

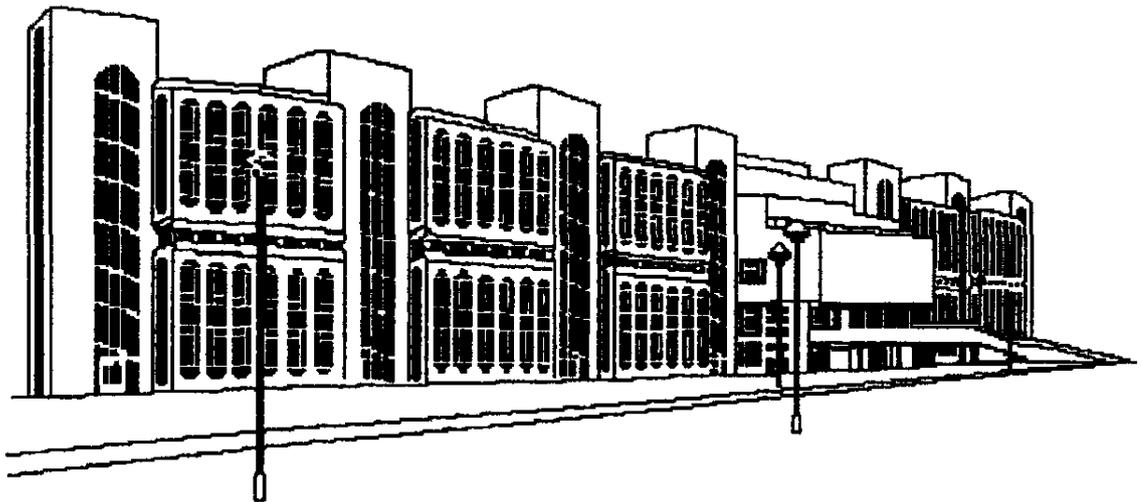
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Л.Е.Рудельсон

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

Часть II

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



Москва – 2004

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**Кафедра вычислительных машин, комплексов, систем и сетей
Л.Е.Рудельсон**

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

Часть II

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Книга 4

**МОДЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА
ОБРАБОТКА ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Утверждено Редакционно-
издательским советом МГТУ ГА
в качестве учебного пособия**

Москва – 2004

ББК 0580.2
Р83

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Московского государственного технического университета ГА
Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.В.Соломенцев,
д-р техн. наук, проф. В.И.Мокшанов (ГосНИИ «Аэронавигация»)

Рудельсон Л.Е.

Р83 Программное обеспечение автоматизированных систем управления
воздушным движением. Часть II. Функциональное программное обес-
печение. Книга 4. Модель использования воздушного пространства.
Обработка плановой информации – М.: МГТУ ГА, 2004.- с 96.

ISBN.....

Изложены вопросы теоретического обоснования методов опти-
мального планирования на всех уровнях организации воздушного дви-
жения. Освещены принципы взаимодействия диспетчеров по плановой
информации, функции ввода, состав и формы отображения данных.
Рассмотрены основные задачи оптимального использования воздушно-
го пространства, алгоритмы их решения и последовательность выпол-
нения. Приведены примеры программной реализации в АС УВД ТЕР-
КАС, СТРЕЛА и БУРАН, развернутых в Российской Федерации и в
других странах мирового авиационного сообщества.

Учебное пособие издается в соответствии с учебным планом для
студентов специальности 22.01.00 пятого курса дневного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры ВМКСС 17.02.04
и методического совета 17.02.04.

Р $\frac{2404000000 - 032}{Ц 33 (03)}$

ББК 0580.2
св. тем. план 2004
поз.

© Московский Государственный Технический
Университет Гражданской Авиации, 2004

Св. тем. план 2004 г.
поз.

РУДЕЛЬСОН Лев Ефимович

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ
Часть II

Функциональное программное обеспечение
Книга 4

Модель использования воздушного пространства.
Обработка плановой информации
Учебное пособие

Редактор

ЛР №020580 от 05.09.01 г.

Подписано в печать

Печать офсетная

Формат 60x84/16

6,0 уч.-изд. л.

усл.печ.л.

Заказ №

Тираж экз.

Московский Государственный Технический Университет ГА

125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20

Редакционно-издательский отдел

125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а

ISBN.....

© Московский Государственный Технический
Университет Гражданской Авиации, 2004

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
1. ВВЕДЕНИЕ.....	6
1.1. Общая характеристика.....	6
1.2. Функции комплекса программ планирования.....	8
1.3. Традиционные подходы к оптимизации плана ИВП.....	10
2. ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	12
2.1. Оптимизация использования воздушного пространства.....	12
2.1.1. Основные методы оптимизации потоков воздушного движения.....	12
2.1.2. Математическое программирование.....	12
2.1.3. Теория случайных процессов.....	13
2.1.4. Статистическое моделирование на ЭВМ.....	15
2.1.5. Адаптационная модель использования воздушного пространства.....	17
2.2. Алгоритмическая поддержка этапов планирования использования воздушного пространства.....	19
2.2.1. Модель потоков воздушного движения.....	19
2.2.2. Погрешность преобразований.....	22
2.2.3. Ограничения модели использования воздушного пространства.....	26
2.2.3.1. Общие замечания.....	26
2.2.3.2. Проверка корректности плановых сообщений.....	27
2.2.3.3. Распределение плановой информации.....	30
2.2.3.4. Обнаружение перегрузки.....	35
2.2.3.5. Предотвращение потенциальных конфликтов.....	36
2.2.3.6. Модель конфликтов на этапе УВД.....	37
3. КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	42
3.1. Предварительные сведения.....	42
3.1.1. Перечень решаемых задач.....	42
3.1.2. Начальная загрузка (запуск/перезапуск) КП планирования....	43

3.1.3.	Сопровождение библиотеки расписания полетов.....	44
3.2.	Обработка индивидуальных планов полетов.....	46
3.2.1.	Прием плановой информации.....	46
3.2.2.	Форматно-логический контроль.....	48
3.2.3.	Анализ и формирование маршрута полета по плану.....	51
3.2.4.	Расчет пространственно-временной траектории полета.....	55
3.2.5.	Взаимодействие по плановой информации секторов НТ и ВТ	56
3.2.6.	Фильтр загрузки.....	58
3.2.7.	Проверка вводимого плана на бесконфликтность.....	60
3.2.8.	Распределение вводимого плана по спискам.....	61
3.3.	Обработка функций ввода диспетчерского персонала.....	62
3.3.1.	Инструментальные средства корректировки плановой информации.....	62
3.3.2.	Средства организации диалога по инициативе системы.....	62
3.3.2.1.	Функция «Очередь».....	62
3.3.2.2.	Межпультный обмен данными.....	64
3.3.2.3.	Автоматизированное формирование и рассылка телеграфных и цифровых сообщений.....	64
3.3.3.	Организация диалога по запросу диспетчера.....	66
3.3.3.1.	Запрос индивидуального плана полета.....	66
3.3.3.2.	Интегральные формы представления плановой информации.....	68
3.3.3.3.	Обеспечение плановой информацией этапа управления воздушным движением.....	74
3.3.4.	Исполнение функций ввода диспетчера.....	79
3.3.4.1.	Экранные формы для ввода функций.....	79
3.3.4.2.	Маршрут по плану и его отмена.....	80
3.3.4.3.	Трек по плану и его отмена.....	81
3.3.4.4.	Функция ЕТО – «Расчетное время пролета пункта»..	82
3.3.4.5.	Функция АТО – «Фактическое время пролета».....	85
3.3.4.6.	Функция Вутч – «Уточненная скорость».....	86
3.3.4.7.	Функция Нутч – «Уточненный эшелон».....	88

3.4	Функции КП планирования, включаемые периодически.....	89
3.4.1.	Организация перехода через 0 часов (смена суток).....	89
3.4.2.	Активизация расписания полетов на следующие сутки.....	90
3.4.3.	Преактивное состояние зарегистрированных планов (ФПЛ).	91
3.4.4.	Автоматическое сопровождение активных планов полетов....	92
	Список литературы.....	96

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие открывает вторую часть серии «Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением» (ПО АСУ ВД), подготовленной кафедрой Вычислительных машин, комплексов, систем и сетей для организации учебного процесса в рамках одноименной дисциплины. В соответствии с традиционным делением ПО на системную и функциональную составляющие, первая часть «Системное программное обеспечение» объединяет в своем составе следующие книги:

- Книга 1. Информационная база автоматизированных систем организации воздушного движения.
- Книга 2. Операционные системы реального времени.
- Книга 3. Управление периферией и вспомогательными процессами.

Вторая часть «Функциональное программное обеспечение» посвящена основным задачам, ради решения которых разворачиваются системы УВД – аэронавигации и управлению потоками воздушного движения. Она освещает вопросы проектирования полной конфигурации системы и содержит книги:

- Книга 4. Модель использования воздушного пространства. Обработка плановой информации.
- Книга 5. Обработка радиолокационной информации.
- Книга 6. Обработка данных автоматического зависимого наблюдения.
- Книга 7. Обработка метеорологической информации.

В данной книге в систематическом виде изложены вопросы теоретического обоснования методов оптимального планирования на всех уровнях организации воздушного движения. Освещены принципы взаимодействия диспетчеров по плановой информации, функции ввода, состав и формы отображения данных. Рассмотрены основные задачи оптимального использования воздушного пространства, алгоритмы их решения и последовательность выполнения. Приведены примеры программной реализации в АС УВД ТЕРКАС, СТРЕЛА и БУРАН, развернутых в Российской Федерации и в других странах мирового авиационного сообщества. Книга может использоваться в качестве самостоятельного пособия как по системам организации воздушного движения и планирования потоков воздушных судов, так и по средствам программной поддержки диспетчерского персонала на всех этапах планирования и управления воздушным движением.

ЧАСТЬ II

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. В состав функционального программного обеспечения (ПО) входят комплексы программ (КП), предназначенных для решения основных задач автоматизированных систем (АС) управления воздушным движением (УВД). В самом общем виде эти задачи можно объединить формулировкой «Аэронавигация и УВД». Ради их качественного выполнения и развертывается система [1]. Под навигацией понимается достоверное определение и прогнозирование местоположения, курса и скорости движения воздушных судов (ВС), совершающих полеты в воздушном пространстве (ВП) системы. По существу – это статистическая обработка результатов повторяющихся независимых измерений для оценки параметров движения *частных* управляемых объектов. В развитых версиях ПО накопление статистики контролируется с помощью данных заранее известных планов полетов. Этап УВД суммирует накапливаемые частные оценки в их взаимодействии между собой и с элементами структуры ВП, формирует *общие* характеристики реальных потоков ВС и состоит в принятии решений по изменению этих характеристик, если они не соответствуют требуемому уровню целевого критерия эффективности системы. Таким критерием служит функционал, построенный на допустимых значениях вероятностей опасных сближений (конфликтов) ВС, превышения интенсивности движения над пропускной способностью ВП, минимизации затрат ресурсов на выполнение полетов. Информационное единство частных задач (навигации) и общей задачи (управления потоками) реализуется в системе с помощью актов регулирования параметров конкретных ВС (*частных* вмешательств диспетчеров в действия пилотов). Физически это единство организуется функциональным ПО АС УВД. Главное назначение ПО – качественная поддержка диспетчерского персонала в его профессиональной деятельности.

Достигается эта цель в первую очередь за счет представления на экранах индикаторов картины воздушной обстановки (ВО). На вход вычислительного комплекса поступают измеренные параметры движения ВС, совершающих полеты. Наиболее ценным результатом их обработки средствами ПО становится обновляемое с установленным темпом отображение динамически изменяющейся ситуации в ВП. Отметки о наблюдаемых самолетах перемещаются по экрану на фоне картографии и зон метеорологических явлений, снабжаются формулярами сопровождения (ФС), дополняются списками и другими данными, формализованными регламентирующими документами гражданской авиации (ГА).

Доминирующим средством решения задачи навигации в ПО наземных центров УВД является КП обработки радиолокационной информации (ОР-

ЛИ). Исходными данными служат для него кодограммы сообщений различных источников. Во-первых, это координаты движущихся ВС, измеренные радарными системами, работающими по принципам пассивной локации. Во-вторых, это показания приборов навигационной аппаратуры, работающей на бортах, находящихся в полете, передаваемые в центр через радары активной локации. В третьих, это данные радиопеленгаторов. КП ОРЛИ воспринимает поступающую информацию, сортирует ее по ряду критериев, анализирует (распознает, ассоциирует, сглаживает и экстраполирует измеренные параметры), моделирует (прокладывает) действительную траекторию каждого ВС, распределяет результаты по секторам УВД и выдает на отображение диспетчерам в удобном для восприятия и для принятия решений виде.

Дополнительным средством воспроизведения текущей ВО является КП обработки информации автоматического зависимого наблюдения (АЗН). Согласно прогнозам международных авиационных организаций, будущее принадлежит спутниковым системам навигации. Их преимущества состоят в возможности полного охвата ВП планеты, включая зоны океанов, горные и другие труднодоступные местности, которые невозможно перекрыть сплошным радиолокационным полем. Основным недостатком – высокая стоимость развертывания и сопряжения космической, бортовой и наземной составляющих.

Важную информацию о среде, в которой протекает процесс УВД, предоставляет диспетчерам КП обработки метеорологической информации. Измеренные данные о фактической погоде на аэродромах и в ВП обобщаются и отображаются принудительно и по запросу. Их автоматически передают на борт пилотам, приступающим к маневрам посадки. Кроме того, они используются ПО как для плановых расчетов, так и для предсказания метеорологических условий в течение рабочей смены. Прогноз погоды доступен диспетчерам, он необходим им в процессе оперативного принятия решений.

Сложной задачей, возлагаемой на ПО АС организации воздушного движения (ОрВД), является создание модели использования воздушного пространства (ИВП) на основе плановой информации. Необходимость такой модели обусловлена несколькими причинами. Во-первых, это оптимизация потоков ВД по целевому критерию эффективности еще на этапах планирования, т.е. до их непосредственной реализации. Во-вторых, это оперативное перепланирование полетов как реакция на изменения в суточном плане вследствие переносов или отмены рейсов. В-третьих, это обеспечение каждого диспетчера УВД прогнозом его загрузки на протяжении всей рабочей смены. В особенности это касается ближайших (относительно текущего момента времени) минут его напряженной профессиональной деятельности. Данная книга посвящена принципам построения ПО планирования полетов в ЕС ОрВД. Рассмотрены информационные связи, структура и алгоритмические решения, принятые в КП обработки планов полетов на всех этапах его функционирования, а также состав и формы отображения полетных данных диспетчерскому персоналу системы.

1.2 ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ПЛАНИРОВАНИЯ. В целях обеспечения безопасности, регулярности и экономичности полетов ВС в ГА практикуется составление планов использования воздушного пространства. Процесс планирования распадается на ряд последовательных этапов: долгосрочный (предварительный), суточный и текущий (краткосрочный) [1]. Завершающий этап – обеспечение диспетчеров плановой информацией в процессе непосредственного УВД и автоматическое удаление устаревших данных (об обслуженных полетах) по установленным критериям. Общая задача оптимального планирования ИВП согласованно решается во взаимодействующих центрах Единой Системы (ЕС) ОрВД России различного уровня.

Напомним, что таких уровней в иерархии системы четыре. На ее вершине расположен Главный Центр планирования и регулирования потоков воздушного движения (ГЦ ППВД). В соответствии с регламентирующими документами, его основная задача состоит в оптимизации плана ИВП по рейсам, затрагивающим ВП нескольких зон полетной информации. ВП России разделено по критериям пропускной способности и географического положения на семь основных зон и четыре вспомогательные зоны полетной информации [2]. Отдельную зону представляет собой обособленный район УВД Калининград с функциями зонального центра (ЗЦ). Это – второй ярус иерархии оптимизации ИВП. Каждая зона делится в плане на несколько районов УВД. Общее количество районных центров (РЦ) ЕС ОрВД в России составляет 118. План ИВП, созданный в ГЦ, на уровне ЗЦ дополняется рейсами, затрагивающими пространство нескольких РЦ. В подавляющем большинстве случаев каждый район делится на секторы таким образом, чтобы интенсивность полетов в секторах оказалась примерно равной и не превышала бы допустимой нормы загрузки диспетчера. Это – третий уровень иерархии ЕС ОрВД. Общее количество секторов РЦ ГА в РФ равно 282. Юридическую ответственность за обслуживание полетов несут именно диспетчеры секторов, осуществляющие непосредственное управление ВС. Взаимодействие центров УВД ГА производится не только по ветвям иерархии, но и – на этом уровне – по горизонтали между смежными РЦ и районами аэродромов (РА). Четвертый уровень планирования – аэродромные диспетчерские пункты (АДП). Именно сюда поступают заявки пользователей на ИВП, которые по согласованию с верхними уровнями включаются в сводные планы РА, РЦ, ЗЦ и ГЦ.

Цель этапа долгосрочного планирования полетов состоит в максимальном удовлетворении сезонных потребностей народного хозяйства и населения в авиаперевозках. Учитываются статистика прежних лет и прогноз экономического развития, а также заявки (представления) различных пользователей на выполнение специальных заданий, в том числе, на полеты авиации всех ведомств по маршрутам вне трасс и местным воздушным линиям (МВЛ). Осуществляются сбор и обработка информации о предполагаемых объемах перевозок на полгода вперед, составление и координация расписания. Согласуются мероприятия, требующие специальной организации ВП. Разрабатывается долгосрочный план ИВП, согласованный по ряду критериев

(например, по дням недели). Результат служит основой для проведения в последующем суточного планирования воздушного движения (ВД) и учета интересов ГА при распределении ВП.

Суточное планирование (СП) полетов – это процесс составления и координации планов полетов на предстоящие сутки. Оно осуществляется на основе:

- результатов долгосрочного планирования;
- дополнительных заявок на полеты вне расписаний;
- ограничений, связанных с другой деятельностью по ИВП;
- данных о прогнозируемом на предстоящие сутки состоянии ЕС

ОрВД.

Цель СП – разработка согласованного со всеми заинтересованными организациями, службами, а также пользователями ВП, бесконфликтного плана ВД на предстоящие сутки. Результаты используются для проведения в дальнейшем краткосрочного планирования. СП учитывает заявки на все виды деятельности во внутрассовом ВП, включая маршрутно-трассовые полеты военной авиации. Уже здесь проявляется естественная неравномерность загрузки ВП, и можно перераспределять потоки ВД, чтобы сделать загрузку если не равномерной, то хотя бы не превышающей допустимых пределов. На этом этапе пики загрузки ВП достоверно обнаружить нельзя, так как возможны внесения изменений в план на этапе краткосрочного планирования; но можно рассчитать вероятность этих пиков исходя из средних показателей почасовой интенсивности ВД.

Краткосрочное планирование – это процессы уточнения СП в ходе его выполнения и нахождения бесконфликтных пространственно-временных траекторий ВС в соответствии с реально складывающейся ВО. Цель этапа – разработка и выдача пользователям ВП уточненных условий выполнения полетов с учетом: как происходящих изменений СП и других видов деятельности по ИВП, так и требований безопасности полетов, оптимального «поглощения» каждого ВС в поток ВД, минимизации ограничений ВП. Краткосрочное планирование выполняется на основе данных СП; установленных ограничений на использование ВП; пропускной способности элементов системы (аэродромов, трасс); информации о текущей обстановке (полетной и метеорологической); поступивших изменений в действующий СП. Отличительная особенность краткосрочного планирования состоит в том, что здесь оперируют не средними величинами, а выбирают конкретные рейсы для перераспределения загрузки ВП. При необходимости эксплуатантам рассылают телеграммы с рекомендациями использовать обходные маршруты, или неэкономичные эшелоны, или задерживать вылеты.

Каждый из перечисленных планов ИВП создается на основе заявок на полеты [1]. Одной из важнейших фаз работы является перераспределение потоков ВС для оптимизации плана ИВП по целевым критериям качества. Применительно к России задача имеет большую размерность параметров [2]:

- более 3000 пунктов обязательных донесений (ПОД);

- более 5000 участков трасс, около 750 трасс;
- около 40000 возможных маршрутов полета;
- около двух тысяч в сутки заявок на полеты;
- до 800 изменений, вносимых за сутки в существующий план ИВП.

Общим для перечисленных этапов планирования является создание модели ИВП для оптимизации ВД по целевому критерию эффективности. В отличие от них, стратегия этапа непосредственного УВД состоит в реализации оптимального плана с минимально возможными отклонениями. В задачи ПО этого этапа входит сопоставление текущей обстановки с запланированной (оптимальной) и оповещение диспетчерского персонала о намечающихся расхождениях рассчитанного прогноза с фактической ситуацией. КП обработки плановой информации исполняет эту функцию по каждому рейсу в отдельности, сравнивая вычисленные параметры движения ВС с измеренными, а также создает интегральные формы представления полетных данных, отображая их на экране совместно с текущей (наблюдаемой) ВО. Кроме того, по запросу диспетчеру предоставляется вся информация, необходимая ему для принятия решений по УВД. Для иллюстрации сказанного приведем перечень задач КП на этом этапе:

- активизация планов полетов;
- «привязка» конкретного плана полета к наблюдаемому ВС;
- корректировка планов по результатам измерений параметров ВС;
- отображение расчетного местоположения ВС (плановых треков) при потере радиолокационного сопровождения;
- обработка команд и запросов диспетчеров;
- формирование списков входа, прилета, вылета и других;
- отображение плановых маршрутов в графическом и текстовом виде;
- ведение электронного графика «время-путь», формирование стрипов;
- оповещение диспетчерского персонала об отклонениях от плана ИВП, о нарушениях пилотами норм эшелонирования, о предпосылках к потенциальным конфликтным ситуациям и выработка рекомендаций по их предотвращению.

1.3 Традиционные подходы к оптимизации плана ИВП. Проблема планирования и регулирования потоков ВД в целях повышения показателей качества УВД имеет многолетнюю историю [2], однако до сих пор не найдено ее приемлемого решения. Специалисты располагают компьютерными средствами определения загрузки элементов ВП в функции времени суток, однако, вопросы перераспределения потоков (перевода части рейсов с интенсивно используемых направлений на обходные маршруты, переносы времени вылета и т.п.) по-прежнему принадлежат скорее искусству, чем науке планирования полетов.

На практике зачастую подвергается сомнению сама постановка задачи организации потоков на этапе СП. Специфика авиаперевозок такова, что оптимальный по любому критерию план начинает устаревать и терять свою эффективность с момента составления вследствие как изменения объектив-

ной ситуации, так и воздействия человеческого фактора. Многократно переносятся вылеты чартерных рейсов, по техническим и погодным условиям задерживаются регулярные полеты, опасные метеорологические явления на трассах заставляют отказываться от экономичных направлений. Кратковременные режимные ограничения подчас вводятся уже в процессе реализации плана. Одновременно появляются срочные заявки на полеты вне расписания. Подобные причины приводят к скептической оценке роли оптимальной модели ИВП на предварительном этапе рациональной организации ВД. Однако они же убедительно доказывают необходимость такого инструмента на этапе текущего планирования, когда всплывают все недочеты долговременного и суточного этапов. В ситуации, при которой в считанные минуты нужно фактически заново создать план ИВП на территории района или зоны, обоснованные предложения алгоритмов организации потоков оказали бы серьезную поддержку диспетчерскому персоналу.

Попытки математического обоснования эмпирических приемов и процедур обеспечения равномерной загрузки ВП предпринимались [3] с помощью методов теории календарного планирования (расписаний), теории очередей (массового обслуживания), линейного и нелинейного программирования (например, потоки в сетях). Результаты, как правило, нивелировались большой размерностью задачи и высокой чувствительностью методов к неизбежным флуктуациям значений параметров. Теория очередей, достаточно популярная в сфере оценки вероятностных характеристик потоков движения, вообще говоря, является инструментом анализа случайного процесса, но не его синтеза и тем более оптимизации.

Наряду с развитием строгих методов появлялись эвристические алгоритмы решения задачи. Глубокое знание специфики управления потоками позволяло авторам избавляться от несущественных ограничений и отсекал заведомо тупиковые ветви поиска, что резко сокращало перебор вариантов в процессе оптимизации. Однако обобщить процедуры на случай произвольной структуры ВП и взаимного положения сотен управляемых объектов не удавалось, и полученные результаты так и остались талантливыми находками изобретательных профессионалов. Рациональным ядром эвристики всегда выступал очевидный факт: оптимум любой экстремальной функции (или его отсутствие) определяется совокупностью текущих значений ее переменных (исходными данными). Строгая наука находит его путем логического вывода (доказательства). Но если начальные условия сгруппированы в адекватное задаче математическое отображение, то решение (знание) можно извлечь единичным актом обращения к предикату (отношению) поиска.

В книге в систематическом виде изложены вопросы теоретического обоснования методов оптимального планирования ИВП на всех уровнях иерархии ЕС ОрВД и освещены принципы взаимодействия диспетчеров УВД по плановой информации.

2. ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.1. ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

2.1.1. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПОТОКОВ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ. Традиционная постановка задачи не зависит от метода решения. Пусть имеется совокупность аэродромов РФ, а также точек входа и выхода ВП РФ, и соединяющая их сеть зарегистрированных маршрутов. Каждый маршрут представляет собой последовательность участков воздушных трасс (ВТ) в порядке их пролета. Каждый аэродром и каждый участок трассы характеризуются пропускной способностью в функции времени суток и высоты полета (номера эшелона). Пусть накоплена совокупность заявок на полеты из одних аэропортов (и точек входа) в другие с указаниями предполагаемого времени вылета. Необходимо составить план ИВП, максимизирующий количество удовлетворенных заявок при следующих ограничениях:

- государственные приоритеты планируемых рейсов [4];
- обеспечение безопасности ВД (допустимые интервалы следования);
- использование экономичных маршрутов и эшелонов;
- обеспечение равномерности (в пределах норм) загрузки диспетчеров.

Наиболее совершенной считается действующая в рамках АС ОрВД EuroControl система суточного планирования полетов в ВП Европы, предоставляющая средства автоматизации решения всех задач для этого этапа. В российском ГЦ ППВД используется ПО, поддерживающее все процедуры СП, за исключением оптимизации сформированного плана ИВП. Ниже обсуждаются три наиболее развитых подхода к оптимизации потоков ВД.

2.1.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ. Формальное сходство задачи оптимизации плана ИВП с транспортной задачей математического программирования породило ряд полезных результатов, используемых в настоящее время. В работе [5] предложен ряд методов организации потоков ВС. Задача прокладки кратчайших маршрутов авиарейсов решается на неориентированном графе при таких ограничениях как: суммарная загрузка перекрестков трасс и загрузка секторов УВД не превышают пропускной способности диспетчера; сумма самолето-километров по каждому рейсу не больше допустимой. Вершинами графа являются ПОД и аэродромы, а ребрами – участки трасс. Граф отображается на матрицу смежности, и задача формулируется в терминах линейного программирования. Имеется m пунктов поставки (поставщиков) и n пунктов потребления некоего однородного продукта. Для каждого поставщика $i = 1, \dots, m$ задан объем производства A_i , а для каждого потребителя $j = 1, \dots, n$ задан объем потребления B_j , и известна стоимость доставки единицы продукта C_{ij} из i -го пункта производства в j -й пункт потребления. Управляемые параметры X_{ij} характеризуют объем перевозок между каждым поставщиком $i = 1, \dots, m$ и потребителем $j = 1, \dots, n$. В случае сбалансированного производства и потребления:

$$A_1 + \dots + A_m = B_1 + \dots + B_n.$$

Оптимальный план перевозок минимизирует линейную целевую функцию:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \min$$

при m линейных ограничениях по поставке:

$$X_{i,1} + \dots + X_{i,j} + \dots + X_{i,n} = A_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

при n линейных ограничениях по потреблению:

$$X_{1,j} + \dots + X_{i,j} + \dots + X_{m,j} = B_j, \quad j = 1, \dots, n$$

и при очевидном условии неотрицательности управляемых переменных:

$$X_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \quad \text{и} \quad j = 1, \dots, n.$$

Стоимость доставки единицы продукта определяется затратами на полет ВС по выбранному маршруту.

В «чистом виде» концепция транспортной задачи непригодна для оптимизации СП ИВП вследствие большой размерности. Необходимость учета ограничений по безопасности, т.е. проверки на каждом шаге поиска решения, не нарушается ли минимальный временной интервал между рейсами, только повышает ее громоздкость. Главный же недостаток подхода в целом, ставящий под сомнение его применимость – это чрезмерная чувствительность методов математического программирования к флуктуациям параметров. Незначительные колебания X или C резко смещают оптимум функции относительно вычисленного набора значений, и план нужно пересчитывать заново. В авиации такие отклонения возникают как правило, а не как исключение. Неучтенным изменениям подвергаются даже A_i и B_j .

2.1.3. ТЕОРИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ. Стохастический характер процессов УВД послужил причиной использования целого спектра методов этой теории в задачах организации потоков ВС, от оптимизационных уравнений векторных случайных процессов до анализа диффузионных газовых моделей и систем массового обслуживания (СМО). В научных центрах ГА разработаны аналитические модели для исследования потоков самолетов и структуры ВП района аэродрома (РА) и РЦ. Входной поток ВС в зоне УВД определяется обычно как нестационарный поток вероятностных событий с многомерными случайными метками, объединяющими эти события в типы (классы).

Типы событий классифицированы на такие как: точки и эшелоны входа ВС в зону УВД; типы ВС; точки и эшелоны выхода ВС из зоны УВД. Суточный поток ВС в целом генерируется как нестационарный пуассоновский поток, который затем с определенными статистически вероятностями (частотами) просеивается на частные входящие потоки по отдельным точкам и эшелонам входа в зону. При этом распределение вероятностей просеивания соответствует известным частотам появления ВС в зоне в данной точке входа или на данном эшелоне входа в те или иные периоды суток. Тогда частные входящие потоки на отдельных эшелонах в каждой точке входа оказываются также нестационарными пуассоновскими потоками. Нестационарность потока имеет циклический характер с периодом цикла, равным суткам.

Для задания закона распределения интервалов между моментами по-

ступления каждого ВС в зону УВД в качестве исходного принято гамма-распределение, плотность которого определяется формулой

$$f(x; \alpha, p) = \begin{cases} \frac{\alpha p}{\Gamma(p)} e^{-\alpha x} x^{p-1} & \text{при } x > 0 \\ 0 & \text{при } x < 0 \end{cases},$$

где p – параметр формы кривой распределения или ее сдвига;
 α – параметр масштабирования.

Исходным пунктом анализа суммарного нестационарного пуассоновского потока по всем M типам событий в рассматриваемой зоне, имеющего интенсивность λ , становится его декомпозиция (в соответствии с известными вероятностями P_m появления отдельных типов событий) на частные потоки однотипных событий, имеющих интенсивности λ_m :

$$\lambda_m = P_m \lambda, \quad m \in M.$$

Результатом исследований явились формулы для оценки вероятностей конфликтных ситуаций и математического ожидания загрузки элементов ВП. Варьируемыми значениями послужили параметры цикличности, интенсивности и неоднородности (определяемой величиной M) потоков событий.

Обобщение подобных попыток привело к созданию математической модели пропускной способности секторов и зон УВД. При ее разработке предложено отойти от рассмотрения ВП сектора (BIS) как единого целого, и представлять его как объединение множества маршрутов $\{M_i\}$:

$$BIS = \bigcup_{i=1}^n M_i.$$

Реальные потоки ВС в ВП сектора, как правило, не удовлетворяют требованиям стационарности и однородности. Интенсивность потока $\lambda = \lambda(t)$ рассматривается как периодическая функция с периодом $T = 24$ часа. Используется принципиальная возможность провести анализ в стационарном режиме и получить явные зависимости для $P_n^*(S)$, а затем по формуле

$$P_n(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} e^{st} P_n^*(S) ds$$

найти вероятности состояний в стационарном режиме работы. На практике это связано со значительными техническими трудностями, вследствие которых искомые вероятности вычисляются приближенно. Однако в предельном случае можно пользоваться аппроксимацией функции $\lambda(t)$. Неоднородность потока, вызванная наличием в нем ВС разных типов, компенсируется тем, что их движение происходит, как правило, на разных эшелонах.

Каждый частный поток событий в модели является эрланговским, характеризующимся тем, что интервалы времени между их наступлением независимы и имеют плотность распределения вероятности вида:

$$f(t) = \frac{\alpha(\alpha t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\alpha t} \quad (t \geq 0).$$

Потоки Эрланга широко используются для анализа систем трафика благодаря исчерпывающим исследованиям специалистов разных областей.

Их результатами стали формулы для оценки вероятностей любого состояния системы, в том числе двух крайних – вероятностей простоя и отказа по перегрузке. Однако в применении к задаче планирования ИВП, как и любые другие модели теории случайных процессов, они встречают непреодолимое препятствие – теория не дает целенаправленной процедуры, которая единичным актом или хотя бы шаг за шагом, итеративно, приводит к оптимуму, глобальному или локальному. Второе препятствие – теория оперирует частотными характеристиками, интенсивностями и вероятностями, и не выделяет конкретные ВС. Это значит, что мы не можем следить за соблюдением безопасных интервалов движения, а можем только сказать, какова вероятность их нарушений при заданных параметрах потоков.

Теория случайных процессов допускает лишь косвенную оптимизацию методом проб и ошибок. Эксперты задают структуру пространства и сценарии воздушного движения и оценивают средние (вероятностные) величины загрузки, задержек, отказов в обслуживании. Затем исследуются другие исходные данные, новые варианты структуры, и результаты сопоставляются. В конце концов, находится удовлетворительная (не гарантирующая оптимума) для предполагаемых потребностей в перевозках нарезка ВП.

2.1.4. СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ. Привлекательность метода состоит в возможности получать вероятностные оценки эффективности процесса, протекающего в рамках произвольной структуры системы и состоящего из потоков событий, подчиненных любому распределению вероятностей. Начало исследованиям с его помощью в области ИВП положил переход к процедурам УВД в РА по стандартным траекториям вылета и захода ВС на посадку. Задача оптимального планирования сводилась к минимизации универсального показателя эффективности I , представляющего собой взвешенное суммарное время нахождения (ожидания посадки) ВС в воздухе:

$$I = \sum_{i=1}^N \omega_i \cdot \tau_i,$$

где : τ_i – время нахождения в воздухе i -го ВС;

ω_i – весовые коэффициенты, установленные экспертами;

N – количество ВС в районе аэродрома.

В качестве ω_i используется комплексный показатель, вычисленный как взвешенная сумма таких частных характеристик как:

- приоритетность рейса, выполняемого данным ВС;
- стоимость летного часа данного ВС;
- приоритетность направления (курса) захода на посадку.

Одновременно с расчетами траекторий осуществляется анализ на поддержание бесконфликтных интервалов при заходе на посадку, т. е. проверка выполнения условий:

$$\begin{cases} t_{i+1} - t_i \leq \Delta t \\ t_i - t_{i-1} \leq \Delta t \end{cases},$$

где t_i – расчетное время посадки i -го ВС;

Δt – безопасный интервал времени при заходе на посадку.

Нарушение хотя бы одного из условий приводит к перепланированию с учетом перечисленных показателей. В модели реализовано отображение информации в виде списков на экране. Момент появления очередной строки в списке задается следующими параметрами:

- интервал времени ΔT (относительно расчетного времени посадки), за который диспетчеру отображается строка с рекомендацией по заходу на посадку;

- времена полета в зависимости от типа ВС;
- интервал между временами посадки двух следующих подряд ВС;
- приоритеты обслуживания.

Интервал ΔT определяется в следующем диапазоне:

$$\max_i(ETA_i - T_{СТАРi}) \leq \Delta T \leq \max_i(ETA_i - T_{ОБРi}),$$

где ETA_i – расчетное время посадки i -го ВС;

$T_{СТАРi}$ – время полета i -го ВС, оставшееся до посадки;

$T_{ОБРi}$ – время входа i -го ВС в зону обработки.

Модель использовалась как средство оценки деятельности диспетчера УВД и оценки различных структур ВП РА. Расширение сферы ее действия на исследование эффективности ИВП в секторах РЦ основано на использовании неоднородного входного потока ВС и многоканальной СМО. Общий поток ВД представлен композицией частных составляющих, обособленных по высоте полета. Селектор потока, в соответствии с результатами идентификации каждого запроса, направляет заявку в один из n имеющихся каналов (эшелонов ВП). При этом рассчитывается задержка, необходимая для соблюдения норм горизонтального эшелонирования в каждой точке входа в сектор. Входной поток генерируется с помощью программы, работающей в три этапа. На первом разыгрывается значение случайной величины, имеющей равномерное распределение в интервале $(0, 1)$. Второй этап – решение уравнения $F(x) = \xi$, где ξ – значение, полученное на первом этапе. Третий этап – корень уравнения x_0 принимается в качестве искомого значения случайной величины (момента времени входа), имеющей распределение

$$P\{X \leq x\} = F(x).$$

Результаты представляются в виде набора вероятностей всех моделируемых состояний АС УВД, математического ожидания и среднеквадратического отклонения значений основных характеристик обслуживания ВС.

