

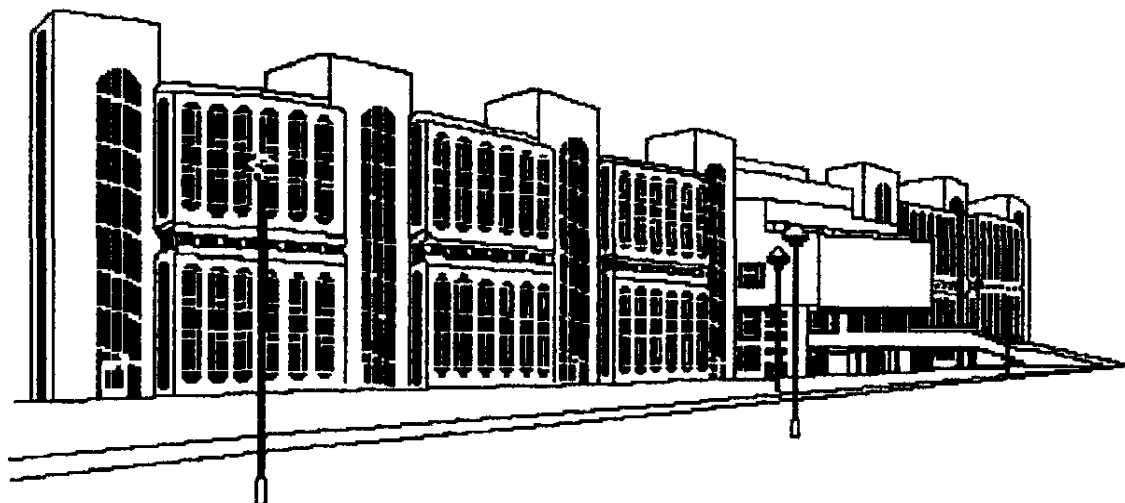
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Л.Е.Рудельсон

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

Часть I

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



Москва – 2003

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра вычислительных машин, комплексов, систем и сетей

Л.Е.Рудельсон

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

Часть I

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Книга 1

**ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Москва – 2003

ББК 6Ф.

Р

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

Рудельсон Л.Е.

Р Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением. Часть I. Системное программное обеспечение. Книга 1. Информационная база автоматизированных систем организации воздушного движения – М.: МГТУ ГА, 2003.- с 96.

ISBN.....

Рассматриваются назначение, методы представления в системе и алгоритмы ввода, корректировки, хранения, отображения и удаления:

- параметров структуры воздушного пространства: географических точек, характеристик источников, секторизации, навигационных пунктов, аэродромов, воздушных трасс, коридоров присоединения аэродромов к трассам, общего описания элементов и связей;
- сменных констант технологии управления воздушным движением;
- летно-технических характеристик воздушных судов;
- реквизиты авиакомпаний, обслуживаемых системой.

Приводятся примеры программной реализации.

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 __.__.02 и методического совета __.__.02.

Р 2303.....

Р-.....

© Московский Государственный Технический
Университет Гражданской Авиации, 2003

Св. план 2003 г.
поз.

РУДЕЛЬСОН Лев Ефимович

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Часть I

Системное программное обеспечение

Книга 1

Информационная база автоматизированных систем
организации воздушного движения
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, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
Список сокращений.....	6
1. ВВЕДЕНИЕ.....	8
1.1. Задачи, решаемые программным обеспечением, и структура автоматизированных систем организации воздушного движения.....	8
1.1.1. Предмет курса и его место в области организации воздушного движения.....	8
1.1.2. Планирование использования воздушного пространства и непосредственное управление воздушным движением.....	10
1.1.3. Информационные связи.....	12
1.2. Структура программного обеспечения АС ОрВД. Методы решения системных и функциональных задач.....	15
1.2.1. Структура программного обеспечения АС ОрВД.....	15
1.2.2. Методы решения системных и функциональных задач.....	17
2. СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	19
2.1 Состав рабочих мест и обзор функций взаимодействия ПО с диспетчерским персоналом.....	19
2.1.1. Общая характеристика.....	19
2.1.2. Начальник смены.....	19
2.1.3. Сменный инженер.....	20
2.1.4. Инженер-синоптик.....	20
2.1.5. Оператор связи с АНС ПД и ТС.....	21
2.1.6. Аэродромный диспетчерский пункт.....	21
2.1.7. Группа организации потоков.....	22
2.1.8. Пульт руководителя трассовых полетов РЦ.....	23
2.1.9. Группа УВД на трассах.....	23
2.1.10. Руководитель полетов в зоне аэродрома.....	25
2.1.11. Диспетчер руления.....	25
2.1.12. Диспетчер старта.....	26
2.1.13. Диспетчер посадки.....	26
2.1.14. Диспетчер круга.....	26
2.1.15. Диспетчер подхода.....	27
2.1.16. Диспетчер МДП.....	27
2.1.17. Командная группа сектора УВД вне трасс.....	28
2.1.18. Группа УВД вне трасс.....	28
2.1.19. Группа суточного планирования вне трасс.....	29
2.1.20. Группа текущего планирования вне трасс.....	29
2.1.21. Пульт тренажа и обучения диспетчерского персонала.....	29
2.1.22. Оператор аэродромной информационной службы.....	29
2.2. Информационная база автоматизированных систем организации воздушного движения.....	30

2.2.1. Комплекс программ сопровождения сменных констант и параметров структуры воздушного пространства.....	30
2.2.1.1. Обеспечение санкционированного доступа к СКП...	30
2.2.1.2. Унифицированная схема работы КП.....	31
2.2.1.3. Логическая схема базы данных.....	33
2.2.1.4. Математические основы КП СКП.....	36
2.2.1.5. Взаимодействие оперативного персонала с КП СКП	47
2.2.2. Функции обработки базовых параметров системы.....	50
2.2.2.1. Функция «Центр».....	50
2.2.2.2. Функция «Географические точки».....	53
2.2.2.3. Описание подсекторов структуры ВП.....	62
2.2.2.4. Функция «Подсекторы».....	64
2.2.3. Функции обработки комплексных параметров системы.....	71
2.2.3.1. Элементарные параметры: навигационные пункты..	71
2.2.3.2. Элементарные параметры: аэродромы.....	75
2.2.3.3. Комплексные параметры: основные аэродромы...	76
2.2.3.4. Стандартные маршруты прилета и вылета.....	78
2.2.3.5. Описания трасс и местных воздушных линий.....	81
2.2.3.6. Обозначения секторов УВД и характеристики объединенных секторов.....	84
2.2.4. Функции обработки системных констант.....	86
2.2.4.1. Константы технологии УВД.....	86
2.2.4.2. Летно-технические характеристики ВС.....	88
2.2.4.3. Авиакомпании и авиаотряды.....	92
2.2.4.4. Банк кодов ВРЛ ИКАО.....	94
Список литературы.....	95

ПРЕДИСЛОВИЕ

В процессе обучения студенты специальности 22.01.00 получают достаточные знания в области проектирования программного обеспечения (ПО). Однако уровень их квалификации ориентируется на разработку приложений массового пользователя, без акцента на сферу автоматизации планирования и управления воздушным движением (УВД). Выпускники университета подчас имеют лишь общее представление о принципах компьютерной обработки радиолокационной информации, о программной поддержке работы диспетчеров, о специфике задач метеорологического обеспечения, взаимодействия между наземными службами и с бортами, о других элементах ПО автоматизированных систем (АС) УВД.

Появление на кафедре ВМКСС новой учебной дисциплины призвано восполнить этот пробел и дать студентам навыки в сфере проектирования ПО авиационных систем, баз данных полетной информации, интерфейса взаимодействия диспетчера с комплексом средств автоматизации и т.д. В связи с от-

сутствием в специальной литературе источников, глубоко и всесторонне охватывающих тему дисциплины, подготовлено настоящее учебное пособие, полностью соответствующее рабочей программе одноименного курса. Предлагаемое издание открывает серию книг, подготавливаемых на кафедре, призванных в своей совокупности охватить проблему компьютерной поддержки процессов УВД. Каждая книга посвящена самостоятельному в рамках ПО комплексу программ, его назначению, структуре и выполняемым функциям, его связям с программным окружением, взаимодействию с персоналом и источниками информации. Предполагается следующая структура серии.

Часть I. Системное программное обеспечение.

Книга 1. Информационная база автоматизированных систем организации воздушного движения.

Книга 2. Операционные системы реального времени.

Книга 3. Управление периферией и связью

Часть II. Функциональное программное обеспечение.

Книга 4. Модель использования воздушного пространства. Обработка плановой информации.

Книга 5. Обработка радиолокационной информации.

Книга 6. Концепция требуемых навигационных параметров. Обработка данных автоматического зависимого наблюдения.

Книга 7. Обработка метеорологической информации. Решение задач тренажа диспетчерского персонала и расчета аэронавигационных сборов.

Книга 8. Программная поддержка интегрированной технологии УВД.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ, И СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

1.1.1. ПРЕДМЕТ КУРСА И ЕГО МЕСТО В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ. Классическая схема управляющей системы [1] включает:

- модель управляемого процесса для прогнозирования его развития;
- средства измерения фактических параметров процесса для их сопоставления с предсказанными моделью;
- инструменты воздействия на процесс при выходе измеренных параметров за допустимые пределы.

Традиционный учебный пример [1], наглядно поясняющий абстрактную схему – система управления доменным процессом. Моделью фазы разогрева шихты является график повышения температуры в функции времени, оптимальный по критериям металловедения. Заданная кривая заключена в диапазон (коридор) допустимых значений, ограничивающих сверху и снизу возможные отклонения реально достигнутой к текущему моменту температуры от опти-

мальной. Отклонения выбираются так, чтобы гарантировать требуемое качество плавки. В процессе работы периодически, в моменты времени $t_i \{i = 1, 2, \dots\}$, производятся измерения температуры T° . Если фактический результат не попадает в установленный диапазон, то принимается решение о вмешательстве в управляемый процесс (усилить или ослабить тягу в доменной печи).

В сложных технических системах классическая схема действует в значительной мере условно [1]. Критерии оптимальности здесь комплексные и представлены, как правило, функционалами, построенными на связанных составляющих. Оперативная корректировка отдельных параметров одновременно и неоднородно влияет на большинство этих составляющих. На многомерную модель процесса накладываются возмущающие воздействия неуправляемых факторов. Однозначное аналитическое описание сложных систем в настоящее время отсутствует. Теоретические исследования приводят к вычислительным формулам с эмпирическими или статистическими коэффициентами.

Полноценным примером сложной технической системы является автоматизированная система организации воздушного движения (АС ОрВД) России. Она развернута на гигантской географической территории и предназначена для эффективного управления во взаимодействии с окружающей техногенной и природной средой потоками движущихся воздушных судов (ВС) и множеством разнородных стационарных объектов, со связями и отношениями между ними, образующими единое целое [1]. В более широком смысле можно говорить о ней как об отрасли народного хозяйства, деятельность которой состоит в решении задач государственной важности, таких как [2]:

- удовлетворение потребностей отечественных и зарубежных авиакомпаний в аэронавигационном обслуживании и использовании воздушного пространства Российской Федерации (РФ), т.е. прогнозирование потребностей в авиаперевозках и организация мероприятий (техническое оснащение, развитие и обслуживание парка воздушных судов, подготовка кадров и т. д.) по их качественному выполнению;
 - обеспечение безопасности воздушного движения в соответствии с международными требованиями, т.е. выполнение федеральных программ, направленных на ликвидацию отставания отечественной ОрВД от европейской и американской (например, в 2 – 8 раз по количеству происшествий);
 - повышение экономической эффективности работы пользователей воздушного пространства и предприятий, обеспечивающих аэронавигационное обслуживание, т.е. внедрение прогрессивных технологий, новой техники и оптимальное использование воздушного пространства (ИВП);
 - повышение эффективности решения задач национальной безопасности, т.е. планирование и поддержание постоянной готовности использования всех организационных и технических средств гражданской авиации (ГА) в интересах обороны страны;
 - интеграция АС ОрВД РФ в мировую аэронавигационную систему.
- Перечисленные задачи решаются Государственной Службой (ГС) ГА, яв-

ляющейся в настоящее время подразделением Министерства Транспорта РФ. В структуре ОрВД страны ГС ГА представляет собой корень дерева, от которого ответвляются самостоятельные целевые направления, и каждое из них руководит подчиненными региональными органами по вертикали, осуществляя единую организационную политику [2]. Автоматизация деятельности этой иерархии состоит в ее оснащении системами документооборота, поддержки деятельности руководителей и т.д. и в настоящем курсе не рассматривается. Данное изложение касается принципов построения программного обеспечения (ПО) АС ОрВД того уровня, на котором осуществляется планирование ИВП и непосредственное управление воздушным движением (УВД). Это уровень региональных авиапредприятий по ИВП и УВД, а соответствующие АС ОрВД поддерживают задачи планирования и управления в аэродромных и районных АС УВД. В составе ГС ГА действует департамент регулирования обслуживания воздушного движения (ОВД), ответственный не только за показатели эффективности работы, но и за вопросы модернизации и развития Единой Системы (ЕС) ОрВД России. Департамент курирует Государственную корпорацию по ОВД РФ, Главный Центр (ГЦ) планирования и регулирования потоков воздушного движения (ППВД), научно-исследовательские институты и проектные организации ГА, специализирующиеся в области эксплуатации и развития ЕС ОрВД. Госкорпорация по ОВД РФ координирует деятельность региональных авиапредприятий, упомянутых выше и оснащаемых ПО, составляющим предмет данного курса. Таково его место в иерархии ГА.

