.
- [5] Кумков С.И., Пацко Н.Л., Овчинников М.М. Исследование многовеерной схемы слияния потоков прилетающих воздушных судов а/п Домодедово. Отчёт о научно-экспериментальной работе “Алгоритмы и программы обработки информации для АС УВД”. Этап 1. Том 2. ИММ УрО РАН, Екатеринбург, 2015, с.47.
- [6] Point Merge Integration of Arrival Flows Enabling Extensive RNAV Application and Continuous Descent. Operation Services and Environment Definition // Report, July 2010. Eurocontrol Experimental Center, Bretigny-sur-Orge.  
[http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/report/2008/003\\_Point\\_Merge\\_OSED\\_V2.0.pdf](http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/report/2008/003_Point_Merge_OSED_V2.0.pdf)
- [7] Point merge – a new approach to air traffic control at Dublin // EOLAS Magazine, February, 2012
- [8] Boursier L., Favennec B., Hoffman E., Trzmiel A., Vergne F., and K. Zeghal. Merging Arrival Flows without Heading Instructions // Proceedings of the USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Barcelona, Spain, July 2007.
- [9] Air Traffic Management Technology Demonstration–1 (ATD–1). NASA Report FS-2011-10-01-ARC

- [10] Королев Е. Н. Технологии работы диспетчеров управления воздушным движением. Воздушный транспорт, Москва, 2000.
- [11] Пятко С.Г., Красов А.И. и др. Автоматизированные системы управления воздушным движением. Санкт-Петербург, Изд. Политехника, 2004.
- [12] ГОСТ 20058-80. Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения. –М.: Госстандарт, 1980.
- [13] Qt Documentation 4.7.x  
<http://doc.crossplatform.ru/qt/4.7.x/qtdoc.html>