Имитационные модели по существу лишь расширяют возможности теории случайных процессов, позволяя исследовать любые типы потоков, даже не имеющих аналитического описания и задаваемых, например, таблично. Однако они наследуют отсутствие целенаправленного поиска решения (косвенная оптимизация). Другая причина недостаточности классических оптимизационных и стохастических моделей в том, что известные схемы

оперируют средними величинами (частотами и затратами), что не позволяет обнаруживать и предотвращать ситуации опасного сближения конкретных объектов, предоставляя лишь вероятностные характеристики конфликтов.

2.1.5. АДАПТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИВП. Пусть имеем связный планарный гиперграф $G(v_i, r_{ij})$, отображающий содержимое Каталога зарегистрированных маршрутов России. На рис. 2.1 условно представлен его фрагмент. Вершины графа v_i ($i = 1, \dots, I$) сопоставлены I навигационным пунктам, точкам пересечения трасс и аэродромам, а соединяющие вершины v_i и v_j ребра (дуги) r_{ij} ($i, j = 1, \dots, I; i \neq j$) – участкам трасс, включенных в Каталог. Пусть каждое ребро r_{ij} взвешено показателями g_{ij} пропускной способности и c_{ij} стоимости движения на участке r_{ij} . Оба весовых коэффициента переменные, их значения поддерживаются по результатам обновления данных о техническом, метеорологическом и организационном (режимном) состоянии соответствующих отрезков ВТ. Отказы средств наблюдения и связи, ограничения полетов, опасные явления погоды снижают пропускную способность g_{ij} трассового пространства r_{ij} . Встречные ветровые потоки повышают, а попутные – уменьшают расход топлива и, как следствие, коэффициент c_{ij} стоимости полета. Значения весовых показателей, вообще говоря, в каждой точке отрезка трассы являются функциями высоты и расстояния.

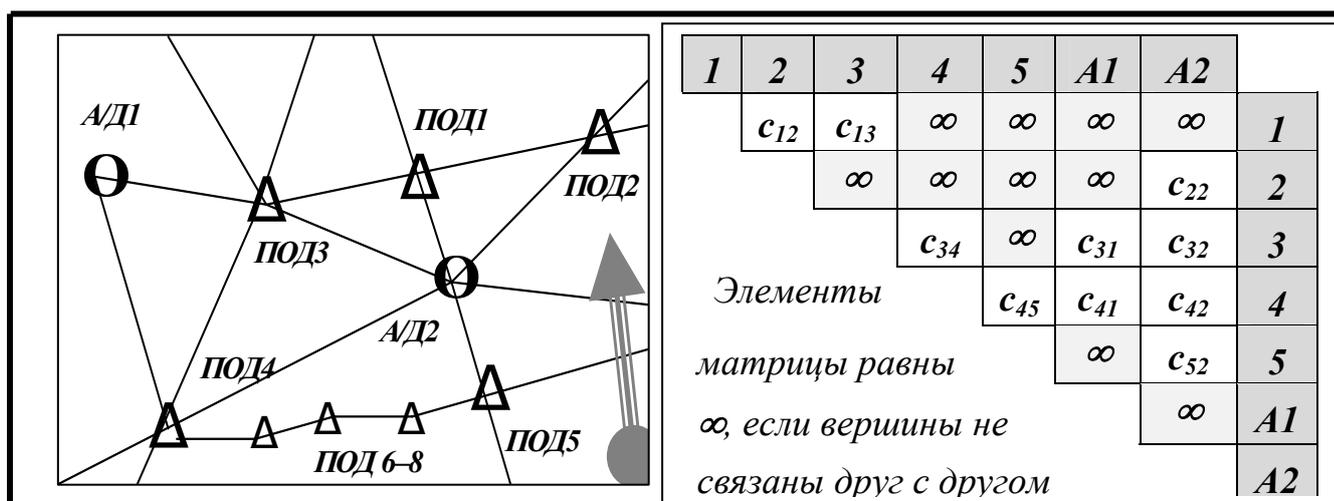


Рис. 2.1. Машинное отображение графа $G(v_i, r_{ij})$ маршрутов на матрицу M . Для сокращения размерности в матрицу не включены вершины степени 2 (ПОД 6 – 8). Они отображаются ребром 4 – 5 (r_{45}) с суммарной стоимостью c_{45} и минимальной пропускной способностью g_{45} среди смежных участков 4-6, 6-7, 7-8, 8-5. В правом нижнем углу стрелкой указано направление ветра. Для маршрута А/Д1-ПОД3-ПОД1-А/Д2 ветер на заключительном участке маршрута встречный, для А/Д1-ПОД4-...-ПОД5-А/Д2 – попутный, т.е. $c_{52} < c_{12}$.

Среди десятков тысяч возможных путей достижения любой вершины графа из любой другой его вершины априорно заданы в качестве ограниченной единицы допускаемых маршрутов, ранжированные по предпочтительности при следовании из одного отправного пункта в другой. По протяженно-

сти полета приоритетность остается постоянной (с точностью до ввода новых аэролиний). По технической оснащенности трасс она изменяется с годами, по воздействию сезонных ветровых потоков отслеживается корректировками расписания. По внезапным отказам средств обеспечения полетов, явлениям погоды, вводам ограничений зависит от интенсивности этих событий. Машинным представлением совокупности данных о среде, в которой моделируется процесс ИВП, служит отображение графа $G(v_i, r_{ij})$ на матрицу M , каждый элемент которой m_{ij} сопоставлен набору обновляемых значений g_{ij} и c_{ij} .

В данной книге изложен метод оптимизации бесконфликтного плана ИВП в процессе его формирования, позволяющий удовлетворить максимально возможное количество заявок. Учитываются государственные приоритеты при выполнении ограничений на показатели безопасности, экономичности и регулярности полетов, а также на потребляемые компьютерные ресурсы. Специфика задачи требует отказа от классических моделей оптимизации. Выше упомянута одна из его причин: чрезмерная чувствительность результата к неизбежным флуктуациям показателей исходного плана. Некоторые шаги на пути преодоления этих затруднений предприняты теорией стохастического программирования. Рекомендуются отыскивать не явно выраженный глобальный, а наиболее устойчивый (протяженный) на всей области существования оптимизируемого

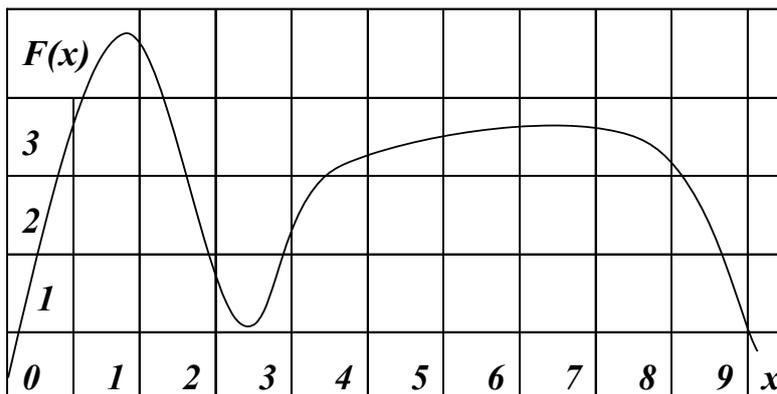


Рис. 2.2.

Функция с явно выраженными глобальными и неявным (протяженным) локальным экстремумами

функционала локальный экстремум. Рис. 2.2 иллюстрирует это положение на условном примере. Незначительные флуктуации переменной x в областях глобальных экстремумов ($x=1, x=2,5$) резко уведут процесс от точки оптимума, в то время как в области локального экстремума ($4 \leq x \leq 8$) допустимы существенные колебания величины аргумента.

По существу, задача планирования преобразуется в адаптацию модели к случайным изменениям потоков воздушного движения и среды, основанную на принципе обратной связи. Каждое обновление данных о среде или о планируемых рейсах учитывается в информационном обеспечении. При нарушении ограничений вырабатываются рекомендации по перераспределению потоков движения. Если нарушений нет, то считается, что процесс не выходит из области локального экстремума вследствие использования предпочтительных маршрутов, зарегистрированных ГА.

Адаптационный подход позволяет качественно решать проблему оптимизации ИВП на всех этапах планирования и управления полетами. Однако

его применение ограничивается организационными трудностями. В масштабах РФ затруднительно осуществить оперативный сбор плановых, метеорологических и системных сообщений в едином центре. В этих условиях нельзя требовать от систем УВД и пилотов неукоснительного выполнения текущего плана. Можно лишь стремиться к этой цели. Рассмотрим схему рационального планирования на основе имитационной модели ИВП, адаптирующейся к флуктуациям состояния АС УВД в широком диапазоне его изменения.

2.2. АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ЭТАПОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

2.2.1. Модель потоков воздушного движения. Модель относится к классу имитационных и структурно реализована как композиция трех фильтров (фильтры маршрутов, загрузки, конфликтов) и эксперта рекомендаций, формулирующего предложения по оптимизации плана ИВП в процессе его составления. Над структурной составляющей надстроены алгоритмические процедуры проверки логических условий. Входной информацией является поток поступающих в систему заявок на выполнение полетов. В качестве результата либо используется диалог с диспетчером организации потоков (рекомендации по внесению изменений), либо заявка включается в формируемый план ИВП. Обработка осуществляется последовательно, по мере поступления планов полетов по каждому рейсу (рис. 2.3). Процедура реализована с помощью имитационной модели перераспределения загрузки, построенной на информационном образе (ИО) воздушной обстановки.

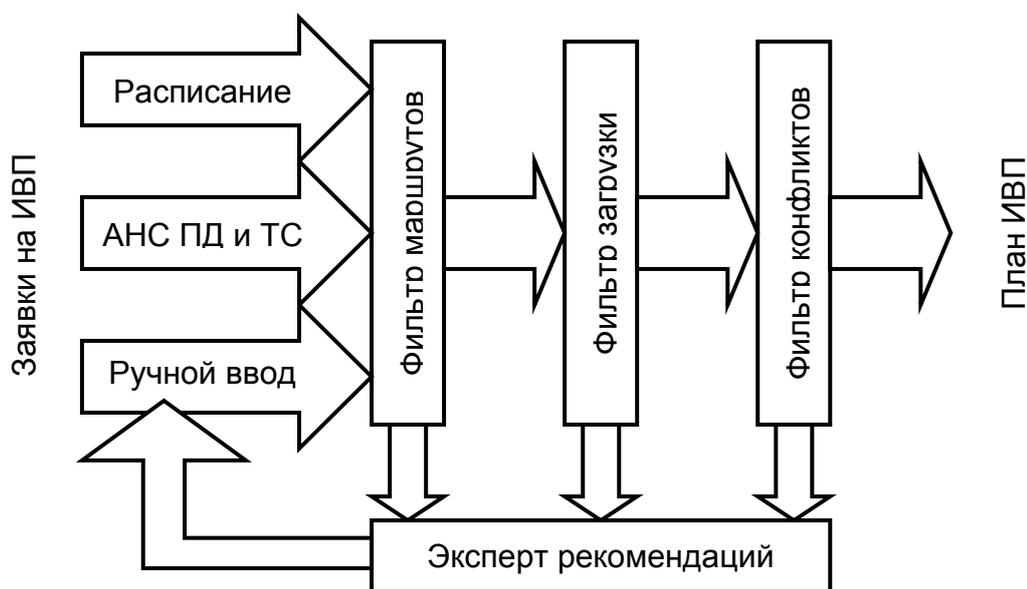


Рис. 2.3. Схема формирования плана ИВП. АНС ПД и ТС – авиационная наземная сеть передачи данных и телеграфных сообщений

Назначение ИО состоит не только в создании эффективного инструмента оптимизации, но и в обеспечении минимального по критерию достижимости пути доступа к записям базы данных (БД) о воздушной обстановке.

ИО – это единство *навигации* (т.е. определения параметров полета каждого частного объекта – самолета) и *управления* потоками движения (общей задачи системы). ИО позволяет, с одной стороны, в любой момент времени характеризовать каждый конкретный объект, как это достигается методами навигации. С другой стороны, он группирует индивидуальные данные таким образом, чтобы эффективно обслуживать процессы принятия решений по взаимному расположению этих объектов в пространстве, т.е. интерпретирует наиболее общие характеристики потоков ВС.

Прообраз такой формы представления данных существует в статистике. Это гистограмма распределения результатов наблюдений. Каждый элемент каждого столбца гистограммы говорит о частных особенностях участников движения. Ее огибающая – функция распределения – описывает общие тенденции, создавая возможности предсказания и управления. Гистограммы распределения измеренных координат – это три среза модели воздушной обстановки. Гистограммы распределения моментов пролета (пересечения) точек и границ ВП – это связанные модели загрузки диспетчеров управления полетами. Композиция гистограмм всех полетных данных – плановых, навигационных, метеорологических и т.д. – это ИО системы обслуживания воздушного движения (ОВД). Большая размерность данных о ВО порождает в системе новое качество, присущее массивам: информация приобретает частотные закономерности, позволяющие манипулировать ее статистиками, не вычисляя их, а накапливая по мере поступления в столбцах гистограммы. Над образом можно надстраивать рельеф правдоподобия для обнаружения конфликтов ВС и автоматизированной выработки рекомендаций по их предотвращению. Вспомогательные процессы, такие как, например, накопление и формирование ИО, удастся свести к простейшей сортировке по столбцам гистограммы, манипулирование данными – к поиску (в ее столбцах), а принятие решений – к обнаружению превышения допустимого порога на рельефе правдоподобия. Фрагмент ИО (почасовая загрузка трех ПОД) представлен примером рис. 2.4. Высота каждого столбца определяется количеством рейсов, затрагивающих данный пункт в течение соответствующего часа суток.

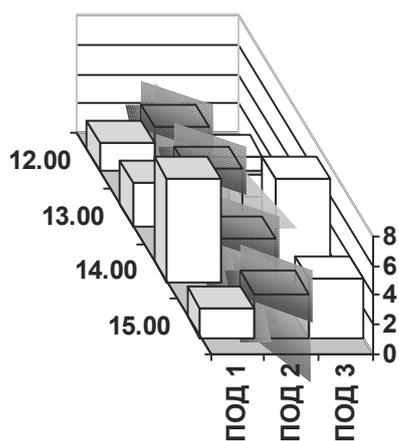


Рис. 2.4. Фрагмент информационного образа загрузки ПОД

Достоинством работы с ИО (рис. 2.5) является отсутствие необходимости в каких-либо преобразованиях информации при обработке запросов диспетчеров, например, при оценке загрузки ВП. Анализу подлежит функция количества полетов во времени для каждого элемента ВП страны. Такими элементами являются ЗЦ и РЦ ОрВД, секторы ОВД, аэродромы и навигационные пункты (радиомаяки). Вся картина распределения полетов по

Вся картина распределения полетов по

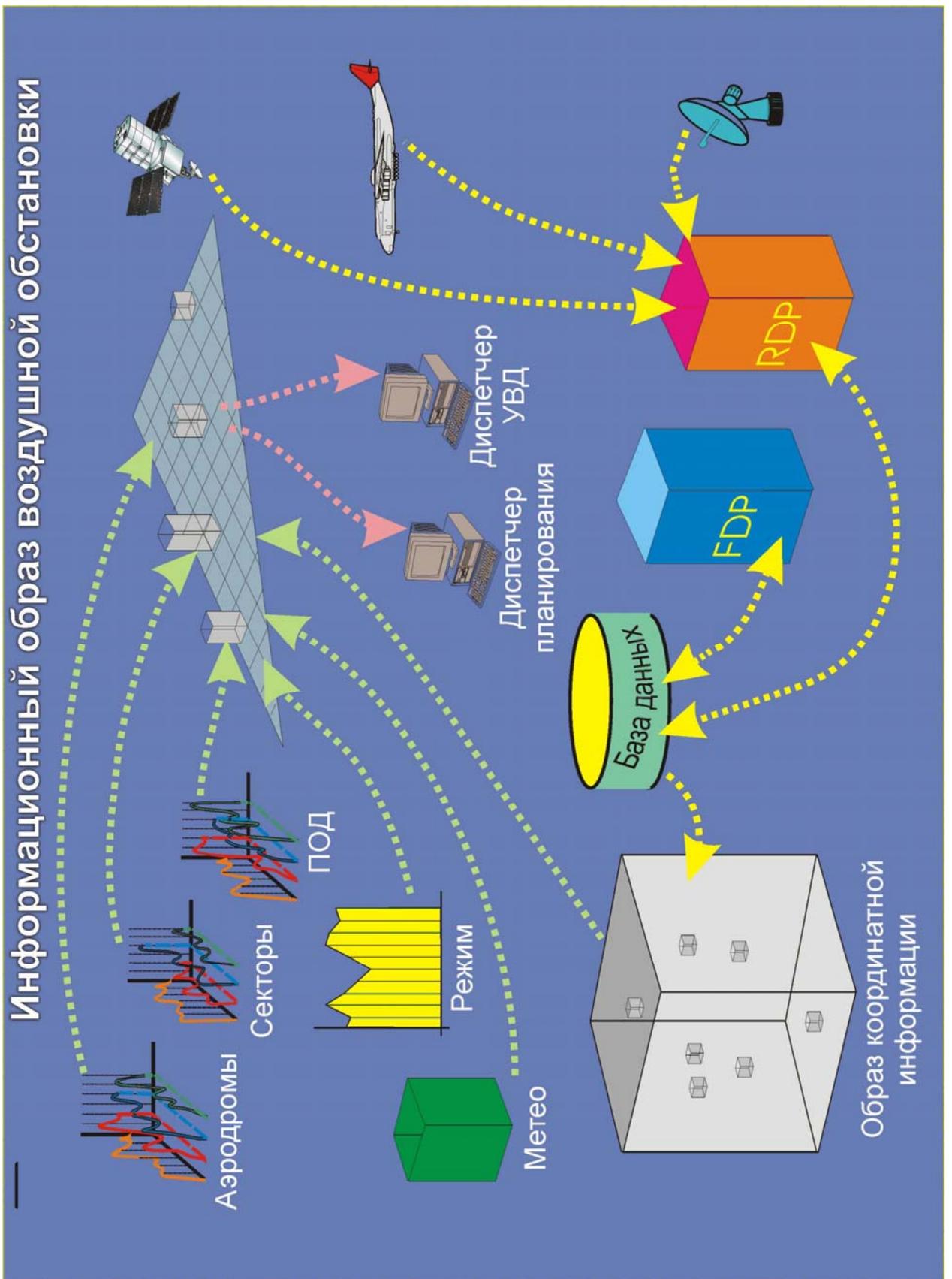


Рис. 2.5. Информационный образ полетной информации как совокупность гистограмм распределения почасовой загрузки элементов воздушного пространства. Над информационным образом надстраивается рельеф загрузки, позволяющий решать задачи регулирования потоков воздушного движения и обнаружения конфликтов воздушных судов

названным элементам государственной системы формируется как ИО по мере сбора заявок на ИВП и является одним из результатов приема сообщений о планах полетов. При запросе данных о загрузке любого из них нет необходимости анализировать планы полетов, достаточно отобразить на экране хранящуюся в памяти почасовую гистограмму количества полетов, затрагивающих запрошенный элемент. Никаких других вычислительных процедур при работе с ИО не требуется. Элементы взаимодействия технологической схемы рис. 2.3 с имитационными моделями примеров рис. 2.4, 2.5, построенных на ИО, иллюстрирует рис. 2.6.

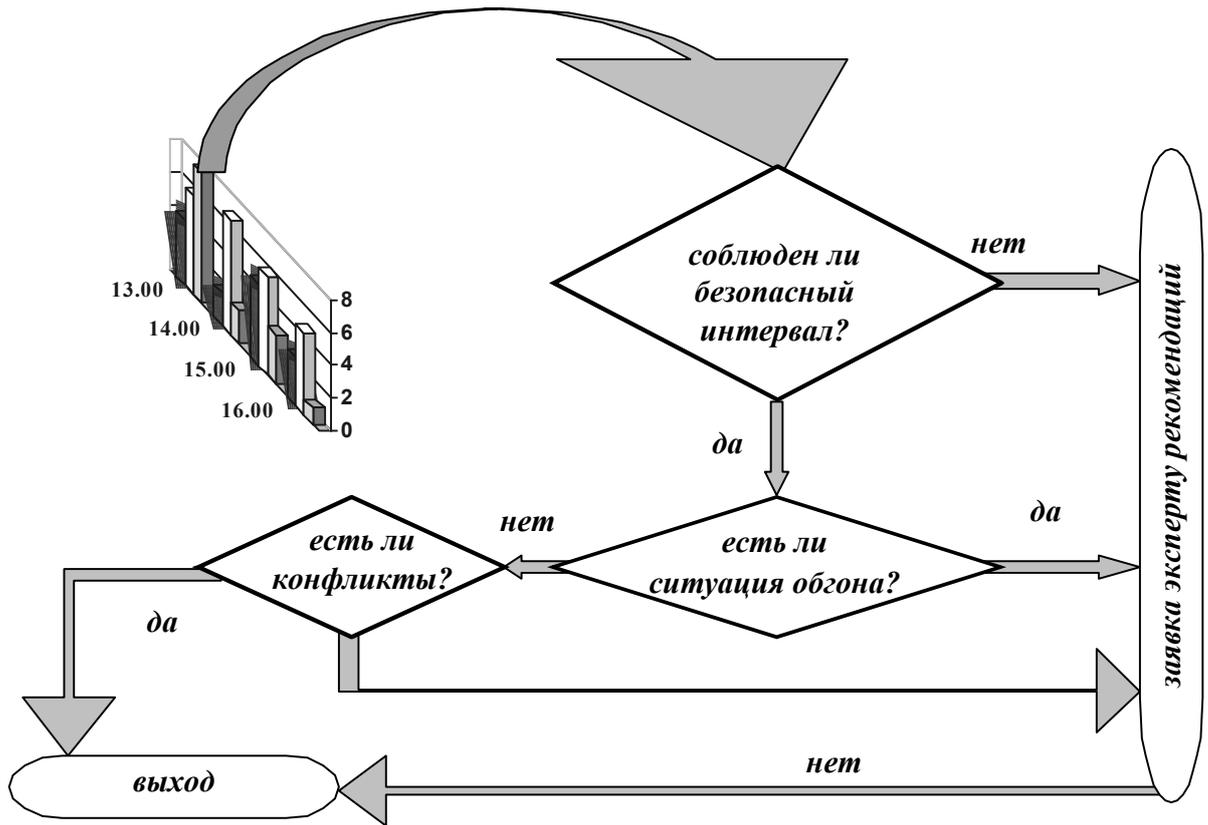


Рис. 2.6. Три ступени схемы формирования плана ИВП на основе ИО

Реально планирование полетов в России не является многокритериальной задачей. Интенсивность движения такова, что ИВП практически всегда осуществляется в условиях допустимой загрузки элементов системы. Пиковые ситуации возникают как следствие непредвиденных обстоятельств – погодных условий, технических отказов, человеческого фактора. Эти явления могут учитываться в плане лишь статистически. По существу, оптимизируется только экономический фактор – путем организационных мероприятий. Из всего многообразия возможных путей следования от каждого аэродрома страны до любого другого аэродрома специалистами узаконены лишь единицы так называемых зарегистрированных маршрутов. Как правило, это кратчайшие ортодромии с учетом направления сезонных ветровых потоков и обеспеченности воздушных трасс навигационным оборудованием. Традици-

онно планирование полетов сводится к учету всех заявок на ИВП и к оценке создаваемой загрузки, которая рано или поздно ложится на плечи диспетчера. В тех случаях, когда загрузка сектора (т.е. человека-диспетчера) превышает установленную норму, производится перепланирование. Заключается оно либо в переносе менее приоритетного рейса [2] на другое время суток, либо на другую (неэкономичную) высоту полета, либо на обходной (неэкономичный) маршрут. Возможные ситуации опасных сближений самолетов на этом этапе, как правило, не анализируются. Эта задача становится актуальной на этапах краткосрочного планирования и непосредственного управления, и в большинстве случаев она решается в центрах УВД уровня РЦ и РА.

Практически неограниченные ресурсы современных компьютеров позволяют добиваться оптимального ИВП с учетом всех управляемых переменных процесса. Рассмотрим схему планирования полетов на основе построения, анализа и манипулирования данными с использованием ИО.

2.2.2. ПОГРЕШНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ. Наилучшим по точности способом представления ВО в ПО является картографическая модель *земного геоида*. Она оперирует координатами широты и долготы, угловыми скоростями полетов относительно центра Земли. Однако характеристики ВС предоставляются изготовителями в метрической системе, измеренные координаты бортов – в полярной или декартовой системе относительно точки стояния локатора, а высота пересчитывается из барометрического давления. Традиционная стратегия согласования этой разнородной информации состоит в приведении данных в европейскую систему мер. В масштабах России это приводит к расхождению плановых и радиолокационных данных в связи с нарастанием погрешности пересчета географических координат в декартовы.

Картографические точки вводятся в БД в географических или в полярных координатах. ПО должно правильно и точно преобразовывать, обрабатывать и отображать координаты на экраны в виде, который требуется для целей планирования и управления. Расстояния между заданными точками, скорость и высоту полета следует индексировать в метрических единицах. Это естественная для должностных лиц форма восприятия взаимного положения и маневров ВС. Наличие такого преобразования не должно ограничивать использование географических координат. Широта и долгота являются наиболее привычным и точным способом интерпретации местоположения (привязки к местности) точек на земной поверхности и на полетных картах. Именно они должны отображаться и на экранах диспетчеров для индикации местных предметов. Напомним (см. книгу 1 данной серии), что связь прямоугольной системы координат с географическими координатами задается, как правило, известной схемой стереографической проекции сферических координат на плоскость обработки картографических данных.

Поверхность земного шара (геоида) нельзя изобразить на плоскости (на карте) без искажений, т.е. таким образом, чтобы масштабы длин оставались постоянными на всех ее участках по всем направлениям. При мелкомасштабном картографировании поверхность Земли рассматривается как шаровая.

Она может представляться в различных картографических проекциях, и в результате получается различное распределение искажений на карте (см. подробный анализ в книге 1 данной серии). На условном примере рис. 2.7 показано, что при последовательном стереографическом проецировании ВП страны изобразится как неправильный многогранник, вписанный в геоид, с неравными гранями, соответствующими территориям РЦ. Криволинейная траектория движения ВС над поверхностью Земли, представленная на рисунке пунктиром, также моделируется последовательностью хорд дуги (ломаная пунктирная линия на рис. 2.7), эквидистантной геоиду. Хорды вписаны в эту дугу; каждая начинается в точке входа ВС в зону РЦ по маршруту полета и заканчивается точкой выхода из него. Суммарная ошибка преобразования накапливается при переходе от одного РЦ к другому.

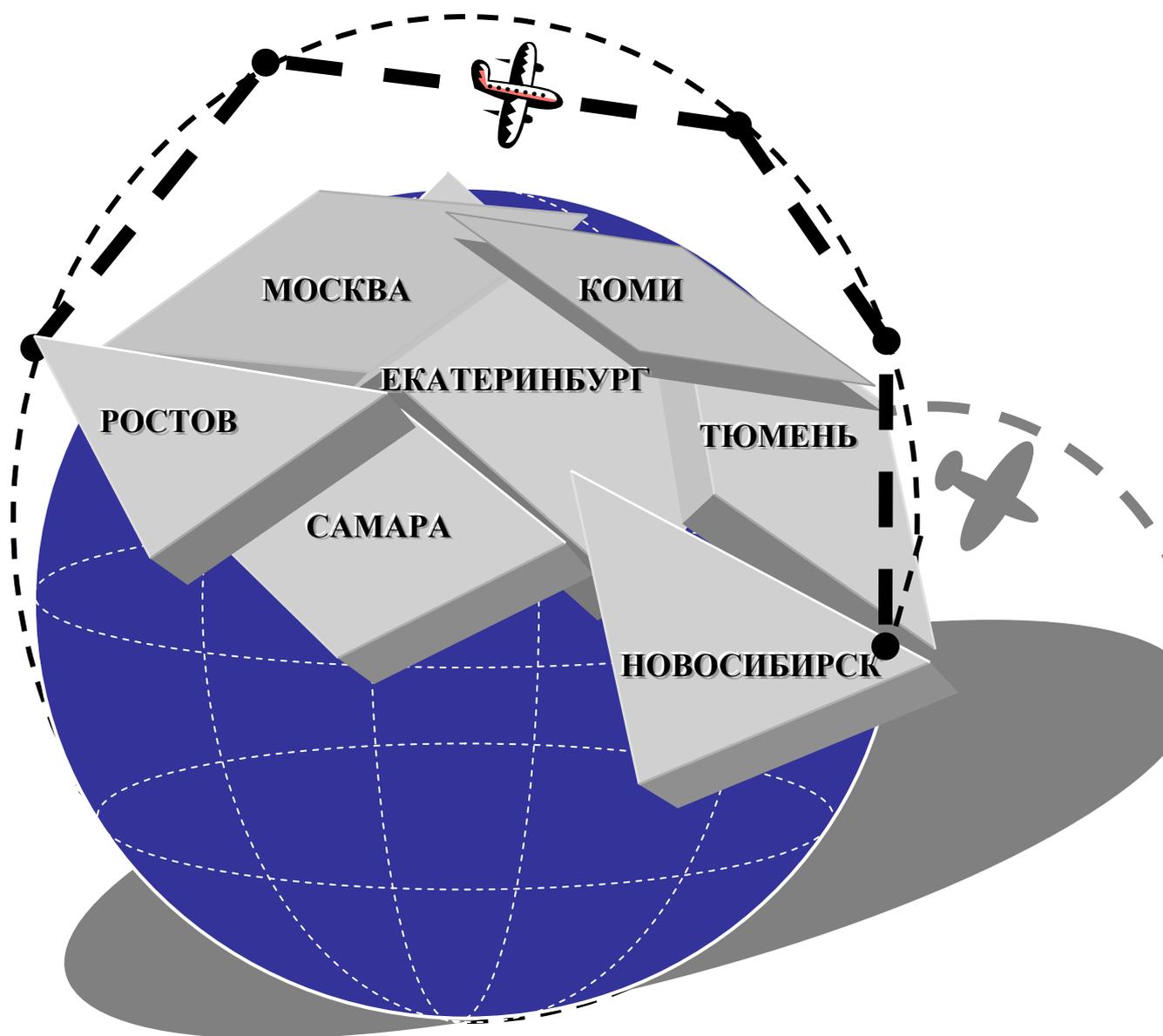


Рис. 2.7. Накопление погрешности преобразования полетных данных

Накопление ошибки преобразования заложено в традиционной схеме распределения плановой информации, представленной на рис. 2.8. Во всех

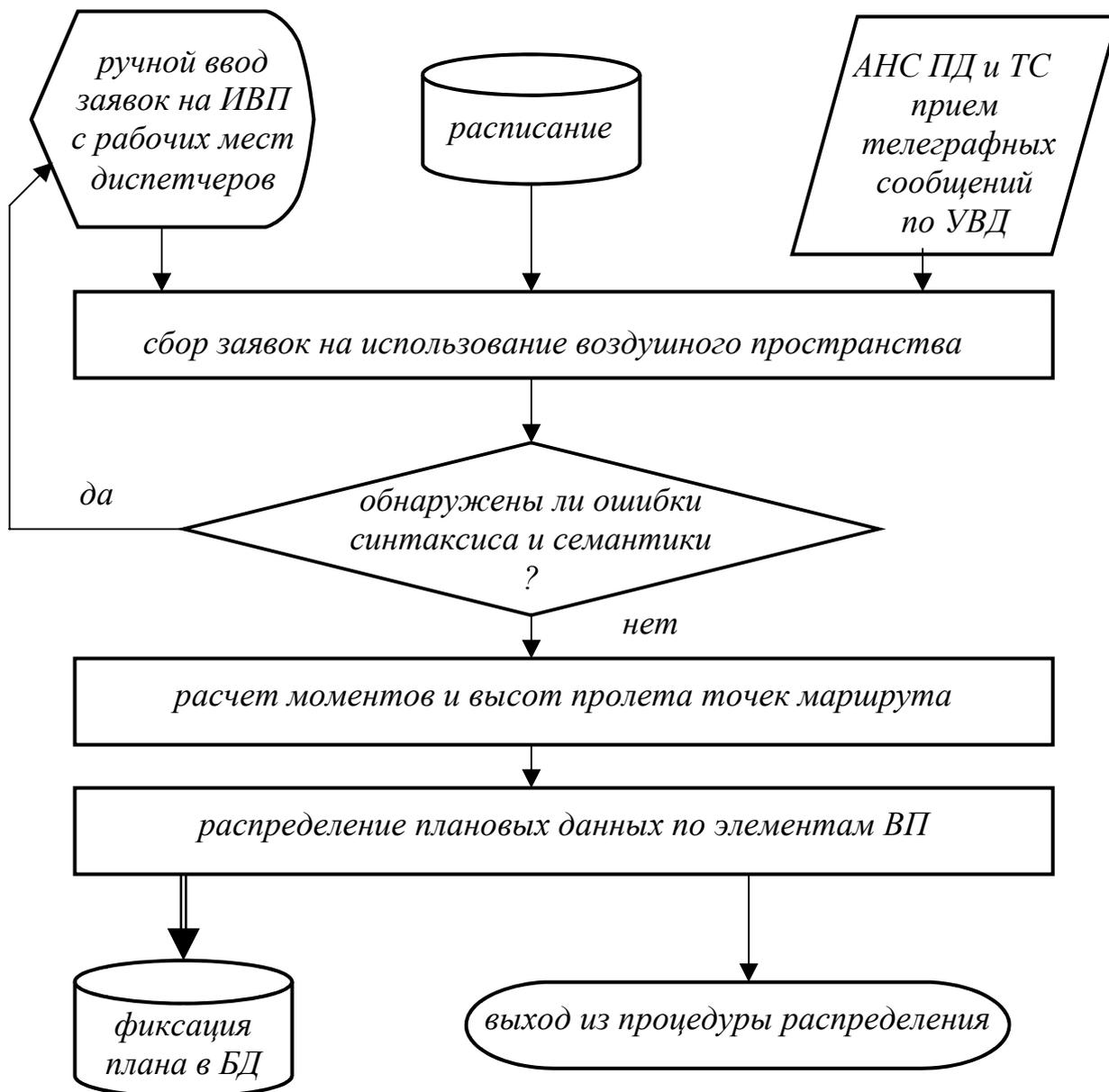


Рис. 2.8. Укрупненная блок-схема алгоритма распределения плановой информации

действующих АС УВД расчет плана полета каждого ВС производится в пределах зоны действия системы, на территории одного РЦ или района аэродрома. В таких масштабах значение погрешности не превышает двух минут по времени и ста метров по высоте, что удовлетворяет диспетчерский персонал. При переходе к анализу модели полета в ВП страны сохранить допустимые величины ошибки не удастся. Причина состоит в том, что маршрут описан в заявке на ИВП условными обозначениями трасс и пунктов. Алгоритм формирования представляет его траекторию последовательностью точек в прямоугольной системе координат. Расстояния между этими точками вычисля-

ются, а не принимаются равными значениям, известным из авиационных справочников. Такая схема продиктована требованием анализа планов полетов, в которых поворотные пункты маршрута, не указанные в регламентирующих документах (не известные ПО), могут быть заданы географическими или полярными координатами. Для обхода этого затруднения, приводящего к нарастанию погрешности расчета, процедура распределения плановой информации по элементам ВП России выполняется в два шага. На первом расстоянии между известными ПО точками не вычисляются, а переписываются из БД. На втором производится вычисление расстояний до пунктов маршрута, не известных системе. Таких точек в сводном плане ИВП насчитываются доли процента. Алгоритм определения расстояния тривиален: точка, заданная географическими координатами, принимается за центр проекции, относительно нее рассчитываются декартовы координаты соседней точки маршрута и длина вектора, соединяющего ее с условным центром проекции.

Для хранения известных расстояний между навигационными пунктами России в БД организована матрица $\|C\|$ смежности, элементы которой c_{ij} равны значениям расстояний, взятым из справочной литературы, если такие данные в них установлены, или значениям, превышающим допустимый порог (например, длину экватора) в противном случае. При необходимости эта величина интерпретируется ПО как основание для вычисления расстояния собственными средствами. В такой постановке задача фильтрации ошибок преобразования просто снимается с рассмотрения. В дополнение к сказанному отметим, что расчет маршрута перед полетом выполняет штурман каждого экипажа. Отличие состоит в том, что ему не нужно оценивать загрузку ВП.