1.1.2. ПЛАНИРОВАНИЕ ИВП И НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ УВД. ПО АС ОрВД уровня региональных предприятий предназначено для автоматизации деятельности должностных лиц, ответственных за оптимальное по критериям безопасности, экономичности и регулярности полетов планирование ИВП и непосредственное УВД потоков ВС, совершающих движение в зоне действия системы [1]. На этом уровне авиапредприятий иерархия ОрВД фактически вырождается в децентрализованную схему взаимодействия.

Воздушное пространство России разделено по критериям пропускной способности и географического положения на семь основных зон и четыре вспомогательные зоны полетной информации [1]. Отдельную зону представляет собой обособленный район УВД Калининград с функциями зонального центра (ЗЦ). Каждая зона делится в плане на несколько районов УВД. Общее количество районных центров (РЦ) ЕС ОрВД в России составляет 118. 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. Общее количество секторов РЦ ГА в РФ равно 282. Юридическую ответственность за обслуживание полетов несут именно диспетчеры секторов, осуществляющие непосредственное управление ВС. Однако взаимодействие центров УВД ГА производится на уровне смежных РЦ и районов аэродромов (РА).

Персонал каждого РЦ отвечает за обслуживание полетов в пределах сво-

ей территории, и в этом проявляется фактическая децентрализация УВД страны. Даже рейсы ВС, затрагивающие воздушное пространство (ВП) нескольких смежных РЦ, последовательно управляются диспетчерами этих РЦ, а соответствующий ЗЦ участвует лишь в планировании и координации таких полетов. Точно так же рейсы, затрагивающие ВП только внутри одной зоны, не входят в компетенцию ГЦ, функции которого в настоящее время включают в себя планирование и координацию потоков ВС в пространстве нескольких зон полетной информации. Заметим, что оптимальное планирование в масштабах страны, вообще говоря, возможно лишь в условиях централизованного формирования плана ИВП, при наличии в едином центре всей совокупности данных о состоянии АС ОрВД, окружающей среды и потребностей в авиаперевозках. Лишь отсутствие полноценного вычислительного инструмента препятствует сегодня внедрению подобной процедуры в ГЦ ППВД [3].

Важным фактором ОрВД является взаимодействие ГА с органами министерства обороны (МО) РФ [1]. Традиционно вопросы обеспечения национальной безопасности выдвигались у нас в ранг первостепенных, и любое мероприятие по поддержанию боеготовности вооруженных сил ставилось во главу угла по сравнению с другими задачами народного хозяйства. Как следствие, сформированный ГА план ИВП во всех деталях должен быть известен военным заранее, и обо всех возникающих отклонениях от него они должны немедленно оповещаться. Органы МО, согласно действующему законодательству, могут запрещать движение ГА в необходимых им областях пространства, если это диктуется требованиями качественной летной подготовки военнослужащих. Для координации действий ГА и МО в каждом РЦ и ЗЦ штатно закреплены так называемые секторы вне трасс, ответственные за мирное использование нашего неба. В результате взаимодействия план ИВП может существенно изменяться, и части рейсов ГА предписывается следовать к аэродрому назначения обходными маршрутами, или с задержкой вылета, или на неэкономичных эшелонах.

По своей сути, план ИВП является в АС УВД той самой моделью контролируемого процесса, без которой не существует ни одна управляющая система. При его формировании учитывается вся совокупность факторов [1], влияющих на эффективность воздушного движения (ВД), и при известных ограничениях на уровень безопасности полетов, экономичность авиаперевозок и пропускную способность системы максимизируется количество удовлетворенных заявок на ИВП, т. е. заявок на полеты. Реализация сформированного плана состоит в организации его исполнения с минимально возможными отклонениями в условиях изменений погодных условий, технического состояния системы в целом, действия так называемого «человеческого фактора» и других возмущающих воздействий. Контроль реализации осуществляется с помощью координатных измерений и прокладки траекторий движущихся ВС в наземных центрах управления полетами. Построенные траектории сопоставляются с плановыми, и при необходимости производятся оперативные вмешательства в действия пилотов.

Доминирующим средством измерения параметров процесса УВД являются-

ся радиолокационные станции (РЛС). Они предоставляют фактические координаты движущихся ВС, реализующих в своей совокупности сводный план ИВП. Дополнительными инструментальными средствами становятся радиопеленгаторы, а также бортовые системы навигации ВС, результаты работы которых могут поступать на вход вычислительных систем наземных комплексов управления [1]. Согласно прогнозам международных организаций ГА, будущее принадлежит спутниковым системам навигации (концепция CNS/ATM), использующим технологию автоматического зависимого наблюдения (АЗН). Ее достоинство – возможность надежного определения координат ВС в любой точке ВП планеты с любой заданной точностью. Основной недостаток – высокая стоимость развертывания и сопряжения космической, бортовой и наземной составляющих.

Воздействия на реализацию процесса УВД при ее отклонениях от плана осуществляют авиадиспетчеры, которые принимают решения о вмешательстве в складывающуюся обстановку на основе ее анализа, формулируют их в виде команд пилотам, совершающим полеты, и несут ответственность за свои решения. Деятельность диспетчера строго формализована должностными инструкциями и технологией работы (последовательностью действий) [1]. Однако никакие регламентирующие документы не в состоянии исключить из нее творческий момент построения мысленного образа сложившейся воздушной обстановки, на основе которого диспетчер принимает решения. Для построения этого образа профессионал использует, в основном, фактически измеренные координаты и результаты переговоров с пилотами по громкоговорящей связи. С развитием средств автоматизации появляется возможность включения в мысленный образ плановой и метеорологической информации, и такая технология работы получила название интегрированной.

Интегрированная технология УВД провозгласила идею единства и равноправия радиометрической, плановой и метеорологической информации [4]. Интуитивная уверенность в повышении качества экстраполяции радиолокационных измерений и прокладки траектории полета благодаря использованию плановых данных доказана строго математически. Однако существующая практика ОрВД недостаточно использует доступную полетную информацию. Планы полетов рассчитываются с точностью до минут, и об использовании таких расчетов для задач местоопределения не может быть и речи. Основу управления по-прежнему составляют фактически измеренные данные о взаимном положении воздушных судов. Предпосылки к конфликтам возникают неожиданно для оперативного персонала и носят характер чрезвычайных происшествий. По сути дела в таких ситуациях не столько диспетчер управляет полетами, сколько нарастающая опасность реальной обстановки руководит действиями диспетчера. Как правило, при разборе конфликтов выясняется, что в подавляющем большинстве случаев их можно было предвидеть и разрешить с помощью анализа текущих планов задолго до фактического обнаружения. Для снижения рисков пропуска конфликтов и ложных тревог рекомендуется при этом корректировать

в реальном масштабе времени плановую информацию по результатам фактических измерений. Однако реализация идеи встретила не преодоленные до сих пор трудности. Традиционное информационно-вычислительное обеспечение не в состоянии гарантировать совместный анализ измеренных и прогностических данных в реальном масштабе времени. В результате плановая и метеорологическая информация по-прежнему играют роль вспомогательных справок, отображаемых либо принудительно в виде полетных списков и зон атмосферных явлений, либо выборочно по конкретному запросу, а прогноз развития воздушной обстановки осуществляет диспетчер. Это значит, что целостность системы как способность выполнять свои функции, в конечном счете, по-прежнему зависит от профессиональных навыков оперативного персонала.

1.1.3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СВЯЗИ. Выше обсуждалась структура организационно-хозяйственной иерархии государственной системы ОрВД и децентрализованная сеть функциональных связей региональных АСУ потоками ВС, совершающих полеты. На эти взаимозависимые схемы накладывается связанная с ними совокупность каналов передачи информации каждого центра УВД, по которым поступают и отправляются измеренные (координаты, курс, высота и т.д.) и плановые данные по каждому управляемому борту. Наиболее важными для решения задач, поставленных перед системой, являются линии передачи измеренных данных. Как уже отмечалось, основным источником координатной информации о движущихся ВС являются в настоящее время РЛС [1].

По замыслу системы, для осуществления качественного УВД все ВП России, в котором совершаются полеты, должно охватываться непрерывным и даже перекрывающимся радиолокационным полем. На самом деле такое положение более или менее достигнуто лишь на европейской части страны. На севере и в Сибири практически в каждом РЦ зоны устойчивого радиолокационного наблюдения перемежаются областями его отсутствия. Дальность действия трассовых РЛС, принятых на оснащение в ГА, зависит от высоты и не превышает четырехсот километров. Финансовое состояние государства не позволяет осуществить концепцию сплошного радиолокационного поля. По ряду причин не удастся претворить в жизнь и идею использования РЛС МО для задач УВД [1].

Радиолокационные позиции связаны с центром управления цифровыми линиями обмена данными для передачи кодограмм сообщений о наблюдаемых ВС. В обратном направлении посылаются команды изменения режима работы РЛС. Преобразования аналоговых величин азимутов и дальностей до целей в цифровые производятся, как правило, на самой РЛС. Однако для выполнения требований по надежности наряду с цифровыми кодограммами в РЦ непрерывно ретранслируется необработанный видеосигнал с выхода приемника РЛС. Кроме того, на большинстве позиций трассовые радары сопрягаются с автоматическими радиопеленгаторами (АРП), а в ряде случаев и с метеорологическими приставками, результаты работы которых также направляются в комплекс аппаратно-программных средств центра УВД. Наряду с ними, в сеть обмена

данными включены автономные (расположенные отдельно) АРП и метеолокаторы.

Радиолокационное наблюдение как способ получения координатной информации о движущихся объектах имеет ряд принципиальных недостатков, среди которых главным является невозможность его осуществления в специфических условиях (акватория океана, горная местность, малые высоты и т.д.). Устойчивой тенденцией развития средств сопровождения ВС становится спутниковая навигация, не зависящая от рельефа местности. Для ее реализации используется архитектура, содержащая три сегмента: космический, бортовой и наземный. Космическая группировка содержит несколько созвездий спутников, выведенных на геостационарные орбиты, и сеть так называемых контролируемых спутников. Бортовой сегмент представляет собой всю совокупность аппаратуры АЗН, которой оснащены ВС, находящиеся в полете, и которая производит навигационные измерения на каждом борту, формирует кодограммы сообщений в центры управления полетами и выполняет обмен информацией с последними. Наземным сегментом являются АС УВД и входящие в их состав сети опорных станций, которые служат для приема и обработки данных, поступающих со спутников. Результаты по наземным линиям связи передаются на контрольные станции, где на их основании определяются целостность, остаточные погрешности, дифференциальные поправки и информация об ионосфере для каждого контролируемого спутника, а также навигационные параметры геостационарных спутников. Таким образом, коммуникационная система состоит из двух независимых сетей: сети передачи данных спутниковой системы навигации и контрольной сети оценки качества измерений параметров движения ВС.

Плановая информация циркулирует в системе по децентрализованной авиационной наземной сети передачи данных и телеграфных сообщений (АНС ПД и ТС) [5]. Сеть покрывает территорию страны и связывает между собой взаимодействующие наземные объекты ГА, имеет выходы как на любой телеграфный адрес мирового авиационного сообщества, так и на специальные пункты связи с органами МО. Физически она представлена центрами (станциями, узлами) коммутации сообщений и низкоскоростными телеграфными каналами. В настоящее время усиливается тенденция централизованного планирования полетов, в силу которой взаимодействие между АС ОрВД должно осуществляться по иерархическому принципу, однако в условиях ограниченного финансирования внедрение дополнительной сети передачи данных не представляется возможным. Реализация другой тенденции – использования высокоскоростных цифровых линий обмена данными для взаимодействия смежных центров УВД по плановой информации на этапе управления – тормозится по той же причине.

Метеорологическая информация поступает в АС в различных видах [1]:

- измеренные координаты метеообразований от метеорадиолокаторов и метеоприставок к аэродромным и трассовым радарам;
- телеграфные сообщения о фактической и прогнозируемой погоде в

точках стояния метеостанций, являющихся абонентами АНС ПД и ТС;

- данные о температуре воздуха, скорости и направлении ветра, измеренные на различных высотах с помощью шаров-зондов;
- информация, поступающая по каналам Гидрометеоцентра.

В большинстве действующих систем последний вид информации формируется вручную на рабочем месте инженера-синоптика по результатам телефонных переговоров и анализа метеосводок и телеграмм. Однако подобная практика сбора, обработки, объединения и синтетического отображения метеоинформации средствами ПО АС УВД признана нерациональной. Будущее принадлежит аэродромным системам метеорологического обеспечения (АСМО), напрямую связанным с информационной сетью Гидромета, располагающим всей полнотой фактических данных и прогнозов погоды и предоставляющим диспетчерам достоверную синтетическую информацию для УВД.

1.2. СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АС ОРВД. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

1.2.1. СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АС ОРВД. Оптимальное решение сформулированной выше (стр. 4) многофакторной задачи полного удовлетворения потребностей в ИВП не может быть получено без компьютерной поддержки. Критерием качества при этом выступает доля выполненных рейсов в совокупности поступивших в систему заявок на аэронавигационное обслуживание, а ограничениями являются уровень безопасности полетов, показатели экономической эффективности перевозок, пропускная способность элементов воздушного пространства и медицинские нормы нагрузки на летный и наземный оперативный персонал. Подчеркнем, что искомое решение на каждом уровне иерархии ГА принимают ответственные должностные лица, а ПО служит для своевременного предоставления им всей необходимой информации в удобном для восприятия виде, а также для выполнения логических и вычислительных операций, т. е. генерации подсказок и расчетов параметров системы и воздушной обстановки. АС УВД уровня РЦ и РА обеспечивают оптимальное управление потоками движущихся ВС в своих зонах ответственности. Для достижения цели должен быть построен оптимальный план ИВП, должны непрерывно отслеживаться (наблюдаться) реализующие этот план траектории полетов, должны приниматься меры исполнения плана на фоне изменяющихся ограничений (параметров) среды и объектов.

Информационная поддержка всех компонентов системы и процессов УВД осуществляется ПО центров планирования и управления полетами, представляющим собой сложный технический объект. Классификация его функций описывается традиционной структурой деления на системную и функциональную составляющие, в которые входят следующие комплексы программ (КП).

КП системного ПО:

- I. Сопровождение информационной базы АС ОрВД, т.е. реализация алго-

ритмов ввода, корректировки, обработки, хранения, отображения и удаления:

- параметров структуры воздушного пространства: географических точек, пунктов, аэродромов, воздушных трасс, общего описания элементов и связей;
- сменных констант технологии управления воздушным движением;
- летно-технических характеристик воздушных судов;
- описания автоматизированной сети передачи данных и телеграмм;
- реквизитов авиакомпаний, обслуживаемых системой.

II. Операционная система (ОС), управляющая вычислительным процессом, аппаратурой центра и периферией в реальном масштабе времени. Помимо обычных для ОС задач должны обеспечиваться:

- диспетчеризация на сети ЭВМ с приоритетным обслуживанием вводов;
- программный контроль технического состояния и реконфигурации аппаратного комплекса центра управления;
- поддержание целостности АС ОрВД;
- обеспечение взаимодействия с источниками информации и абонентами.

КП функционального ПО:

III. Обработка плановой информации, предназначенная для построения, корректировки и оптимизации модели ИВП и объединяющая компоненты:

- библиотека расписания полетов;
- обработка плановых сообщений;
- база данных планов полетов;
- обеспечение этапа предварительного планирования ИВП;
- обеспечение этапа текущего планирования ИВП;
- обеспечение плановой информацией этапа управления ВС;
- взаимодействие секторов на трассах и вне трасс.

IV. Обработка радиолокационной информации (РЛИ):

- сбор и обработка данных первичной и вторичной локации;
- процессы и критерии обнаружения, захвата, сопровождения объектов;
- фазы ассоциации, фильтрации и экстраполяции траекторий;
- первичная, вторичная и третичная обработка РЛИ;
- обработка данных радиопеленгаторов;
- радиолокационное сопровождение в сложной информационной обстановке (пропуски целей, ложные отметки, помехи, маневрирующие объекты);
- анализ качества прокладки траекторий.

V. Обработка данных автоматического зависимого наблюдения:

- поддержание концепции требуемых радионавигационных характеристик;
- управление событиями в сети станций дифференциальных поправок;
- взаимодействие космического, самолетного и наземного сегментов;
- организация сеансов обмена с бортами, оснащенными аппаратурой АЗН;
- поддержка технологии работы с использованием данных АЗН.

VI. Сбор и обработка метеорологической информации.

VII. Документирование и воспроизведение статистической информации.

VIII. Тренаж и обучение диспетчерского персонала.

IX. Другие элементы функционального программного обеспечения (расчет сборов за обслуживание, нормативно-справочная информация и т.д.).

Изложения материала в настоящем пособии ведется в соответствии с приведенной классификацией.

1.2.2. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ. Разработка ПО АС ОрВД, как и других сложных технических объектов, осуществляется в настоящее время в рамках так называемой CASE-технологии [6], основанной на методах системного анализа и целевого проектирования. CASE-технология (*Computer Aided System Engineering*) регулирует взаимодействие специалистов разного профиля в процессе совместной работы над сложным проектом с целью достижения максимальной эффективности результата. Для данного параграфа важным является представление проекта ПО схемой конечного автомата, входами которого являются внешние прерывания от источников данных и управляющие воздействия, в том числе, собственные выходы; состояния автомата определяются конфигурацией сети ЭВМ, совокупностью размещаемой в памяти входной информации, результатами компьютерных расчетов и отображаемыми на экранах формами; переходы автомата соответствуют вычислительным процессам, транзакциям базы данных (БД) и файловой системы, сетевым переключениям и сменам вида и содержания информации на мониторах; выходы автомата отождествляются с подмножеством его состояний, которые принято называть результирующими, т.е. такими как фиксация в выходных буферах сообщений и управляющих сигналов взаимодействующим абонентам, ответы на запросы и принудительное оповещение персонала, завершение процессов преобразования полетной информации и т.д.

Управление переходами рассматриваемого конечного автомата из состояния в состояние осуществляет ОС реального времени. Как правило, она проектируется на основе использования известных продуктов (UNIX, Linux, Windows) [7, 8]. Однако ни одна универсальная ОС не способна удовлетворить жесткие требования, предъявляемые к ПО АС УВД, не только по специфическим показателям, но и по общеизвестным критериям надежности, диспетчеризации, совместимости, целостности и т.д. Фирменные продукты дорабатываются для достижения удовлетворительных показателей на основе методов теории вычислительных систем, теории БД, теории алгоритмов; ряд проблем для качественного разрешения вынуждают привлекать специалистов в области теории информации, исследования операций, случайных процессов, математического программирования, оптимизации и других. Примеры решения типичных задач адаптации ОС к управлению процессами ОрВД приведены в главе 2.

Моделью этих процессов, в конечном счете, служит композиция сводного плана ИВП с наложенными на нее измеренными данными. Модель представляет собой математическое отображение потоков воздушного движения и среды,

в которой они реализуются. Описание предметной области в АС ОрВД, наиболее представительном примере территориальной технической системы, требует больших затрат труда специалистов высочайшей квалификации и сопряжено с продолжительным процессом настройки параметров. Это вызвано ответственностью за качество полученного результата. От него во многом зависит эффективность всей дальнейшей работы АС ОрВД. Приемлемый уровень программной поддержки пуско-наладочных работ обеспечивается с помощью дружественного интерфейса пользователя. Принципы его построения подчинены общим тенденциям развития эргатических (т.е. включающих в себя человека как высшее звено в контуре управления) систем. Наряду с решением общих проблем эргономики и задач построения модели процесса в компьютерной памяти, проект информационной основы системы использует частные методы картографии. Исходные параметры структуры ВП привязываются к конкретной местности с помощью географических координат, а все радионавигационные измерения параметров движения ВС производятся в метрической системе [9]. Для сопоставимости данных картографические широта и долгота преобразуются в декартовы координаты относительно особой точки ВП, называемой центром системы.

Все функциональные КП построены на принципах дружественного интерфейса, теорий вычислительных систем, алгоритмов, БД, а также используют научные методы тех конкретных областей деятельности, для автоматизации которых они создаются. Так, КП обработки плановой информации использует аппарат теории самолетовождения для решения штурманских задач расчета планов полетов. Методы теории множеств позволяют производить корректное распределение плановой информации по элементам структуры ВП. Формирование оптимального плана ИВП становится возможным благодаря теории случайных процессов, исследованию операций, стохастическому программированию и статистическому моделированию.

Теоретические основы КП обработки радиолокационной информации охватывают широкий спектр методов радиофизики, оптимальных статистических решений, картографии, а также собственные методы обнаружения, захвата, ассоциации, наблюдения и прокладки траекторий движения ВС. КП обработки данных АЗН, помимо того, использует методы физики атмосферы. В КП метеорологической информации, в дополнение к обработке результатов измерений, для прогнозирования опасных явлений применяются методы решения систем дифференциальных уравнений погоды. Наиболее важные математические схемы рассматриваются в соответствующих разделах настоящего пособия.

Публикуемое издание адресовано поколению, не представляющему себе не только трудовые будни, но и часы досуга без компьютера. Такая позиция накладывает свой отпечаток на стиль работы и жизни. Стремление создавать совершенные программные изделия выдвигается на самый верх шкалы производственных ценностей. Под его влиянием мы начинаем диктовать будущему пользователю свои взгляды на технологию его работы. ПО АС УВД представ-

ляет собой сложную систему, проектирование которой выдвигает ряд инженерных и теоретических проблем, совокупность которых позволяет навязывать другим свое мнение. В этой связи следует подчеркнуть, что программный продукт является не самоцелью, а лишь средством эффективной поддержки действий диспетчерского персонала. Задача программиста состоит, прежде всего, в создании технологичного инструмента, надежного и быстродействующего, полностью отвечающего современным требованиям УВД.

2. СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

2.1. СОСТАВ РАБОЧИХ МЕСТ И ОБЗОР ФУНКЦИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПО С ДИСПЕТЧЕРСКИМ ПЕРСОНАЛОМ

2.1.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. В настоящем разделе описаны рабочие места диспетчерского центра АС УВД. Основой каждого рабочего места является ПЭВМ, оснащенная монитором и средствами ввода информации (клавиатурой и манипулятором мышь), обеспечивающими диалог диспетчера с системой. ПЭВМ объединены в локальную вычислительную сеть (ЛВС), поддерживающую взаимодействие рабочих мест между собой и единство (в том числе, однозначность и целостность) данных в системе. Информационную основу системы составляет распределенная БД, и указанное единство обеспечивается средствами системы управления базой данных (СУБД). Оперативная информация поступает в систему с автоматизированных рабочих мест (АРМ) диспетчеров, а также от внешних абонентов с помощью средств связи. Наибольший удельный вес принадлежит измеренным и организационным данным, поступающим по цифровым линиям обмена сообщениями и радиорелейным линиям, по низкоскоростным каналам телеграфной связи АНС ПД и ТС и по высокоскоростным каналам непосредственного обмена. Выдача информации осуществляется по запросам и принудительно (автоматически) в каналы телеграфной связи ГА, в каналы непосредственного обмена данными и на индикаторы рабочих мест диспетчерского персонала.

2.1.2. НАЧАЛЬНИК СМЕНЫ. Основные функции рабочего места – контроль работоспособности и управление периферией, документирование всех событий, не подлежащих автоматической фиксации, и воспроизведение любого отрезка траектории эволюции системы при необходимости анализа действий персонала. Для выполнения этих функций на АРМ начальника смены средствами ПО отображаются сведения о техническом состоянии:

- всех источников информации, включая РЛС и АРП, сеть АЗН, соседние узлы АНС ПД и ТС (или узел, для которого система является абонентом);
- каналов передачи данных (отказ, передача данных, открыт, закрыт, холостой режим, обрыв, отклонение тока и/или напряжения от номинала, процент искажения передаваемых знаков).

Для отображения необходимой информации на индикаторах АРМ на-

чальника смены ПО формирует и периодически обновляет ее в соответствии с текущим состоянием системы. В составе функций АРМ начальника смены АС УВД предусмотрены команды управления РЛС (выставление бланков, т.е. запретов передачи сообщений о ВС в указанных областях пространства; юстировка антенны, т.е. поправка ее реальной ориентации на местности и т.п.) и другими средствами наблюдения, навигации и координации УВД.