2.2.3. ОГРАНИЧЕНИЯ МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

2.2.3.1. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ. К ограничениям модели, определяющим область допустимых решений, относятся, прежде всего, отображения элементов структуры ВП, реализованные в виде гистограмм распределения почасовой загрузки. Их дополняют матрицы пропускной способности и стоимости полетов по участкам трасс. Далее, это списки распределения метеорологических условий (температуры воздуха и скорости ветра) по территории и высотным слоям. Допустимые значения переменных модели и константы для плановых расчетов сосредоточены в специальных реляционных таблицах БД.

Для каждого объемного элемента ВП – для ЗЦ, РЦ, РА и для каждого сектора УВД – строится sdвоенная гистограмма распределения расчетных моментов входа каждого ВС в объемный элемент и расчетных моментов его выхода из пространства этого элемента. Каждому аэродрому также ставится в соответствие две почасовые гистограммы распределения расчетных моментов вылетов и посадок ВС. Гистограммы моментов пролета элементарных параметров ВП, например, ПОД – одинарные.

Свойства адаптации модели раскрываются двояко. Во-первых, процедура формирования СП направлена на перераспределение загрузки ВП в случае ее неравномерности, т.е. состоит в приспособлении потребностей в перевозках к складывающейся ситуации. Во-вторых, по мере поступления в

систему обновленных величин ограничений изменяются соответствующие им значения элементов матриц, списков и реляционных таблиц модели. Это характеристики метеорологической обстановки, вводы и отмены режимных ограничений, показатели технического состояния абонентов, пропускной способности участков трасс и аэродромов. Завершается обработка каждой заявки на ИВП включением в гистограммы всех затрагиваемых маршрутом элементов ВП очередной метки, увеличивающей высоту соответствующего столбца. Эта новая метка – номер записи в БД о заявленном ВС. Более того, если в план ИВП включается заявка, содержащая в качестве точки маршрута пункт, не известный системе, но принадлежащий ее территории, то для него образуется новая гистограмма на все время существования плана в системе.

К пакету программ планирования ИВП предъявляются следующие требования, диктующие соответствующие ограничения:

- обнаружение ошибок и противоречий в заявках на ИВП;
- распределение плановых данных по затрагиваемым элементам ВП;
- обнаружение перегрузки элементов ВП (по плановой информации);
- обнаружение конфликтных ситуаций (опасных сближений ВС);
- выработка рекомендаций по предотвращению обнаруженных нарушений правил ИВП.

2.2.3.2. ПРОВЕРКА КОРРЕКТНОСТИ ПЛАНОВЫХ СООБЩЕНИЙ. Удовлетворение перечисленных требований выдвигает ряд инженерных и теоретических проблем, связанных с большой размерностью системы ОрВД России. Первое из них подкреплено многочисленными частичными реализациями. Для его полного удовлетворения необходимо свести воедино алгоритмы форматно-логического контроля (ФЛК) плановых сообщений, действующие в развитых АС УВД, с алгоритмами проверки текста заявок на непротиворечивость, применяемыми в авиационных планирующих органах. Цель ФЛК как первого шага построения модели ИВП состоит в проверке соответствия установленным правилам действительного заполнения полей поступившего сообщения. Некорректно составленные заявки отвергаются. В полной конфигурации данная функция анализирует сообщения, поступающие из сети АНС ПД и ТС и с устройств отображения, классифицируемые на два типа:

- плановые сообщения, подлежащие обработке и хранению в БД;
- аргументы запросов интегральной и уточненной плановой информации, представляющие собой наборы ключевых параметров.

Корректно составленные плановые сообщения, в которых ФЛК не обнаруживает ошибок, передаются для дальнейшей обработки программами анализа и формирования маршрута. Исходная заявка дополняется при передаче ссылками на записи БД, адресующими ПО к описаниям указанных в плане элементов ВП, к характеристикам движения ВС указанного типа и т. д. В случаях обнаружения в заявке ошибок формируются их коды. По каждому коду на экран выводится соответствующий текст диагностического сообщения, облегчающего редактирование, изменяется цвет фона ошибочного поля.

Функция ФЛК реализована в виде двух программных продуктов, рабо-

тающих на существенно различающихся этапах жизненного цикла системы:

- технологическая программа, включаемая при генерации системы планов полетов и осуществляющая обработку исходного файла грамматики – трансляцию и подготовку исходных данных;
- собственно программа ФЛК (синтаксический анализатор), использующая подготовленные технологической программой исходные данные.

Таким образом, программная реализация распадается на модуль подготовки исходных данных, включаемый при начальной загрузке системы, и модуль проверки поступившего в систему планового сообщения. При этом информация, подлежащая контролю (например, перечень полей), должна удовлетворять известным ограничениям (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1

№	Тип	Номера полей сообщения	№	Тип	Номера полей сообщения
1	АРР	3-7-13-17	10	ПЦХ	3-7-13-16-22
2	ДЕП	3-7-13-16-18	11	РПЛ	3-4-5-6-7-9-13-15-16-18
3	ДЛА	3-7-13-16	12	СПЛ	3-7-13-16-18-19
4	НПС	3-7-13-16-18	13	УЛС	• 3-7-13-16-18
5	ПЛН	• 3-7-8-9-10-13-15-16-18	14	ФЛИ	• 3-7-18
6	ППЛ	• 3-7-8-9-10-13-15-16-18	15	ФЛА	• 3-7-16-18
7	УТП	3-7-18	16	ФПЛ	• 3-7-8-9-10-13-15-16-18
8	ППН	• 3-7-13-16	17	•	• 3-7-13-16-22
9	•	• 3-7-13-16-22	18	•	3-7-13-16

Каждое сообщение, независимо от типа, заключается в круглые скобки. Допускается наличие некоторого текста до открывающейся скобки, а также после закрывающейся скобки. Часть, заключенная в круглые скобки (главная часть сообщения), состоит из последовательности полей данных, которые отделяются друг от друга дефисом. Каждый тип сообщения имеет свой индивидуальный набор полей данных (см. 3-ю колонку табл. 2.1).

Каждое поле данных имеет свой номер и кодируется в соответствии с определенными для него правилами [6]. Различаются простые и сложные поля. Простые поля состоят из одной лексемы, т.е. небольшой группы символов, как правило, не содержащей внутри себя пробелов, и несущей информацию, относящуюся к одному понятию. Поля 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13 и 17 являются простыми полями. Сложные поля в общем случае состоят более чем из одной лексемы, которые разделяются пробелами, либо в некоторых случаях дефисами. Поля 15, 16, 18, 19 и 22 являются сложными. Набор допусти-

мых лексем для каждого сложного поля индивидуален, порядок следования для одних полей произволен (например, для поля 18), для других – строго определен (поле 16). На вход синтаксического анализатора (СА) подается текст сообщения, которое он должен контролировать. По идентификатору сообщения (поле 3) определяется его тип, и оно классифицируется в соответствии с набором полей, установленным для этого типа сообщения. Все допустимые для плановых сообщений лексемы «защиты» в файл грамматики.

Областями данных функции ФЛК являются приемный буфер КП обработки плановой информации, предназначенный для размещения поступающих сообщений, и совокупность грамматических правил построения этих сообщений. Грамматика строится по иерархическому принципу описания полей сообщения. Нулевой уровень иерархии представляет собой запись (строку табл. 2.1), в левой части которой содержатся наименования известных сообщений. Они сопоставляются с приходящими в буфер обмена заявками. В правой части сосредоточен перечень имен, соответствующих полям заявки каждого типа в формате международной организации гражданской авиации ИКАО. На последующих уровнях иерархии происходит раскрытие содержания каждого из полей вплоть до констант, т.е. непосредственных значений, которые могут быть встречены в данной позиции данного поля. Максимальный уровень вложенности при описании полей является изменяемым параметром системы. Имя каждого поля заключается в угловые скобки. Каждая строка файла грамматики имеет структуру следующего типа:

<имя поля 1> := <имя поля 2> <имя поля 3>...<имя поля N>.

Данная строка означает, что структуру поля 1 можно определить через поля 2 ÷ N, которые также описаны в грамматике.

Константы в описании поля заключаются в двойные кавычки. Пример:

<высота> := "С" <цифра> <цифра> <цифра> <цифра>.

Константа может содержать только один символ.

Для любого поля допускается использование коэффициента повторения. Предыдущую строку можно записать следующим образом:

<высота> := "С" <цифра>(4).

Коэффициент повторения относится к тому полю, после которого он располагается. Если в грамматике встречаются различные описания одной и той же левой части, то они воспринимаются как альтернативные описания поля и при выполнении ФЛК рассматриваются как равноценные допустимые варианты. Для сокращения количества констант в файле грамматики поддерживаются описания следующих полей:

- <рбук> – русская буква верхнего регистра;
- <лбук> – латинская буква верхнего регистра;
- <цифра> – цифра от нуля до девяти;
- <дата> – дата в формате ДДММГГ с обычными ограничениями;
- <время> – время в формате ЧЧММ с обычными ограничениями.

При включении перечисленных имен в описание какого-либо поля их дальнейшая детализация не требуется. Перед началом работы с входным со-

общением все его буквы переводятся в состояние верхнего регистра.

Для предотвращения дублирования одинаковых описаний вся информация по синтаксису входных сообщений содержится в одном файле грамматики. Повторяющиеся поля различных сообщений описываются один раз.

Имя каждого поля может включать цифры и любые буквы. Технологической программой ФЛК игнорируются пробелы (кроме констант), знаки конца строк и перехода на новую строку. Знаки ';' определяют окончание строки описания. Количество строк на экране дисплея, использующихся для одного описания, не ограничивается. Диагностика ошибок выдается на основании подсчета строк по знакам ';', а не по строкам экрана.

Проверка непротиворечивости данных в заявке на ИВП производится путем их семантического контроля. Указанный в поле 18 метеоминимум командира корабля должен соответствовать метеоминимуму аэродромов. Названия трасс и ПОД, описывающих маршрут в поле 15, должны принадлежать РЦ, перечисленным в лексемах группы ЕЕТ (входы в РЦ) поля 18. Крейсерские значения скорости и высоты полета должны соответствовать летно-техническим характеристикам (ЛТХ) ВС, совершающего полет.

2.2.3.3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ. Центральной задачей обработки плановой информации и построения модели ИВП является распределение полетных данных по элементам структуры ВП. По существу, она эквивалентна формированию гистограмм ИО планируемой воздушной обстановки страны. Требуется установить, какие конкретно элементы системы затрагиваются маршрутом, в какое время, на какой высоте, чтобы соотнести результат с должностными лицами, которые будут управлять данным полетом. Так планируется их загрузка в течение смены. Для решения этой задачи необходимо произвести штурманский расчет каждого полета и наложить его на структуру ВП, покрывающего гигантскую территорию. Результатом расчета является модель полета, т.е. пространственно-временная траектория движения ВС. В ПО она представлена последовательностью точек маршрута в хронологическом порядке их пролета. Каждой точке поставлены в соответствие расчетные значения высоты и момента ее пролета, а также ее принадлежность сектору УВД. Формально процедура распределения завершается включением заявки в создаваемый ИО по следующей схеме:

- сцепление адреса (идентификатора) заявки с соответствующими по моментам входа и выхода столбцами гистограмм загрузки ВП России;
- сцепление заявки со столбцами гистограмм загрузки ЗЦ и ВЗЦ РФ;
- сцепление с гистограммами РЦ, затрагиваемых маршрутом;
- сцепление с гистограммами аэродромов вылета и назначения;
- сцепление с гистограммами ПОД и других контрольных точек;
- сцепление с гистограммами секторов УВД (включая РЦ, РА, МДП).

Пример 2.1. Рассмотрим изложенную схему проверки ограничений модели ИВП при включении в ИО некоторой заявки на полет вне расписания. Допустим, в систему вводится (рис. 2.9) следующий предварительный план: (ППЛ–ДА333–ИС–ИЛ86–С/Ц–УХХХ0300–К0850С0960 ХФЕ В23 В79 ПУФ–

УВВВ0900 УВКД УВКЕ–ДАТА/0608 ЕЕТ/УЕМ30105 УИК30225 УНИ30400 УНЦ30500 УСТ30600 УСС30625 УВВ30655).

На этапе ФЛК СА обращается к файлу грамматики и по таблице 2.1 определяет правила анализа сообщения ППЛ – контроль всех полей. Синтаксис поля 7 прост: наличие в БД кода авиакомпании (лидирующие символы номера рейса) и замыкающие цифры, всего до семи символов. Код авиакомпании необходим системе для выставления по ее реквизитам счета за аэронавигационное обслуживание (АНО). Подобные правила установлены для всех полей заявки. В примере рис. 2.9 система отвергает план с диагностическим сообщением: «В библиотеке РПЛ нет плана ДА333. Уточните содержимое поля 8». Если рейс действительно носит статус полета по расписанию, то ПО должно включать его в сводный план ИВП автоматически, без дополнительных вводов с АРМ. В противном случае диспетчер должен заменить символ рейса по расписанию "С" в поле 8 на символ "Н" (рейс вне расписания) и повторить ввод. Следующая ошибка рис. 2.9 «Неизвестный элемент». Обозначение пункта Кошки по новой нарезке ВП – ВУФ. Составитель ППЛ ДА333 машинально набрал устаревшее ПУФ и должен устранить ошибку. В исправленном виде программы ФЛК воспринимают вводимую информацию и готовят для функции анализа и формирования маршрута дополнительные данные. По содержимому поля 9 устанавливается ссылка на запись таблицы ЛТХ, соответствующую типу ВС ИЛ-86. По наименованиям аэродромов, принадлежащих РФ, определяется тип маршрута – вылетающий для УХХХ, прибывающий для УВВВ, транзитный для остальных РУВД по маршруту. По дате полета осуществляется привязка к этапу планирования – СП или краткосрочное планирование – что соответствует разным ИО. По описанию маршрута в поле 15 строится список РУВД, затрагиваемых полетом.

3.	ППЛ	7.	ДА333	код ИКАО		8.	ИС
9.	ил86	10.	С/Ц				
13.	УХХХ0300	15.	КО850С0960 ХФЕ В23 В79 ПУФ				
16.	УВВВ0900	УВКД	УВКЕ	18.	ДАТА/0608 ЕЕТ/УЕМ30105		
УИК30225 УНИ30400 УНЦ30500 УСТ30600 УСС30625 УВВ30655							

Рис. 2.9. Включение заявки на ИВП в информационный образ

Согласно хранящемуся в БД описанию структуры ВП, стартом борта управляет аэродромный командно-диспетчерский пункт (АКДП) Хабаровск (Новый), передающий борт РЦ УХХХ в ПОД ХФЕ (Кукан). Здесь же осуществляется выход на трассу В23 Хабаровск – Енисейск – Екатеринбург – Ка-

заны – Москва. В пункте ХГВ (Парис) управление передается ВРЦ УЕМЗ (Магдагачи), в ПОД ХГЕ (Амбар) – ВРЦ УИАМ (Могоча), в точке ИЫВ (Таксимо) – ВРЦ УИКБ (Бодайбо), в точке БОДКИ – РЦ УИКЗ (Киренск), в ПОД ННМ (Усть-Илимск) – ВРЦ УНКБ (Богучаны). В ПОД НРИ управление передается РЦ УНИЗ (Енисейск), в ПОД НЦЕ (Максимкин Яр) – РЦ УНЛЛ (Колпашево), в точке ВАСКО – ВРЦ УНЛВ (Новый Васюган), в точке ТОН-ВА – ВРЦ УСТО (Тобольк), в ПОД ННХ – РЦ УСТЗ (Тюмень), в пункте САЛЕР – РЦ УССЗ (Екатеринбург). В ПОД СПУ – единственном общем пункте трасс В23 и В79 – происходит переход с одной из них на другую. В ПОД СШЦ борт передается РЦ УСЦЦ (Челябинск), в пункте ЧЕЛУФ – РЦ УВУУ (Уфа), в ПОД ВЛП – РЦ УВВЗ (Самара). В ПОД ВУФ (Кошки) планируется сход с трассы в ВП РА УВВВ (Курумоч). Выстроенная ПО системы последовательность РУВД (УЕМЗ–УИАМ–УИКБ–УИКЗ–УНКБ–УНИЗ–УНЛЛ–УНЛВ–УСТО–УСТЗ–УССЗ–УСЦЦ–УВУУ–УВВЗ) не совпадает с содержимым поля 18 вводимого плана (УЕМЗ–УИКЗ–УНИЗ–УНЦЗ–УСТЗ–УССЗ–УВВЗ). Функция анализа маршрута отвергает его и выдает на экран диагностическое сообщение: «Не все РЦ по маршруту указаны в поле 18. Дополнить ли список»? – Необходимость корректировки в данном случае объясняется тем, что обо всех изменениях плана, согласно регламентирующим документам [6], необходимо оповещать центры УВД по маршруту, и для автоматической рассылки сообщений ПО необходим однозначный список их телеграфных адресов.

По правильно составленной заявке функция анализа маршрута передает программам его формирования ссылки на адреса описаний ВП всех затрагиваемых полетом РЦ и РА. Выстраивается последовательность пунктов маршрута: конечный торец взлетно-посадочной полосы (ВПП) 15ХФЕ аэродрома УХХХ, далее – все точки стандартного маршрута вылета (СИД) из РА на трассу В23. Автоматически находится единственная общая точка СПУ трасс В23 и В79, указанных в поле 15 заявки на ИВП. Все точки трассы В23, от пункта ХФЕ выхода из РА УХХХ до пункта СПУ перехода на трассу В79, переписываются в формируемый маршрут. Следом за ними в формуляр маршрута переносятся точки из описания трассы В79. Это все точки от пункта СПУ (перехода на нее с трассы В23) до пункта ВУФ (схода для посадки на аэродроме УВВВ). Автоматически выбирается стандартный маршрут прилета (СТАР) ВВВ23, соединяющий трассу В79 с аэродромом назначения, и его точки (до торца ВПП) также переписываются в формируемый маршрут.

Составленное описание недостаточно для распределения заявки в ИО. Производится привязка каждого пункта маршрута к местности. Точкам присваиваются технологические признаки, важнейший из которых – принадлежность подсектору ВП. С его помощью определяется в дальнейшем конкретный сектор УВД, затрагиваемый маршрутом. В формуляр вставляются точки пересечения траекторией полета границ подсекторов ВП России. С этой целью последовательно вызываются описания параметров всех затрагиваемых рейсом РЦ. Точкам приписываются их декартовы координаты в (местной системе района), курс полета и другие характеристики. Фрагмент сформиро-

ванного маршрута по плану ДА333 содержится в табл. 2.2.

По окончании формирования маршрута в системе представлена плоская проекция планируемого полета. Вызывается функции построения пространственно-временной траектории. В формуляр вставляются точки пересечения высотных границ секторов УВД и точка начала снижения для захода на посадку. Осуществляется привязка ко времени от момента взлета – через все пункты маршрута – до посадки. На участках набора высоты и снижения расчет высоты и моментов пролета точек производится на основе ЛТХ ВС, в фазе горизонтального полета – исходя из крейсерской скорости. В завершение процедуры маршрут делится на участки, принадлежащие каждый одному сектору, т.е. на участки, движение по которым будет контролироваться одним диспетчером. Участки, как правило, не примыкают друг к другу вплотную, а перекрываются своими концами внахлест. Это объясняется правилами УВД, согласно которым диспетчеры могут передавать друг другу управление бортом не в одной фиксированной точке границы секторов, а в некоторой буферной зоне по обе стороны, насчитывающей несколько точек, одну из которых можно выбрать по договоренности исходя из текущей загрузки диспетчера. Функция распределения, таким образом, дополняет маршрут последовательностью секторов пролета, представляющей собой список его частично перекрывающихся отрезков в хронологическом порядке следования.

Таблица 2.2.

№	Имя	Пояснения	№	Имя	Пояснения
1	ХГЕ	Вход в ВРЦ Могоча	17	СПУ	Екатеринбург, сек.Запад
2	ИЫВ	Вход в ВРЦ Бодайбо	18	СШЦ	РЦ Челябинск, сек.Встк
3	БОДКИ	РЦ Киренск, сектор Встк	19	ЧЕЛУФ	РЦ Уфа, сектор Восток
4	ИКИ	Киренск, сектор Запад	20	ВЩУ	РА Уфа (Михайловка)
5	ННМ	Вход в ВРЦ Богучаны	21	ВРГ	РЦ Уфа, сектор Запад
6	НРИ	РЦ Енисейск, сектор Вст	22	ВЛП	РА Уфа (Шафраново)
7	НРД	Енисейск, сектор Запад	23	АБДОК	РЦ Самара, сек.Сев-Вст
8	НЦЕ	Вход в РЦ Колпашево	24	ВЪВ	Вход в РА Курумоч
9	ВАСКО	ВРЦ Новый Васюган	25	ВУФ	Сход с трассы в СТАР
10	НЪЖ	ПОД Новый Васюган	26	ВВК	Подход Курумоч
11	ТОНВА	ВРЦ Тобольск	27	ВЪЛ	Круг Курумоч
12	ННХ	РЦ Тюмень, сектор Встк	28	ВЪМ	1-й разворот
13	ГРАДА	Тюмень, сектор Запад	29	ВЪМ	2-й разворот
14	САЛЕР	Екатеринбург, сек.Север	30	ВЪМ	3-й разворот
15	СОЗ	РА Кольцово (Артемовский)	31	ВЪМ	4-й разворот
16	АСКАР	РА Кольцово, круг (Асбест)	32	ВЪМ	Конечный торец ВПП

В результате ПО располагает всей информацией для включения в ИО полетных данных нового плана. Указанная выше схема процесса реализуется следующим образом. Каждая гистограмма распределения загрузки элемента ВП в качестве входного индекса использует числовую ось, насчитывающую двадцать четыре часовых отрезка (дискрета), пронумерованных от 0 до 23.

Каждый дискрет порождает столбец гистограммы как частичную цепь адресов записей БД о планах полетов, затрагивающих данный элемент ВП в соответствующем ему (по номеру) часу суток. Цепь начинается в самом порождающем дискрете адресом записи о рейсе, затрагивающем элемент ВП ранее других внутри этого часа. Каждый адрес (звено цепи адресов) обладает двумя важными свойствами. Во-первых, своим значением он указывает номер записи БД о включенном в ИО плане полета. Во-вторых, он указывает номер следующего по возрастанию времени (в пределах того же часа) звена цепи, т.е. местоположение в файле гистограммы указателя того рейса, который затрагивает данный элемент ВП следующим за ним. Рассчитанный план сцепляется с гистограммами ИО таким образом, чтобы предыдущее звено цепи было ранним по отношению к нему, а последующее звено – поздним.

Сначала производится обращение к гистограмме распределения загрузки ВП России. Для рейса примера 2.1 ДА333, согласно расчетному времени вылета (03.00 в поле 13 плюс 15 минут руления для ВС ИЛ-86) выбирается третий (взлет в 3 часа 15 минут) дискрет гистограммы входа в ВП. В поисках места вводимого плана алгоритм пробегает по цепи, порожденной третьим дискретом (столбец гистограммы), и фиксирует в нем очередное звено. Затем, в соответствии с расчетным временем посадки, алгоритм обращается к девятому столбцу гистограммы выхода из ВП России и по тем же правилам присоединяет к ней новое звено – рейс ДА333. Все системы ОрВД планеты работают в едином времени (всемирное скоординированное время УТЦ), и по информации двух гистограмм ПО учитывает почасовую загрузку ВП каждым рейсом от момента входа в ВП до момента выхода из него.

Аналогично выполняется включение заявки в формируемый план ИВП для гистограмм ЗЦ, затрагиваемых маршрутом. В примере 2.1 это Хабаровск (УХХХ), Якутск (УЕЕЕ), Чита (УИАА), Новосибирск (УННН), Екатеринбург (УССС), Самара (УВВВ). Системный номер заявки сцепляется с гистограммами этих ЗЦ по времени входа в их ВП и по времени выхода из него. Следующий шаг – включение номера записи о заявке в гистограммы затрагиваемых маршрутом РЦ: Хабаровск (УХХЗ), ВРЦ Магдагачи (УЕМЗ), ВРЦ Могоча (УИАМ), ВРЦ Бодайбо (УИКБ), РЦ Киренск (УИКЗ), ВРЦ Богучаны (УНКБ), РЦ Енисейск (УНИЗ), РЦ Колпашево (УНЛЛ), ВРЦ Новый Васюган (УНЛВ), ВРЦ Тобольк (УСТО), РЦ Тюмень (УСТЗ), РЦ Екатеринбург (УССЗ), РЦ Челябинск (УСЦЦ), РЦ Уфа (УВУУ), РЦ Самара (УВВЗ). Заключается включение номера заявки в гистограммы объемных элементов ВП, затрагиваемых маршрутом, конкретными секторами УВД: АКДП Хабаровск (руление, старт, круг, подход), сектор Запад РЦ Хабаровск, секторы Восток и Запад РЦ Киренск, секторы Восток и Запад РЦ Енисейск, секторы Восток и Запад РЦ Екатеринбург, сектор Восток РЦ Челябинск, секторы Восток и Запад РЦ Уфа, сектор Северо-Восток РЦ Самара, подход, круг, посадка и руление АКДП Курумоч. Далее заявка присоединяется к гистограмме вылетов с аэродрома УХХХ и к гистограмме прилетов аэродрома УВВВ. Последним шагом является сцепление номера заявки со столбцами гистограмм, соответ-

ствующими по времени пролета ПОД, которые были затронуты маршрутом: ХФЕ, ХХВ, ХГВ, ХГУ, ХГЕ, ИЫВ, БОДКИ, ИКИ, ННМ, НРИ, НРД, НЦЕ, ВАСКО, НЬЖ, ТОНВА, ННХ, ГРАДА, САЛЕР, СОЗ, АСКАР, СПУ, СШЦ, ЧЛУФ, ВЩУ, ВРГ, ВЛП, АБДОК, ВЪВ, ВУФ, ВВК, ВЪЛ, ВЪМ, ВЪН, ВЪО, ВЪП.

По окончании распределения плановой информации по всем заявкам, в ПО сформирован и готов к использованию рельеф загрузки ВП России, т.е. модель ИВП, которая затем используется для оптимизации процесса УВД.

2.2.3.4. ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕРЕГРУЗКИ любого элемента ВП с помощью ИО полетных данных производится параллельно процедуре включения каждой заявки в формируемый СП. Фильтр загрузки представляет собой алгоритмически несложную, но громоздкую в вычислительном отношении функцию, исполняемую в процессе формирования плана ИВП. В момент сцепления номера заявки со столбцом очередной гистограммы ИО высота столбца увеличивается на единицу, т.е. приближается по величине к допустимому порогу загрузки диспетчера, превышать который запрещается технологией УВД. Степень приближения оценивается элементарной операцией вычитания, в результате которой автоматически принимается решение либо о продолжении процедуры формирования ИО, либо о ее приостановке. Если хотя бы один столбец по высоте достигает установленный порог, фильтр загрузки передает управление эксперту рекомендаций.

Данная программная функция обращается к хранящемуся в БД Каталогу зарегистрированных маршрутов России и по составному ключу наименований аэродромов вылета и назначения организует поиск равноценного или близкого по ортодромии допустимого маршрута полета. Для примера 2.1 таких маршрутов несколько: с использованием трасс В25, В93, В106 и т.д. Если для какой-либо заявки равноценных вариантов в БД не обнаруживается, то подбирается и количественно оценивается менее экономичный обходной вариант. Просчитываются, кроме того, варианты с изменением запрошенной высоты полета на том участке трассы, в котором выявлена перегрузка сектора УВД. Наконец, процедура подготовки вариантов анализирует загрузку всех элементов ВП по рассматриваемому маршруту во времени. Цель просмотра – нахождение интервала времени (так называемое временное окно), в котором их загрузка имеет умеренное значение. Вычисляется сдвиг времени вылета ВС на более поздний срок, позволяющий сделать загрузку секторов по маршруту (высоту столбцов гистограммы) более равномерной. Подбор вариантов не всегда осуществляется именно для той заявки, включение которой привело к перегрузке. Эксперт рекомендаций анализирует приоритетность всех попавших в «перегруженный» столбец гистограммы рейсов, и предложения по перепланированию подготавливаются для самого неприоритетного из них. Модификация включаемой в ИО заявки выполняется только в случае отсутствия в столбце меток (номеров) менее приоритетных заявок.

Найденные варианты выводятся на отображение диспетчеру в текстовом и в графическом виде для принятия решения об их реализации. Поддерживается возможность игнорировать предложения эксперта рекомендаций и найти собственный путь устранения перегрузки, даже с использованием не-

зарегистрированных маршрутов полета. Более того, можно утвердить вводимую заявку в ее исходном виде, если имеются основания полагать, что реальная полетная ситуация сложится иначе, и перепланирование на краткосрочном этапе в любом случае окажется неизбежным.

2.2.3.5. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ. Существующие методы обнаружения потенциальных конфликтных ситуаций основаны на вероятностных (или на эвристических) расчетах, занимающих значительное время. Строгое решение задачи требует полного перебора вариантов взаимного расположения самолетов. С помощью ИО выявление предпосылок к конфликтам сводится к анализу пар ВС, расположенных в соседних столбцах всех трех гистограмм ВО одновременно. Фильтр конфликтов действует по трехступенчатой схеме. Сначала анализируется совместное распределение ранее включенных в план ИВП заявок с очередной обрабатываемой заявкой в затрагиваемых вводимым маршрутом навигационных пунктах и в точках пересечения трасс. Алгоритм последовательно обращается к гистограммам распределения загрузки указанных пунктов, отслеживая соблюдение норм эшелонирования и адресуясь к соответствующим по времени их пролета столбцам. Для фазы горизонтального полета строб по высоте составляет вертикальный слой запрошенного эшелона полета. На участках набора высоты или снижения в рассмотрение включаются вышележащий и нижележащий эшелоны. Строб по времени ограничен значением минимального безопасного интервала (десятью минутами для регулярных рейсов по расписанию). Претенденты на участие в конфликте сосредоточены в одном столбце гистограммы. Возможность граничных эффектов, если она обнаруживается, блокируется проверкой содержимого соседнего столбца.

Первая ступень фильтра при минимальных затратах производительности компьютера выявляет большинство возможных предпосылок к опасным сближениям, однако она не способна предсказывать ситуации обгона одним ВС другого при следовании на одном эшелоне. Для этой цели предназначена вторая ступень, надстроенная над фрагментом информационного образа ВП, затрагиваемого анализируемым маршрутом. По величинам протяженности каждого участка трассы и максимальной разнице крейсерских скоростей при следовании на заданном эшелоне вычисляется безопасный интервал времени возможного сближения ВС. Все претенденты на обгон сосредоточены в столбце гистограммы, соответствующей исходному i -му пункту рассматриваемого участка трассы, позднее отметки о вводимой в план ИВП заявке. Если хотя бы одна из претендующих меток будет обнаружена в столбце гистограммы конечного j -го пункта того же участка трассы ранее отметки об этой же заявке, то принимается решение о наличии ситуации обгона. Результаты передаются эксперту рекомендаций.

В своей совокупности две ступени обнаруживают конфликты на трассах, однако не обеспечивают выявления опасных сближений при полетах вне трасс. Эту задачу решает третья ступень фильтра при поступлении заявок на внутрассовые маршруты. Предпосылки к конфликтным ситуациям оценива-

ются на основе имитации движения ВС от взлета до посадки, и для всех пересекаемых участков трасс вводятся фиктивные краткосрочные режимные ограничения либо фиктивные ПОД со своими гистограммами распределения загрузки. Все ранее включенные в план ИВП заявки, затрагивающие вновь введенные ограничения, подвергаются пересмотру. Для снижения удельного веса таких ревизий формирование плана ИВП следует начинать с заявок на рейсы вне трасс. Третья ступень предпочтительна на краткосрочном этапе.

2.2.3.6. МОДЕЛЬ КОНФЛИКТОВ НА ЭТАПЕ УВД. Наиболее известен подход к задаче, согласно которому ВП представляется в виде так называемого «слоеного пирога». Каждый его слой отображает часть ВП в конкретном диапазоне высот и покрывается координатной сеткой, дискреты которой по величине равны априорно заданному пороговому расстоянию (критерию) опасного сближения или (в других модификациях) его удвоенному значению. На этапе фильтрации все ВС, попавшие в один дискрет некоторого высотного слоя, считаются претендующими на участие в конфликте. Для преодоления граничных эффектов в число претендентов включаются ВС, оказавшиеся в соседних дискретах, т.е. по разные стороны квадратов и слоев.

Селектированные по квадратам сетки пары ВС анализируются с целью установить тенденцию развития конфликтной ситуации. Расходящиеся или движущиеся параллельным курсом пары отсеиваются. Для сближающихся пар рассчитываются упрежденные координаты точки и момента столкновения, или попадания в строб опасного сближения. Оповещение о выявленном конфликте принудительно отображается диспетчеру за 1,5-2 минуты до попадания ВС в строб. Это время, в течение которого он сможет принять решение о мерах по предотвращению угрозы столкновения, и сообщить его пилотам, которые успеют выполнить его команды, обеспечивающие безопасность.

Модель конфликтов на этапе УВД предназначена для обнаружения всех пар ВС, расстояние между которыми не превосходит заданного предела. Отбираются пары, сохраняющие в процессе наблюдения устойчивую тенденцию к сближению. Областью данных модели является совокупность всей доступной полетной информации, включающая:

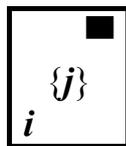
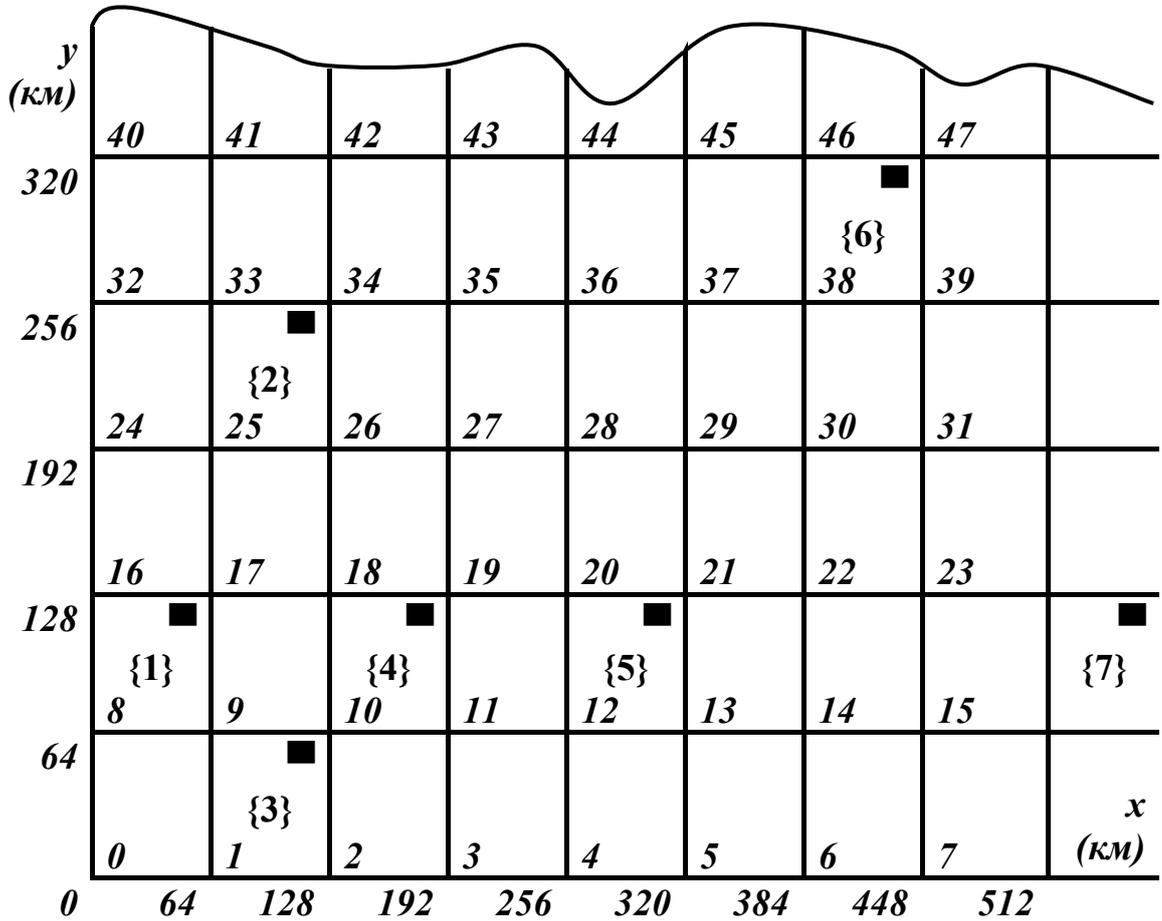
- радиолокационные измерения и данные автоматического зависимого наблюдения;
- рассчитанные координаты планового положения ВС;
- критерий опасного сближения ВС (конфигурация и размеры стога сближения);
- индекс поиска конфликтов, представляющий собой машинное отображение сетки квадратов, покрывающей территорию АС УВД, дискреты которого порождают сцепленные списки номеров записей о ВС, претендующих на участие в конфликте;
- формуляры конфликтов, содержащие данные о тенденции развития ситуации;
- треугольная матрица правдоподобия, предназначенная для параллельной обработки информации для выявления опасных сближений ВС.