2.1.3. СМЕННЫЙ ИНЖЕНЕР. Основные функции АРМ сменного инженера состоят в контроле работоспособности и управлении (в том числе, реконфигурации) аппаратных средств диспетчерского центра (в отличие от начальника смены, ответственного за целостность периферии и средств связи). С этого рабочего места с помощью пультовых операций в ПО должна вводиться информация о конкретных назначениях логических функций АРМ диспетчеров на физические пульта (ПЭВМ) в таких ситуациях, как:

- отступления от штатной конфигурации для проведения профилактических работ и тестирования аппаратуры;
- переключение на резервные пульта или ПЭВМ в случаях отказов;
- объединение или разъединение секторов в соответствии с требованиями технологии УВД.

ПО, в свою очередь, должно оповещать сменного инженера об обнаруженных ею отказах БД, подсистемы обработки радиолокационной информации, плановых функций, интерфейса взаимодействия между КП и т.д. для своевременного принятия решений о поддержании технической работоспособности системы.

Для поддержания этих функций используются протоколы взаимодействия каждого КП с подсистемой функционального контроля и диагностики, согласующие вопросы обмена информацией в режимах:

- нормальное функционирование системы;
- обнаружение функциональными КП искажений, подлежащих устранению их собственными средствами;
- обнаружение искажений, не устраняемых внутренними средствами функциональных КП;
- переход АРМ, пульта или другого элемента системы на резерв;
- реконфигурация (переключение) пультов секторов группы УВД;
- начало объединения/разъединения секторов;
- завершение объединения/разъединения секторов.

2.1.4. ИНЖЕНЕР-СИНОПТИК. Основные функции рабочего места состоят в отображении и вводе полученных по неавтоматизированной связи:

- координат точек излома границ опасных метеорологических явлений (грозовые фронты, области обледенения и т.д.);
- данных о фактической и прогнозируемой погоде на аэродромах системы состояние взлетно-посадочных полос (ВПП), метеоминимум и т.д.;
- штормовых оповещений;

- данных о распределении по высоте скорости и направления ветра в пунктах их измерения;
- утверждение той же информации, поступившей по каналам передачи данных через АСМО;
- рассылка метеоинформации по рабочим местам системы.

Системное ПО регулирует доступ взаимодействующих КП к информации, вводимой с АРМ синоптика. Это, прежде всего, данные о погоде на аэродромах и о распределении вектора скорости ветра по высотным слоям над территорией системы. Обеспечивается возможность их отображения одновременно (в отдельных окнах) с плановой и радиолокационной информацией на рабочих местах диспетчеров непосредственного управления (АРМ АКДП, РЦ на трассах и вне трасс), а также диспетчеру АДП и диспетчерам планирования. Диспетчер может отказаться от совмещения метеорологической информации с радиолокационной и плановой при возможности ее запроса средствами справочной подсистемы.

2.1.5. ОПЕРАТОР СВЯЗИ С АНС ПД И ТС. Основные функции рабочего места состоят во взаимодействии с другими органами ОрВД:

- работа с очередью поступающих телеграфных сообщений;
- работа с архивом принятых ранее телеграфных сообщений;
- формирование новых и корректировка ошибочных телеграмм;
- настройка дисциплины взаимодействия с каналами;
- оповещение персонала о нарушениях технического состояния каналов.

Плановые сообщения, которые система не смогла автоматически направить на обработку подсистемой планирования полетов, должны, если это возможно, редактироваться на рабочем месте оператора связи для устранения обнаруженных ошибок, либо направляться в очередь на рабочее место диспетчера планирования. Аналогичную дисциплину ПО поддерживает при анализе метеорологических и других специальных сообщений.

2.1.6. АЭРОДРОМНЫЙ ДИСПЕТЧЕРСКИЙ ПУНКТ (АДП). Основные функции рабочего места – отображение и ввод плановой информации по аэродрому базирования (затрагивающей, как правило, и ВП района управления воздушным движением – РУВД), оснащенного системой. АРМ предназначено для автоматизации планирования полетов в районе аэродрома, и должно обеспечивать доступ ко всей плановой информации:

- параметрам структуры ВП;
- расписанию воздушного движения;
- индивидуальным планам полетов;
- спискам суточного и текущего планирования.

ПО поддерживает все функции обработки плановой информации этапов предварительного и текущего планирования, а также режим просмотра списков диспетчеров АКДП своего аэродрома. С рабочего места обеспечивается возможность направления в сеть АНС ПД и ТС любого планового сообщения.

АРМ оснащено принтером для вывода на печать суточного плана, его элементов и других форм представления плановой информации.

В ежедневные задачи АДП входят, кроме элементов планирования, организация технического обслуживания ВС, обеспечение готовности ВПП, вопросы снабжения, проведение расчетов за аэронавигационное и предполетное обслуживание и т.д. Для эффективного исполнения хозяйственных обязанностей ПО предоставляет АРМ АДП гибкий доступ ко всей необходимой информации и вычислительным процедурам.

2.1.7. ГРУППА ОРГАНИЗАЦИИ ПОТОКОВ. Группа организации потоков (ГОП), как правило, вводится в персонал АС УВД больших районов полетной информации с организационными функциями ЗЦ, таких как московская аэродромно-трассовая система ТЕРКАС или ростовская районная система Стрела. В штате РА и РЦ с меньшей интенсивностью ВД ее задачи решаются диспетчером планирования с единственным АРМ. Основные функции пульта группы организации потоков – отображение и ввод плановой информации по РУВД и принадлежащим ему аэропортам на всех этапах планирования. На оперативном этапе, помимо этого, поддерживается возможность графического представления плановой информации о текущей воздушной обстановке на фоне картографии, со средствами наложения радиолокационной и метеорологической информации. Обеспечивается возможность анализа развития ситуации в ускоренном масштабе времени и краткосрочного предсказания потенциальных конфликтных ситуаций. В отдельных прозрачных окнах отображаются вызванные диспетчером списки пролета ПОД, входа, выхода, прилета, вылета и потенциальных конфликтных ситуаций. В непрозрачных окнах индицируются вызванные диспетчером списки этапов предварительного и текущего планирования, электронный график «время-путь» и другие графические формы (например, для предсказания конфликтов). Выбранная диспетчером конфигурация окон должна сохраняться и вызываться при его заступлении на смену.

Средствами ПО обеспечиваются доступ ко всей плановой информации, имеющейся в системе, в том числе к архиву ЦКС, и вывод ее на печать, а также работа с очередью плановых сообщений, формирование и рассылка через сеть АНС ПД и ТС любого планового сообщения.

Пульт группы организации потоков состоит из трех рабочих мест:

- АРМ диспетчера организации потоков (ДОП);
- АРМ диспетчера взаимодействия (ДВЗ);
- АРМ диспетчера-оператора (ассистента).

Функции взаимодействия с подсистемой планирования распределены между АРМ группы следующим образом:

АРМ ДОП и ДВЗ – функции «АЭРОДРОМ», «СЕКТОР», «ПОД», «МЕТЕО», «ЭТАП», «ОЧЕРЕДЬ».

АРМ ассистента – «ПЛАН», «МОД.ПЛ», «ТЕКСТ», «Н.РПЛ», «ПОИСК», «ОЧЕРЕДЬ».

Подфункции перечисленных функций и схема интерфейса, обеспечи-

вающая взаимодействие персонала с системой, детализируются ниже.

2.1.8. ПУЛЬТ РУКОВОДИТЕЛЯ ТРАССОВЫХ ПОЛЕТОВ РЦ. Основные функции рабочих мест пульта – оперативный контроль работы диспетчерской смены РЦ с помощью вызова на экран и оценки воздушной обстановки любого сектора УВД, всей метеоинформации, режимных ограничений, а также взаимодействие со смежными системами УВД. На АРМ руководителя полетов (РП) должны, кроме того, решаться задачи, которые в сложившейся обстановке не могут быть решены подчиненными ему диспетчерами секторов.

Для обеспечения функций пульта РП на индикаторах его рабочих мест системными средствами должны по запросу копироваться состояния экранов запрошенных им секторов. Кроме того, обеспечивается непосредственный санкционированный доступ ко всей измеренной и плановой информации УВД, а также возможность направления в сеть АНС ПД и ТС плановых сообщений.

Пульт руководителя трассовых полетов в больших АС УВД состоит из двух рабочих мест:

- АРМ руководителя полетов;
- АРМ ассистента руководителя полетов.

В РЦ и РА со средней и малой интенсивностью полетов руководство полетами осуществляется с одного АРМ.

Функции взаимодействия с ПО распределены между АРМ группы следующим образом.

АРМ РП:

- группы функций «ПЛАН», «ВЫБОР», «ТРЕК»;
- прямые функции («код ответчика», «кольца дальности», «масштабная линейка», «вектор экстраполяции», «пеленг», «режим», «трехстрочный формуляр», «топливо/скорость», «несопровождаемые ВС», «принят», «статический телбэк», «быстрый просмотр», «оповещение», «радиозонд», «размер знаков», «код диспетчера», «маршрут»);
- функции выбора режима отображения («масштаб», «смещение центра», «изменение положения маркера», «сброс», «центр»).

АРМ ассистента:

- «ПЛАН», «МОД.ПЛ», «ТЕКСТ», «Н.РПЛ», «ПОИСК», «ОЧЕРЕДЬ»;
- группа функций «СКП», обеспечивающая санкционированный доступ к сменным константам технологии УВД и параметрам структуры воздушного пространства.

Подфункции перечисленных функций и схема интерфейса, обеспечивающая взаимодействие персонала с системой, детализируются ниже.

2.1.9. ГРУППА УВД НА ТРАССАХ. Основные функции рабочих мест группы – непосредственное управление полетами в секторе на основе анализа воздушной обстановки. Для обеспечения процесса УВД АРМ диспетчера сектора должны предоставлять информацию о воздушной обстановке в удобном для восприятия виде. Эта информация синтезируется на экране рабочего места из следующих составляющих:

- картографическая информация – границы секторов, символы и наименования аэропортов и навигационных пунктов, линий воздушных трасс и МВЛ I категории и т.д.;

- контуры зон опасных метеоявлений, режимных ограничений, ожидания, запрета автозахвата и т.д. с формулярами описаний этих зон;

- радиолокационные треки с формулярами сопровождения, предысторией и возможностью вызова вектора экстраполяции и кода диспетчера;

- списки ожидания и списки потерь наблюдаемых ВС;

- плановая информация в виде списков входа, выхода, прилета, вылета и пролета навигационных пунктов с возможностью вызова плановых маршрутов (и плановых треков по бортам, не отождествленным с радиолокационной информацией);

- плановая информация, вызываемая в непрозрачных окнах: списки по аэродромам, навигационным пунктам, секторам и РУВД в целом; индивидуальные планы полетов; электронный график «время-путь» и электронные стрипы; список потенциальных конфликтных ситуаций; окно просмотра развития воздушной обстановки в ускоренном масштабе времени;

- вспомогательные средства измерения курса и расстояния (кольца дальности, масштабная линейка, вектор измеритель и т.д.).

Пульт группы УВД в больших АС УВД состоит из трех рабочих мест:

- АРМ диспетчера радиолокационного управления (ДРУ);

- АРМ диспетчера процедурного контроля (ДПК);

- АРМ диспетчера-оператора (ассистента группы управления).

В РЦ и РА со средней и интенсивностью полетов обязанности ассистента возлагаются на ДПК, и пульт состоит из двух АРМ. В РЦ и РА с малой интенсивностью полетов управление полетами в секторе осуществляется с одного АРМ ДРУ.

Функции взаимодействия с ПО распределяются между перечисленными АРМ следующим образом.

АРМ ДРУ и ДПК (аналогично функциям РП, но с доступом только к своему сектору УВД):

- группы функций «ПЛАН», «ВЫБОР», «ТРЕК»;

- прямые функции: «код ответчика», «кольца дальности», «масштабная линейка», «вектор экстраполяции», «пеленг», «режим», «трехстрочный формуляр», «топливо/скорость», «несопровождаемые ВС», «принят», «статический телбэк», «быстрый просмотр», «оповещение», «радиозонд», «размер знаков», «код диспетчера», «маршрут»;

- функции выбора режима отображения («масштаб», «смещение центра», «изменение положения маркера», «сброс», «центр»).

Оба диспетчера должны располагать одной и той же информацией, но ДРУ должен использовать ее для анализа текущей обстановки и принятия решений о вмешательстве в действия пилотов, а ДПК – для краткосрочного и

среднесрочного прогнозирования ситуации и своевременного предупреждения предпосылок к конфликтам. ДРУ, кроме того, должен располагать функциями управления («ввод в сопровождение», «прием и передача управления» и т.д.). ДПК для анализа тенденций развития обстановки пользуется такими средствами ПО, как электронные стрипы и график «время-путь».

АРМ ассистента должно быть оснащено следующими функциями: «АЦТ», «ПЛАН», «МОД.ПЛ», «ТЕКСТ», «ПРИНЯТ», «ОЧЕРЕДЬ».

Подфункции перечисленных функций и схема интерфейса, обеспечивающая взаимодействие персонала с системой, детализируются ниже.

2.1.10. РУКОВОДИТЕЛЬ ПОЛЕТОВ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА. Основные функции рабочего места – оперативный контроль работы диспетчерской смены района аэродрома с помощью вызова на экран и оценки воздушной обстановки в секторах посадки, старта, круга и подхода, а также взаимодействие с АДП (планирующим вылеты и посадки на аэродроме базирования системы) и РП РЦ. На АРМ руководителя полетов аэродрома должны, кроме того, решаться задачи, которые не могут быть решены диспетчерами секторов аэродромного командно-диспетчерского пункта (АКДП).

Для обеспечения функций РПА на индикаторе его рабочего места системными средствами должны по запросу копироваться состояния экранов диспетчеров подхода, круга, старта, посадки. Должен быть обеспечен санкционированный непосредственный доступ ко всей информации по ИВП и УВД в РА, а также возможность направления в сеть АНС ПД и ТС плановых сообщений. Состав и содержание функций аналогичны п. 2.1.8. Подробно они рассмотрены ниже.

2.1.11. ДИСПЕТЧЕР РУЛЕНИЯ. Основные функции рабочего места – управление движением ВС при рулении (буксировке) от стоянки до точки предварительного старта и от посадки до места стоянки, во взаимодействии с диспетчерами АДП, старта и посадки.

Для обеспечения этих функций диспетчеру руления предоставляется следующая информация:

- список прилета, содержащий данные о ВС, приступивших к снижению для захода на посадку на соответствующем аэродроме, с доступом к каждому индивидуальному плану для его корректировки;
- список вылета, содержащий данные о ВС, расчетное время вылета которых с соответствующего аэродрома превосходит текущее время не более чем на 25 минут, с доступом к индивидуальным планам;
- списки этапа текущего планирования;
- метеоданные (фактические и прогнозируемые);
- аэродромная радиолокационная информация.

Обеспечивается возможность направления в сеть АНС ПД и ТС плановых сообщений.

2.1.12. ДИСПЕТЧЕР СТАРТА. Основные функции рабочего места – управление набором высоты от момента занятия ВС места предварительного старта до

момента занятия высоты 200 метров (или заданной высоты) во взаимодействии с диспетчерами АДП, руления, круга и посадки.

Для поддержания этих функций диспетчеру старта средствами ПО предоставляется следующая информация:

- список прилета, содержащий данные о ВС, приступивших к снижению для захода на посадку на соответствующем аэродроме, с доступом к каждому индивидуальному плану для его корректировки;
- список вылета, содержащий данные о ВС, начавших руление, по которым введена команда «Уточненное расчетное время вылета» (РЕТД);
- списки этапа текущего планирования;
- метеоданные (фактические и прогнозируемые);
- средства ввода команд и данных в систему;
- аэродромная радиолокационная информация.

Обеспечивается возможность автоматической рассылки телеграфных сообщений о задержке вылета и о вылете ВС в сеть АНС ПД и ТС.

2.1.13. ДИСПЕТЧЕР ПОСАДКИ. Основные функции рабочего места – управление снижением от захода на посадку до посадки ВС во взаимодействии с диспетчерами круга, старта, руления и АДП.

Для поддержания этих функций диспетчеру посадки предоставляется следующая информация:

- список прилета, содержащий данные о ВС, приступивших к снижению для захода на посадку на соответствующем аэродроме, с доступом к каждому индивидуальному плану для его корректировки;
- список вылета, содержащий данные о ВС, начавших руление, по которым введена команда «Уточненное расчетное время вылета» (РЕТД), с доступом к индивидуальным планам;
- списки этапа текущего планирования;
- метеоданные (фактические и прогнозируемые);
- аэродромная радиолокационная информация.

Обеспечивается возможность автоматической рассылки телеграфных сообщений о фактической посадке в сеть АНС ПД и ТС.

2.1.14. ДИСПЕТЧЕР КРУГА. Основные функции рабочего места – управление набором высоты вылетающих ВС от рубежа 200 метров до рубежа передачи в зону подхода и снижением прилетающих ВС от рубежа передачи диспетчерского пункта подхода (ДПП) до рубежа высоты 200 метров во взаимодействии с диспетчерами ДПП, старта, посадки и АДП.

Для поддержания этих функций диспетчеру круга средствами ПО предоставляется следующая информация:

- список прилета, содержащий данные о ВС, приступивших к снижению для захода на посадку на соответствующем аэродроме, с доступом к каждому индивидуальному плану для его корректировки;
- список вылета, содержащий данные о ВС, совершивших взлет, по кото-

рым введена команда «Фактическое время вылета» (АТД), с доступом к индивидуальным планам;

- списки этапа текущего планирования;
- метеоданные (фактические и прогнозируемые);
- аэродромная радиолокационная информация.

2.1.15. ДИСПЕТЧЕР ПОДХОДА. Основные функции рабочего места – управление набором высоты вылетающих ВС и снижением прилетающих ВС между рубежами передачи управления секторов РЦ и круга, а также горизонтальными полетами транзитных ВС, следующих на эшелонах зоны ответственности ДПП, во взаимодействии с диспетчерами РЦ, круга, старта, посадки и АДП.

Для поддержания этих функций диспетчеру подхода средствами ПО предоставляется следующая информация:

- список прилета, содержащий данные о ВС, приступивших к снижению для захода на посадку на соответствующем аэродроме, с доступом к каждому индивидуальному плану для его корректировки;
- список вылета, содержащий данные о ВС, совершивших взлет, по которым введена команда «Фактическое время вылета» (АТД), с доступом к индивидуальным планам;
- списки входа и выхода по транзитным ВС, затрагивающих зону ДПП;
- списки этапа текущего планирования;
- метеоданные (фактические и прогнозируемые);
- аэродромная и трассовая радиолокационная информация.

2.1.16. МЕСТНЫЙ ДИСПЕТЧЕРСКИЙ ПУНКТ. Основные функции рабочего места диспетчера местного диспетчерского пункта (МДП) – управление воздушным движением ниже нижнего эшелона, по правилам визуальных полетов (ПВП) на местных воздушных линиях (МВЛ) второй категории (МВЛ-II), по полетам авиации народного хозяйства (ПАНХ) и другим полетам вне МВЛ-II, во взаимодействии с диспетчерами АДП, АКДП, РЦ (на трассах и вне трасс) и смежными МДП. Спецификой работы является отсутствие или низкое качество маловысотной радиолокационной информации, что предопределяет повышение роли подсистемы планирования полетов.

Для поддержания функций АРМ МДП система должна предоставлять диспетчеру на средства отображения следующие данные:

- плановые треки, обновляемые с темпом обзора антенны радиолокатора, на фоне картографической информации;
- плановая информация в прозрачных окнах (списки входа, выхода, пролета, прилета и вылета);
- плановая информация в непрозрачных окнах (списки этапа текущего планирования, индивидуальные планы полетов, электронный график «время-путь», электронные стрипы, список конфликтов, окно просмотра обстановки в ускоренном масштабе времени).

Обеспечивается доступ ко всей плановой информации, затрагивающей

воздушное пространство МДП.

2.1.17. КОМАНДНАЯ ГРУППА СЕКТОРА УВД ВНЕ ТРАСС. Основные функции рабочих мест пульта командной группы:

- оперативный контроль работы дежурной смены с помощью вызова на экран коллективного пользования (а также на индивидуальные ИВО – индикаторы воздушной обстановки);
- оценка складывающейся в районе или в любом элементарном секторе вне трасс ситуации;
- координация действий ведомственных аэродромов и полигонов;
- взаимодействие с внутрассовыми секторами смежных РЦ.

На АРМ начальника командной группы (руководителя полетов вне трасс) должны, кроме того, решаться задачи, которые не могут быть решены силами других должностных лиц дежурной смены. Обеспечивается санкционированный доступ к параметрам структуры воздушного пространства.

Для поддержания перечисленных функций на индикатор рабочего места РП вне трасс средствами ПО копируются состояния экранов запрошенных секторов. Обеспечиваются:

- вызов метеоинформации в графическом и табличном виде;
- вызов информации о режимных ограничениях в графическом и табличном виде;
- доступ к трассовой и внутрассовой плановой информации;
- возможность направления в сеть АНС ПД и ТС плановых сообщений.

Пульт командной группы сектора УВД вне трасс в системах с высокой интенсивностью полетов состоит из трех рабочих мест:

- АРМ начальника командной группы;
- АРМ помощника начальника командной группы;
- АРМ штурмана по радиотехническому обеспечению и режимным ограничениям.

2.1.18. ГРУППА УВД ВНЕ ТРАСС. Основные функции рабочих мест группы УВД вне трасс – координация учебно-тренировочных полетов и управление перелетами вне трасс на основе анализа воздушной обстановки. Пульт группы УВД вне трасс комплектуется аналогично пульту группы УВД на трассах. Для обеспечения функций группы УВД вне трасс на экране рабочего места должна отображаться плановая информация, аналогичная трассовой, и дополнительно:

- списки работающих аэродромов и полигонов;
- списки планов учебно-тренировочных полетов с доступом к каждому из них;
- списки поисково-спасательных средств;
- списки радиотехнического оборудования.

Поддерживаются доступ ко всей плановой информации этапа текущего планирования и выполнение соответствующих функций ввода.

2.1.19. ГРУППА СУТОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВНЕ ТРАСС. Основные функции

рабочих мест группы – суточное планирование полетов вне трасс, анализ планируемой воздушной обстановки на бесконфликтность, координация по плановой информации полетов вне трасс. Для исполнения этих функций средствами ПО поддерживаются отображение и ввод плановой информации по РУВД и ведомственным аэродромам на этапе суточного планирования. Обеспечиваются:

- графическое представление плановой информации о воздушной обстановке в виде движущихся треков (расчетных местоположений ВС) на фоне картографии с возможностями наложения прогнозируемой метеорологической информации и отсечения трассовой обстановки;
- отображение плановой обстановки в ускоренном масштабе времени;
- долгосрочное предсказание конфликтов;
- функции, аналогичные функциям ДОП и ДВЗ (см. п. 2.1.7 «Группа организации потоков»).

Пульт группы суточного планирования в системах с высокой интенсивностью полетов состоит из трех рабочих мест:

- АРМ старшего штурмана суточного планирования вне трасс;
- АРМ штурмана суточного планирования вне трасс;
- АРМ диспетчера-ассистента группы по взаимодействию с системой.

В системах с малой и средней интенсивностью полетов должностные обязанности группы суточного планирования решаются на одном АРМ.

2.1.20. ГРУППА ТЕКУЩЕГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВНЕ ТРАСС. Основные функции рабочих мест и состав группы аналогичны описанным в предыдущем пункте (2.1.19). Отличие состоит в том, что взаимодействие ПО с пультом данной группы осуществляется только по информации этапа текущего планирования вне трасс, непосредственно примыкающего во времени к этапу управления полетами. Как следствие, важной особенностью является наличие у диспетчера-ассистента группы по взаимодействию с системой функции активизации плана полета вне трасс.

2.1.21. ПУЛЬТ ТРЕНАЖА И ОБУЧЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА. Тренажный комплекс, предназначенный для обучения и переподготовки диспетчерского состава групп управления на трассах и вне трасс, оснащается соответствующими пультами, описанными в п.п. 2.1.9 и 2.1.18, на которых в процессе обучения должны выполняться те же функции, что и на реальных рабочих местах. Для управления запуском и ходом тренажных упражнений предусматриваются пульта инструктора и пилота-оператора, с которых вводятся команды остановов, возврата к точке прерывания, повторов, маневров ВС и т.п. ПО должно обеспечивать полный курс обучения диспетчеров.

2.1.22. АЭРОДРОМНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СЛУЖБА. АРМ оператора этой службы предназначено для циклической и непрерывной передачи в эфир радиовещательных сообщений о метеорологических условиях и режиме работы аэродрома. Текст формируется автоматически и содержит следующие сведения: время наблюдения, вид захода на посадку, используемые ВПП и их состояние, эшелон перехода, скорость и направление ветра на различных высотах, условия

видимости, облачность температура воздуха, указания по связи и другие данные. Сводки формируются ПО на основании формализованных метеосообщений и ручных вводов. Текст озвучивается фонемами электронного словаря стандартной фразеологии. Фонограммы учитывают единицы и способы измерения физических величин при автоматическом переводе сообщений на иностранные языки. Регулярность выхода в эфир – не реже 30 минут.