Информационное поле, в котором реализуется модель, является частью БД системы. Все операции производятся над математическим отображением ВО. Обнаружение конфликтов осуществляется как поиск номеров движущихся ВС, предварительно упорядоченных по значениям их трехмерных координат. Первым шагом процедуры является сортировка, исполняемая непосредственной расстановкой номеров записей о ВС в дискреты входного индекса. Каждый дискрет порождает сцепленный список этих номеров для последующего поиска. Количество I дискретов поиска равно количеству квадратов координатной сетки, покрывающей территорию зоны управления. Сторона квадрата равна удвоенной величине критерия опасного сближения. Процедура поиска просматривает J записей о ВС, и если координаты j -го ВС принадлежат i -му квадрату ($i = 0, 1, \dots, I - 1; j = 1, 2, \dots, J$), то номер j присоединяется к сцепленному списку i -го дискрета входного индекса.

Пример 2.2. В ростовском образце районной АС УВД просмотр координатной информации организуется по 350 радиолокационным и 200 плановым формулярам. Критерием опасного сближения установлены 32 км (степень двух). Соответственно, сторона квадрата координатной сетки, покрывающей территорию района УВД, составляет 64 км. Таких квадратных дискретов по обеим координатным осям предусмотрено восемь (степень двух). Участки, не попавшие внутрь сетки (по периферии района), автоматически приписываются ближайшим квадратам. Нумерация дискретов последовательная слева направо, снизу вверх. Процедура определения номера квадрата, в который попадают координаты j -го ВС, содержит два арифметических сдвига и одно сложение (рис. 2.10). Высокое быстродействие процедуры позволяет отказаться от перебора номеров ВС, попавших в соседние квадраты координатной сетки, применяемого в традиционных схемах для поиска конфликтующих пар, оказавшихся по разные стороны квадратов.

Элементарные рассуждения показывают, почему преодоление граничного эффекта становится возможным без обращения к ближайшим соседям по координатной сетке. Перебор удается исключить целиком благодаря некоторому ослаблению критериев ложной тревоги в процедурах, анализирующих накопленную информацию при переходах от обзора к обзору. Тогда (рис. 2.11), на очередном включении алгоритма расстановки, простым сдвигом координатной сетки можно добиться смещения всех квадратов по одной из осей на величину половины ее дискрета. Координаты ВС, отображенные на предыдущем включении по разные стороны квадратов, попадут теперь внутрь одного. При переходах от обзора к обзору начало координат последовательно сдвигается на половину дискрета каждой оси. Через четыре обзора оно возвращается по петле в исходное положение, что позволяет обойтись без перебора номеров ВС, попавших в соседние квадраты, при удовлетворительных значениях критерия ложной тревоги. Для достижения таких значений необходимо сопровождать в течение нескольких обзоров неподтвержденные конфликты. В ростовском образце реализован критерий обнаружения по четырем подтверждениям из семи наблюдений.

Если при определении принадлежности очередного k -го ВС i -му квадрату выясняется, что i -й дискрет входного индекса уже занят номером j -го ВС, селектированного ранее в этот же квадрат координатной сетки, то производится присоединение k -го номера к сцепленному списку i -го дискрета. Содержимое дискрета выносится из него в список, а в освободившееся место записывается номер k вновь обнаруженного ВС (рис. 2.12).



j	x_j	y_j	i
1	60	120	8
2	120	250	25
3	125	60	1
4	190	125	10
5	330	120	13
6	440	310	38
7	520	120	15

■ — отметка о ВС
 { j } — номер записи о ВС в базе данных
 i — номер квадрата координатной сетки
 k — количество квадратов в слое
 $i_j = x_j / \Delta x + k \cdot y_j / \Delta y$
 $i_1 = 60 / 64 + 8 \cdot 120 / 64 = 0 + 8 \cdot 1 = 8$
 $i_2 = 120 / 64 + 8 \cdot 250 / 64 = 1 + 8 \cdot 3 = 25$

 $i_7 = 511 / 64 + 8 \cdot 120 / 64 = 7 + 8 \cdot 1 = 15$
 $(x_j, y_j) = \min\{511, \max[0, (x_j, y_j)]\}$

Рис. 2.11. Траектория смещения сетки координат от обзора к обзору

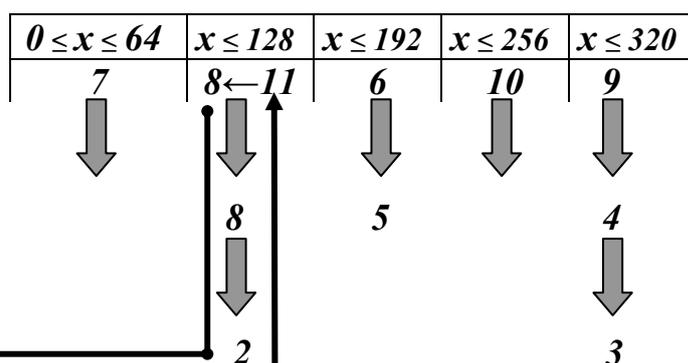
Третий, заключительный шаг процедуры, состоит в анализе формуляров конфликтов и выдаче на отображение оповещений о подтверждениях опасных сближений ВС по критерию «четыре из семи». Формуляры конфликтов, не подтвердившиеся более семи раз подряд, освобождаются. По остальным фиксируются текущие измерения и тенденция развития ситуации (сближение, расхождение, неизменность расстояния), обновляется служебная информация. Формы представления данных диспетчеру рассмотрены ниже.

исходные записи

№	x	y	I_x	I_y
1	55	280	0	0
2	65	280	0	1
3	280	250	0	2
4	280	230	3	0
5	150	220	0	4
6	160	190	5	5
7	50	70	1	0
8	70	50	2	0
9	250	70	4	7
10	230	50	0	8

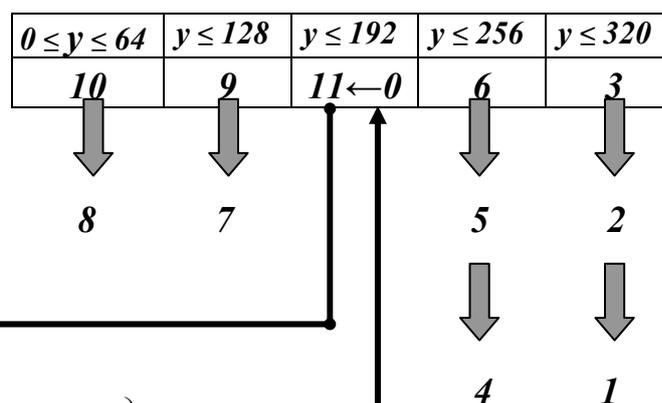
11	110	170	8	0
----	-----	-----	---	---

входной индекс по оси x I_x



порожденные цепи

входной индекс по оси y I_y



порожденные цепи

Рис. 2.12. Присоединение номера записи о ВС к списку конфликтов

3. КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

3.1.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ. Место КП в структуре ПО АС УВД

анализировалось в книге 1 настоящей серии. Основной задачей обработки плановой информации является создание модели воздушного движения. Ее анализ и корректировка позволяют заблаговременно оптимизировать процессы непосредственного УВД по критериям безопасности, регулярности и экономичности полетов. В процессе выполнения полетов модель позволяет предоставлять диспетчерам необходимую прогностическую информацию на индивидуальных средствах отображения для принятия конкретных управляющих решений. Общая задача КП складывается из набора относительно независимых подзадач, наиболее важными из которых являются (рис. 3.1):



Рис. 3.1. Основные функции КП обработки плановой информации

3.1.2. Начальная загрузка (запуск/перезапуск) КП планирования. Запуск подсистемы планирования при начальной загрузке системы в целом или при вводе в систему одного из ее элементов требует, во-первых, восстановления плановой информации по состоянию на момент выхода системы из рабочего режима. Во-вторых, необходима корректная процедура преобразования устаревших описаний объектов, управляемых в реальном масштабе времени, для приведения их к текущему состоянию. Технологическая схема процесса восстановления включает в себя следующие операции:

- синхронизация по информации и управлению с взаимодействующими элементами системы (аппаратными и программными);

- загрузка из БД планов полетов на плановом сервере (кластере) в оперативную память перезапускаемых ПЭВМ сменных констант технологии УВД и параметров структуры ВП;

- загрузка из БД планов полетов на плановом сервере (кластере) в оперативную память перезапускаемых ПЭВМ сводных суточного и оперативного планов ИВП с фильтрацией устаревших планов полетов, которые должны были по критериям времени удаляться из системы в период ее неработоспособного состояния;

- активизация расписания полетов с корректной процедурой сопоставления каждого преобразованного плана с имеющимися в сводных планах ИВП для предотвращения как их дублирования, так и утраты информации введенных в предшествовавший период рабочего состояния системы корректирующих сообщений и функций ввода диспетчеров;

- загрузка из БД планов полетов на плановом сервере (кластере) в оперативную память перезапускаемых ПЭВМ активных планов с фильтрацией устаревших планов полетов, которые должны были по критериям времени удаляться из системы в период ее неработоспособного состояния;

- восстановление рельефа загрузки элементов ВП (модели ИВП);

- восстановление связей активных планов полетов с радиолокационными описаниями отождествленных ВС;

- восстановление плановой информации, отображаемой на индивидуальных индикаторах рабочих мест принудительно (списки) и по запросам диспетчеров (треки и маршруты по плану и т.д.) по состоянию на момент выхода системы (или ее элемента) из рабочего режима с учетом их приведения к текущему состоянию;

- автоматическое формирование сообщений для выдачи в сеть АНС ПД и ТС об установленных на основе процедур приведения системы к текущему состоянию событиях (вылетах, задержках, посадках и т.д.), произошедших в период неработоспособного состояния;

- обслуживание «зависших» функций ввода диспетчеров, воспринятых системой перед ее отказом, но не успевших пройти обработку.

3.1.3. СОПРОВОЖДЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ РАСПИСАНИЯ ПОЛЕТОВ. Библиотека расписания полетов представляет собой таблицу стандартных (регулярных, повторяющихся) планов полетов (РПЛ), предназначенную для ежедневного автоматического пополнения средствами системы сводного СП данными о рейсах по расписанию. Ввод и корректировка данных в библиотеке осуществ-

Выбор РПЛ

ВВОД ВОЗВРАТ

НОМЕР РЕЙСА:

АЭРОДРОМ ВЫЛЕТА:

АЭРОДРОМ НАЗНАЧЕНИЯ:

ДНИ НЕДЕЛИ:

СРОК ДЕЙСТВИЯ С: ПО:

Выбор РПЛ

ВВОД ЯНВАРЬ ПРЕЖНИЙ СЛЕДУЮЩИЙ ДЕКАБРЬ ВОЗВРАТ

НОМЕР РЕЙСА:

АЭРОДРОМ ВЫЛЕТА:

АЭРОДРОМ НАЗНАЧЕНИЯ:

ДНИ НЕДЕЛИ:

Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

входятся с рабочих мест ассистентов группы организации потоков (ГОП) с помощью алфавитно-цифровой клавиатуры (АЦК) и функций «Н.РПЛ» и «ПОИСК», либо по утверждению диспетчерами той же группы поступившего из сети АНС ПД и ТС сообщения РПЛ.

Рис. 3.2. Форма для вызова на отображение страницы РПЛ

Система воспринимает ввод нового или редактирование устаревшего РПЛ как обычный план полета, требующий расчета, и производит его полную обработку по схеме раздела 3.2. В противном случае становится возможным появление в библиотеке планов, которые не смогут быть автоматически преобразованы в предварительные планы полетов (ППЛ) в процессе ежесуточной процедуры активизации расписания. Включенные в библиотеку планы автоматически удаляются из БД по истечении срока действия. Обеспечивается вызов на отображение любого плана или совокупности планов по нескольким критериям (ключам) поиска. Это номер рейса, аэродромы вылета и назначения, дни недели действия РПЛ, сроки действия (рис. 3.2). При вызове на отображение нескольких планов, удовлетворяющих заданным в запросе ограничениям, их подборка сортируется по возрастанию лидирующих символов номеров рейса по расписанию.

Библиотека расписания доступна для просмотра на рабочих местах групп планирования и управления в секторах на трассах и вне трасс. Предоставляется возможность ручного преобразования любого РПЛ в ППЛ или в зарегистрированный план полета (ФПЛ). Ассистент ГОП с помощью подфункций функции «ПОИСК» имеет возможность вручную изменять, копировать и удалять из БД любой РПЛ (рис. 3.3).

БИБЛИОТЕКА ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПЛАНОВ										ВРЕМЯ: UTC - 11:27:11			МОСКВА - 15:27:11			НОВОСИБИРСК - 18:27:11				
ВВОД										ВОЗВРАТ										
3.РПЛ	7.	ОД123	9.	ЛИ2	13.	УННН1000	15.	K0570C0750 НГЖ НСЖ ННН В106 В23 В108 НРМ НЫА НКД												
					16.	УСХХ0500	18.	ЕЕТ/УНН30400												
										ДНИ НЕДЕЛИ:			1	3	7	С	01.09.01	ПО	30.09.01	
3.РПЛ	7.		9.		13.		15.													
					16.		18.													
										ДНИ НЕДЕЛИ:						С				
3.РПЛ	7.		9.		13.		15.													
					16.		18.													
										ДНИ НЕДЕЛИ:						С				
3.РПЛ	7.		9.		13.		15.													
					16.		18.													
										ДНИ НЕДЕЛИ:						С				
										Введите дату окончания срока действия плана полета.										

Рис. 3.3. Фрагмент страницы РПЛ с внесением изменений в поля плана

Аналогичная библиотека стандартных планов полетов авиации вне трасс и учебно-тренировочных полетов (УТП), не доступная с рабочих мест сектора УВД на трассах, сопровождается системой по той же схеме. Отличия касаются формы представления повторяющихся планов вне трасс и дополнительных критериев поиска при запросе планов на отображение (ведомственная принадлежность, тип полета и т.д.).

3.2. ОБРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ПОЛЕТОВ

3.2.1. ПРИЕМ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ из каналов АНС ПД и ТС, цифровых линий обмена данными, с рабочих мест диспетчерского персонала осуществляется по единой схеме.

Сообщения, поступающие в систему из каналов сети АНС ПД и ТС, проходят предварительную обработку по установленным правилам (анализ служебной части, адресных строк и строки отправителя, архивация и т.д.). Распознанные сообщения сортируются по типам (плановые, метеорологические, служебные, коммерческие и т.д.). На вход КП планирования передаются только формализованные сообщения по УВД, регламентированные документом «Табель сообщений ТС ТА-95» [6].

Корректно составленные планы полетов и корректирующие сообщения к ним, принятые из сети АНС ПД и ТС до установленного автоматизированной технологией ОВД времени, автоматически обрабатываются системой и фиксируются в БД планов полетов. Сообщения, поступившие позже установленного срока или составленные с ошибками, направляются в очередь диспетчеру организации потоков (ДОП) соответствующего направления, автоматически определенного системой по заданным критериям, для редактирования и утверждения. Для облегчения правильности ввода информации предусматриваются всплывающие списки и таблицы корректных данных, как это показано на серии рис. 3.4 – 3.6.

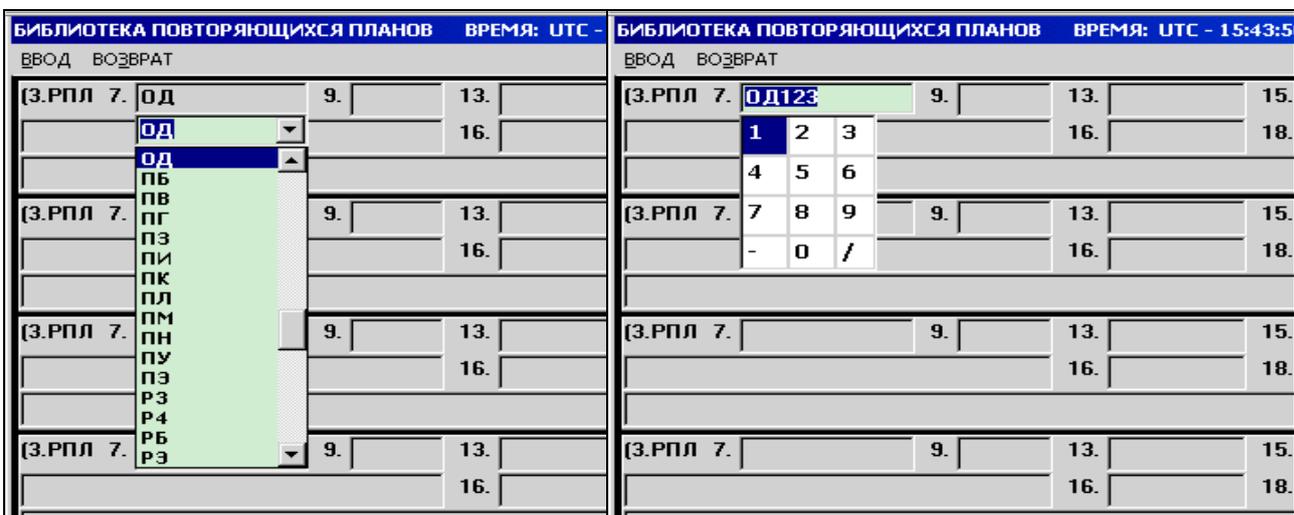


Рис. 3.4. Всплывающие списки и таблицы для заполнения поля «Номер рейса»

Плановая информация, поступающая по цифровым линиям обмена данными, относится только к этапу непосредственного УВД, для которого взаимодействие через сеть телеграфных каналов не обеспечивает выполнения ограничений по времени обмена. Основное содержание наземного цифрового обмена данными составляют автоматизированные процедуры приема и передачи управления ВС между смежными АС УВД (сообщения активизации – АЦТ, согласования условий приема – ЛАМ, утверждения условий передачи – НАС; а также их аналоги при взаимодействии секторов вне трасс и т.д.). Дру-

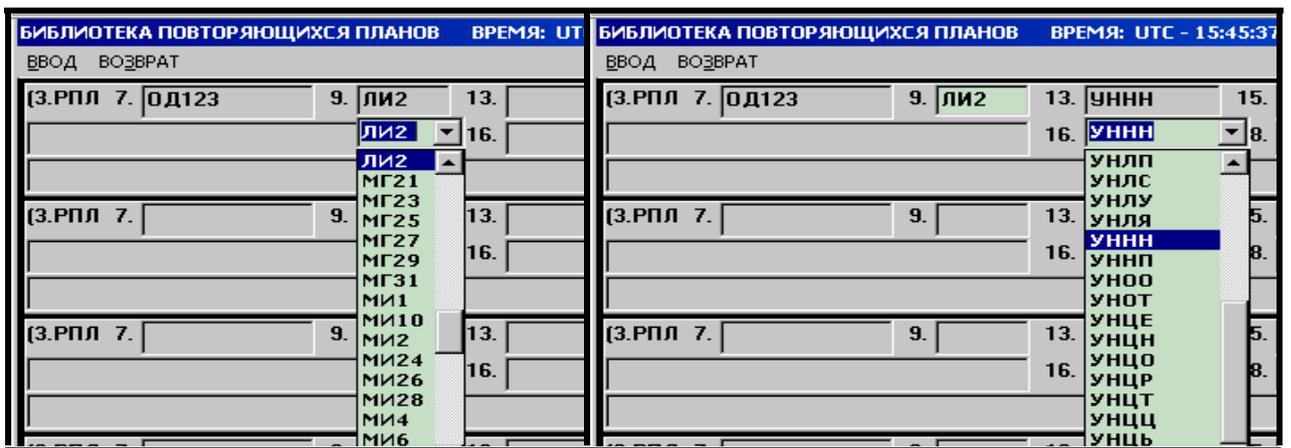


Рис. 3.5. Выпадающие списки для заполнения полей «Тип ВС» и «Аэродром»

гими пользователями каналов цифрового обмена становятся ВС, оснащенные бортовым оборудованием АЗН, вступающие в сеансы связи с подсистемой планирования и обменивающиеся с ней формализованными кодограммами.

Плановые сообщения, составленные без ошибок на рабочих местах системы, в том числе корректировки планов полетов по функции «МОД.ПЛ»,

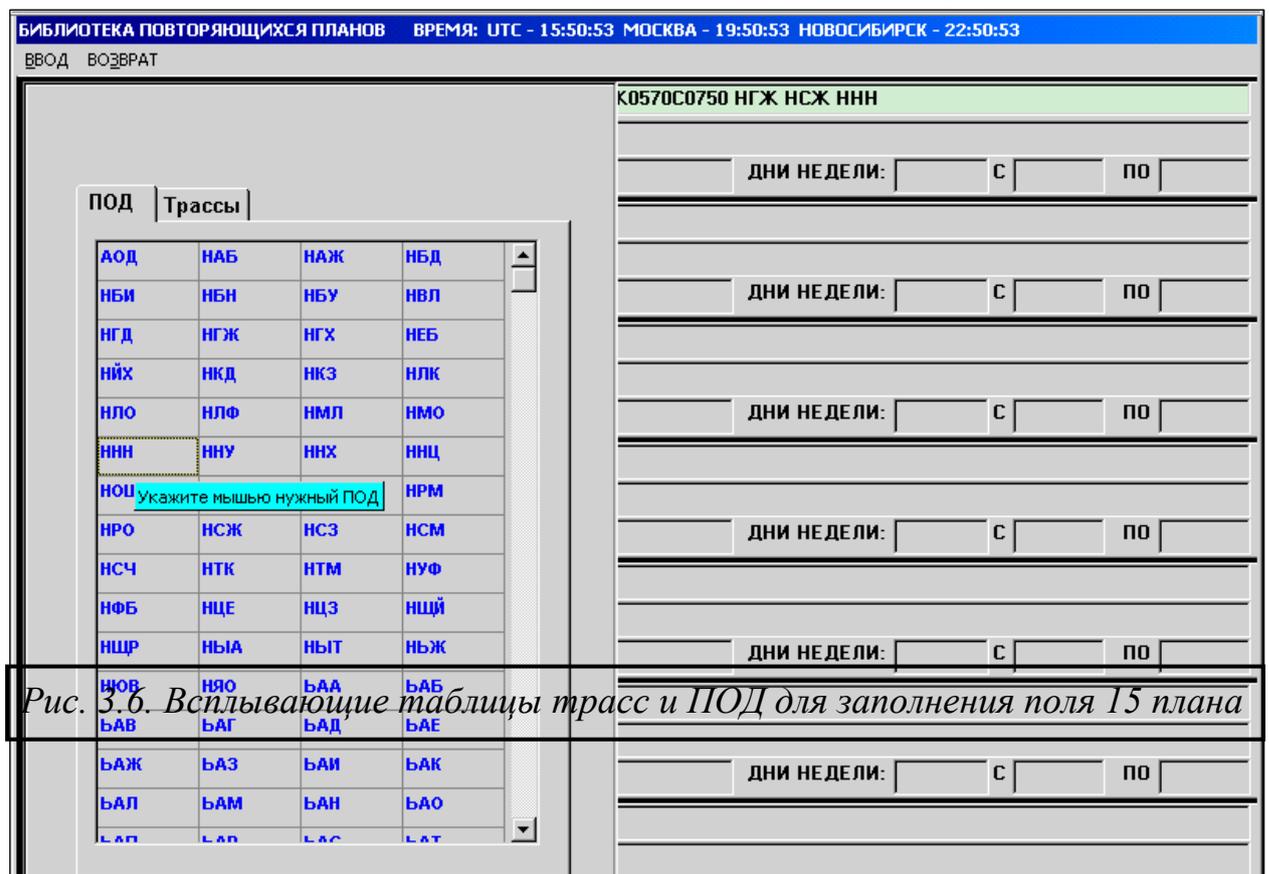


Рис. 3.6. Всплывающие таблицы трасс и ПОД для заполнения поля 15 плана

по функциям ввода диспетчера радиолокационного управления (ДРУ) и диспетчера процедурного контроля (ДПК), воспринимаются системой без утверждения ДОП и фиксируются в БД планов полетов. По ряду таких вводов, рассмотренных ниже, автоматически формируются и направляются для выдачи в сеть АНС ПД и ТС соответствующие телеграфные сообщения:

ЦДН – при корректировке планов, затрагивающих воздушное про-

странство заинтересованных органов УВД – в адреса этих органов согласно требованиям ТС ТА-95;

ДЕП – при вводе диспетчером старта функции АТД «Фактическое время вылета» в случае вылета ВС с основного аэродрома;

АРР – при вводе диспетчером посадки функции АТА «Фактическое время посадки» в случае приземления ВС на основном аэродроме и т.д.

Детализация методологической, технологической и алгоритмической схем процессов приема плановой информации приводится ниже.

3.2.2. ФОРМАТНО-ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ (ФЛК) поступающих в систему плановых данных предназначен для предварительной оценки корректности воспринимаемой информации. На этом этапе решаются вопросы (рис. 3.7):

БИБЛИОТЕКА ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПЛАНОВ						ВРЕМЯ: UTC - 13:11:34						МОСКВА - 17:11:34						НОВОСИБИРСК - 20:11:34					
ВВОД												ВОЗВРАТ											
3.РПл 7.	4	9.		13.		15.		16.		18.		НЕИЗВЕСТНАЯ АВИАКОМПАНИЯ. ВВЕДИТЕ ГРУППУ "ОПР" В ПОЛЕ 18.						ДНИ НЕДЕЛИ: с по					
3.РПл 7.	АЛ	9.		13.		15.		16.		18.		ПОЛЕ "НОМЕР РЕЙСА" НЕ СООТВЕТСТВУЕТ ФОРМАТУ						ДНИ НЕДЕЛИ: с по					
3.РПл 7.	БА01	9.	ЛИ-2	13.		15.		16.		18.		ПОЛЕ "ТИП ВС" НЕ СООТВЕТСТВУЕТ УСТАНОВЛЕННОМУ ФОРМАТУ						ДНИ НЕДЕЛИ: с по					
3.РПл 7.	ВГ02	9.	АН24	13.	УНЛ1000	15.		16.		18.		АЭРОДРОМ ВЫЛЕТА НЕ СООТВЕТСТВУЕТ ФОРМАТУ ПЛАНА (АААА)						ДНИ НЕДЕЛИ: с по					
3.РПл 7.	ГЖ03	9.	Б737	13.	УНЛС800	15.		16.		18.		ВРЕМЯ ВЫЛЕТА НЕ СООТВЕТСТВУЕТ УСТАНОВЛЕННОМУ ФОРМАТУ						ДНИ НЕДЕЛИ: с по					
3.РПл 7.	ДД04	9.	ДС9	13.	УУДД0800	15.	К0570С0750 В93	16.	УНЦЕ1500	18.		ВРЕМЯ В ПОЛЕТЕ НЕ СООТВЕТСТВУЕТ УСТАНОВЛЕННОМУ ФОРМАТУ						ДНИ НЕДЕЛИ: с по					
3.РПл 7.	ЖБ05	9.	ИЛ18	13.	УИИИ0300	15.	К570С0660 В106	16.	УНО0030	18.		НАРУШЕН ФОРМАТ КРЕЙСЕРСКОЙ СКОРОСТИ В ПОЛЕ 15						ДНИ НЕДЕЛИ: с по					

Рис. 3.7. Примеры сообщений об ошибках формата полей планов

- сможет ли подсистема планирования распознать формализованный текст и корректно распределить новую плановую информацию;
- удовлетворяют ли указанные в тексте физические величины установленным ограничениям;
- формируются ли таблицы данных для дальнейшей обработки.

Контролю подвергаются все поля сообщения, заключенные в круглые скобки телеграфного бланка (или все поля команды диспетчера). При обнаружении ошибок организуется диалог с диспетчером, исполнившим ввод, или с диспетчером ГОП соответствующего направления при поступлении

плана из сети АНС ПД и ТС. Для ППЛ, ФПЛ и корректирующих сообщений к ним производится проверка наличия в системе ППЛ и ФПЛ с тем же номером рейса и аэродромами вылета. При каждом конфликте (два ППЛ с одинаковыми критериями поиска; поступающий ФПЛ отличается от соответствующего ему ППЛ более чем на разрешенные допуски; в системе нет плана, на который поступает корректирующее сообщение) в очередь ДОП соответствующего направления направляется либо конфликтующая пара, либо корректировка, не нашедшая нужную пару.

Для ответа на первый вопрос система должна установить однозначное соответствие хранящимся в БД таблицам наименований или правил заполнения (шаблонов) следующих полей вводимого сообщения (рис. 3.8):

БИБЛИОТЕКА ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПЛАНОВ									
ВРЕМЯ: UTC - 13:33:58 МОСКВА - 17:33:58 НОВОСИБИРСК - 20:33:58									
ВВОД ВОЗВРАТ									
(3.РПЛ 7.	ИВ06	9.	КА25	13.	УИАА0900	15.	К0570С750 В93		
				16.	УННН0400	18.			
УТОЧНИТЕ ЗАПРОШЕННЫЙ ЭШЕЛОН В ПОЛЕ 15 (МПВП?)							ДНИ НЕДЕЛИ: <input type="text"/> С <input type="text"/> ПО <input type="text"/>		
(3.РПЛ 7.	КД07	9.	Л410	13.	УИИИ1000	15.	К0470С0350 В93		
				16.	УННН030	18.			
ВРЕМЯ В ПОЛЕТЕ НЕ СООТВЕТСТВУЕТ УСТАНОВЛЕННОМУ ФОРМАТУ							ДНИ НЕДЕЛИ: <input type="text"/> С <input type="text"/> ПО <input type="text"/>		
(3.РПЛ 7.	ЛП08	9.	МИ8	13.	УСО00900	15.	К0450С0350 В93		
				16.	УННН0300	18.	ЕЕТ/УНН3020		
УТОЧНИТЕ ПОДЛЕТНОЕ ВРЕМЯ (ГРУППА ЕЕТ/УННЗ В ПОЛЕ 18)							ДНИ НЕДЕЛИ: <input type="text"/> С <input type="text"/> ПО <input type="text"/>		
(3.РПЛ 7.	МЫ09	9.	О39	13.	УВНЛ1000	15.	К0500С0400 В93		
				16.	УХЛС0400	18.	ЕЕТ/УНН30530		
ПОДЛЕТНОЕ ВРЕМЯ (ЕЕТ/УННЗ) БОЛЬШЕ ВРЕМЕНИ В ПОЛЕТЕ							ДНИ НЕДЕЛИ: <input type="text"/> С <input type="text"/> ПО <input type="text"/>		
(3.РПЛ 7.	НЗ10	9.	С210	13.	УААА1400	15.	К0850С0840 В93		
				16.	УНО00400	18.	ЕЕТ/УНН30300		
НАРУШЕН ФОРМАТ ПОЛЯ "ДНИ НЕДЕЛИ" (ЦИФРЫ ОТ 1 ДО 7)							ДНИ НЕДЕЛИ: <input type="text"/> 0 3 7 9 С <input type="text"/> ПО <input type="text"/>		
(3.РПЛ 7.	ДД04	9.	ДС9	13.	УУДД0800	15.	К0570С0750 В93		
				16.	УНЦЕ1500	18.			
НАРУШЕН ДИАПАЗОН ДОПУСТИМОЙ КРЕЙСЕРСКОЙ СКОРОСТИ							ДНИ НЕДЕЛИ: <input type="text"/> С <input type="text"/> ПО <input type="text"/>		
(3.РПЛ 7.	ОГ11	9.	ИЛ18	13.	УИИИ0300	15.	К0850С0660 В106		
				16.	УНО00300	18.	ЕЕТ/УНН30200		
НАРУШЕН ДИАПАЗОН ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭШЕЛОНА В ПОЛЕ 15							ДНИ НЕДЕЛИ: <input type="text"/> 1 5 С <input type="text"/> 01.09.1 ПО <input type="text"/>		
Введите дату начала срока действия плана полета.									

Рис. 3.8. Примеры сообщений об ошибках формата полей планов

Поле 3 – тип сообщения – для автоматического выбора последовательности дальнейшей программной обработки.

Поле 7 – номер рейса – для определения принадлежности ВС конкретной авиакомпании, для расчета аэронавигационных сборов, для документирования процесса УВД и для формирования составного ключа поиска в БД планов полетов. Для ФПЛ ВС иностранных авиакомпаний дополнительно контролируется код ВРЛ ИКАО – для автоматического отождествления радиолокационной и плановой информации на этапе непосредственного УВД.

Поле 8 – правила и статус полета – для отображения по запросу.

Поле 9 – количество и тип головного ВС в группе, категория спутной турбулентности – с той же целью, а также для правильного выбора категории летно-технических характеристик (ЛТХ) ВС при расчете модели полета.

Поле 10 – радионавигационное и связанное оборудование – для отображения по запросу диспетчера.

Поле 13 – аэродром и время вылета – для выбора последовательности дальнейшей автоматической обработки, формирования и расчета маршрута.

Поле 14 – пункт входа – с той же целью.

Поле 15 – описание маршрута – для построения модели полета.

Поле 16 – аэродром назначения и расчетное время в пути до посадки – с той же целью. В том же поле – запасные аэродромы – для проверки соответствия правилам формирования условных наименований аэродромов.

Поле 18 – дополнительная информация – для проверки наличия данных, необходимость в которых установлена ТС ТА-95 при различных комбинациях заполнения предыдущих полей плана.

Поле 22 – изменяемые поля – для оценки возможности автоматической корректировки хранящихся в системе планов.

Примеры реакции системы на ввод некорректной информации представлены на рис. 3.7 – 3.9.

БИБЛИОТЕКА ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПЛАНОВ																	
ВРЕМЯ: UTC - 14:00:29 МОСКВА - 18:00:29 НОВОСИБИРСК - 21:00:29																	
ВВОД ВОЗВРАТ																	
3.РПЛ 7.	ПК12	9.	ТУ34	13.	УИАА0900	15.	К0850С0900 В93										
				16.	УННН0300	18.	ЕЕТ/УНН30200										
УТОЧНИТЕ НАЧАЛО СРОКА ДЕЙСТВИЯ ПЛАНА (ДД.ММ.ГГ)																	
ДНИ НЕДЕЛИ: 1 5 С 1.9.1 ПО 30.9.1																	
3.РПЛ 7.	РБ13	9.	ХС25	13.	УИИИ1000	15.	К0470С0350 В93										
				16.	УННН0300	18.	ЕЕТ/УНН30200										
НАРУШЕН ДИАПАЗОН ДОПУСТИМОЙ КРЕЙСЕРСКОЙ СКОРОСТИ																	
ДНИ НЕДЕЛИ: 2 4 6 С 01.09.01 ПО 31.08.01																	
3.РПЛ 7.	СП14	9.	ЯК40	13.	УСО00900	15.	У0450С0350 В93										
				16.	УННН0300	18.	ЕЕТ/УНН30200										
НЕИЗВЕСТНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ КРЕЙСЕРСКОЙ СКОРОСТИ В ПОЛЕ 15																	
ДНИ НЕДЕЛИ: 1 3 5 7 С 01.08.01 ПО 30.09.01																	
3.РПЛ 7.	ТЮ15	9.	ОЗ9	13.	УСНЛ1000	15.	К0500Н0400 В93										
				16.	УХЛС0400	18.	ЕЕТ/УНН30330										
НЕИЗВЕСТНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ ЗАПРОШЕННОГО ЭШЕЛОНА В ПОЛЕ 15																	
ДНИ НЕДЕЛИ: С ПО																	
3.РПЛ 7.	УП16	9.	С210	13.	УААА1400	15.	К0850С0840 В93										
				16.	УНО00400	18.	ЕЕТ/УНН30300										
НАРУШЕН ФОРМАТ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЯ 15 "ОПИСАНИЕ МАРШРУТА"																	
ДНИ НЕДЕЛИ: 0 3 7 9 С ПО																	
3.РПЛ 7.	ФШ17	9.	ИЛ62	13.	УУДД0800	15.	К0850С0950 НБН НГЖ НКД НЛФ ННУ ННР НСЖ НТК НЦЕ НЫА										
				16.	УНЦЕ1500	18.	НМО НГХ НВЛ										
СИСТЕМА ДОПУСКАЕТ ВВОД ДЕСЯТИ ЭЛЕМЕНТОВ МАРШРУТА																	
ДНИ НЕДЕЛИ: С ПО																	
3.РПЛ 7.	ХИ18	9.	ИЛ18	13.	УИИИ0300	15.	К0850С0780 В106 НГЖ ННР НМО ККК НЛО В40										
				16.	УНО00300	18.	ЕЕТ/УНН30200										
НЕИЗВЕСТНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ОПИСАНИЯ МАРШРУТА В ПОЛЕ 15																	
ДНИ НЕДЕЛИ: 1 5 С 01.09.1 ПО																	
Введите дату окончания срока действия плана полета.																	