2.2. ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.2.1. КОМПЛЕКС ПРОГРАММ СОПРОВОЖДЕНИЯ СМЕННЫХ КОНСТАНТ И ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА. Задачи комплекса программ сменных констант и параметров (СКП) структуры воздушного пространства:

- Обеспечение санкционированного доступа к СКП;
- Форматно-логический контроль, ввод, хранение, корректировка, отображение и удаление СКП;
- Взаимодействие с КП обработки и отображения информации на этапе непосредственного УВД.

2.2.1.1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ САНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К СКП. Сменные константы и параметры структуры воздушного пространства вводятся в систему и корректируются вручную с автоматизированного рабочего места (АРМ) администратора БД с защитой от несанкционированного доступа. Ряд действующих АС УВД построены на основе файловых систем хранения данных, не включающих в свой состав АРМ администратора БД. В этих изделиях доступ к СКП разрешен с АРМ руководителей или ассистентов руководителей полетов аэродрома или РЦ. В системах, контролирующих полеты как на трассах, так и вне трасс, доступ к СКП открыт, кроме того, с одного из рабочих мест командной группы сектора УВД вне трасс.

Штатный режим ввода и корректировки параметров организационно узаконен на этапах пуско-наладочных работ и ввода системы в эксплуатацию. Допускается ввод новых параметров, не затрагивающих характеристик ранее введенных, в режимах опытной эксплуатации и нормальной работы системы. Корректировка и удаление ранее введенных СКП в процессе реального УВД должны блокироваться средствами системы. Такие изменения, предельным случаем которых является переход на новую нарезку структуры воздушного пространства, должны подготавливаться и отлаживаться параллельно реальной работе со старыми (заменяемыми) параметрами.

ПО СКП должно поддерживать режим параллельной работы с блокировкой доступа действующих процессов обслуживания полетов к вновь вводимым данным. С этой целью средствами ОС должен осуществляться вывод специального рабочего места подготовки параметров из системы, организация новых баз

данных, недоступных действующей системе, отладка нового описания структуры воздушного пространства и сменных констант технологии УВД.

В центрах УВД формализованы специальные организационные процедуры (пооперационные технологии) перехода на новые значения сменных констант и параметров структуры воздушного пространства при их существенных изменениях, требующих пересчета планов полетов.

Доступ к СКП только для чтения (просмотра), без корректировки значений хранящейся информации, может быть разрешен на любом рабочем месте диспетчерского персонала средствами справочной подсистемы, входящей в состав ПО АС УВД.

2.2.1.2. УНИФИЦИРОВАННАЯ СХЕМА РАБОТЫ КП. Переходы системы из состояния в состояние в режиме работы с описаниями элементов структуры ВП представляются единообразной диаграммой конечного автомата, упрощенная схема которой изображена на рис. 2.1. Вершины диаграммы соответствуют состояниям экрана и вычислительным процессам, стрелки – переходам между ними. Множество переходов из исходного состояния обеднено на схеме до двух выходов – к функциям «Новый элемент» и «Выбор элемента». Исполнение первой из них приводит к вызову формы для ввода данных, второй – к вызову формы для указания известного элемента, описание которого хранится в БД. Выбор нужного описания осуществляется вручную с помощью мыши или кла-

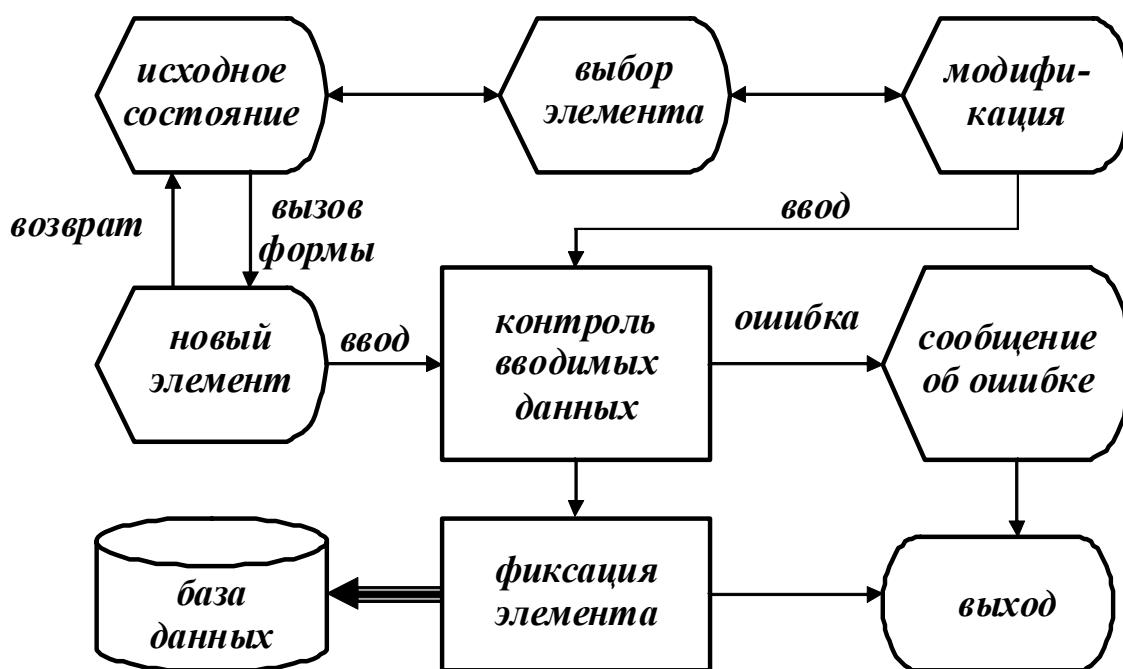


Рис. 2.1. Диаграмма переходов и состояний конечного автомата, управляющего режимом работы с элементами структуры ВП

вишей. По исполнении экран переходит в состояние отображения формы для ввода данных, заполненной характеристиками указанного элемента. Эти дан-

ные могут при необходимости изменяться вручную и фиксироваться в памяти системы. Перед записью информация подвергается контролю допустимости вводимых величин. При обнаружении ошибок система организует диалог с диспетчером, облегчающий редактирование текста. Корректно составленные описания фиксируются в БД.

ПО АС УВД реализует указанную схему на каждом АРМ для вызова на отображение, корректировки (в том числе, удаления) и сохранения описания каждого элемента структуры ВП. Переходы организуются по прерываниям от щелчков мышью по пунктам меню или нажатия «горячих» клавиш. Для исходного состояния это щелчки мышью либо по пункту «Новый», либо по пункту «Выбор». В первом случае средствами ПО форма исходного состояния снимается с отображения, а на ее месте появляется экранная форма с полями для ввода характеристик нового, не известного системе элемента, описание которого отсутствует в БД. Как правило, ПО в состоянии отображения формы «Новый» обеспечивает возможность вызова всплывающих таблиц и выпадающих списков допустимых значений для каждого поля ввода данных. Заполнение формы при этом не требует посимвольного набора текста описания элемента с помощью алфавитно-цифровой клавиатуры (АЦК), а выполняется указанием мышью нужного значения в списке. При этом возможность последовательного ввода посредством АЦК сохраняется.

Из состояния «Новый» диаграмма рис. 2.1 допускает два перехода. По прерыванию от нажатия пункта меню «Возврат» ПО осуществляет очистку полей ввода формы и ее скрытие, а на отображение вновь выдается форма исходного состояния экрана. По прерыванию от пункта меню «Ввод» состояние экрана не изменяется, но вызываются программы форматно-логического контроля (ФЛК) вводимой информации. Система переходит в состояние вычислительного процесса проверки выполнения логических условий.

Состояние «Выбор элемента» рис. 2.1 характеризуется появлением на экране либо таблицы идентификаторов элементов ВП, описания которых хранятся в БД, либо другого инструмента доступа (блок закладок, список, дерево и т.д.) и допускает также два перехода. По прерыванию от нажатия пункта «Возврат» ПО скрывает отображаемый инструмент доступа к набору записей об элементах ВП, т.е. возвращает систему в исходное состояние. По прерыванию от указания мышью идентификатора нужного пользователю элемента ПО снимает с экрана форму исходного состояния и заменяет ее формой для отображения характеристик известного системе элемента. Осуществляется переход в состояние модификации записи БД об элементе структуры ВП. Изменения, как и ввод новой информации, вносятся вручную с помощью АЦК или всплывающих таблиц и выпадающих списков.

Упрощенная диаграмма рис. 2.1 допускает два перехода из состояния «Модификация». На самом деле их больше, ПО обеспечивает переходы в состояния копирования, удаления, просмотра (листания) записей, которые детализируются ниже. Для целей изложения данного параграфа достаточно схема-

тичной иллюстрации управляющих связей ПО, представленных диаграммой. По прерыванию от пункта меню «Возврат» ПО очищает поля ввода формы и скрывает ее, а на отображение вновь выдается форма исходного состояния экрана с наложенной на нее таблицей идентификаторов элементов ВП. По прерыванию от пункта меню «Ввод» состояние экрана не изменяется, но система, как и при вводе нового описания, переходит в состояние процесса ФЛК. В соответствии со значением кода возврата, поступившего как результат этого процесса, ПО выполняет либо переход в состояние фиксации в БД новой (или отредактированной) записи, либо формирует и выдает на экран поверх формы для ввода данных сообщения об ошибках, обнаруженных программами ФЛК.

2.2.1.3. ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БАЗЫ ДАННЫХ. Информационную основу ПО АС ОрВД составляет разветвленная база данных, фрагмент логической схемы которой изображен на рис. 2.2. Здесь представлены фундаментальные параметры структуры воздушного пространства системы, селектированные по реляционным таблицам, со связями и отношениями между ними. Опорным параметром, определяющим привязку структуры к конкретной местности, выступает сосредоточенный в отдельной таблице массив географических точек системы. Параметр связан отношением «один ко многим» с таблицами границ подсекторов, навигационных пунктов и аэродромов. Границы подсекторов задаются замкнутой ломаной линией, т.е. перечнем географических точек излома, в котором первая и последняя точки совпадают. Соседние подсекторы располагаются на территории системы вплотную друг к другу и, следовательно, имеют общие точки границы. Навигационные пункты и аэродромы уникальны и могут быть связаны с параметром «географические точки» отношением «один к одному». С опорным параметром связаны также и таблицы описаний ряда других элементов – траекторий выхода из зоны аэродрома и захода на посадку, точек стояния радиолокационных позиций и других, не вошедших в ограниченный фрагмент рис. 2.2.

Главная таблица подсекторов содержит общую информацию о подсекторах, ссылки на дочерние таблицы высотных слоев и границ подсекторов и на таблицу описаний секторов управления воздушным движением. По принадлежности к подсекторам классифицируются и ссылки на них из таблиц аэродромов и навигационных пунктов. Еще одна главная таблица, представленная на рис. 2.2 – таблица трасс – содержит общие описания воздушных трасс и местных воздушных линий. Ей подчинена дочерняя таблица списков пунктов, составляющих эти трассы, которые связаны с таблицами навигационных пунктов и аэродромов системы. Хранящиеся в БД описания в соответствии с их системными ролями классифицируются на базовые элементы структуры воздушного пространства (географические точки, навигационные пункты, аэродромы), пространственные элементы (подсекторы, районы аэродромов, секторы) и комплексные – трассы, коридоры выхода, основные аэродромы.



Рис. 2.2. Фрагмент логической схемы базы данных ПО АС УВД

Наряду с параметрами структуры ВП и константами технологии УВД ПО сопровождает технологические константы УВД, реквизиты авиакомпаний, в БД хранятся данные о прогнозируемой и фактической воздушной обстановке в системе. Наиболее существенными из них являются:

- организованные в библиотеку расписания стандартные планы повторяющихся рейсов на авиалиниях;
- предварительный и текущий планы ИВП;
- массив наблюдаемых траекторий движения ВС;
- массив активных планов полетов.

Строго говоря, для решения функциональных задач ПО АС УВД применение современных СУБД является избыточным. Мощные средства манипулирования данными, которые они способны предоставить, не могут использоваться в системе реального времени. Любой SQL-запрос к БД проходит этап компиляции в процессе исполнения, и время реакции при ответах на запросы может составлять секунды и десятки секунд, что недопустимо в условиях управления потоком движения ВС. Как правило, разработчики надстраивают над СУБД собственные методы доступа, и при обращении к необходимой информации стремятся указывать перечень конкретных номеров записей, поля которых необходимо отобразить на экране по запросу диспетчера. Очевидно, что целесообразность такого использования дорогостоящих СУБД по критерию стоимость/эффективность достаточно сомнительна даже в сравнении с простыми файловыми системами. Однако в этой ситуации на передний план выступают системные проблемы поддержания непрерывности обслуживания, высоких показателей готовности и информационной целостности. В фирменных БД на высоком технологическом уровне решены такие задачи как сохранение ссылочной целостности, восстановление данных при отказах, сбоях и искажениях, приводящих к откату транзакций, защита от несанкционированного доступа, контроль вводимых данных и т.п. Именно эти преимущества определяют включение в состав ПО АС УВД функционально избыточных заимствованных БД.

Большинство действующих образцов ПО авиационных систем в процессе круглосуточной работы всю необходимую для решения задач непосредственного УВД информацию содержат в оперативной памяти. Периодически (или по событиям изменения данных) в БД передается информационная копия контролируемого процесса. Параметры структуры ВП и системные константы также размещены в памяти для обеспечения быстрого действия при взаимодействии с КП обработки и отображения измеренной и плановой информации. Поиск данных о наблюдаемых ВС выполняется по уникальным значениям номеров записей о каждом из них. В плановой системе возможны групповые запросы по составным критериям поиска. В таких случаях ПО формирует список записей, которые необходимо подготовить к отображению. КП СКП использует оперативную память и для тестирования выполненных изменений. Запись в БД новых или отредактированных параметров требует специальной санкции.

2.2.1.4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КП СКП. Система координат, приме-

няемая в ПО АС УВД. Комплекс программ выполняет относительно простые преобразования данных из разных систем измерения в одну, принятую в ПО, и математический аппарат, который он использует, несложен. Центральной задачей ПО является создание целостной картины воздушной обстановки в одних и тех же единицах измерения. Однако поступающие данные не удовлетворяют этому требованию. Параметры движения ВС (скорость и высота полета) задаются и рассчитываются в метрической системе. Радиолокационные измерения изначально производятся в полярной системе с центром в точке стояния локатора. Элементы структуры ВП «привязываются» к местности указанием их географических координат. С позиций здравого смысла для достижения минимальной погрешности преобразования этой разнородной информации к единой форме представления следует взять за основу географическую систему координат (широта и долгота точки поверхности) и вектор угловой скорости движения ВС относительно центра Земли. Любая другая схема приводит к искажениям как проекций на плоскость элементов структуры АС УВД, так и спрямленных траекторий движения ВС, реально совершающих полеты по дуге, эквидистантной геоиду земной поверхности. Однако существующая традиция такова, что все картографические, прогнозируемые и фактические (измеренные) данные сопровождаются ПО АС УВД в декартовой системе метрических координат с центром в специально рассчитанной точке контролируемой территории. Все навигационные приборы на борту ВС, большинство радаров и пеленгаторов, метеорологические и другие источники информации направляют в центр сообщения об измеренных метрах и секундах. Задачу преобразования картографических координат элементов ВП в декартовы решает КП СКП при ее вводе в ПО.

Географические координаты любой точки на земной поверхности – широта и долгота – это угловые величины, определяющие ее положение на эллипсоиде. Такое представление чаще других используется для описания объектов на обширной территории и локализует их с высокой точностью [9].

Изображение проекции земной поверхности в уменьшенном виде на плоскости называется картой местности. Каждая карта характеризуется типом проекции (например: коническая, цилиндрическая), а также масштабом, наличием искажений и т.д.

Кроме картографической, в авиации для целей УВД широко используются прямоугольная и полярная системы координат.

Под прямоугольной (декартовой) системой координат понимается система координат на плоскости, координатные оси которой (X и Y) представляют собой две взаимно перпендикулярные линии, пересекающиеся в особой точке системы, называемой центром, относительно которой определяется положение любой другой точки на плоскости.

Полярная система координат на плоскости является частным случаем (горизонтальной проекцией) сферической системы координат, в которой положение точки описывается следующими величинами:

- расстоянием от точки, принятой за центр координат (радиусом);
- углом в горизонтальной плоскости между направлением, принятым за исходное (например, истинный север), и направлением на анализируемую точку (проекцией вектора точки на плоскость в сферической системе);
- углом в вертикальной от исходного направления и направлением на точку в полной сферической системе координат.

В практике УВД и навигации полярная система используется при определении координат ВС по данным радиолокационных измерений, при описании координат ВС с указанием дальности и азимута относительно определенного ориентира (севера).

В качестве основной системы координат, которая служит для математического отображения воздушной обстановки в ПО АС УВД, используется прямоугольная (декартова) система. Оси прямоугольной системы координат (X , Y) пересекаются в точке, образующей начало координат. Длина каждой оси в положительном и отрицательном направлениях по абсолютной величине равна половине квадрата, в который вписана территория (зона) обработки координат. Данная величина определяет значение наименьшего значащего бита, выраженного в метрах, для установленной разрядности кодирования координатных данных в вычислительных комплексах АС УВД.

Например, при максимальном значении координаты по каждой из осей, равном 150 км, и принятом кодировании данной величины в двоичной системе счисления ЭВМ четырнадцатью разрядами, достаточном по точности разрешения, значение наименьшего разряда – наименьший значащий бит – составляет около 9 метров. Этот пример показывает, с какой высокой точностью в ПО АС УВД может производиться обработка координатной информации. Погрешность обработки зависит от точности интерпретации базовых координат (например, привязки источников радиолокационной информации, навигационных пунктов и т.п.). Другими словами, она зависит от точности, с которой прямоугольная система координат связана в ПО с географической, и от точности координат, поступающих от взаимодействующих источников информации.

Точки земной поверхности, представленные на картах, поступают в ПО либо в географической, либо в полярной системе координат. АС УВД должна правильно и точно преобразовывать координаты, обрабатывать и выдавать на отображение в том виде, который требуется для целей УВД. Расстояния между заданными точками, скорость и высота полета должны отображаться в метрических единицах. Это естественная для должностных лиц системы форма восприятия взаимного положения и маневров ВС. Наличие аппарата такого преобразования в ПО АС УВД не ограничивает использования географических координат пользователями АС УВД. 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 АРМ диспетчеров.

Связь прямоугольной системы координат АС УВД с географическими

координатами задается, как правило, известной схемой проекции сферических координат на плоскость обработки картографических данных в ПО АС УВД, представленной на рис. 2.3.

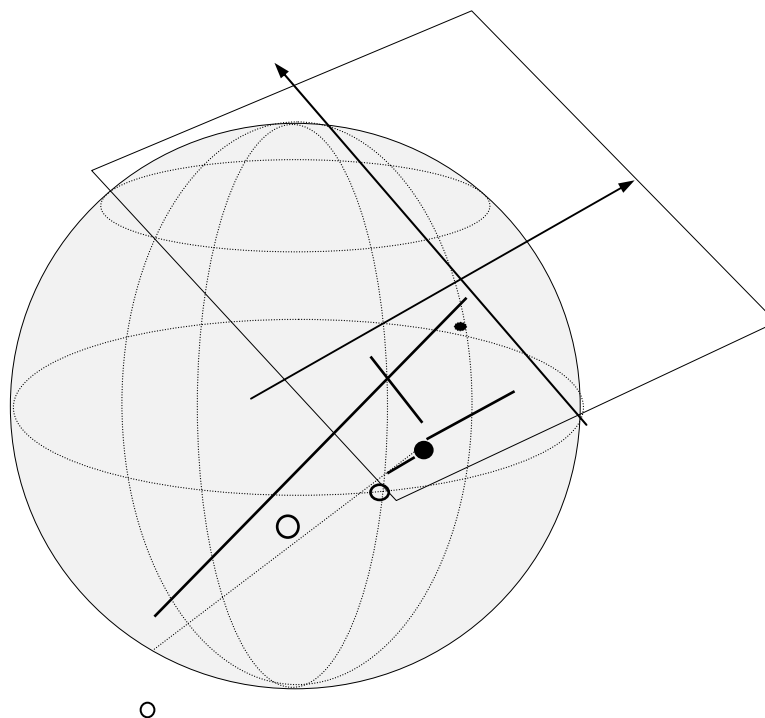


Рис. 2.3. Схема преобразования координат

Плоскость прямоугольной системы координат АС УВД располагается по касательной к земной поверхности таким образом, чтобы центр прямоугольных координат совпадал с точкой касания плоскости к земной поверхности. Тогда центр прямоугольных координат '0' оказывается однозначно связанным с земной поверхностью и определяется его географическими координатами. Координаты остальных точек, расположенных на земной поверхности, проектируются на плоскость системы координат АС УВД из точки проектирования S . Это точка на обратной стороне земного шара на пересечении прямой, соединяющей центр координат '0' и центр земного шара с земной поверхностью, диаметрально противоположная '0'. Обычно такая проекция называется наклонной стереографической проекцией.

На рис. 2.3 показано, что проекция A' точки A , находящейся на земной поверхности, на плоскость системы координат АС УВД получена путем продолжения линии SA до пересечения с плоскостью координат. На этой плоскости координаты точки A (X, Y), будут соответствовать географическим координатам точки A на земной поверхности.

Излагаемый метод пересчета географических координат в прямоугольные координаты АС УВД и обратно положен в основу алгоритма, реализованного в ряде КП ПО АС УВД:

- КП подготовки исходных данных для подсистемы обработки радиоло-

кационной информации;

- КП обработки планов полетов;
- КП обработки метеорологической информации;
- других КП, связанных с обработкой и представлением данных о местоположении объектов.

Важной особенностью преобразования координат в АС УВД является их привязка относительно географического «Севера». Даже данные магнитного пеленга представляются диспетчеру на экране АРМ с учетом магнитного склонения в точке установки АРП. Работа в единых координатах позволяет производить совмещение на одном АРМ информации различных источников и воспроизводить на них в качестве фона структуру ВП. Единая схема пересчета, принятая в разных элементах ПО, поддерживает целостность системы.

Алгоритм преобразования географических координат в декартовы. Процедура преобразования географических координат в систему прямоугольных координат АС УВД основана на методе стереографической проекции (см. рис. 2.3). Процедура состоит в проектировании точек земной поверхности на плоскость, касательную к ней в точке, называемой «центром системы».

Центр проекции лежит на поверхности земли в ее точке, диаметрально противоположной центру системы. В таком преобразовании [9] углы между любой парой прямых, исходящих из любой точки, будут представлены на проекции без каких бы то ни было искажений, т.е. преобразование является «конформным». Алгоритм конформного преобразования выполняется как последовательность следующих шагов.

1. Пересчет географических координат в конформные для учета кривизны Земли. Расхождение между географическими и стереографическими координатами может достигать сотен метров.

2. Выбор центра системы или, что то же самое, центра общей стереографической проекции, под которой понимается плоскость, касательная к земной поверхности в точке центра системы. В целях минимизации погрешности преобразований центр системы может выбираться двумя способами:

- как центр наименьшей окружности, описывающей все точки стояния радиолокаторов;
- как центр тяжести многоугольника, построенного из точек стояния радиолокаторов.

3. Вычисление радиуса конформной сферы (конформного радиуса) для дальнейшей минимизации ошибок преобразования. Конформный радиус является функцией только конформных координат и центра системы, он вычисляется один раз для всех точек заданной системной области территории.

4. Пересчет конформных координат в стереографические.

ПО АС УВД использует стереографическую проекцию для представления структуры ВП на плоской проекции. Алгоритмы преобразования подразделяются на две группы:

Предварительный этап:

- вычисление конформных координат всех радиолокационных позиций (РЛП) и центра системы из их географических координат;
- вычисление конформного радиуса;
- вычисление стереографических координат и технологических характеристик местоположения каждого элемента структуры ВП.

Оперативный этап:

- преобразование «наклонных» координат целей, измеренных локатором, в местную систему стереографических координат РЛС;
- преобразование местных стереографических координат в общесистемные, т.е. в стереографические координаты относительно центра системы.

Формализация алгоритмов предварительного этапа. Вычисление конформных координат. Преобразование географических координат в конформные производится в предположении о допустимости рассмотрения земного эллипсоида как сферы (конформной сферы). Обозначим через α , Ω' соответственно широту и долготу географической точки и через Φ , Ω соответственно – конформные широту и долготу. Преобразования координат определяются [9] как:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Omega = \Omega', \\ \Phi = 2 \left[\arctg \left[\operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right] \left[\frac{1 - e \cdot \sin \alpha}{1 + e \cdot \sin \alpha} \right]^{\frac{e}{2}} \right] - \frac{\pi}{4} \right], \end{array} \right.$$

где $e \approx (0.00672267)^{1/2}$ – константа кривизны Земли. Нетрудно видеть, что для «плоской» земли $\Phi = \alpha$, если $e = 0$.