Рис. 3.9. Примеры сообщений об ошибках формата полей планов

Для ответа на второй вопрос система устанавливает однозначное соответствие хранящимся в БД значениям разрешенных допусков физических величин, указанных в следующих полях вводимого сообщения:

Поле 13 – время начала руления – комбинация цифр в пределах часа и минут суток – для однозначного определения расчетного времени вылета.

Поле 15 – способы указания и величины крейсерской скорости и запрошенного эшелона; корректность задания элементов маршрута для его дальнейшего анализа.

Поле 16 – расчетное истекшее время в пути до посадки – комбинация цифр в пределах часов и минут суток, не превышающая по величине допустимого времени полета для заданного типа ВС.

Поле 18 – расчетное истекшее время в пути до подлета к границе района УВД, в котором развернута система – комбинация цифр в пределах часов и минут суток, не превышающая по величине допустимого времени полета для заданного типа ВС и не превосходящая величины, указанной в поле 16.

При обнаружении ошибок в плановом сообщении организуется диалог системы с диспетчером, облегчающий редактирование вводимой информации. Контрастным цветом подсвечиваются ошибочные поля, и отображается сообщение о первой в порядке просмотра обнаруженной ошибке. При этом следует помнить, что ПО не должно быть «умнее» диспетчера. Задача ЭВМ – снижение удельного веса рутинных операций в работе человека. Например, для каждого типа ВС известны допустимые диапазоны крейсерской скорости и эшелона полета. Если какая-то из этих величин в проверяемом плане не принадлежит допустимому диапазону, это означает альтернативу:

- либо ошибся составитель плана;
- либо условия полета таковы, что требуют движения с нежелательными значениями скорости или высоты полета.

При обнаружении подобных ситуаций на экране должно появляться модальное окно с уважительной подсказкой типа «Вы уверены, что ТУ-154 движется со скоростью 90, а не 900 км/час?». Если в ответ приходит «ДА», то план рассчитывается для скорости 90 км/час, если ответ «НЕТ», то действовать нужно как при обычной ошибке, т.е. прерывать обработку. После исправления и нового ввода контроль повторяется (рис. 3.10). К ошибкам того же рода относится несовпадение метеоминимума командира ВС, указанного в плане, со значением метеоминимума аэродромов по маршруту.

По сообщениям, удовлетворяющим требованиям ФЛК, формируются данные для алгоритмов анализа и формирования маршрута, фиксируемые в соответствующей области памяти.

3.2.3. АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ МАРШРУТА ПОЛЕТА ПО ПЛАНУ предназначены для определения и реализации возможности автоматического преобразования указанных в плане данных о предполагаемом маршруте движения ВС. Преобразованию подлежит содержимое поля 15. Результатом является последовательность пунктов пространственно-временной траектории в пределах зоны УВД. Однозначно устанавливаются и характеризуются хранящиеся в БД технологическими признаками и декартовыми координатами:

- точки, указанные в поле 15 плана своими наименованиями и про-

дублированные в описании трассы (хранящемся в БД), также указанной в

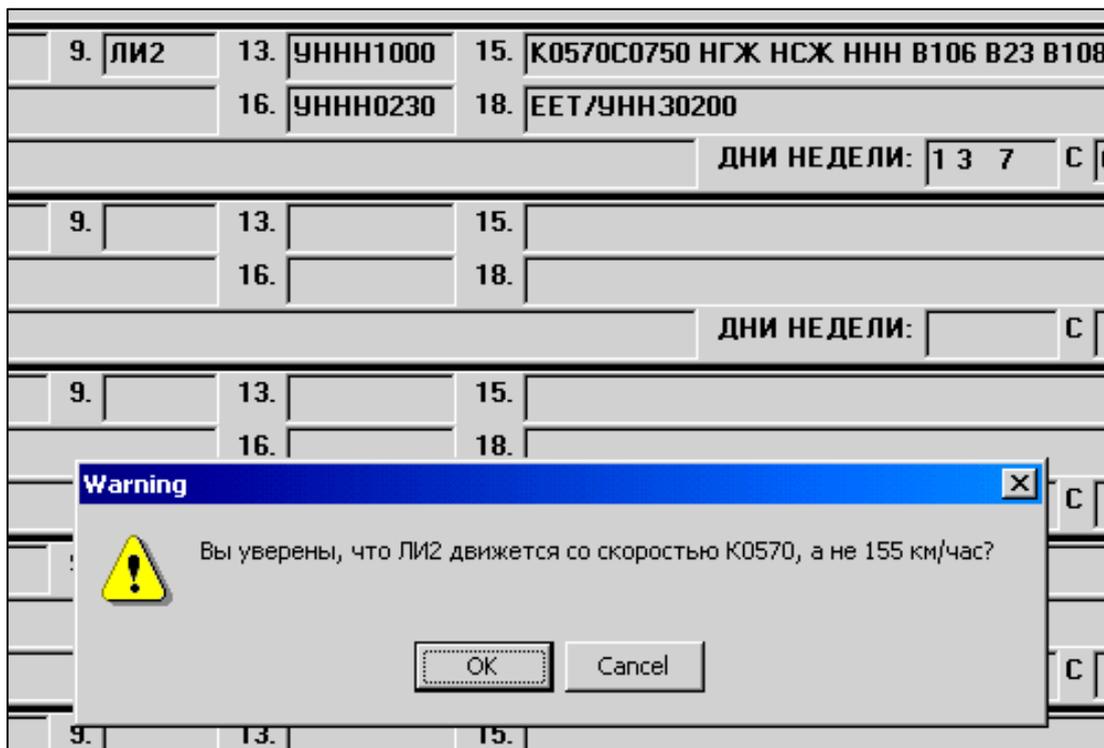


Рис. 3.10. Подсказка диспетчеру в неоднозначной ситуации ФЛК

плане (для предотвращения их повторения в формируемом маршруте);

- точка входа в РУВД для ВС, вылетающих с внешних аэродромов;
- точка присоединения к коридору выхода на трассу для ВС, убывающих с основного аэродрома;
- точка присоединения к трассе для ВС, вылетающих или прибывающих на неосновные аэродромы;
- точки набора высоты и снижения, точки смены профиля полета, включая точки смены скорости и/или эшелона;
- точки выхода на трассу и схода с нее, включая точки перехода с трассы на трассу;
- точки, заданные географическими координатами или дальностью и азимутом относительно известного системе пункта, которые идентифицируются уникальными (для данного плана) наименованиями; по ним формируется таблица пересчета координат при вызове плана по индексу строки списка;
- точка присоединения к коридору схода с трассы для ВС, прибывающих на основной аэродром;
- точка выхода из РУВД для ВС, убывающих на внешний аэродром.

При невозможности однозначного построения маршрута хотя бы по одному из перечисленных пунктов организуется диалог системы с диспетчером (рис. 3.11), облегчающий редактирование вводимой информации. Контрастным цветом подсвечиваются ошибочные поля и отображается сообщение о первой в порядке просмотра обнаруженной ошибке. Особенности ин-

терфейса оператора и системы, состав и содержание сообщений об ошибках и схемы алгоритмов детализируются ниже.

По плановым сообщениям, удовлетворяющим требованиям процедуры анализа маршрута, формируются данные для алгоритмов построения модели полета (аналог штурманского расчета), фиксируемые в памяти, такие как:

БИБЛИОТЕКА ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ПЛАНОВ										
ВРЕМЯ: UTC - 13:56:31 МОСКВА - 17:56:31 НОВОСИБИРСК - 20:56:31										
ВВОД ВОЗВРАТ										
(З.РПЛ 7.	ЛТ01	9.	ИЛ18	13.	УННН0900	15.	К0850С0840 В106	16.	УХХ0400	18.
АЭРОДРОМ НАЗНАЧЕНИЯ НЕ СООТВЕТСТВУЕТ ФОРМАТУ (AAAA)							ДНИ НЕДЕЛИ: 1 3 5 7 С 01.10.01 ПО 31.10.01			
(З.РПЛ 7.	ПБ02	9.	АН24	13.	УННН1000	15.	К0550С0660 А91	16.	УССС0400	18.
УТОЧНИТЕ ОКОНЧАНИЕ СРОКА ДЕЙСТВИЯ ПЛАНА (ДД.ММ.ГГ)							ДНИ НЕДЕЛИ: 2 4 6 С 01.10.01 ПО 31.10.01			
(З.РПЛ 7.	ПИ03	9.	ИЛ62	13.	УННН1100	15.	К0850С0900 В106	16.	УХХ0400	18.
НАЧАЛО СРОКА ДЕЙСТВИЯ ПЛАНА ПОЗЖЕ ЕГО ОКОНЧАНИЯ							ДНИ НЕДЕЛИ: 1234567 С 31.10.01 ПО 01.10.01			
(З.РПЛ 7.	РБ04	9.	ТУ34	13.	УВВВ1200	15.	К0900С0900 НР0	16.	УИИИ0300	18.
УКАЖИТЕ ХОТЯ БЫ ЕЩЕ ОДИН ЭЛЕМЕНТ МАРШРУТА							ДНИ НЕДЕЛИ: 3 6 С 01.10.01 ПО 31.10.01			
(З.РПЛ 7.	ЮХ05	9.	ЯК42	13.	УННН1400	15.	К0800С0840 В23	16.	УВВВ0500	18.
АЭРОДРОМ НЕ СВЯЗАН С ТРАССОЙ							ДНИ НЕДЕЛИ: 2 5 С 01.10.01 ПО 31.10.01			
(З.РПЛ 7.	МЛО6	9.	А310	13.	УГГГ1500	15.	К0900С0900 В93	16.	УИАА0500	18.
АЭРОДРОМ НЕДОСТИЖИМ							ДНИ НЕДЕЛИ: 1 3 6 С 01.10.01 ПО 31.10.01			
(З.РПЛ 7.	ЯТ07	9.	ИЛ96	13.	УСРР1700	15.	К0850С0960 А91 В40	16.	УХВВ0400	18.
УКАЖИТЕ ТОЧКУ ПЕРЕХОДА С ТРАССЫ НА ТРАССУ							ДНИ НЕДЕЛИ: 1 4 7 С 01.10.01 ПО 31.10.01			

Рис. 3.11. Сообщения об ошибках описания маршрута

- курсы движения в каждой точке маршрута, кроме конечной точки;
- расстояния между точками маршрута;
- принадлежность каждой точки подсектору структуры ВП.
- дополнительные точки маршрута, соответствующие границам подсекторов, для правильного определения рубежей передачи управления ВС.

Напомним, что подсектором называется базовый элемент системы, используемый для представления объемной структуры секторов ВП в ПО. Определение границ подсекторов является самой трудоемкой задачей процесса обработки индивидуального плана и требует для своего решения ресурс времени, превосходящий суммарные затраты на все остальные фазы этого процесса. В большинстве АС УВД предусмотрен ряд мер для минимизации этого времени. Достигается ускорение с помощью:

- автоматической настройки приоритетности просмотра;
- перераспределения функций между алгоритмами поиска и БД;
- оптимизации поиска пересечений границ подсекторов с маршрутом.

Для решения задачи используется известный алгоритм анализа на четность количества точек пересечения произвольным вектором сторон многоугольника (рис. 3.12). Здесь вектор \vec{a} пересекает многоугольник $ABCDEF$ в двух точках – P , T – и его начало не лежит внутри многоугольника. Аналогична ситуация с вектором \vec{c} . Его начало также не лежит внутри многоугольника, однако со сторонами последнего вектор \vec{c} вообще не пересекается, т.е. имеет ноль пересечений (будем считать, что 0 – это четное число). Теперь рассмотрим вектор \vec{b} . Его начало лежит внутри многоугольника $ABCDEF$, и вектор \vec{b} пересекает сторону многоугольника один раз – в точке S .

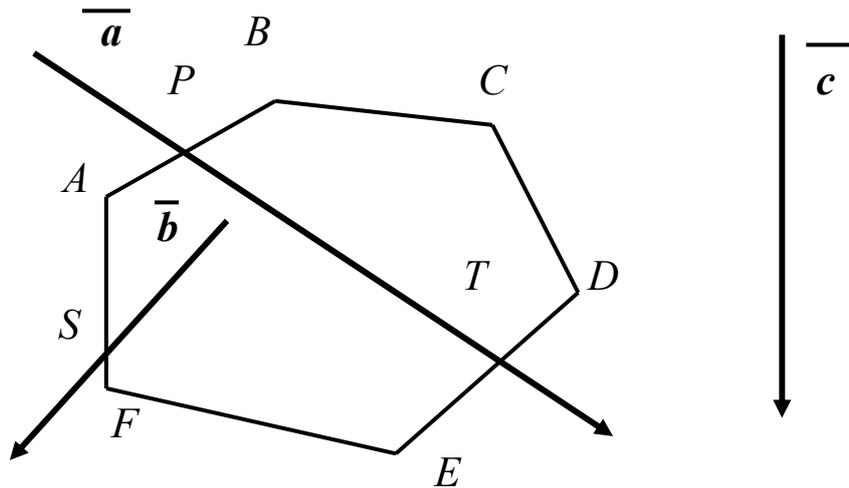


Рис. 3.12. Анализ на четность количества точек пересечения

На этом наблюдении основан алгоритм определения принадлежности точки подсектору структуры ВП системы (рис 3.13):

1. Последовательно просматривать все подсекторы, пока не найдется тот, которому принадлежит анализируемая точка. Просмотр состоит в определении количества точек пересечения произвольного вектора, исходящего из точки, с границами подсектора.
2. Если количество пересечений произвольного вектора и границ очередного подсектора четно, тогда точка не принадлежит данному подсектору.
3. Если количество пересечений произвольного вектора и границ подсектора нечетно, тогда точка принадлежит данному подсектору.
4. Если рассмотрены все подсекторы, и ни одному из них точка не принадлежит, тогда она находится вне системы.

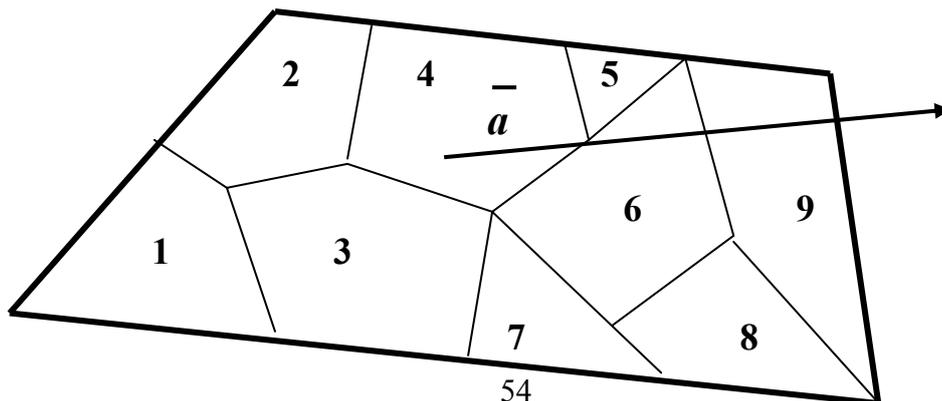


Рис. 3.13. Плоская проекция сектора и девяти его подсекторов

Рассмотрим схему работы алгоритма на примере рис. 3.13. Последовательно просматриваем подсекторы очередного сектора:

- первому подсектору точка не принадлежит;
- второму подсектору точка не принадлежит;
- третьему подсектору точка не принадлежит;
- четвертому подсектору точка принадлежит.

После определения принадлежности подсектору очередной точки маршрута, переходим к следующей его точке.

3.2.4. РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА. Алгоритмы этой группы предназначены для построения модели полета, т.е. для вычисления значений высоты и времени полета каждой точки маршрута. На участках переменного профиля полета учитываются летно-технические характеристики набора высоты и снижения ВС. В процессе анализа поля 15 формируются данные, необходимые для обработки запросов интегральной плановой информации (списков) и отсутствующие в исходном плане:

- расчетное время и (для вылетающих с известных системе аэродромов) расчетная высота входа ВС в каждый затрагиваемый маршрутом сектор;
- расчетные времена вылета и (для прибывающих на известные системе аэродромы) посадки ВС по плану;
- расчетное время и (для приземляющихся на не известные системе аэродромы) расчетная высота выхода ВС из района УВД по плану;
- статические данные для формирования электронных стрипов.

Для расчета вертикальной составляющей скорости в фазе набора высоты обычно используется экспоненциальная аппроксимация траектории полета; в фазе снижения – кусочно-линейная аппроксимация. Расчетная высота на участках переменного профиля полета вычисляется с учетом системных ограничений по высоте полета точек. Горизонтальная составляющая скорости рассчитывается с использованием кусочно-линейной аппроксимации.

В результате построения четырехмерной модели полета появляется возможность определить точки пересечения границ высотных слоев подсекторов ВП. В задачу расчета траектории входит, кроме того, отыскание точек ее пересечения с высотными границами секторов. Они вводятся в описание маршрута для правильного определения рубежей передачи управления ВС;

На этапе непосредственного управления, после активизации плана, модель полета рассчитывается заново без учета заданных в поле 15 изменений скорости и/или эшелона. Этими изменениями руководит диспетчер, фиксируя в системе действительное исполнение соответствующих команд пилоту с помощью функций ввода «Уточненный эшелон» или «Уточненная скорость». Другое отличие состоит в том, что расчет активного плана производится с использованием метеорологической информации. Учитываются векторные

значения скорости ветра на рассчитанных высотах пролета пунктов маршрута и температура воздуха на аэродроме вылета, известном системе.

При невозможности однозначного построения модели полета по данным плана организуется диалог системы с диспетчером, облегчающий редактирование вводимой информации. Контрастным цветом подсвечиваются ошибочные поля, и отображается сообщение о первой в порядке просмотра обнаруженной ошибке. По планам, удовлетворяющим требованиям расчета маршрута, формируются вычисленные данные для алгоритмов распределения плановой информации.

3.2.5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПО ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ СЕКТОРОВ НТ и ВТ. Задача распределения плановой информации является центральной в процессе обработки заявок на ИВП. Ее решение позволяет представить процесс управления каждым ВС в рамках единой технологии взаимодействия диспетчеров, а маршрут полета – как цепочку последовательно затрагиваемых секторов УВД. Звенья этой цепи не только захватывают друг друга, образуя участки общего пространства, в котором происходит прием и передача управления. Для планов полетов, попеременно затрагивающих пространство секторов на трассах и вне трасс, они могут охватывать несколько звеньев частичной цепочки трассовых секторов одним или более внетрассовыми звеньями. Задача распределения информации таких полетов уникальна для многомерной структуры воздушного пространства России и ряда стран СНГ. В практике автоматизации УВД других государств она не встречается.

Алгоритм распределения обеспечивает представление исходной последовательности неповторяющихся точек маршрута в виде накладывающихся (принадлежащих одновременно двум соседним секторам УВД) участков приема-передачи управления. Они расположены в начале и в конце траектории пролета одного сектора. Между ними заключен отрезок траектории, принадлежащий только этому сектору. Такие структурные элементы маршрута описываются двумя параметрами каждый:

- номером точки входа в сектор, начиная с которой, согласно технологии УВД, возможен прием управления от передающего сектора;
- номером конечной точки, после которой передача управления в следующий по маршруту сектор приводит к нарушению технологии УВД.

Нумерация точек соответствует их положению в исходной последовательности пунктов маршрута.

В приложении к планам полетов, затрагивающих пространство на трассах и вне трасс, формирование многозвенной цепи накладывающихся секторов пролета осуществляется объединением обеих (НТ и ВТ) структур. В единую цепь секторов пролета включаются обе последовательности в хронологическом порядке движения по маршруту (рис. 3.14). Для каждого сектора допускается не только наложение лидирующих и замыкающих участков приема-передачи управления, но и полный охват сектором ВТ последовательности точек маршрута одного и более секторов НТ. Существующая тех-

нология УВД допускает прием и передачу ВС между секторами НТ и ВТ только в установленных пунктах, но не во всем контролируемом ВП.

Схема распределения по секторам разных ведомств, позволяющая исполнить процесс за один просмотр последовательности пунктов маршрута, приведена на рис. 3.15. При отсутствии однозначного распределения плановых данных организуется диалог с диспетчером, облегчающий редактирование вводимой информации. Поле 15 подсвечивается контрастным цветом, на

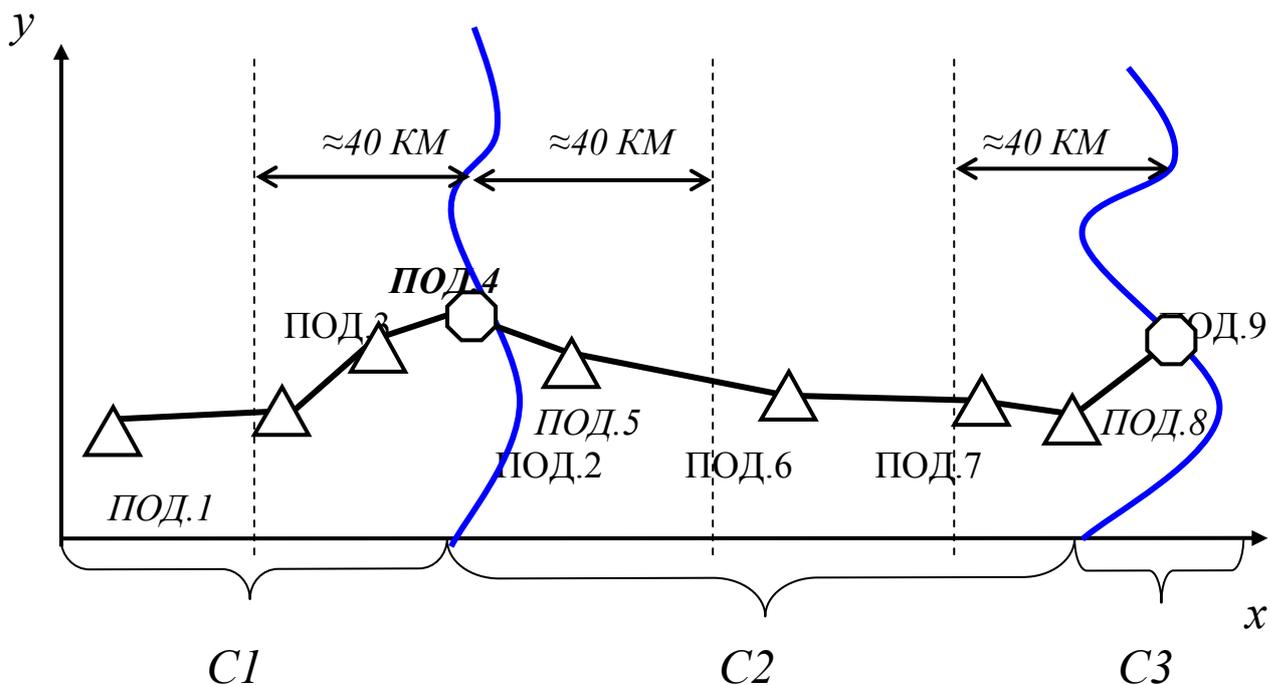


Рис. 3.14. Распределение плановой информации в секторы УВД

экран выдается сообщение о найденной ошибке: «ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ». По заявкам на ИВП, удовлетворяющим требованиям системы, формируются вычисленные данные для алгоритмов предварительной оценки вводимого плана на бесконфликтность в пунктах маршрута с ранее введенными планами, фиксируемые в соответствующей области памяти.

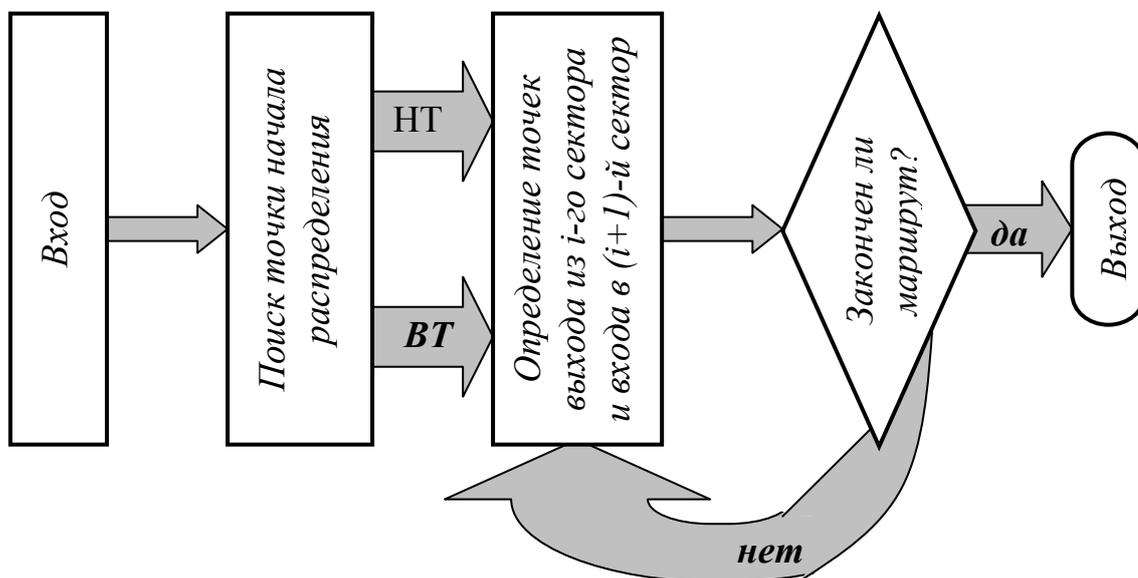


Рис. 3.15. Укрупненная блок-схема алгоритма распределения по секторам

3.2.6. **ФИЛЬТР ЗАГРУЗКИ.** После выполнения функции распределения по секторам пролета, в записи о рассчитываемом плане сосредоточена вся необходимая информация о затрагиваемых элементах ВП. Для оценки загрузки последних алгоритм фильтрации последовательно обращается к их гистограммам и в каждую вносит дополнения по следующей схеме.

1. В гистограмме почасового распределения загрузки ВП РФ отыскать столбец, соответствующий часу суток, в течение которого ВС входит (или взлетает) в ВП, и внутри столбца найти место, соответствующее минутам входа ВС в ВП. Зафиксировать в найденном месте номер записи о рассчитываемом плане. Повторить те же операции для гистограммы, отображающей моменты выхода ВС из ВП страны (или посадки на ее территории).

2. Выполнить аналогичные операции с гистограммами почасового распределения моментов входа и выхода ВС в ВП ЗЦ, затрагиваемых планом.

3. Выполнить аналогичные операции с гистограммами почасового распределения моментов входа и выхода ВС в ВП затрагиваемых РЦ.

4. Выполнить аналогичные операции с гистограммами почасового распределения моментов входа и выхода ВС в ВП секторов УВД, затрагиваемых маршрутом полета. Проверить высоту столбца, в котором зафиксирован номер записи о вводимом плане. В случае превышения установленной нормы сформировать заявку на подключение эксперта рекомендаций.

5. В гистограмме почасового распределения загрузки каждого ПОД, затрагиваемого маршрутом, отыскать столбец, соответствующий расчетному часу суток, в течение которого ВС пролетает его, и внутри столбца найти место, соответствующее минутам пролета ПОД. Зафиксировать в найденном месте номер записи о рассчитываемом плане и проверить высоту столбца. В случае превышения установленной нормы загрузки сформировать заявку на подключение эксперта рекомендаций.

6. Эксперт рекомендаций должен анализировать все допустимые (т.е. зарегистрированные и хранящиеся в БД) маршруты, соединяющие указанные в плане аэродромы вылета и назначения, выбрать те из них, которые не создают перегрузки элементов ВП, и отобразить найденные варианты на экране.

7. Обработка плана должна быть прервана до принятия диспетчером планирования решения либо об утверждении исходного плана, либо о согласовании его изменений со всеми заинтересованными органами УВД.

Изложенную схему иллюстрирует условный пример рис. 3.16.

Диспетчеру отображается план полета, ввод которого приводит к перегрузке одного из элементов ВП (ПОД НЬЖ – Новый Васюган). Для наглядности дается гистограмма почасовой загрузки ПОД, подтверждающая, что на десятом часу суток загрузка приближается к своему предельному значению. Использование хранящихся в БД альтернативных зарегистрированных мар-

шрутов позволяет эксперту рекомендаций рассчитать четыре равноценных варианта перераспределения загрузки, которые он предлагает персоналу на выбор. Диспетчер с помощью меню, клавиатуры и мыши может отказаться от предложений и ввести в систему исходный план. Он может выбрать и утвердить любой из предложенных экспертом рекомендаций вариант равномерной загрузки. Наконец, ему предоставляется возможность построить собственный вариант перераспределения вводимого маршрута. По исполнению принятого решения ПО автоматически формирует и рассылает всем заинтересованным органам УВД сообщения о координации плана.

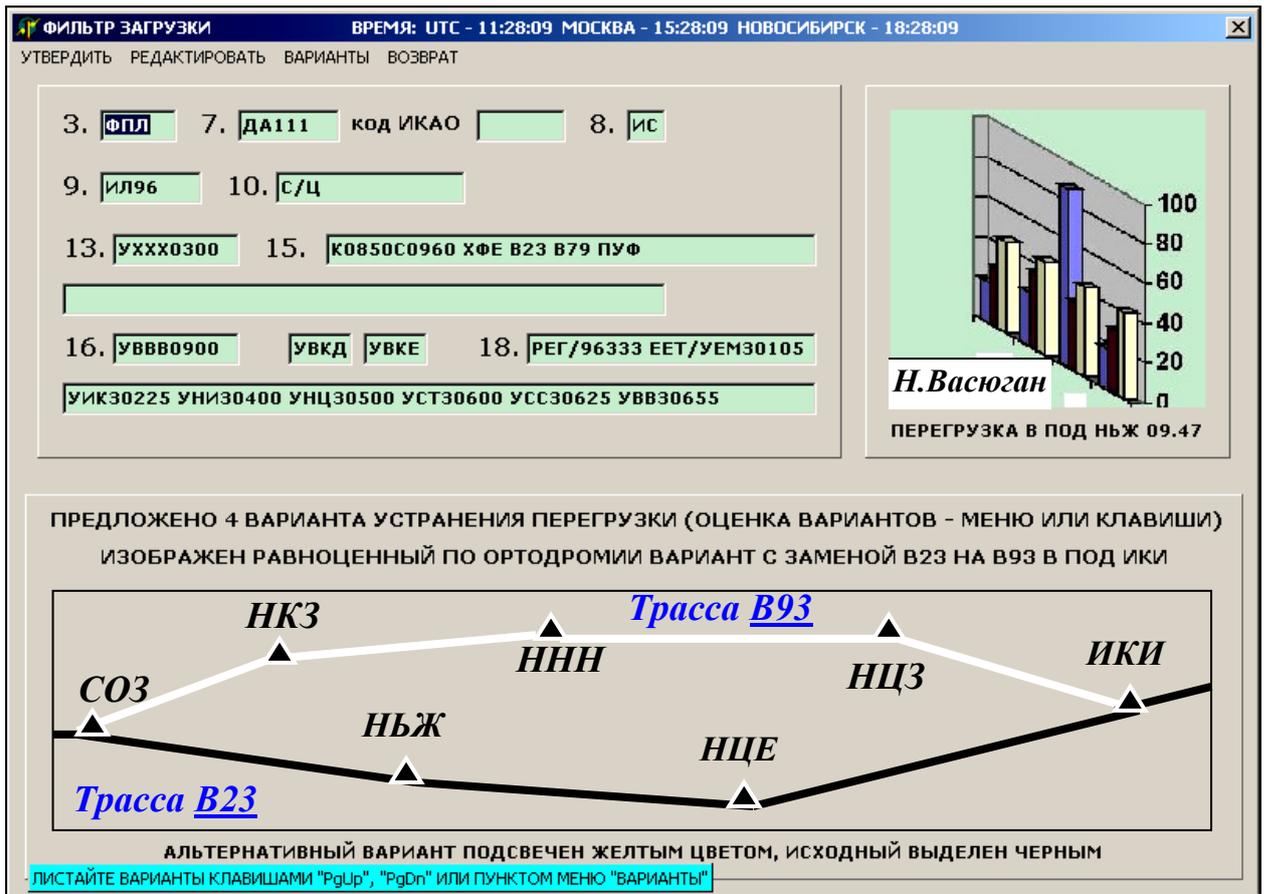


Рис. 3.16. Предложения эксперта рекомендаций по выравниванию загрузки

3.2.7. ПРОВЕРКА ВВОДИМОГО ПЛАНА НА БЕСКОНФЛИКТНОСТЬ производится в пунктах рассчитанного маршрута путем сопоставления с ранее введенными планами, хранящимися в БД. Высокие требования к параметру времени реакции системы на вводы плановой информации не позволяют осуществить строгое решение задачи. Обычно используются эвристические процедуры поиска предпосылок к конфликтам. С этой целью система выполняет следующие действия над подготовленной ею информацией о пунктах маршрута:

- по каждому навигационному пункту, включенному в сформированный маршрут, определить параметры стробов по высоте и времени его пролета, исходя из приоритетности рейса, тенденции изменения высоты на данном участке по плану и удаленности данного пункта от соседних;
- в столбцах гистограмм распределения почасовой загрузки по каж-

дому пункту оценить информацию о наличии в пределах вычисленных стробов других планируемых полетов;

- при обнаружении таких полетов приостановить процесс обработки вводимого плана и отобразить диспетчеру таблицу предпосылок к назревающим конфликтам с ранее введенными планами.

Для исключения предпосылок к конфликтам обеспечиваются возможности корректировки:

- высоты и времени входа в воздушное пространство системы;
- описания маршрута и других полей плана.

Разрешается игнорировать предупреждение системы и вводить в БД конфликтующий план. Окно диалога представлено на рис. 3.17. Диспетчер может либо утвердить исходный план, либо принять один из предложенных системой вариантов, либо изменить его по собственному усмотрению.

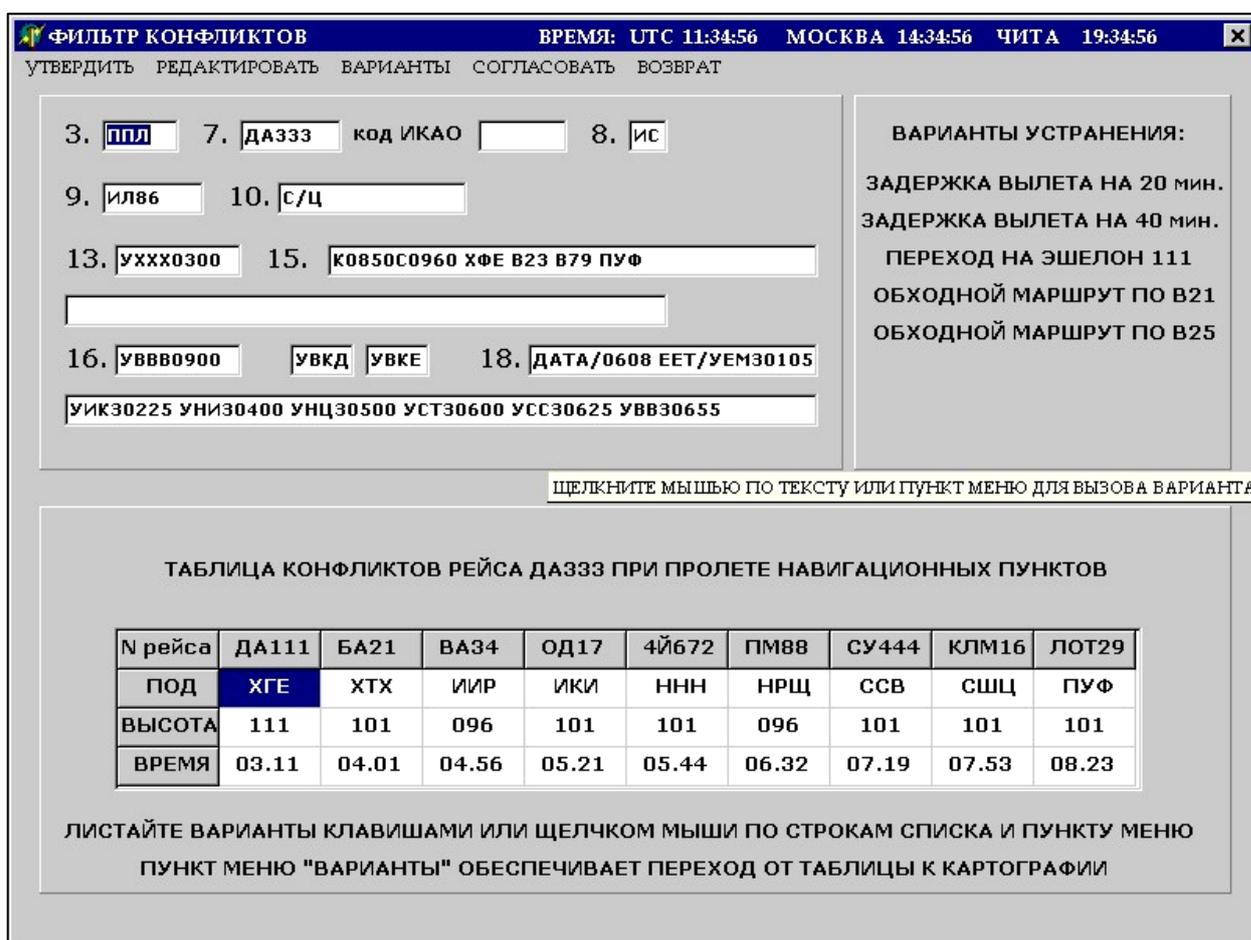


Рис. 3.17. Диалоговое окно потенциальных конфликтов в пунктах трасс

На этапах краткосрочного планирования и непосредственного управления проверяется бесконфликтность вводимого плана между пунктами (в случаях обгона или пересечения трассы маршрутом вне трасс) по изложенной в § 3.2 схеме. Варианты предотвращения конфликтов, подготовленные экспертом рекомендаций, отображаются в диалоговом окне, представленном на рис. 3.18. При оценке каждого из них допускается индикация расчетного взаим-

ного положения сближающихся ВС и задержки во времени движения.

Изменения, внесенные в план полета, должны согласовываться со всеми заинтересованными органами УВД. Обычно это выполняется с помощью обмена сообщениями о координации (ЦДН), автоматически рассылаемыми ПО по старому (отвергаемому) и новому маршрутам.

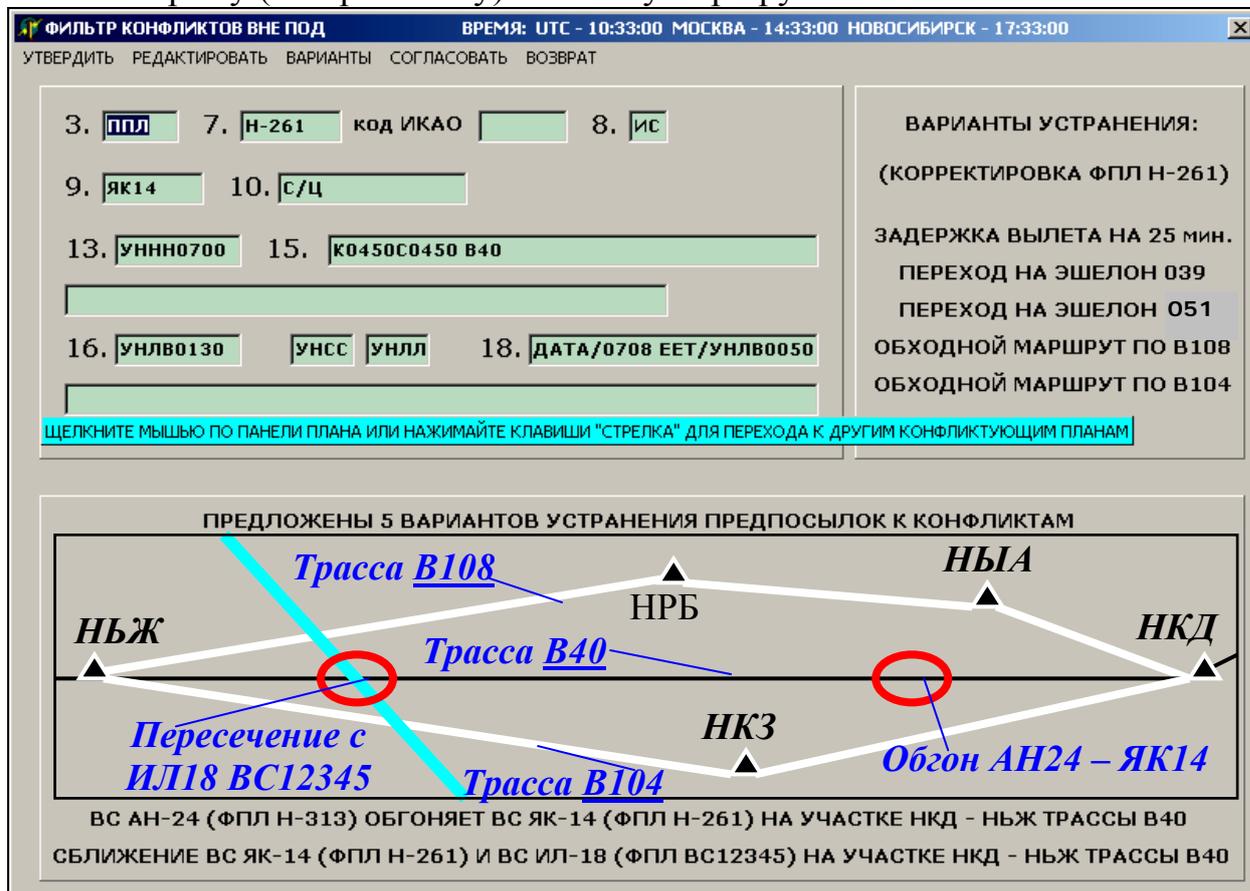


Рис. 3.18. Диалоговое окно устранения конфликтов вне пунктов трасс

3.2.8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВВОДИМОГО ПЛАНА ПО СПИСКАМ группы организации потоков фактически выполняется при формировании гистограмм загрузки соответствующих элементов ВП. То же касается суточного и текущего планирования вне трасс. Диспетчерам отображаются:

- сводный суточный план полетов в районе УВД для этапов предварительного и оперативного планирования в секторах на трассах и вне трасс;
- списки по аэродромам системы для этапов предварительного и оперативного планирования в секторах на трассах и вне трасс;
- списки по секторам системы для этапов предварительного и оперативного планирования в секторах на трассах и вне трасс;
- списки по навигационным пунктам (ПОД) системы для этапов предварительного и оперативного планирования в секторах на трассах.

Списки, отображаемые в секторе вне трасс, содержат полную информацию о планируемых полетах. Списки для секторов на трассах содержат сведения только о полетах, управляемых диспетчерами ГА, а также о поле-

тах, пересекающих в своем движении по плану воздушные трассы. Для этих случаев согласованы требования по преобразованию полетных данных планов сектора вне трасс, маршруты которых затрагивают трассовое пространство, для их отображения диспетчерам трассовых секторов. Независимо от списков создается таблица последовательности автоматического удаления устаревших планов из системы по критериям времени.

3.3. ОБРАБОТКА ФУНКЦИЙ ВВОДА ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА

3.3.1. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА КОРРЕКТИРОВКИ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ. Специфика задачи организации воздушного движения состоит в том, что построенная модель воздушной обстановки еще до начала конкретных полетов нуждается в уточнении, связанном с техническими задержками рейсов, изменениями метеорологической обстановки, режимными ограничениями и т.д. При этом, согласно технологии работы диспетчеров, большинство корректировок плановой информации не может вводиться в систему автоматически, но должно быть предъявлено ответственному должностному лицу, должно быть им воспринято и утверждено, чтобы учитываться в процессе принятия дальнейших решений. Для выполнения действий по корректировке плановой информации система должна предоставлять диспетчеру набор пультовых операций, обсуждаемый в данном разделе.

С позиций проектирования ПО средства корректировки плановой информации принято классифицировать на следующие группы:

- средства организации диалога с диспетчером, т.е. инструменты:
 - формирования и обслуживания очередей телеграфных и цифровых сообщений;
 - организации межпультового обмена (в том числе, заменяющего или дополняющего речевой обмен);
 - автоматизированного формирования и рассылки телеграфных и цифровых сообщений;
- функции, обеспечивающие вызов на отображение по запросу:
 - индивидуальных планов полетов и плановых треков;
 - формирование интегральных форм представления плановой информации (списков, электронных стрипов, графика «время-путь»);
 - мониторинг показателей загрузки элементов ВП и системы;
 - программную поддержку корректировки плановой информации непосредственно из вызванных форм ее представления;
- процедуры и ограничения корректировки планов полетов, затрагивающих пространство на трассах и вне трасс; планов по расписанию; предварительных, зарегистрированных и активных планов;
- средства формирования и рассылки корректирующих сообщений;
- средства обработки команд диспетчеров группы управления.

В этой последовательности излагается материал данного раздела.

3.3.2. СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДИАЛОГА ПО ИНИЦИАТИВЕ СИСТЕМЫ

3.3.2.1. ФУНКЦИЯ «ОЧЕРЕДЬ». Технология ОВД однозначно определяет

состав автоматизированных рабочих мест (АРМ), на которых реализуется функция «Очередь», и правила рассылки по конкретным АРМ системы информации, требующей направления в очередь. В БД планов полетов хранится таблица распределения сообщений. Направлению в очередь подлежат:

- сообщения от взаимодействующих органов, поступившие с ошибками формата и логики, которые ПО не может обработать автоматически;
- корректирующие сообщения, к которым система не смогла подобрать исходный план полета вследствие его отсутствия в системе;
- сообщения, поступившие без ошибок, но которые не могут обрабатываться автоматически (по критериям времени поступления) и должны быть либо утверждены, либо отвергнуты или согласованы диспетчером;
- плановые сообщения с взаимодействующих АРМ, решения по которым не может принять должностное лицо, адресовавшее его на данное АРМ.

КП планирования полетов обеспечивает формирование очереди сообщений в порядке поступления (рис. 3.19). ПО сохраняет их до вызова диспет-

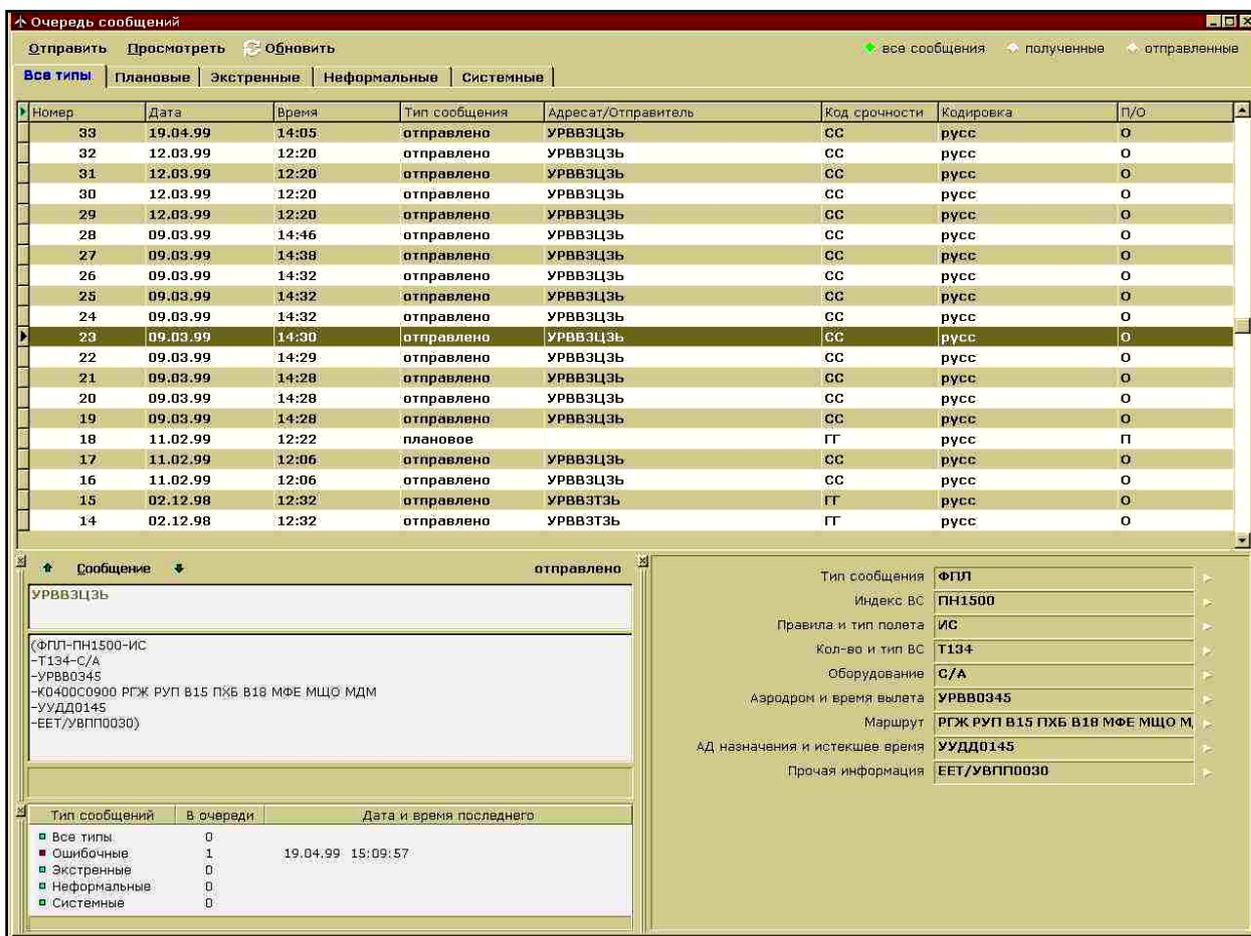


Рис. 3.19. Очередь плановых сообщений группы организации потоков

чером на отображение для анализа и принятия решения. В исходном состоянии на экране представляется информация, сформированная в процессе текущей работы. В левом нижнем углу экрана индицируется количество сообщений, поступивших в очередь на данное АРМ. Пополнение очереди немедленно доводится до сведения диспетчера звуковым сигналом и увеличением

отображаемого количества сообщений независимо от характера его текущей работы. Для активизации функции диспетчер должен перевести текущую работу в фоновый раздел или завершить ее и выбрать на линейке функционального меню наименование «Очередь». Система в ответ отображает на экране первое сообщение, хранящееся в очереди, в формате свободного (неформализованного) текста, включая его служебную часть, в верхней части экрана, и чистый бланк "Текст" для заполнения оператором – в нижней части экрана. При отсутствии сообщений в очереди на экране отображается надпись «ОЧЕРЕДЬ ПУСТА». На линейке функционального меню представлены наименования подфункций функции «Очередь»:

СЛЕДУЮЩИЙ – вызов очередного сообщения из очереди с пояснением причины его направления – при исполнении этой функции на экран вызывается следующее сообщение, а старое сообщение сохраняется в очереди.

ПРЕДЫДУЩИЙ – обеспечивается возврат (на экране) к предыдущему сообщению с сохранением текущего сообщения в очереди.

АДРЕС – при активизации этой функции появляется форма для ввода адреса, по которому диспетчер пересылает поступившее к нему сообщение, а при исполнении сообщение исключается из очереди.

УТВЕРЖДАЮ – функция предназначена для утверждения поступившего в очередь сообщения. При ее активизации появляется диалоговое сообщение «Подтвердите (ДА) или откажитесь (НЕТ) от утверждения плана». Телеграфное и диалоговое сообщения после нажатия клавиши «ДА» снимаются с экрана, план воспринимается системой и исключается из очереди; при нажатии клавиши «НЕТ» обеспечивается возврат к исходному состоянию.

ОТМЕНА – удаление сообщения из очереди и из системы;

ПЕЧАТЬ – вывод содержимого экрана на бумажный носитель.

ВОЗВРАТ – выход из состояния работы с функцией ОЧЕРЕДЬ.

3.3.2.2.МЕЖПУЛЬТОВЫЙ ОБМЕН ДАННЫМИ. Система обеспечивает рассылку формализованных сообщений по указанным отправителем АРМ с помощью функции АДРЕС. При активизации функции появляется форма для задания кода нужного АРМ. Одновременно выпадает список рабочих мест, в очередь на которые допускается направление плановой информации (таблица распределения сообщений). Код адреса набирается вручную или переносится в форму из выпавшего списка указанием курсора мыши (рис. 3.20).

Помимо сказанного, система обеспечивает возможность оперативного обмена сообщениями между должностными лицами диспетчерского персонала свободным текстом, набираемым вручную или формируемым из выпадающего списка строк стандартной фразеологии УВД. В отличие от функции АДРЕС, данное средство предназначено для сокращения речевого обмена с помощью громкоговорящей связи или телефона при согласовании вопросов взаимодействия. Таблица допустимых связей для него бывает более представительной, чем для обмена плановыми сообщениями, и в предельном случае охватывает по принципу «каждый с каждым» все АРМ системы.

3.3.2.3.АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ И РАССЫЛКА ТЕЛЕГРАФ-

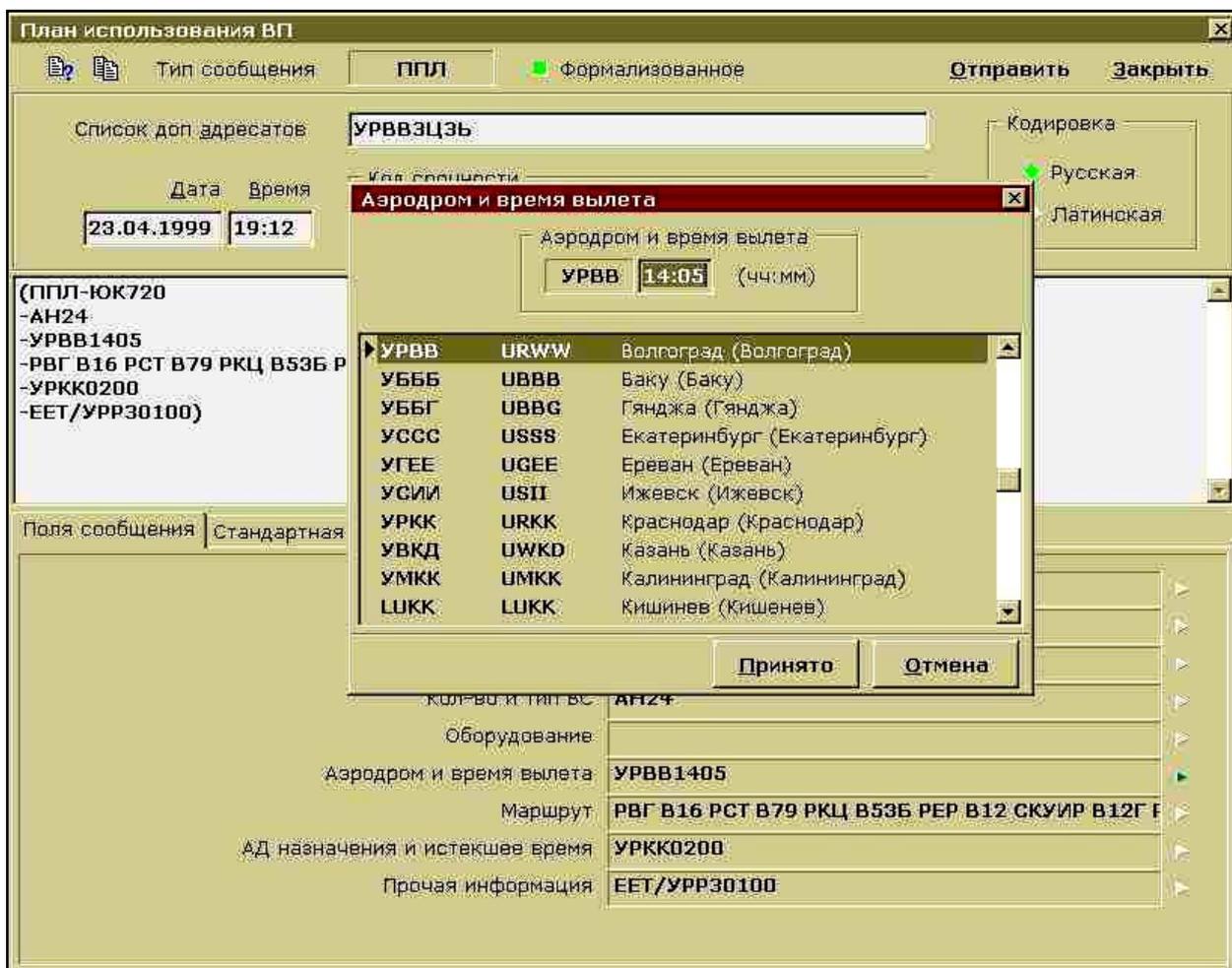


Рис. 3.20. Отправка заявки на полет вне расписания

НЫХ И ЦИФРОВЫХ СООБЩЕНИЙ. КП планирования автоматически формирует и направляет сообщение ППЛ/ФПЛ непосредственно в сеть АНС ПД и ТС (или в очередь оператору связи) по телеграфным адресам согласно [6] при вводе:

- предварительных заявок на полеты вне расписания;
- зарегистрированных планов полетов с любого рабочего места (например, АРМ аэродромного диспетчерского пункта – АДП).

При модификации с любого АРМ предварительных и зарегистрированных планов полетов, затрагивающих ВП следующих по маршруту центров ОВД, КП планирования автоматически формирует и направляет сообщения о корректировке ПЦХ/ЦХГ в очередь оператору связи или непосредственно в сеть АНС ПД и ТС по телеграфным адресам согласно [6].

При отмене с любого АРМ предварительных и зарегистрированных планов полетов, затрагивающих ВП центров ОВД по маршруту, КП планирования автоматически формирует и направляет сообщения об отмене плана ПЦН/ЦНЛ в очередь оператору связи или непосредственно в сеть АНС ПД и ТС по телеграфным адресам согласно [6].

При вводе в систему функции ЦДН согласования изменений в плане полета с АРМ группы организации потоков (например, ДОП) КП планирования автоматически формирует и направляет сообщение ППЛ/ФПЛ непосредственно в сеть АНС ПД и ТС согласно телеграфным адресам, указанным

диспетчером, запросившим согласование.



При вводе с АРМ диспетчера старта функции «Уточненное расчетное время вылета» (РЕТД – revised estimated time of departure RETD) КП планирования автоматически формирует и направляет по маршруту полета сообщение ДЛА о задержке рейса. ДЛА поступает в очередь оператору связи или в сеть АНС ПД и ТС по телеграфным адресам согласно [6], если уточнение

Рис. 3.21. Сообщение ДЛА в очереди оператора связи с АНС ПД и ТС

связано с задержкой рейса более чем на 20 минут (рис. 3.21).

При вводе с рабочего места диспетчера старта функции «Фактическое время вылета» КП планирования автоматически формирует и направляет сообщение ДЕП о вылете ВС в очередь оператору связи или непосредственно в сеть АНС ПД и ТС по телеграфным адресам согласно [6].

При вводе с рабочего места диспетчера посадки функции «Фактическое время посадки» КП планирования автоматически формирует и направляет сообщение АРР о посадке в очередь оператору связи или непосредственно в сеть АНС ПД и ТС по телеграфным адресам согласно [6].

КП планирования поддерживает процедуру приема-передачи ВС между взаимодействующими автоматизированными центрами УВД. Обеспечиваются формирование и отправка в цифровые линии обмена данными запросов и согласующих сообщений об условиях передачи управления.

3.3.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАЛОГА ПО ЗАПРОСУ ДИСПЕТЧЕРА

3.3.3.1. ЗАПРОС ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА ПОЛЕТА. Предусмотрены следующие формы вызова на отображение хранящихся в БД планов полетов:

- указанием (щелчком) курсором мыши трека воздушного судна на экране индикатора воздушной обстановки;
- указанием курсором мыши строки любого списка на индикаторах группы УВД и пультов руководителей полетов;
- заданием с помощью АЦК индекса строки любого списка на индикаторах группы УВД и пультов руководителей полетов (РП) по функции «План по индексу строки»;
- указанием мышью строки любого списка этапов предварительного и текущего планирования на АРМ группы организации потоков;
- активизацией и выполнением функции «ВЫБОР» (задание с помощью АЦК и выбор плана по номеру рейса);
- запросом плана по функции «ПОИСК» с АРМ планирования и УВД.

Для обеспечения вызова на экран любого плана с помощью указания радиолокационного трека, отождествленного с плановой информацией, КП планирования использует полученный от программ взаимодействия со средствами отображения системный номер заданного трека. Далее по взаимной адресной ссылке устанавливается соответствующий треку номер записи о плане в БД, производится запрос плановой информации, формируется бланк вызванного плана в формате ИКАО, который и выдается на экран.

На АРМ группы УВД и пультов РП любой план вызывается указанием мышью нужной строки любого списка. КП планирования пересчитывает индекс заданной строки в номер записи о плане в БД. Затем производится запрос плановой информации, формируется и выдается на экран бланк вызванного плана в формате ИКАО. Кроме того, на индикаторах группы УВД и пультов РП любой план вызывается заданием с помощью АЦК индекса строки любого списка. По функции «План по индексу строки» КП планирования преобразует указанный в строке индекс в номер записи о плане в БД. После этого производится запрос плана, который и выдается на экран.

Для вызова любого плана с помощью строки любого списка АРМ ГОП (и планирования вне трасс) по функции «ВЫБОР» КП планирования использует заданный в строке темновой (не отображаемый в списке) номер записи о плане в БД. По этому номеру производится запрос плановой информации, формируется и выдается на экран бланк вызванного плана в формате ИКАО.

Для вызова на экран любого плана с помощью функции «ПОИСК» КП планирования использует заданные в запросе критерии поиска для определения номеров записей в БД о планах, удовлетворяющих этим критериям, производит запрос плановой информации, формирует бланки вызванных планов в формате ИКАО и выдает их на экран. Критериями запроса индивидуальных планов полетов являются следующие поля плановых сообщений:

- для поиска стандартных планов полетов по расписанию в библиотеке РПЛ (см. рис. 3.2) – номер рейса, наименования аэродромов вылета и назначения, дни недели действия плана, срок действия плана;
- для поиска предварительных планов полетов ППЛ (рис. 3.22) – номер рейса, наименования аэродромов вылета и назначения, дата полета

(должна указываться в запросе не явно, а фиксацией этапа планирования посредством прямой функции «ЭТАП»);

- для поиска зарегистрированных планов полетов ФПЛ – номер рейса, наименования аэродромов вылета и назначения. При вызове активных планов полетов заполненный бланк плана полета должен содержать предупреждающую надпись «План активный».

На рабочих местах групп планирования на трассах и вне трасс обеспечивается отображение маршрутов планируемых полетов на фоне картографии. Критерии поиска – номер рейса или указание курсором мыши строки списка. Возможен вызов планового трека с дополнительным заданием интересующего диспетчера значения имитационного времени.

3.3.3.2. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИИ. *Формирование списков различных этапов планирования.* КП формирует и выдает на отображение следующие списки этапов предварительного и текущего планирования:

- сводный суточный план для центра УВД, в котором работает ПО;
- списки по известным системе аэродромам;
- списки по секторам системы;
- списки по навигационным пунктам (ПОД).

Каждая строка списка содержит необходимый минимум информации о представляемом ею плане полета, включающий: номер рейса, аэродромы вылета и назначения, тип самолета с указанием категории спутной турбулентности, литерность полета, эшелон и время входа (либо пролета, вылета, посадки). Строки списков располагаются на экране в порядке возрастания величины времени. Задача формирования списков требует для своего решения значительных вычислительных ресурсов. Даже использование современных вычислительных средств не обеспечивает удовлетворительного времени ответа системы на запрос, которое составляет несколько секунд. Для улучшения положения КП планирования создает ИО воздушной обстановки, позволяющий достичь немедленного (в пределах времени реакции человека) отображения любой формы интегрального представления плановых данных.

Информационные образы создаются и преобразуются в реальном масштабе времени на протяжении всей траектории эволюции системы по событиям поступления, корректировки и удаления планов. Они построены таким образом, что запросы интегральной плановой информации не требуют обращения к файлам БД, а групповые запросы исходных планов полетов не требуют организации поиска по многим ключам, но содержат в себе явное указание (перечисление) номеров записей, которые нужно прочитать с диска. При этом ИО занимают компактную область памяти, не превышающую для РУВД по объему нескольких десятков килобайт. Размер области линейно зависит от количества исходных планов в БД.

ИО обеспечивает непосредственный доступ к индивидуальным планам полетов и выполнение функций ввода по ним из любого планового списка. В списках по сектору, по РУВД, ЗЦ и ГЦ (сводный СП), запрошенных на опреде-

ленный интервал времени (рис. 3.22 – 3.25), отображаются строки обо всех полетах, начавшихся, продолжающихся и завершающихся внутри этого интервала. Мониторинг показателей загрузки как ВП в целом, так и его элементов осуществляется по запросу с помощью прямой функции «ЗАГРУЗКА», включаемой в меню всех форм интегрального представления плановой информации. При ее выполнении отображается нужная гистограмма загрузки

СПИСОК ПОЛЕТОВ РУВД ЧИТА (УИАЗ)														
ВЫБОР		ЛИСТАНИЕ		ЗАГРУЗКА		АЦТ		ПЛАН		ЦДН	ТЕКСТ	ЭТАП	МДП	ВОЗВРАТ
ЭТАП "0"		РУВД "УИАЗ" (ЧИТА)		ДАТА 22.08		ПЕРИОД 06.00 - 14.00		СТРАНИЦА 09 (14)						
СПИСОК ОБЪЕДИНЕННОГО РАЙОНА УИАЗ: РЦ ЧИТА (УИАА) + ВРЦ МОГОЧА (УИАМ) + МДП (ЧИТА, НЕРЧИНСК, ЧАРА)														
С	вылет /	назн.	Л	РЕЙС №	ТВС	Н вх.	Вход	СЕКТОРЫ УВД ПО МАРШРУТУ				Выход	К	
+	УУДД / УХПП			ДА57	И62М	101	ИГР 13.35-	ЗП 14.03-	СВ 14.30-	МГ		ИЕП 14.51-	К	
+	УХХХ / УИАА			БА5474	ТУ54	111	ИЛП -13.55	МГ -14.17	СВ -14.39		МЧ	:УИАА:14.42		
+	УУДД / УХВВ			ДА3	И62М	101	ИЫВ 14.00-	МГ				ХГЕ 14.40-		
	УИАА / УНОО			БА106	ТУ54	С090	ИХЛ -14.15	МЧ -14.18	ЗП			ИИС -14.43		
+	УХХХ / УКББ			УА38	И62М	096	ХГЕ -14.25	МГ				ИЫВ -14.55		
+	УХХХ / УНКА			СА36	ИЛ86	096	ИЛП -14.40	МГ				ИФН -15.09		
+	УНЦТ / УИАА			БА3842	ТУ54	101	ИИС 14.40-	ЗП 15.04-	МЧ			:УИАА:15.08		
+	УХББ / УНКЛ			ДВЛ42	ТУ54	106	ХТХ -14.45	МГ -15.03	СВ -15.21	ЗП		ИГР -15.48	К	
+	УХБЕ / УННН			ПА59	ТУ54	111	ХТХ -14.49	МГ -15.07	СВ -15.25	ЗП		ИГР -15.52	К	
	УИАА / УИИИ			В397	АН24	С060	ИОЧ -15.00	МЧ -15.07	ЗП			ИГР -15.48		
	УИАА / УИАМ			В842	ЯК40	С066	ИМТ 15.05-	МЧ	МЧ:15.04-ЗП:15.09-СВ:15.31-МГ:15.44-ЧР-			:УИАМ:15.59		
	УИУУ / УИАА			В380	АН28	066	ИГР 15.45-	ЗП 16.24-	МЧ			:УИАА:16.32		
	УИАА / УХХХ			БА84	Б737	С084	ИОЧ 16.05-	МЧ 16.07-	ЗП 16.12-	СВ 16.31-	МГ	ХТХ 16.51-	К	
+	УААА / УХБЕ			КХ39	А300	084	ИЖБ 16.10-	МГ				ХТХ 16.49-	К	
	УХВВ / УЛЛЛ			ПА30	Б757	111	ХГЕ -16.25	МГ -16.48	СВ -17.06	ЗП		ИИС -17.33		

КОДЫ СЕКТОРОВ УВД: ЗП - ЗАПАД, СВ - СЕВЕРО-ВОСТОК, МГ - МОГОЧА

КОДЫ СЕКТОРОВ МДП: МЧ - ЧИТА, МН - НЕРЧИНСК, ЧР - ЧАРА

Рис. 3.22. Фрагмент списка полетов объединенного РУВД УИАЗ элемента ВП с разбивкой по часовым интервалам суток (рис. 3.26).

СПИСОК ПО СЕКТОРУ																										
ВЫБОР			ЛИСТАНИЕ			ЗАГРУЗКА			ЭТАП			АЦТ			ПЛАН			ЦДН			ТЕКСТ			ВОЗВРАТ		
ВРЕМЯ: UTC 12:34:56			МОСКВА 15:34:56			ЧИТА 20:34:56																				
ЭТАП "О"			СЕКТОР СВ			ДАТА 26.08			ПЕРИОД 04.00-15.00			СТРАНИЦА 04(07)														
СПИСОК ПО СЕКТОРУ СВ (СЕВЕРО-ВОСТОК)																										
С	вылет	/	назн.	Л	№ РЕЙСА	ТИП ВС	Н вх.	Вход	ИСЦ	ИНЖ	ИЗМ	ЮБЧ	ИКЧ	Выход												
	УХББ	/	УНКА		КА46	ТУ54	106	-10.03				-10.21	-10.04	-10.22												
	УНКЛ	/	УХББ		КА41	ТУ54	111	10.35-			10.35-	10.52-		10.57-												
	ЧАРА	/	УИАА		В312	АН24	С057	-10.46	-10.46					-11.30												
	НЧЗД	/	УИАН		В330	АН28	С030	-11.07						-11.24												
	УХБЕ	/	УИАА		В50	АН24	057	-11.08				-11.11		-11.43												
	КЛГА	/	УИАА		В324	АН28	С030	-11.11						-12.06												
	УХВВ	/	УИАА		БА7898	ТУ54	111	-11.32				-11.34		-11.54												
+	УИАЕ	/	УИАА		В360	АН24	С036	-11.33						-12.16												
	УИИИ	/	ЗУУУ		СУ873	ТУ54	096	11.55-		12.21-	11.55-			12.27-												
+	УХПП	/	УУДД		ДА52	И62М	096	-11.58				-12.21	-11.59	-12.21												
+	УИАН	/	УИАА		В330	АН28	С030	-12.55						-13.20												
	УХПП	/	УУДД		ДА54	И62М	096	-12.59				-13.22	-13.00	-13.22												
+	УУДД	/	УХПП		ДА55	И62М	101	13.27-			13.27-	13.49-		13.54-												
+	УУДД	/	УХПП		ДА57	И62М	101	13.52-			13.52-	14.14-		14.19-												
+	УУДД	/	УХПП		ДА57/1	И62М	101	14.12-			14.12-	14.34-		14.39-												
	УИАА	/	УХВВ		БА3932	ТУ54	С030	14.17-				14.36-		14.41-												

Рис. 3.23. Фрагмент списка по сектору СВ объединенного РУВД УИАЗ

СПИСОК ПО АЭРОДРОМУ											
ВРЕМЯ: UTC 07:34:56			МОСКВА 10:34:56			ЧИТА 15:34:56					
ВЫБОР СТРОК ЛИСТАНИЕ ЗАГРУЗКА АЦТ ВЫБОР ПЛАНА ЦДН ТЕКСТ ЭТАП ВОЗВРАТ											
ЭТАП "О"		УИАА (ЧИТА)		ДАТА 26.08		ПЕРИОД 00.00 - 23.59		СТРАНИЦА 04 (07)			
ПОСАДКА в Чите (ARR)				УИАА				ВЫЛЕТ из Читы (DEP)			
Ст	а/д вылета	Лт	РЕЙС №	ТИП ВС	ETA/ETD	Ст	а/д назнач.	Лт	РЕЙС №	ТИП ВС	
					08.20	+	УХХХ		ДА5473	ТУ54	
+	КЫРА		В306	АН24	08.25						
	УСГЛ		В352	АН2	08.30						
+	БАЛЙ		В308	АН24	08.35						
					08.45	+	УИАН		В329	АН28	
					08.50	+	УНОО	А	БА108	ТУ54	
+	УИИИ		В841	Л410	09.00						
					09.10		КЛГА		В323	АН28	
					09.25		УИИИ		В842	Л410	
	УННН		ВА318	ТУ54	09.35						
					09.40		УИАЕ		В359	АН24	
	ВРДР		В362	АН2	09.45						
	УИАЕ		В322	АН24	10.20						
	УСГЛ		В342	АН2	10.35						
	УИИИ		Я426	ЯК40	11.05						
	ГМЗД		В328	АН24	11.15						

Рис. 3.24. Фрагмент списка по аэродрому

СПИСОК ПО НАВИГАЦИОННОМУ ПУНКТУ																
ВРЕМЯ: UTC 07:34:56			МОСКВА 10:34:56			ЧИТА 15:34:56										
ВЫБОР СТРОК ЛИСТАНИЕ ЗАГРУЗКА АЦТ ВЫБОР ПЛАНА ЦДН ТЕКСТ ЭТАП ВОЗВРАТ																
ЭТАП "О"		ПОД ИЗМ (ЧИТА)		ДАТА 27.08		ПЕРИОД 08.00 - 23.59		СТРАНИЦА 02 (02)								
КОНЕЦ СПИСКА																
ВОСТОЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ >				ИЗМ				< ЗАПАДНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ								
Ст	вылет	/	назнач.	Лт	РЕЙС №	ТИП ВС	Н вх.	ВРЕМЯ	Ст	вылет	/	назнач.	Лт	РЕЙС №	ТИП ВС	Н вх.
	УУДД	/	УХПП		ДА55	И62М	101	13.27								
	УУДД	/	УХПП		ДА57	И62М	101	13.52								
	УНОО	/	УХВВ		ДА77	ТУ54	101	14.12								
								15.20		УХББ	/	УНКЛ		ДА42	ТУ54	106
								17.41		УХВВ	/	УИИИ		ДА520	ТУ54	111
	УЛЛЛ	/	УХХХ		ДА59	И62М	101	17.43								
	УНКА	/	УХБЕ		ДА23	ИЛ86	084	18.02								
	УННН	/	УХББ		ДА27	ИЛ96	090	19.36								
								22.07		УХПП	/	УУДД		ДА56	И62М	096
								22.37		УХХХ	/	УЛЛЛ		ДА58	И62М	096
	УИИИ	/	УХХХ		ДА619	ТУ54	101	23.10								

Рис. 3.25. Фрагмент списка по ПОД

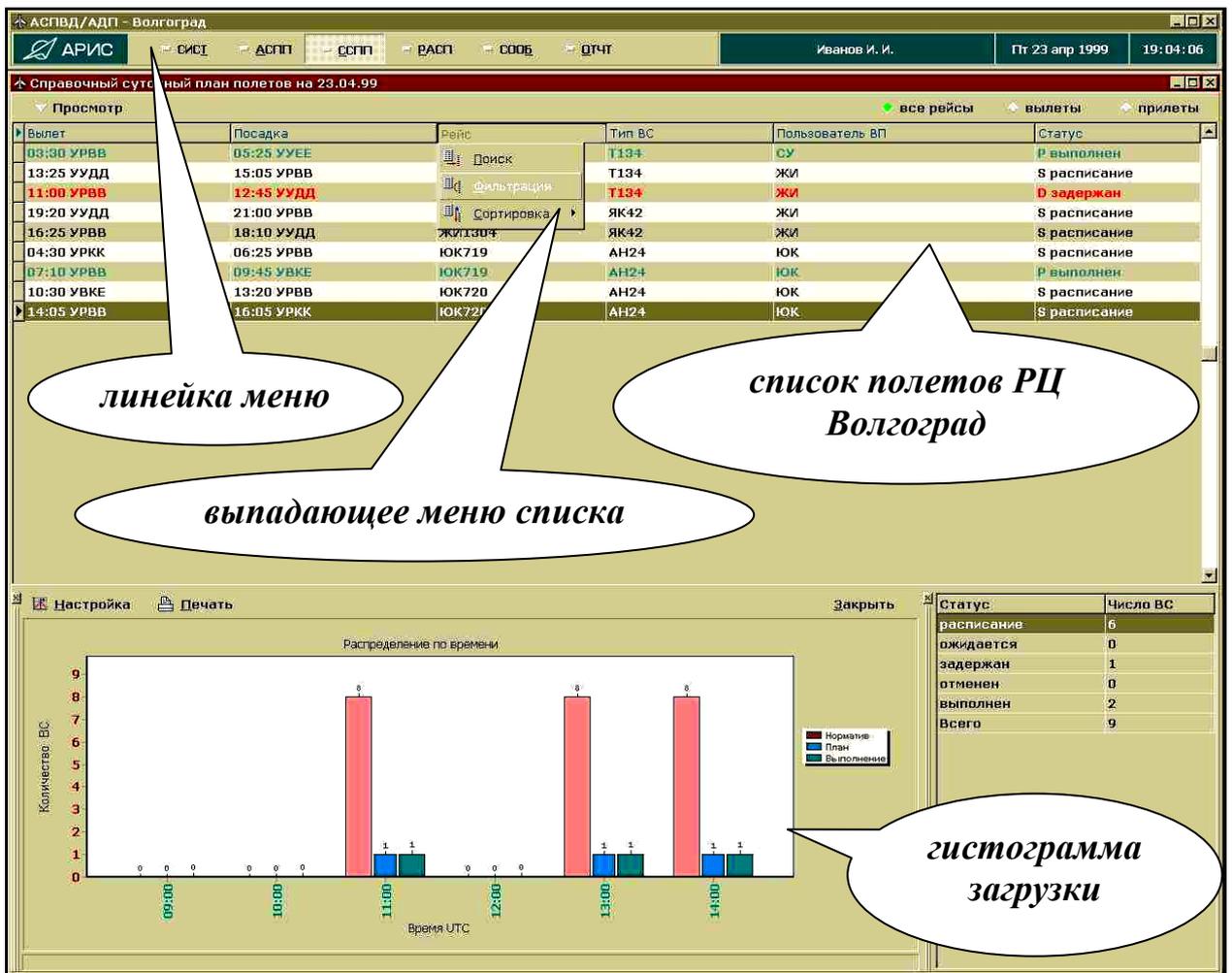


Рис. 3.26. Отображение почасовой загрузки РУВД Волгоград

Структура списков унифицирована. На системной строке каждого отображается его наименование, а также значение текущего времени. Строка меню содержит пункт выбора нужной строки, подпункты которого работают как клавиши «Стрелка вниз» и «Стрелка вверх»; предусмотрена также возможность выбора (подсветки) строки указанием курсора мыши. Подпункты пункта «Листание» действуют аналогично клавишам «Home», «PgUp», «PgDn», и «End». Они дублируются использованием полосы прокрутки. Пункт «Загрузка» предназначен для демонстрации гистограммы распределения полетов во времени. Нажатие пункта «АЦТ» переводит экран в состояние отображения бланка сообщения об активизации, частично заполненного ПО данными об условиях входа в зону действия системы борта, план полета которого соответствует выделенной строке списка. Пункт «Выбор плана» отображает заполненный бланк в формате ИКАО (см. рис. 2.9) по указанной в списке строке. Пункт «ЦДН» необходим персоналу для рассылки заинтересованным органам УВД сообщения координации в случаях согласования изменений в указанном плане полета. Пункт «Текст» позволяет рассылать взаимодействующим абонентам АНС ПД и ТС неформализованные сообщения. Кнопка «Этап» действует как переключатель, она переводит АРМ из состояния предварительного планирования в оперативный режим и обратно. По

клавише «Возврат» система переходит в исходное состояние.

Под линейкой функционального меню располагается информационная панель, содержащая сведения:

- об этапе планирования, с которым работает АРМ;
- об анализируемом элементе ВП (РУВД, сектор, ПОД или аэродром);
- о дате и периоде действия отображаемого списка;
- о номере вызванной страницы и общем количестве страниц списка.

Под панелью индицируется пояснительная надпись. Для РУВД это перечень составляющих его секторов (рис. 3.22). Строки любого списка упорядочены по времени, начиная с более ранних рейсов. По ним можно, как по гистограмме загрузки, оценить интенсивность полетов в элементе ВП во времени. Более того, списки дают возможность увидеть распределение загрузки диспетчера не только во времени, но и в пространстве, т.е. по высоте и по направлениям потоков ВС. Из списков нетрудно обратиться к подробным сведениям о плане полета, к каждой заявке на ИВП. Для этого достаточно щелчка мыши по нужной строке списка. Планы отображаются как в табличном виде (рис. 2.9), так и в графическом. Статическая графика строится в виде ломаной линии траектории полета, динамическая – в виде плановой метки текущего положения на фоне полетной карты. Каждая строка списка по РУВД содержит сокращенную информацию о плане одного полета в следующем порядке (слева направо):

- статус плана – пассивный, преактивный, активный, обслуженный;
- обозначения аэродромов вылета (DEP) и назначения (ARR);
- литерность рейса (цель полета);
- номер рейса по плану;
- тип ВС, совершающего полет;
- расчетная высота и расчетное время входа в РУВД;
- перечень секторов РЦ по маршруту и времена входа в каждый;
- расчетное время выхода из РУВД;
- наличие конфликтов по плану полета, обнаруженных системой.

Щелчок мыши по строке, содержащей метку «К» в колонке конфликтов, переводит экран в состояние отображения плана с таблицей (рис. 3.17).

Состав информации списка по сектору (рис. 3.23) – пояснительная надпись с полным наименованием сектора УВД и кодом диспетчера, ниже нее – собственно строки, содержащие те же данные о планируемых рейсах, что список по РУВД, за исключением признака участия в конфликтах и перечня затрагиваемых секторов. Вместо них на отображение выдаются времена пролета семи «горячих» точек сектора, т.е. семи пунктов, характеризующихся по опыту эксплуатации системы наибольшей загрузкой рейсами. В районах с малой и средней интенсивностью полетов предпочитают отображать в списках по сектору времена пролета пяти «горячих» точек, а освободившиеся две колонки использовать, как в списке по РУВД, для вывода на экран моментов входа и выхода из сектора. Таким образом, вместо колонки «секторы по маршруту», в список включаются пять колонок «расчетные времена про-

лета ПОД». Перечень «горячих» ПОД для отображения в списках секторов хранится в КП системных констант и параметров структуры ВП.

Список по аэродрому (рис. 3.24) набирается не только из горизонтальных групп строк, но – одновременно с этим – из трех вертикальных объединений столбцов. Поле списка построено как дерево, ствол которого един для всех полетов в РА, а ветви разделяются в зависимости от того, планируется ли посадка на аэродроме или вылет. Левая группа – строки о прилетающих рейсах. Центральная колонка – расчетные времена вылета или посадки на данном аэродроме. Правая группа столбцов – строки о вылетающих ВС. Соответственно, пояснительная надпись под панелью общей информации распадается на три заголовка: «посадка (ARR)» в левой части, условное наименование аэродрома в центре, «вылет (DEP)» справа. По аналогии со списками полетов в пространственных элементах ВП, каждая строка содержит:

- статус плана – пассивный, преактивный, активный, обслуженный;
- обозначения аэродромов вылета (DEP) для прилетающих ВС и назначения (ARR) для вылетающих (откуда или куда направляется рейс);
- литерность рейса (цель полета);
- номер рейса по плану;
- тип ВС, совершающего полет;
- расчетное время посадки или вылета ВС.

Строки сортируются по значению времени вылета (посадки).

Древовидную структуру имеет и список по ПОД (рис. 3.25). Здесь роль ствола играет колонка расчетного времени пролета этого элементарного параметра ВП. Левые ветви содержат строки, относящиеся к рейсам восточного направления, к полетам «слева направо». Правые ветви отображают планы ВС, совершающих полеты западного направления (справа налево). Заголовки пояснительной надписи: слева «восточное >», в центре условное наименование ПОД, справа «< западное». В каждой строке отображаются:

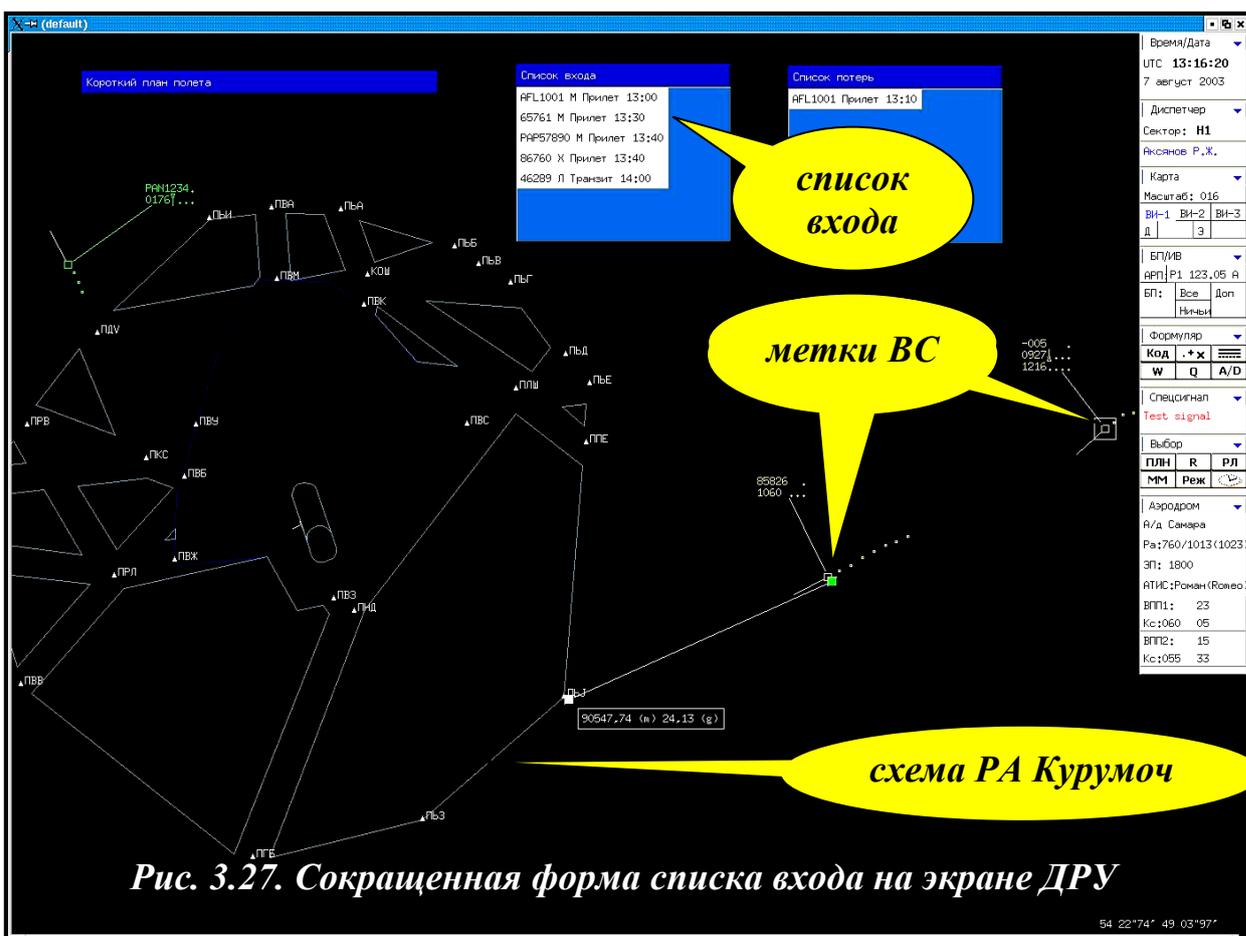
- статус плана – пассивный, преактивный, активный, обслуженный;
- обозначения аэродромов вылета (DEP) и назначения (ARR);
- литерность рейса (цель полета);
- номер рейса по плану;
- тип ВС, совершающего полет;
- расчетная высота и расчетное время пролета ПОД.

Для большей наглядности представления плановых данных ПО способно формировать графический образ списка с селекцией ВС по высотным слоям (эшелонам), которые занимают пилоты в своем движении по маршруту. На экране отображается вертикальный разрез ВП навигационного пункта с частичными списками по ПОД внутри эшелонов по направлениям.

3.3.3.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАНОВОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ ЭТАПА УВД. *Интегральные формы представления плановой информации* на этапе непосредственного управления автоматически формируются и принудительно отображаются на АРМ групп управления НТ и ВТ. Однако одновременное использование всего разнообразия доступных форм (списков, электронных стрипов, графика

«время-путь») приводит к перегрузке экрана избыточной информацией и не допускается в процессе реальной работы. Каждая форма представления оснащается инструментами ее запрета и вызова на отображение целиком или частично. Обеспечивается формирование списков:

- входа в сектор (рис. 3.27, 3.28) и выхода из сектора;
- пролета пунктов обязательных донесений (рис. 3.29);
- прилета и вылета для аэродромов системы (рис. 3.29, 3.30);
- краткосрочных и среднесрочных конфликтных ситуаций.



Каждый список сопровождается графическим представлением распределения полетов по эшелонам. Списки конфликтных ситуаций, кроме того, обеспечивают картографическое представление прогнозируемой ситуации в упрежденном и ускоренном масштабе времени, дополненное контрастирующими цветовыми фрагментами конфликтных маршрутов и графиком тенденции сближения в осях «время-дистанция». Допускаются гашение и повторный вызов любых строк и списков. Списки ДРУ выдаются в сокращенной форме, чтобы не перегружать общую картину воздушной обстановки.

Электронные стрипы тоже вызываются в окне работы с плановой информацией по запросу диспетчера. Каждый стрип, как и строки списков, содержит сокращенную информацию об индивидуальном плане полета. Сортировка на экране соответствует критериям времени пролета (входа). Формируются динамические стрипы, содержащие информацию обо всем полете

СПИСОК ВХОДА СЕКТОРА ЗАПАД ВРЕМЯ: UTC 11:34:56 МОСКВА 14:34:56 ЧИТА 19:34:56

ПЛАН ЛИСТАНИЕ МЕТЕО Vутч. ЕТО АТО Нутч. СВРОС

СЕКТОР ЗАПАД ДАТА 22.08 ПЛАНОВЫЙ НОМЕР РЕЙСА ВЫБРАННОЙ СТРОКИ: BC42612

регистрационный (позывной) номер ВС

выпадающий список номеров рейса

ID	вылет	/	назн.	РЕЙ №	Лт	Н входа	Вход			ИДС	ИХЛ	Выход	
АБ	УИИИ	/	УИАА	42302		057	11.19-	11.40-				12.08-	
АЖ	УХБЕ	/	УИББ	62772		096	-11.33		-12.04	-11.34		-12.07	
АВ	УННН	/	УИАА	85381		101	11.45-	11.55-				12.10-	
АА	ЫИТТ	/	ЫИАК	42612	09	060	11.53-		12.02-		12.19-	12.32-	12.49-
АЙ	УНКЛ	/	УХББ	85641		111	12.01-	12.10-		12.25-		12.26-	
АЗ	УИАА	/	УИИИ	42050		С033	-12.03		-12.30			-12.52	
АГ	УНУУ	/	УИАА	42404		060	12.09-	12.21-				12.49-	
АД	УИАА	/	УНОО	85523		С057	-12.15	-12.31				-12.45	
АЕ	УИББ	/	УХВВ	85279		101	12.11-	12.26-		12.31-		12.32-	

УИАА: 10.15 150 / 1500 УИУУ: 09.00 200 / 2000 УИАБ: НЕТ ДАННЫХ / / УИАМ: 09.30 180 / 1800

Рис. 3.28. Полная форма списка входа на экране ДПК

(как ФС ВС), и статические комплекты, состоящие из нескольких стрипов, каждый из которых содержит информацию о пролете только одного ПОД по маршруту (как строки списка пролета). Запрос режима (динамический или статический) выполняется прямой функцией с пультов групп управления.

Аналогично, электронный график «время-путь» вызывается и снимается с отображения прямой функцией по запросу диспетчера и обеспечивает доступ к плановой информации и выполнение функций ввода. Средства взаимодействия с системой допускают ввод на поля графика символов грозы, обледенения, режимных ограничений и кратких текстовых записей, как это практикуется на бумажном носителе согласно технологии УВД с использованием неавтоматизированного графика «время-путь». Состав и формы отображения информации стрипов и графика обсуждаются далее (книга 8).

Ограничения корректировки планов полетов. Планы полетов, попеременно затрагивающих в своем движении ВП на трассах и вне трасс, создают ограничения по доступу к содержащейся в них информации нескольких степеней строгости. Как правило, такие планы относятся к ВС, не принадлежащим ГА. Они поступают в ПО с аэродромов сектора вне трасс и изначально предполагают ограниченный доступ к ним должностных лиц трассового сектора. Совокупность таких планов классифицируется на три категории:

- планы полетов, не затрагивающие трассовое пространство;
- планы полетов, маршруты которых пересекают трассы и МВЛ без

выхода на них (и без передачи управления диспетчерам ГА);

- планы полетов с входом и сходом с трассы или МВЛ с передачей непосредственного управления полетом трассовому диспетчеру.



Рис. 3.29. Сокращенные списки вылета, пролета и прилета на АРМ ДРУ

К первой категории относятся планы учебно-тренировочных полетов в зонах аэродромов Министерства обороны, а также планы учений и полетов (перелетов) авиационной техники, для предотвращения конфликтов которых с трассовыми рейсами осуществляется закрытие соответствующих областей пространства режимными ограничениями. По планам данной категории информация вообще не должна поступать на отображение должностным лицам сектора УВД на трассах, целиком сосредоточиваясь на индикаторах пультов сектора вне трасс. Для выполнения этого требования КП планирования по всем полетам, затрагивающим пространство вне трасс, производит анализ маршрута с позиций ограничения доступа. Плановая информация этой категории распределяется только во внутрассовый сектор.

Вторая категория объединяет планы полетов, пересекающих воздушные трассы и МВЛ непосредственно в процессе движения по ним самолетов, находящихся под управлением диспетчеров ГА. Данная категория представляет собой наибольшую опасность для процесса совместного УВД, и по принадлежащим ей планам производится тщательный анализ пересечений трассового ВП, чтобы своевременно оповещать диспетчеров на трассах о пред-

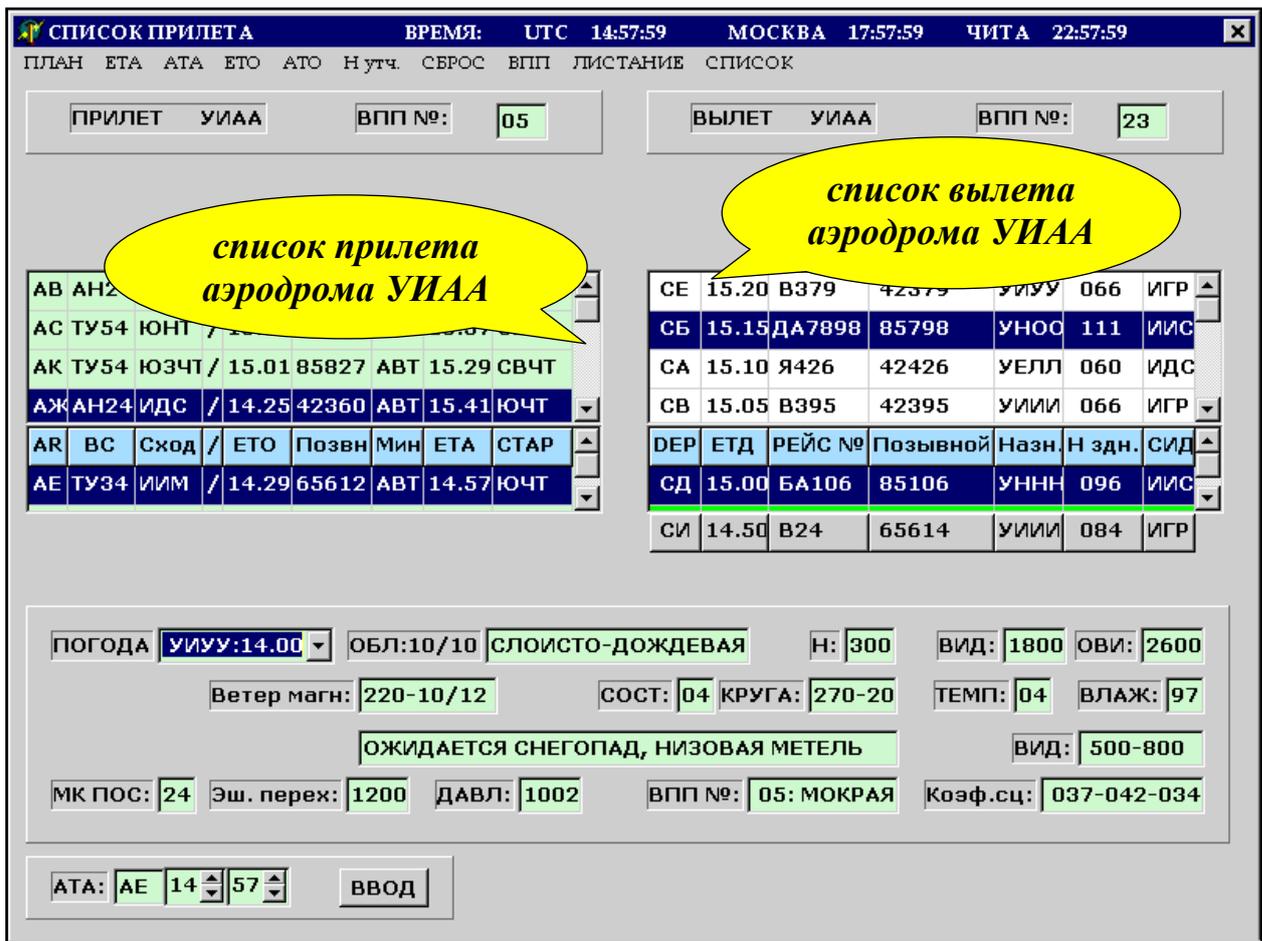


Рис.3.30. Полная форма списков вылета и прилета на АРМ АКДП

стоящем вторжении самолета, управляемого взаимодействующим диспетчером ВТ. В списках этапов планирования по таким полетам выдаются строки, сортированные по времени первого пересечения трассы. В строках допускается отображение только информации, непосредственно касающейся элементов трассового ВП (наименования ПОД, аэродромов, трасс). Если такие элементы в описании маршрута отсутствуют, выдается пустая строка, содержащая только номер рейса, условные обозначения аэродромов и литерность полета. В списках входа соответствующие строки появляются заблаговременно (за двадцать минут до входа), чтобы трассовый диспетчер мог успеть отдать указания управляемым им экипажам по предотвращению опасных сближений. По этим строкам диспетчер ГА может вызвать текст исходного плана, а также картографическое представление планового маршрута, уточняющее конкретные точки пересечения трасс в его секторе самолетами Минобороны.

Планы третьей категории при выходе самолета на трассу принимаются под управление диспетчером ГА, и никаких процедурных ограничений и отличий от обычных трассовых планов не имеют.

Повторяющиеся, предварительные и зарегистрированные планы. КП планирования поддерживает санкционированный доступ к планам полетов разных типов. Планы полетов по расписанию могут вводиться, подвергаться корректировке и удалению только с рабочих мест ассистента группы организации потоков с помощью функций НОВ.ПЛ и ПОИСК (подфункции

МОД.ПЛ). Кроме общих ограничений, упомянутых выше, стандартные планы полетов РПЛ предъявляют к тексту специфические требования. Допускаются планы полетов с одинаковым номером рейса, если в них не совпадают (даже частично) дни действия или сроки действия по расписанию. Номера рейсов должны содержать код авиакомпании, которой принадлежит самолет, выполняющий рейс по плану. План должен составляться на полет лишь одного самолета без указания категории спутной турбулентности. Считается, что полеты выполняются по инструментальным правилам и что ВС оснащены стандартным радиосвязным и навигационным оборудованием. КП планирования воспринимает только планы на текущий и следующий за ним календарные годы. Ежедневно из библиотеки расписания автоматически удаляются планы с истекшим сроком действия.

Спецификой обработки предварительных планов ППЛ является обязательность присутствия в поле 18 даты полета, по которой различается этап планирования. При отсутствии в номере рейса кода авиакомпании система может воспринять план, если в поле 18 присутствует группа «ОПР/». Предварительные планы, поступающие по линиям передачи данных позже момента утверждения суточного плана или конфликтующие с ранее введенными планами, направляются в очередь ДОП соответствующего (автоматически определенного системой) направления для индивидуальной оценки.

Зарегистрированные планы полетов (ФПЛ) должны содержать в поле 18 регистрационный номер воздушного судна (совпадающий для самолетов РФ с кодом вторичного ответчика) для автоматического отождествления радиолокационной и плановой информации. В планах полетов иностранных авиакомпаний для этой цели служит код ВРЛ ИКАО, указываемый в поле 7. При поступлении ФПЛ в БД запрашивается ППЛ с тем же номером рейса, и планы сопоставляются друг с другом. При обнаружении расхождений в описании маршрута или времени вылета, превосходящих заданные допуски, поступивший ФПЛ в паре с найденным ППЛ направляется в очередь ДОП соответствующего направления для индивидуальной оценки.

Активные планы полетов формируются системой из предварительных и зарегистрированных. ПО поддерживает громоздкую процедуру санкционированной модификации активных планов полетов, учитывающую, что часть полета по старому плану уже выполнена, и преобразованию может подлежать лишь оставшаяся его часть. Обеспечивается защита активных планов полетов от сознательного или непреднамеренного несанкционированного доступа на этапе непосредственного управления. Корректировка планов полетов допускается только с пульта той группы управления, ДРУ которой несет в данный момент юридическую ответственность за указанные в них ВС.

Тексты активных планов могут вызываться на отображение другими должностными лицами системы (с предупреждающей пометкой «План активный!»), с них можно снимать копии, однако любая модификация таких планов с других АРМ отвергается системой. Отвергаются и попытки ввода функций с этих пультов. Исключения составляют рабочие места принимаю-

щего сектора в те промежутки времени, когда на их экраны уже принудительно выданы строки списков входа и списков пролета точек входа. После согласования условий приема-передачи любой из участвующих диспетчеров может ввести согласованные условия в систему.

3.3.4. ИСПОЛНЕНИЕ ФУНКЦИЙ ВВОДА ДИСПЕТЧЕРА

3.3.4.1. ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ДЛЯ ВВОДА ФУНКЦИЙ. Предусмотрены два способа ввода функций диспетчеров на АРМ групп управления НТ и ВТ:

- заданием индекса строки списка в специальной экранной форме;
- указанием курсором мыши нужного трека или строки списка.

В первом случае из линейки функционального меню выпадает дочернее подменю с перечнем наименований функций, во втором – на свободном месте экрана появляется всплывающее меню с тем же перечнем. После выбора курсором мыши и нажатия ее левой кнопкой наименования нужной функции всплывающее меню заменяется формой для ввода аргументов функции (см. рис. 3.31). Форма содержит наименование вводимой функции и три поля для ввода, в которые заносятся идентификатор (индекс) строки списка, величина изменяемого параметра и наименование точки ввода функции. По первому способу индекс вводится в форму вручную, либо указанием курсором мыши нужного трека или строки списка. По второму, когда нужный план уже был задан, идентификатор заносится в форму автоматически.

Функция	Индекс	Параметр	ПОД
---------	--------	----------	-----

Рис. 3.31. Полная форма для задания параметров функции

В обоих случаях, после задания идентификатора ПО автоматически заполняет оставшиеся поля формы наименованием первого по участку маршрута в данном секторе навигационного пункта и существующим плановым значением корректируемого параметра в этом пункте. При нахождении фокуса ввода в поле "Индекс" обеспечивается возможность указанием курсором мыши любого пункта по маршруту в пределах данного сектора заполнять оставшиеся поля формы наименованием и параметром пролета этого пункта. При нахождении фокуса ввода в поле "Наименование пункта" с помощью клавиш PgUp, PgDn или щелчками кнопки мыши обеспечивается "листание" обозначений пунктов по участку маршрута в секторе. При нахождении фокуса ввода в поле "Параметр" с помощью клавиш PgUp, PgDn или щелчками кнопки мыши обеспечивается изменение величины аргумента с установленным для каждого параметра шагом. Заполненные системой поля с доступом допускают, кроме того, ручное изменение содержимого. Последнее приводит к необходимости подвергать контролю все заполненные поля формы при вводе команды. ПО отвергает ввод с выдачей диагностического сообщения на экран в случаях, если заданный идентификатор принадлежит плану, управляемому другим диспетчером, или если указанное наименование навигационного пункта (ПОД) не принадлежит участку маршрута в данном секторе, или если значение аргумента не соответствует формату или допусти-

мым пределам его изменения. Предусмотрены сокращенные формы для функций ввода, если их обработка не требует задания конкретного параметра или навигационного пункта (рис. 3.32):

Функция	Индекс	Параметр	Функция	Индекс
----------------	---------------	-----------------	----------------	---------------

Рис. 3.32. Сокращенные формы функций ввода

3.3.4.2. МАРШРУТ ПО ПЛАНУ И ЕГО ОТМЕНА. По команде диспетчера ПО формирует плановый маршрут полета в виде ломаной линии, исходящей из точки входа ВС в зону действия системы и завершающейся в точке выхода из нее. Точка начала маршрута помечается общим формуляром. Каждая контрольная точка траектории, кроме того, характеризуется индивидуальным формуляром, содержащим параметры ее пролета и наименованием.

При активизации функции МАРШРУТ из функционального или из всплывающего меню на экране появляется форма для ввода ее параметров, имеющая следующий вид (рис. 3.33).

МАРШРУТ	АБ
----------------	-----------

Рис. 3.33. Форма для вызова на отображение маршрута полета по плану

Левое поле без доступа содержит наименование функции. Следующее поле предназначено для задания индекса строки списка по нужному плану, которое может быть осуществлено вручную, либо указанием курсором мыши нужного радиолокационного трека или строки любого списка. КП планирования производит контроль поступающей информации. Если индекс строки задан ошибочно по несуществующему плану, то ввод отвергается с выдачей на экран диагностического сообщения "НЕТ ПЛАНА". Если указанный план существует, но следующее по нему ВС управляется другим диспетчером, то выдается сообщение "НЕПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА".

При вводе функций диспетчеров, приводящих к изменению времени или высоты пролета, отображаемые параметры обновляются (рис. 3.34). Если активизирована прямая функция «Автоматическая корректировка плановой информации по результатам радиолокационных измерений», такое обновление выполняется по мере принудительного «подтягивания» плановых параметров движения к фактически измеренным. При модификации активного плана, по которому вызван на отображение маршрут, последний также автоматически обновляется. В процессе приема-передачи ВС из сектора в сектор по исполнению команды «Прием на управление» маршрут должен принудительно сниматься с экрана индикатора передающего сектора. При отмене плана полета (ручной или автоматической, по истечении установленного времени после расчетного выхода самолета из зоны управления или по исключении соответствующей строки из списка потерь) ПО также снимает отображаемый маршрут с экрана. Кроме автоматического снятия с отображения, обеспечивается его ручное гашение по команде «Отмена маршрута по пла-

ну». Если в поле «Индекс строки списка» введена буквенная комбинация «ВСЕ», то с экрана одновременно снимаются все отображаемые маршруты.



Рис. 3.34. Отображение планового маршрута борта 85178 и планового трека борта 42365 на АРМ ДРУ

Вызов трека осуществляется активизацией функции «Трек по плану» и указанием соответствующей строки списка. Другая возможность – ручной набор индекса строки списка входа (выхода, ожидания, потерь). Аналогично производится ручная отмена планового трека. Вызов планового трека при наличии радиолокационного сопровождения блокируется. На отображение выдается только одна форма представления информации о ВС из трех возможных, перечисленных в порядке приоритетности:

- радиолокационный трек;
- плановый трек;
- строка списка потерь.

3.3.4.3. ТРЕК ПО ПЛАНУ И ЕГО ОТМЕНА. По запросу диспетчера формируются плановые треки ВС в виде специальных символов с линией связи и формулярами сопровождения (ФС). Как и радиолокационный, плановый трек дополняется предысторией, а при активизации соответствующих прямых функций – кодом диспетчера и вектором экстраполяции (рис.3.34). При обращении к функции ТРЕК из функционального или из всплывающего меню на экране появляется форма для ввода параметров, имеющая тот же вид, что

и для вызова маршрута. Левое поле без доступа содержит наименование функции. Следующее поле предназначено для задания индекса строки списка по нужному плану, которое можно осуществить вручную, либо указанием курсором мыши нужной строки любого списка. КП планирования производит контроль поступающей информации. Если индекс строки задан ошибочно по несуществующему плану, то ввод отвергается с выдачей на экран диагностического сообщения "НЕТ ПЛАНА". Если указанный план существует, но следующее по нему ВС управляется другим диспетчером, то выдается сообщение "НЕПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА".

При вводе функций диспетчеров, приводящих к изменению времени, маршрута, скорости или высоты полета, параметры движения ВС автоматически обновляются в ФС планового трека. В процессе приема-передачи ВС из сектора в сектор, по исполнению команды «Прием на управление», плановый трек принудительно снимается с экрана индикатора передающего сектора. При отмене плана полета (ручной или автоматической, по истечении установленного времени после выхода самолета из зоны управления) отображаемый трек также снимается с экрана. Кроме автоматического, предусматривается его ручное гашение по команде «Отмена трека по плану».

Вызов трека осуществляется активизацией функции «Трек по плану» и указанием соответствующей строки списка. Другая возможность – ручной набор индекса строки списка входа (выхода, ожидания, потерь). Аналогично производится ручная отмена планового трека. Вызов планового трека при наличии радиолокационного сопровождения блокируется. На отображение выдается только одна форма представления информации о ВС из трех возможных, перечисленных в порядке приоритетности:

При потере радиолокационного сопровождения КП обработки радиолокационной информации принудительно вызывает на отображение трек по плану, а при возобновлении – тоже автоматически – отменяет вызванный трек. Если потеряно сопровождение ВС, по которому в системе нет плана полета, то информация об этом ВС отображается диспетчеру в списке потерь. Диспетчер может отменить автоматически вызванный плановый трек, если ему удобнее управлять полетом с помощью строки списка потерь, и может вернуться к плановому треку с помощью сброса строки в этом списке.

3.3.4.4. Функция ЕТО – «РАСЧЕТНОЕ ВРЕМЯ ПРОЛЕТА НАВИГАЦИОННОГО ПУНКТА». Прямая функция "Автоматическая корректировка плановой информации по результатам радиолокационных измерений" переводит ПО в режим поддержания соответствия плановой траектории фактическим параметрам. Плановые расчеты выполняются заново с учетом сглаженных величин измеренных координат и скорости движущихся ВС. Если по каким-то причинам функция корректировки блокируется, то для модификации планов используются функции ввода диспетчеров группы управления, позволяющие устанавливать вручную соответствие плановых параметров истинным. Функция ЕТО дает возможность уточнить время пролета всех навигационных пунктов по маршруту, начиная от точки ее ввода до точки выхода из зо-

ны ответственности системы. Для ввода расчетного времени пролета пунктов, которые ВС еще не прошло в своем движении по маршруту, диспетчер использует, как правило, доклады экипажа по результатам штурманского расчета полета. При активизации функции ЕТО из функционального или из всплывающего меню на экране появляется форма для ввода ее параметров, имеющая следующий вид (рис. 3.35).

ЕТО	АБ	1221	МТУ
------------	----	------	-----

Рис. 3.35. Формат функции ввода «Расчетное время пролета ПОД»

Левое поле без доступа содержит наименование функции. Следующее поле предназначено для задания индекса строки списка по нужному плану, которое может быть осуществлено вручную, либо указанием курсором мыши нужного трека или строки любого списка. В третьем слева поле указывается изменяемый параметр – расчетное время пролета пункта, выраженное в часах и минутах четырьмя следующими подряд цифрами. В замыкающем поле формы представлено условное трех-пятисимвольное наименование пункта, по которому вводится расчетное время пролета.

При вводе функции ЕТО КП планирования производит контроль поступающей информации. При обнаружении ошибок соответствующие поля подсвечиваются контрастным цветом с одновременной выдачей сообщения, облегчающего редактирование данных. Если ошибочно задан индекс строки по несуществующему плану, то ввод отвергается с выдачей на экран диагностического сообщения "НЕТ ПЛАНА". Если указанный план существует, но следующее по нему ВС управляется другим диспетчером, то формируется сообщение "НЕПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА". Если значение изменяемого аргумента задано не цифрами, то индицируется сообщение "ФОРМАТ?". Если значение часов превосходит 23 или значение минут превосходит 59, то выдается сообщение "ВЕЛИЧИНА?". Если задаваемое время пролета отличается от существующего в плане более чем на один час, то отображается сообщение "ВНЕ ДИАПАЗОНА". По ошибочно заданному наименованию пункта выдается сообщение "ПОД НЕ ПО ПЛАНУ".

Правильно набранная команда воспринимается КП планирования. Форма для ввода снимается с экрана. План полета пересчитывается, начиная от пункта, указанного в команде, вдоль направления движения по маршруту. Новый расчет производится либо до точки, в которой ранее производился ввод команды АТО – "Фактическое время пролета ПОД", если такая точка существует в маршруте, либо до его конечной точки в противном случае. При пересчете следует обратить внимание на то, не является ли точка ввода первым ПОД в данном секторе. Если это так, то пересчитываются и времена пролета предыдущих точек, не являющихся ПОД, вплоть до точки пересечения маршрутом входной границы данного сектора. В соответствии с изменившимся временем пролета точек производится новое распределение строк

списков в последующие секторы по маршруту. Корректируются данные, отображаемые во всех формах представления данного плана (маршруты, электронные стрипы, график «время-путь» и списки). Плановый трек, если он отображается на экране, занимает новое местоположение. Доступ к функции ЕТО из электронного графика «время-путь» демонстрирует рис. 3.36.

СЕКТОР Н1		ВРЕМЯ (UTC) 11.15.00			ВРЕМЯ (МСК) 14.15.00		
ЦЕНТР	СКП	РПЛ	АФТН	ПЛАН	АЦТ	ВОЗВРАТ	
Вход	ПОД 1	ПОД 2	ПОД 3	ПЛАН	АЦТ	Выход	
10.35				ПЛАН	АЦТ		
10.40				АЦТ	СБРОС		
				Расчетное время	ЕТО		
				Фактическое время	АТО		
				Эшелон передачи	Нпрд		
				Уточненный эшелон	Нутч		
				Уточненная скорость	Вутч		
				СПИСОК ВХОДА			
				СПИСОК ПО СЕКТОРУ			

Рис. 3.36. Выбор подфункции ЕТО выпадающего меню функции АЦТ

При нажатии маркером мыши наименования АЦТ основного меню (режим работы с активными планами) система отображает выпадающее меню функции АЦТ. Для замены значения расчетного времени пролета ВС любой точки маршрута маркером мыши выбирается подфункция ЕТО. Выбранная подфункция выделяется синим цветом фона и белым шрифтом наименования. При нажатии маркером мыши выбранной подфункции ПО снимает с отображения выпадающее меню и выдает на экран форму для выбора плана и ПОД, расчетное время пролета которого необходимо уточнить (рис. 3.37).

СЕКТОР Н1		ВРЕМЯ (UTC) 11.15.00			ВРЕМЯ (МСК) 14.15.00		
ЦЕНТР	СКП	РПЛ	АФТН	ПЛАН	АЦТ	ВОЗВРАТ	
Вход	ПОД 1	ПОД 2	ПОД 3	ПОД 4	ПОД 5	Выход	
10.40							
10.45							
10.50							
10.55							
11.00							
			85333 АВ				
			0900 С111				
			0850 1010				

РАСЧЕТНОЕ ВРЕМЯ

ВВОД

▲ ▲ ▲

▼ ▼ ▼

Рис. 3.37. Форма для ввода информации расчетного времени пролета ПОД

Форма автоматически заполняется системой данными из первого найденного активного плана, управляемого в секторе. Отображаются индекс строки списка входа, наименование первого затрагиваемого маршрутом ПОД в секторе и значение времени его пролета по плану. С помощью нажатия маркером мыши кнопок «больше» и «меньше» и клавиатуры обеспечиваются возможности:

- перехода к следующему активному плану, управляемому в данном секторе (левая группа кнопок);
- перехода к следующим и предыдущим ПОД, затрагиваемым маршрутом в данном секторе (центральная группа кнопок);
- увеличения или уменьшения значения расчетного времени пролета указанного ПОД (правая группа кнопок);
- ручной ввод информации в поля формы.

При нажатии маркером мыши кнопки «ВВОД» система осуществляет контроль значений полей и в случае обнаружения ошибок приостанавливает обработку, формирует и выдает на экран диагностические сообщения, облегчающие редактирование текста:

- ПЛАН НЕ УПРАВЛЯЕТСЯ В СЕКТОРЕ – неверно указан индекс строки списка входа;
- ПОД НЕ ПО ПЛАНУ – указанный ПОД не затрагивается маршрутом в данном секторе;
- ВРЕМЯ? – заданное время лежит вне допустимого диапазона (не более часа от текущего времени), либо указано не в формате «часы, минуты».

Корректно заданная информация воспринимается системой. План полета пересчитывается, начиная с точки, по которой осуществлен ввод, до конца маршрута по плану, если ранее не был произведен ввод функции АТО («Фактическое время пролета ПОД»). В противном случае пересчет плана производится от точки ввода до точки последнего ввода функции АТО.

3.3.4.5. Функция АТО – «ФАКТИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ ПРОЛЕТА НАВИГАЦИОННОГО ПУНКТА». Функция дает возможность уточнить время пролета навигационных пунктов по маршруту, начиная от точки ее ввода до выхода из зоны ответственности системы. Для ввода фактического времени пролета пунктов, которые ВС уже прошло в своем движении по маршруту, диспетчер использует, как правило, доклады экипажа. При активизации функции АТО из функционального или из всплывающего меню на экране появляется форма для ввода ее параметров, имеющая следующий вид (рис. 3.38).

АТО	АБ	1221	МТУ
------------	----	------	-----

Рис. 3.38. Форма для ввода параметров функции АТО

Левое поле без доступа содержит наименование функции. Следующее поле предназначено для задания индекса строки списка по нужному плану, которое может быть осуществлено вручную, либо указанием курсором мыши

нужного трека или строки списка. В третьем слева поле указывается изменяемый параметр – фактическое время пролета пункта, выраженное в часах и минутах четырьмя следующими подряд цифрами. Если поле "Параметр" оставлено пустым, то оно автоматически заполняется при вводе функции значением текущего времени. То же значение заносится в поле двойным щелчком мыши. В замыкающем поле представлено условное трех-пятисимвольное наименование пункта, по которому вводится фактическое время пролета.

При вводе функции АТО КП планирования производит контроль поступающей информации. При обнаружении ошибок соответствующие поля подсвечиваются контрастным цветом с одновременной выдачей сообщения, облегчающего редактирование данных. Если ошибочно задан индекс строки по несуществующему плану, то ввод отвергается с выдачей на экран диагностического сообщения "НЕТ ПЛАНА". Если указанный план существует, но следующее по нему ВС управляется другим диспетчером, то выдается сообщение "НЕПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА". Если значение изменяемого аргумента задано не цифрами и не пусто, то формируется сообщение "ФОРМАТ?"; пустое поле автоматически заполняется системой значением текущего времени. Если значение часов превосходит 23 или значение минут превосходит 59, то выдается сообщение "ВЕЛИЧИНА?". Если задаваемое (фактическое) время пролета больше текущего (фактически) или отличается от существующего в плане более чем на один час, то отображается сообщение "ВНЕ ДИАПАЗОНА". По ошибочно заданному наименованию пункта индицируется сообщение "ПОД НЕ ПО ПЛАНУ".

Правильно набранная команда воспринимается КП планирования. Форма для ввода снимается с экрана. Плана полета пересчитывается, начиная от пункта, указанного в команде, вдоль направления движения по маршруту до его конечной точки. При пересчете следует обратить внимание на то, не является ли точка ввода первым ПОД в данном секторе. Если это так, то пересчитываются и времена пролета предыдущих точек, не являющихся ПОД, вплоть до точки пересечения маршрутом входной границы данного сектора. Производится новое распределение выдачи строк списков в последующие секторы по маршруту – в соответствии с изменившимся временем их пролета. Корректируются данные, отображаемые во всех формах представления данного плана (маршруты, электронные стрипы, списки). Плановый трек, если он отображается на экране, занимает новое местоположение.

3.3.4.6. Функция Vутч – «УТОЧНЕННАЯ СКОРОСТЬ». Функция дает возможность уточнить расчетную скорость полета по плану, начиная от точки ее ввода до выхода из зоны ответственности системы. Функция выполняется только на участках горизонтального полета, так как расчет траектории в фазах набора высоты и снижения производится на основе летно-технических характеристик ВС. Вводимое значение рассматривается КП планирования как учитывающее скорость ветра. При активизации функции Vутч из функционального или из всплывающего меню на экране появляется форма для ввода ее параметров, имеющая следующий вид (рис 3.39).

Рис. 3.39. Форма для ввода параметров функции Вутч

Левое поле без доступа содержит наименование функции. Следующее поле предназначено для задания индекса строки списка по нужному плану, которое осуществляется вручную, либо указанием курсором мыши нужного трека или строки списка. В третьем слева поле указывается изменяемый параметр – уточненная скорость полета ВС, которая должна использоваться для расчетов, начиная с указанного навигационного пункта, выраженная в километрах в час тремя или четырьмя следующими подряд цифрами. После появления в форме идентификатора плана система автоматически заполняет поле "Параметр" значением крейсерской скорости из поля 15 плана полета. Обеспечивается возможность заменить отображенную запись вручную с помощью клавиатуры, мыши или выпадающего списка диапазона скоростей. В замыкающем поле формы представлено условное трех-пятисимвольное наименование пункта, по которому вводится уточненная скорость полета.

При вводе функции Вутч КП планирования производит контроль поступающей информации. При обнаружении ошибок соответствующие поля подсвечиваются контрастным цветом с одновременной выдачей сообщения, облегчающего редактирование. Если ошибочно задан индекс строки по несуществующему плану, то ввод отвергается с выдачей на экран диагностического сообщения "НЕТ ПЛАНА". Если указанный план существует, но следующее по нему ВС управляется другим диспетчером, то формируется сообщение "НЕПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА". Если значение изменяемого аргумента задано не цифрами, то отображается сообщение "ФОРМАТ?". Если значение скорости превосходит допустимое для самолетов данной категории значение, или не достигает минимального значения, то выдается сообщение "ВЕЛИЧИНА?". По ошибочно заданному наименованию пункта индицируется сообщение "ПОД НЕ ПО ПЛАНУ".

Правильно набранная команда воспринимается КП планирования. Форма для ввода снимается с экрана. План полета пересчитывается, начиная от пункта, указанного в команде, вдоль направления движения по маршруту до его конечной точки. При пересчете следует обратить внимание на то, не является ли точка ввода первым ПОД в данном секторе. Если это так, то пересчитываются и времена пролета предыдущих точек, не являющихся ПОД, вплоть до точки пересечения маршрутом входной границы данного сектора. В соответствии с изменившимся временем пролета производится новое распределение выдачи строк в последующие секторы по маршруту. Корректируются данные, отображаемые во всех формах представления данного плана (маршруты, электронные стрипы, график «время-путь», списки). Плановый трек, если он отображается на экране, занимает новое местоположение в соответствии с изменением скорости полета. Обновляются вектор экстраполяции и содержимое формуляра сопровождения трека.

3.3.4.7. Функция Нутч – «Уточненный эшелон». Функция дает воз-

возможность уточнить расчетную высоту полета ВС по плану, от точки ввода до выхода из зоны ответственности системы. Ее особенность состоит в том, что необходимость обязательного ввода возникает даже при активизированной прямой функции «Автоматическая корректировка плановой информации по результатам радиолокационных измерений». Изменение высоты в общем случае приводит к новому распределению плановой информации, из которого могут быть удалены или добавлены секторы нижнего и верхнего ВП и секторы подхода. Распределение плановой информации является центральной задачей обработки индивидуальных планов полетов, и на ее результатах базируются все дальнейшие процедуры ОВД. Следствием является важность функции Нутч в технологии работы диспетчеров. Для ВС, не оборудованных вторичными ответчиками и сопровождаемых по результатам первичной локализации, наличие в плане полета значения крейсерской высоты еще существеннее. Трассовые локаторы дают информацию о высоте с погрешностью, превышающей нормы эшелонирования, и единственным надежным способом ее оценки становятся доклады экипажа, которые фиксируются в плане полета.

При активизации функции Нутч из функционального или из всплывающего меню на экране появляется форма для ввода ее параметров, имеющая следующий вид (рис. 3.40).

Нутч	АБ	090	МТУ
------	----	-----	-----

Рис. 3.40. Форма для ввода параметров функции «Уточненный эшелон»

Левое поле без доступа содержит наименование функции. Следующее поле предназначено для задания индекса строки списка по нужному плану, которое осуществляется либо вручную, либо указанием курсором мыши нужного трека или строки списка. В третьем слева поле указывается изменяемый параметр – уточненная высота полета ВС, которая должна быть достигнута ВС к моменту пролета указанного навигационного пункта, выраженная в сотнях метров тремя следующими подряд цифрами. Если высота полета менее 10000 м, то комбинация цифр начинается лидирующим нулем, который (при его отсутствии) вводится системой автоматически. В замыкающем поле формы представлено условное трех-пятисимвольное наименование пункта, по которому вводится уточненная высота полета. Обеспечиваются: автоматическое заполнение формы существующей плановой информацией, возможность ручного ввода с помощью клавиатуры и мыши, "листание" ПОД по маршруту и выпадающие списки эшелонов.

При вводе функции Нутч КП планирования производит контроль поступающей информации. При обнаружении ошибок соответствующие поля подсвечиваются контрастным цветом с одновременной выдачей сообщения, облегчающего редактирование данных. Если ошибочно задан индекс строки по несуществующему плану, то ввод отвергается с выдачей на экран диагностического сообщения "НЕТ ПЛАНА". Если указанный план существует, но следующее по нему ВС управляется другим диспетчером, то формируется

сообщение "НЕПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА". Если значение изменяемого аргумента задано не цифрами, то отображается сообщение "ФОРМАТ?". Если значение эшелона превосходит допустимое для ВС данной категории, или не достигает минимального значения, то выдается сообщение "ВЕЛИЧИНА?". Если задаваемая высота полета отличается от нормативных значений эшелона, то индицируется сообщение "ВНЕ ДИАПАЗОНА". По ошибочно заданному наименованию пункта выдается сообщение "ПОД НЕ ПО ПЛАНУ".

Правильно набранная команда воспринимается КП планирования. Форма для ввода снимается с экрана. План пересчитывается, начиная от пункта, указанного в команде, вдоль направления движения по маршруту до его конечной точки. При пересчете следует обратить внимание на то, не является ли точка ввода первым ПОД в данном секторе. Если это так, то изменяются отображаемые значения высоты в списках входа и электронных стрипах сектора. В соответствии с изменившимся временем пролета производится новое распределение выдачи строк списков в последующие секторы по маршруту. Корректируются данные, отображаемые во всех формах представления данного плана (маршруты, электронные стрипы, списки). Плановый трек, если он отображается на экране, занимает новое местоположение в соответствии с изменением скорости на участке переменного профиля полета. Обновляется вектор экстраполяции и содержимое ФС трека.

3.4. ФУНКЦИИ КП ПЛАНИРОВАНИЯ, ВКЛЮЧАЕМЫЕ ПЕРИОДИЧЕСКИ

3.4.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ 0 ЧАСОВ (СМЕНА СУТОК). ПО организует автоматический, по прерыванию от таймера, переход подсистемы планирования через 0 часов. Функционально задача состоит в преобразовании плановой информации этапа предварительного планирования в информацию этапа текущего планирования и в создании нового сводного суточного плана полетов на следующие сутки. Общая задача складывается из двух подзадач, которые решаются последовательно.

Непосредственно с наступлением новых суток, сводный суточный план ИВП, сформированный в прошедшие сутки, преобразуется в сводный текущий план новых суток. В новом сводном текущем плане при этом сохраняются индивидуальные планы незавершенных полетов ВС, находящихся под управлением системы, а также планы как уже обслуженных, так и несостоявшихся рейсов, срок автоматического удаления которых из БД по критериям времени еще не наступил. Согласно технологии автоматизированного УВД, такие планы должны присутствовать в сводных планах обоих этапов планирования, вследствие чего процедура преобразования выполняется в один шаг, без логического анализа индивидуальных планов полетов. Всем спискам этапа предварительного планирования присваивается статус списков этапа текущего планирования. Индивидуальные планы, статус этапа для которых определяется содержащейся в них датой полета, в процедуре присвоения признака этапа не нуждаются. Перевод списков из предварительного в текущий этап в известных системах отрабатывается как фоновая задача в течение нескольких минут и связан с настройкой каждого списка. Преобразо-

вание этапа планирования на ИО сводится к простой переадресации гистограмм распределения загрузки ВП из одной области памяти в другую и требует для своей реализации несколько миллисекунд.

Следующая подзадача состоит в создании нового СП – сводного предварительного плана на следующие сутки. В «освободившиеся» гистограммы информационного образа вносятся номера записей об индивидуальных планах «полетов с переходом на следующие сутки», т. е. полетов, начинающихся в конце наступивших суток и продолжающихся в следующие сутки. Кроме них, в новом предварительном плане ИВП учитываются планы всех полетов текущих суток, срок удаления которых из системы по критериям времени наступит в следующие сутки. Наконец, в суточный план вводятся заявки на полеты вне расписания на следующие сутки, поступившие в систему к 0 часам. По мере ввода в систему таких заявок в течение наступивших суток система автоматически включает их в сводный предварительный план, если они не содержат ошибок и отступлений от технологии УВД.

3.4.2. АКТИВИЗАЦИЯ РАСПИСАНИЯ ПОЛЕТОВ НА СЛЕДУЮЩИЕ СУТКИ. Значительное количество полетов, обслуживаемых системой, составляют регулярные рейсы ВС по расписанию. Предварительные заявки на такие полеты в центры УВД не направляются, и при формировании СП необходимая информация о них извлекается КП планирования из хранящейся в БД библиотеки расписания. ПО автоматически, по прерыванию от таймера, создает запросы для последовательного вызова на обработку всех повторяющихся планов, одновременно удовлетворяющих трем требованиям:

- календарная дата (день года) следующих суток по своему значению не меньше даты начала срока действия РПЛ – плана по расписанию;
- календарная дата (день года) следующих суток по своему значению не превосходит даты окончания срока действия РПЛ – плана по расписанию;
- день недели следующих суток по своему значению совпадает с одним из значений дней недели действия РПЛ – плана по расписанию.

Повторяющиеся планы полетов (РПЛ) хранятся в БД в рассчитанном виде для сокращения времени их преобразования в индивидуальные предварительные планы полета. Обработка такого представления сводится к автоматическому заполнению отсутствующих в бланке РПЛ полей и информационных групп и к замене специфических полей, например:

- замена кодовой комбинации поля 3 "Тип сообщения" РПЛ на ППЛ;
- формирование поля 8 "Статус и правила полета": лидирующий символ "И" – признак полета по приборам для рейсов по трассам и МВЛ I категории, или "Ж" – признак использования правил визуального полета для рейсов, управляемых МДП; замыкающий символ "С" – полет по расписанию;
- заполнение поля 10 "Радиосвязное и навигационное оборудование" комбинацией "С/Ц" – стандартное связное и навигационное оборудование;
- дополнение поля 16 наименованиями запасных аэродромов, если в системе предусмотрена таблица соответствия аэродромов назначения запасным аэродромам для конкретных направлений полетов;

- ввод в поле 18 "Дополнительная информация" информационной группы "ДАТА" с присвоением ей значения даты следующих суток в формате номер дня месяца, номер месяца.

Преобразованные планы фиксируются в БД в таблице сводного СП, дополняя собой уже имеющиеся в ней планы, перешедшие на следующие сутки в результате выполнения перехода через 0 часов. Параллельно записи исходных планов, КП формирует ИО планируемой воздушной обстановки, организует списки этапа предварительного планирования и таблицы удаления из системы обслуженных планов по критериям времени.

Перед началом процедуры активизации расписания формируется запрос к БД для вызова всех РПЛ, срок окончания действия которых истек к моменту наступления новых суток. Эти «просроченные» планы удаляются из системы для сокращения объема просматриваемой информации.

Процедура активизации выполняется до установленного момента утверждения суточного плана. В большинстве АС УВД утверждение производится в 21 час накануне планируемого периода. Предпочтительно преобразовывать РПЛ в ППЛ заблаговременно в течение предшествующих суток. В принципе, эту процедуру можно осуществлять сразу вслед за организацией перехода через 0 часов. В этом случае исключаются прецеденты повторной активизации расписания при возможных перезапусках системы в течение новых суток. Всякая перезагрузка включает в свою схему преобразование РПЛ в ППЛ на текущие и последующие сутки с проверкой наличия в БД преобразуемых планов (и блокировкой их повторного включения в сводный план). Если штатная процедура по регламенту работы системы подключается не в самом начале суток, то она окажется избыточной на ПЭВМ, перезапускавшихся ранее в процессе работы.

3.4.3. ПРЕДАКТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПЛАНОВ ПОЛЕТОВ (ФПЛ). Функция обработки предактивных планов полетов необходима системе для автоматизированного согласования условий приема-передачи ВС между взаимодействующими РЦ, соединенными наземными цифровыми линиями обмена данными, а также при обслуживании бортов, оснащенных аппаратурой АЗН, и для обмена данными между РЦ и аэродромами.

В первом случае КП планирования, согласно технологии УВД, выдает диспетчеру принимающего сектора строку в список ожидания с целью оповещения о предстоящем согласовании условий приема-передачи ВС от взаимодействующего РЦ. Строка появляется за 25 минут до передачи ВС под управление, если хотя бы один из взаимодействующих диспетчеров управляет полетами в секторе вне трасс. Если оба диспетчера осуществляют УВД в трассовом секторе, оповещение происходит за 15 минут до передачи.

Во втором случае КП, помимо выдачи строки в список ожидания, периодически посылает кодограммы запросов информации АЗН с целью установить сеанс связи с бортом, оснащенный соответствующей аппаратурой.

В третьем случае КП планирования обеспечивает автоматический перевод зарегистрированных планов полетов (ФПЛ) в предактивное состояние

за установленный интервал (25 минут в Московском центре) до расчетного времени ЕОБТ уборки колодок и начала руления к месту предварительного старта. Эта процедура производится только для планов полетов со взлетами на аэродромах, отображаемых на картах секторов РЦ, подхода и АКДП для своевременного формирования списков вылета по этим аэродромам.

Исходной посылкой для предварительной активизации таких планов является их преобразование из ППЛ в ФПЛ. Если анализ поступившего в систему ФПЛ показывает, что до расчетного времени вылета осталось не более 25 минут, то в соответствующий список вылета немедленно вводится новая строка, "привязанная" на индикаторах воздушной обстановки к "своему" аэродрому. При наличии в системе АРМ диспетчера АКДП (руления, старта, посадки, круга) такая строка появляется и в табличном окне дисплея этого рабочего места, становясь объектом процедурного управления.

Если преобразование ППЛ в ФПЛ (или ввод ФПЛ при отсутствии соответствующего ППЛ) происходит слишком рано, т.е. более чем за установленный интервал до расчетного момента входа ВС в РУВД или до его вылета, то соответствующая строка не формируется. Система «ждет» и периодически (с темпом 1 раз в минуту) проверяет необходимость перевода ФПЛ в предактивное состояние (выдача строки списка ожидания или вылета).

3.4.4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ АКТИВНЫХ ПЛАНОВ ПОЛЕТОВ. *Общие сведения.* Функция автоматического сопровождения активных планов необходима системе для своевременного формирования и удаления плановой информации о совершающихся полетах на индикаторах рабочих мест диспетчеров групп УВД. Распространены следующие элементы функции:

- корректировка активных планов с выдачей и снятием строк списка входа в затрагиваемых секторах при переходах ВС из сектора в сектор;
- периодический, с темпом обзора антенны радиолокатора, расчет координат планового положения ВС;
- отображение диспетчеру планового трека на фоне картографии с предысторией, вектором экстраполяции, кодом диспетчера и ФС;
- формирование и обновление электронных стрипов;
- формирование и обновление электронного графика "время-путь";
- сопоставление рассчитанных координат местоположения ВС с измеренными средствами радиолокации или АЗН координатами;
- корректировка плановых параметров по результатам радиолокационных измерений для ВС, управляемых с рабочих мест, на которых активизирована прямая функция автоматической корректировки;
- выдача на индикаторы рабочих мест диспетчеров, на которых не активизирована прямая функция автоматической корректировки, оповещений о фактах обнаружения расхождений плановых и измеренных параметров движения ВС, превышающих установленные допуски;
- автоматическая пассивизация активных планов, отождествленных с радиолокационной информацией, после исключения соответствующих строк

из списка потерь;

- автоматическая пассивизация активных планов, не отождествленных с РЛИ, через установленный интервал (2 минуты) после истечения расчетного времени выхода ВС из РУВД (или посадки на аэродроме, не оборудованном АРМ АКДП, управляемыми системой);

- корректировка списков интегральной информации текущего планирования (пометка соответствующей строки символом "-"), снятие строк списка входа, отмена треков, электронных стрипов, линий и меток электронного графика "время-путь" и фиксация в БД статуса пассивизированного плана.

Сопровождение планов при переходах ВС из сектора в сектор. Функция основана на сопоставлении значений моментов текущего времени и времени наступления ближайшего события по активному плану. Под ближайшими событиями понимаются следующие изменения состояния:

- истечение момента времени, в который, согласно временным критериям, выдается строка списка входа в очередной сектор по маршруту;
- истечение расчетного момента времени выхода из сектора;
- истечение момента времени, в который, согласно временным критериям, должна выдаваться строка списка прилета на АРМ АКДП;
- истечение момента времени, в который, согласно временным критериям, производится пассивизация обслуженного плана полета.

Функция выполняется периодически и производит необходимые действия, связанные с наступлением очередного события (изменения состояния) активного плана. Алгоритм вычисления момента ближайшего события учитывает ситуацию "перехода через 0 часов" для планов полетов, начинающихся в текущих сутках и заканчивающихся в следующих сутках. Моменты наступления ближайшего события формируются в каждой записи об активном плане полета и сцепляются друг с другом в порядке неубывания, образуя фрагмент ИО воздушной обстановки. Тогда на каждом включении функции достаточно обратиться к начальному звену цепи, чтобы выяснить, наступило ли самое раннее из ближайших событий в системе, или нет.

Отображение плановых треков. Функция формирования плановых треков включается периодически с темпом обзора антенны радиолокатора. Это обеспечивает синхронное с радиолокационными треками перемещение в пределах экрана индикатора и единое представление интервалов между точками предыстории. Функция выполняется по каждому активному плану, для которого трек вызван вручную диспетчером (при отсутствии радиолокационного сопровождения) или по которому вызов был осуществлен автоматически КП обработки РЛИ вследствие потери радиолокационного сопровождения. КП планирования отвергает запрос планового трека для ВС, находящихся под радиолокационным контролем. По корректно запрошенным плановым трекам подготавливается для отображения следующая информация:

- текущие координаты планового положения – для отображения символа "трек по плану" на соответствующем месте географической карты;

- координаты плановых положений предыдущих "обзоров" – для отображения предыстории;
- код диспетчера, вызвавшего плановый трек или принявшего управление по плановому треку – для отображения впереди планового местоположения ВС (45 градусов по курсу движения);
- текущие значения скорости и курса, а также упрежденные на 10 минут координаты планового положения – для отображения вектора экстраполяции с учетом точек излома планового маршрута;
- данные, отображаемые в ФС планового трека, включающие:
 - сменный позывной ВС по плану полета – радиотелефонный позывной для отечественных ВС, либо номер рейса для иностранных ВС;
 - код ответчика ВРЛ для отечественных ВС, либо код ВРЛ ИКАО для ВС иностранных авиакомпаний;
 - индекс строки списка входа по данному плану;
 - текущую высоту полета в десятках метров, вычисленную с учетом летно-технических характеристик набора и снижения;
 - символ тенденции изменения профиля полета (набор высоты, горизонтальный участок, снижение);
 - заданный эшелон (или эшелон перехода), вводимый вручную и сопровождаемый системой до следующего ручного ввода;
 - текущее значение скорости (в километрах в час), вычисленное с учетом ЛТХ ВС, температуры воздуха на аэродроме и скорости ветра по высотным слоям на маршруте полета;
 - уточненный эшелон полета в сотнях метров, или эшелон входа в РУВД, взятый из сообщения активизации АЦТ, если вход в РУВД производится на участке горизонтального полета, и не вводился уточненный эшелон;
 - запрошенный эшелон из поля 15 ФПЛ с лидирующим символом "С", если вход в РУВД производится на участке набора высоты, и не вводился уточненный эшелон полета.

Для исключения поиска планов, по которым необходимо отображать трек, они сцепляются в отдельный фрагмент ИО воздушной обстановки.

Сопоставление измеренных и плановых координат ВС. КП планирования периодически, с темпом обновления радиолокационной информации для ВС, сопровождаемых методами радиолокационного наблюдения или с темпом обмена данными с ВС, сопровождаемыми по данным АЗН, производит расчет координат планового местоположения каждого управляемого самолета и сравнивает результаты расчета с измеренными координатами. ПО заданы допустимые величины отклонений текущих измеренных координат от плановых. При обнаружении отклонений, превышающих допустимые пределы, КП планирования выполняет следующие действия.

При активизированной функции "Автоматическая корректировка плановой информации по результатам радиолокационных измерений" плановые параметры движения приводятся в соответствии с измеренными КП ОРЛИ. Решается задача, обратная вычислению текущего местоположения ВС по

плану. По сглаженным радиолокационным координатам и скорости (с учетом скорости ветра) вычисляются и вводятся в запись о плане полета моменты пролета последующих пунктов маршрута. Результаты отображаются во всех списках этапа текущего планирования и непосредственного управления, а также в вызванных на отображение маршрутах ВС по плану.

При неактивизированной функции автоматической корректировки отображается информация, оповещающая о выявленных отклонениях действительных параметров движения ВС от плановых. Она дополняется текстовыми подсказками по ручной корректировке плана полета с помощью функций ввода. Измеренная скорость (с учетом скорости ветра по курсу движения) предлагается в качестве аргумента функции Vутч ("Уточненная скорость"), вводимой по последнему из пройденных по маршруту навигационных пунктов. Время пролета этого пункта, вычисленное при решении обратной задачи расчета планового местоположения, рекомендуется как аргумент для ввода функции АТО ("Фактическое время пролета ПОД").

Пассивизация активных планов полетов. ПО автоматически удаляет с экранов информацию об обслуженных полетах для предотвращения перегрузки диспетчеров устаревшими данными. С индикаторов снимаются как принудительно выданные электронные стрипы, линии движения графика "время-путь" и строки списков этапа непосредственного управления, так и вызванные вручную плановые треки и маршруты. Плановые треки, формируемые без запроса вследствие потери радиолокационного сопровождения, по критерию времени выхода из зоны обслуживания преобразуются в строки списка потерь. Процедуры пассивизации различаются в зависимости от характера связи активного плана с радиолокационной или другой измеренной информацией о движении ВС.

Для планов, отождествленных с радиолокационной информацией, после исключения средствами КП обработки РЛИ соответствующих этим планам строк из списка потерь, КП обработки плановой информации выполняет:

- корректировку записи о плане полета в БД с фиксацией времени выхода ВС из системы или посадки на аэродроме системы;
- корректировку списков интегральной плановой информации текущего планирования (пометка соответствующей строки символом "-");
- снятие строк списка входа, отмену электронных стрипов, линий движения ВС и символов (пометок) электронного графика "время-путь".

Автоматическая пассивизация активных планов, не отождествленных с РЛИ, выполняется по истечении установленного интервала (две минуты – изменяемый параметр системы) после наступления момента расчетного времени выхода ВС из РУВД (или посадки). Она связана с корректировкой списков интегральной плановой информации текущего планирования, снятием строк списка входа, отменой плановых треков, электронных стрипов, линий движения и меток электронного графика "время-путь" и фиксацией в БД статуса пассивизированного плана.

Если в процессе управления ВС было потеряно его радиолокационное

сопровождение (или прервана цифровая связь АЗН), и управление осуществлялось по плановому треку, то по истечении расчетного времени выхода ВС из зоны обслуживания (или его посадки) плановый трек преобразуется в строку списка потерь на индикаторе ДРУ соответствующего сектора УВД, и пассивизация производится по правилам для активных планов полетов, отождествленных с РЛИ.

Автоматическое удаление планов из базы данных. ПО автоматически удаляет из БД устаревшие планы полетов по критериям времени, которые хранятся как сменные константы. Документами ГА установлены следующие критерии автоматического удаления просроченных планов из системы:

- для предварительных планов полетов, не состоявшихся по любой причине, на которые не поступили корректирующие сообщения о задержке рейса или о переносе на следующие сутки – 12 часов после расчетного истекшего момента выхода ВС из зоны действия системы;
- для зарегистрированных планов полетов, не состоявшихся по любой причине, на которые не поступили корректирующие сообщения о задержке рейса или о переносе на следующие сутки – 5 часов после расчетного истекшего момента выхода ВС из зоны действия системы;
- для активных планов полетов, обслуженных системой – 1 час после расчетного истекшего момента выхода ВС из зоны действия системы, если план не был отождествлен с РЛИ или с данными АЗН, или 1 час после исключения обслуженного ВС из списка потерь.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Анодина Т.Г., Кузнецов А.А., Маркович Е.Д.** Автоматизация управления воздушным движением. – М.: Транспорт, 1992.
2. **Тверитнев М.М.** Методы организации потоков воздушного движения. // Научный вестник МГТУ ГА. Серия «Информатика. Прикладная математика», № 55, 2002.
3. **Савицкий В.И., Владимиров Ю.А., Мищенко Н.Г., Точилев В.В.** Автоматизированные системы управления воздушным движением. – М.: Транспорт, 1986.
4. Воздушный кодекс Российской Федерации – М.: Воздушный транспорт, 1997.
5. **Леонтьев Р.Г.** Прогнозирование авиапотоков и оптимизация управления воздушной транспортной системой. – М.: «Наука», 1984.
6. Табель сообщений о движении воздушных судов транспортной системы Российской Федерации (ТС ТА-95). – М.: Воздушный транспорт, 1997.

[На начало документа](#)

[К исходному документу](#)