Вычисление конформного радиуса. Конформный радиус E_c является характерным параметром заданной конфигурации системы, поскольку он определяется только взаимным положением центра системы и ее РЛП. Выражение для конформного радиуса тривиально:

$$E_c = \frac{2}{A_{\min} + A_{\max}}.$$

A_{\min} и A_{\max} представляют собой соответственно наименьшее и наибольшее значения среди всех параметров A для РЛП и центра системы, вычисленных по

$$A = \frac{2 \cdot \cos \Phi}{N \cdot \cos \alpha \cdot [1 + \sin \Phi \cdot \sin \Phi_0 + \cos \Phi \cdot \cos \Phi_0 \cdot \cos(\Omega - \Omega_0)]},$$

формуле:

где:

- α_0, Ω_0' – географические координаты центра системы;
- $\Phi_0, \Omega_0 = \Omega_0'$ – конформные координаты центра системы;
- $N = E_q (1 - e^2 \sin^2 \alpha)^{-1/2}$ – главная нормаль;
- $E_q = 3444,054$ морских мили – главная земная полуось.

Остальные величины определены выше.

Вычисление стереографических координат РЛП. Преобразование конформных координат точки из «местной» системы радиолокационной позиции в соответствующие координаты (X_r, Y_r) общей стереографической проекции выполняется по следующей формуле:

$$\begin{cases} X_r = 2 \cdot E_c \cdot \frac{\cos \Phi \cdot \sin(\Omega - \Omega_0)}{1 + \sin \Phi \cdot \sin \Phi_0 + \cos \Phi \cdot \cos \Phi_0 \cos(\Omega - \Omega_0)}, \\ Y_r = 2 \cdot E_c \cdot \frac{\sin \Phi \cdot \cos \Phi_0 - \cos \Phi \cdot \sin \Phi_0 \cdot \cos(\Omega - \Omega_0)}{1 + \sin \Phi \cdot \sin \Phi_0 + \cos \Phi \cdot \cos \Phi_0 \cos(\Omega - \Omega_0)}. \end{cases}$$

где: E_c – конформный радиус; Φ, Ω – конформные координаты РЛП, Φ_0, Ω_0 – конформные координаты центра системы.

Характеристические параметры РЛП. Ротационный угол β между географическим севером РЛП и географическим севером центра системы вычисляется с помощью следующей формулы:

$$\beta = \arctg \frac{-(\sin \Phi + \sin \Phi_0) \cdot \sin(\Omega - \Omega_0)}{\cos \Phi \cdot \cos \Phi_0 + (1 + \sin \Phi \cdot \sin \Phi_0) \cdot \cos(\Omega - \Omega_0)},$$

$$C = \frac{E_c}{E_s + (H_m + h)/2}, K = 1 + \frac{X_r^2 + Y_r^2}{4E_c^2}, A = \frac{\sqrt{[X_r^2 + Y_r^2]}}{4E_c^2}, \Gamma = \arctg \frac{X_r^2}{Y_r^2},$$

где все обозначения введены выше. Физический смысл параметра тривиален: направления на север в различных точках криволинейной поверхности неодинаково искажаются при их совместном проектировании на плоскость. Для компенсации возникающей при этом погрешности вводится β . Другие характеристические параметры РЛП определяются следующими выражениями.

где: $E_s = N (\cos^2 \alpha + (1 - e^2) \sin^2 \alpha)^{1/2}$ – радиус Земли в точке стояния РЛС; X_r, Y_r – стереографические координаты РЛП, $H_m = (H_{max} + H_{min})/2$ – средняя высота полета ВС; H_{max} – максимальная высота полета ВС, H_{min} – минимальная высота полета ВС, h – высота РЛП, остальные обозначения введены выше.

Формализация алгоритмов оперативного этапа. Преобразование в мест-

ную стереографическую проекцию. Преобразование наклонных координат σ, Θ, H (т.е. радиолокационных данных) в полярные координаты местной

$$\begin{cases} \Theta = \Theta', \\ R = C \cdot [\sigma^2 - (H - h)^2]^{\frac{1}{2}}, \end{cases}$$

стереографической проекции следующее:

где C – характеристический параметр РЛП, h – высота РЛП, определены выше.

Преобразование в центральную стереографическую проекцию. Преобразование полярных координат (R, Θ) местной стерео проекции в прямоугольные координаты общей стерео проекции системы следующие:

$$\begin{cases} X = X_r + K \cdot [R \cdot \sin(\Theta + \beta) + A \cdot R^2 \cdot \sin(2(\Theta + \beta) - \Gamma)], \\ Y = Y_r + K \cdot [R \cdot \cos(\Theta + \beta) + A \cdot R^2 \cdot \cos(2(\Theta + \beta) - \Gamma)], \end{cases}$$

где X_r, Y_r – стереографические координаты РЛП; β, K, A, Γ – характеристические параметры РЛП.

Для преобразования радиолокационных данных, представленных в местной стерео проекции, в прямоугольные координаты (X_l, Y_l) , используются следующие выражения:

$$\begin{cases} X = X_r + aX_l + bY_l + 2cX_lY_l + d(Y_l^2 - X_l^2), \\ Y = Y_r - bX_l + aY_l - 2dX_lY_l + c(Y_l^2 - X_l^2), \end{cases}$$

где $a = K \cos\beta, b = K \sin\beta, c = K A \cos(2\beta - \Gamma), d = K A \sin(2\beta - \Gamma)$, остальные параметры определены выше.

Преобразование вектора скорости (V_{xb}, V_{yl}) из местной стерео проекции в центральную систему координат (V_{xs}, V_{ys}) следующие:

$$\begin{cases} V_{xs} = K \cdot [\cos\beta \cdot V_{xl} + \sin\beta \cdot V_{yl}], \\ V_{ys} = K \cdot [\cos\beta \cdot V_{yl} + \sin\beta \cdot V_{xl}], \end{cases}$$

где β, K – характеристические параметры РЛП.

Программная реализация. Процедуры преобразования координат движущихся ВС реализуются в большинстве АС УВД в три шага:

- первичная обработка измеренных радиолокационных координат, выполняемая компьютером РЛП с преобразованием наклонных координат в местную стерео проекцию;

- вторичная обработка радиолокационной информации, выполняемая вычислительным комплексом центра управления, с преобразованием координат ВС из местных стерео проекций РЛП в центральную стерео проекцию АС УВД;

- третичная обработка РЛИ, обобщение данных о движущихся ВС, наблюдаемых несколькими РЛС.

Предварительные расчеты. Процедуры для предварительных вычислений используются на этапе проектирования и отладки системы и состоят в подготовке всех констант и характеристических параметров РЛП, работающих в системе и определенных выше. Результаты хранятся в БД КП СКП в виде таблиц параметров для использования программами обработки РЛИ в реальном масштабе времени.

Координатные преобразования, выполняемые в реальном времени. Процедуры реального времени обрабатывают данные, поступающие от РЛС в процессе наблюдения движения ВС. Первый шаг выполняется на каждой РЛП, и данные затем обобщаются в центре по следующей схеме:

- на этапе настройки системы в БД формируются таблицы всех параметров, описывающих все взаимодействующие РЛП, которые подготовлены предварительными процедурами;

- в результате первичной обработки РЛИ все радиолокационные измерения (текущие точки – метки ВС) преобразуются в местную систему РЛП. При обобщении данных от нескольких РЛС параметр «С» пересчитывается как среднее арифметическое значений, относящихся к каждой из них;

- в результате вторичной обработки РЛИ все вновь поступившие текущие точки и все координаты уже сопровождаемых ВС (треков) преобразуются в общую стерео проекцию. Для треков преобразованию подвергаются и проекции вектора скорости. Одновременно учитываются накапливающиеся ошибки юстировки, которые периодически рассчитываются в центре и рассылаются на РЛП для регулировки угла ротации.

Напомним во избежание двусмысленного толкования, что радиолокационные треки, а в более широком смысле – радиолокационные данные вообще, классифицируются на первичные и вторичные. Те же термины используются для обозначения этапов обработки РЛИ. Необходимо различать эти понятия.

Первичная локация состоит в излучении пачки зондирующих импульсов в окружающее пространство передатчиком РЛС и последующем получении сигнала, отраженного от движущегося в этом пространстве объекта, приемником. Время, прошедшее от посылки импульса до получения эхо-сигнала, пересчитывается в наклонную дальность до цели. Время, прошедшее от прохождения антенной РЛС направления на север в местной системе координат РЛП до момента обнаружения цели, пересчитывается в азимут ее местоположения. *Вторичная* радиолокация основана на активном ответе бортовых средств навигации на сигналы наземных станций наблюдения. Импульс (запрос) вторичной РЛС запускает бортовой передатчик ВС (ответчик), который возвращает «запросчику» формализованную цифровую кодограмму, содержащую позывной номер, измеренные на борту величины скорости и высоты полета, координатную и служебную информацию.

Влияние высоты полета на преобразование в местную стерео проекцию.

В первичных треках информация, связанная с высотой H полета, не представлена, так как первичный трек всегда рассматривается в единицах наклонной дальности до цели. Для уменьшения ошибки преобразования приходится вводить (посредством проекций на «землю» и на нормаль к ее поверхности) в наклонные координаты σ , Θ' первичного трека относительную высоту H_{ref} полета. Тогда приходим к уточненному преобразованию:

$$\begin{cases} \Theta = \Theta', \\ R = C \cdot \left[\sigma^2 - (H_{ref} - h)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \end{cases}$$

где все обозначения рассмотрены выше. Абсолютная ошибка E_{loc} в местной (локальной) системе определится как:

$$E_{loc} = | C [\sigma^2 - (H - h)^2]^{1/2} - R |.$$

Отметим, что при $H_{ref} = 0$, для целей, наблюдаемых вблизи РЛП, ошибка локации резко возрастает вследствие отсутствия информации, связанной с высотой полета.

Влияние высоты полета на корреляцию между первичными и вторичными треками в общей стерео проекции. Рассмотрим первичный и вторичный треки, принадлежащие одной цели. Соответствующие им координаты X_p , Y_p и X_s , Y_s в общей (центральной) стерео проекции рассчитываются как:

$$\begin{cases} X_p = X_r + K \cdot [R_p \cdot \sin(\Theta + \beta) + A \cdot R_p^2 \cdot \sin(2 \cdot (\Theta + \beta) - \Gamma)] , \\ Y_p = Y_r + K \cdot [R_p \cdot \cos(\Theta + \beta) + A \cdot R_p^2 \cdot \cos(2 \cdot (\Theta + \beta) - \Gamma)] , \\ X_s = X_r + K \cdot [R_s \cdot \sin(\Theta + \beta) + A \cdot R_s^2 \cdot \sin(2 \cdot (\Theta + \beta) - \Gamma)] , \\ Y_s = Y_r + K \cdot [R_s \cdot \cos(\Theta + \beta) + A \cdot R_s^2 \cdot \cos(2 \cdot (\Theta + \beta) - \Gamma)] , \end{cases}$$

где индексы p и s соответственно определяют параметры первичных и вторичных треков, причем $R_p = C [\sigma^2 - h^2]^{1/2}$, так как значение H_{ref} установлено в нуль, а $R_s = C [\sigma^2 - (H - h)^2]^{1/2}$, остальные параметры определены выше.

Ошибка между первичным и вторичным треками в общей стерео проекции относительно местной стерео проекции составляет:

$$E_{com} = | [(X_s - X_r)^2 + (Y_s - Y_r)^2]^{1/2} - [(X_p - X_r)^2 + (Y_p - Y_r)^2]^{1/2} |.$$

Индекс *com* в обозначении погрешности соответствует общей (*common*) стереографической проекции.

Алгоритм коррекции. Процедура предназначена для включения в первичный трек высоты H полета, связанной с наблюдаемым вторичным треком того же ВС. С ее помощью становится возможным вычислять в общей (центральной) проекции координаты первичного трека следующим образом:

$$\begin{cases} X_{pc} = X_r + \left[(X_r - X_p)^2 + (Y_r - Y_p)^2 - (H - h)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \sin \Theta_c, \\ Y_{pc} = Y_r + \left[(X_r - X_p)^2 + (Y_r - Y_p)^2 - (H - h)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \cos \Theta_c, \end{cases}$$

где:

$$Q_c = \operatorname{arctg} \frac{X_r - X_p}{Y_r - Y_p},$$

X_r, Y_r – стерео координаты в местной системе РЛП,

X_p, Y_p – координаты первичного трека в общей стерео проекции системы,

H – высота полета ВС,

h – высота точки стояния РЛП.

Для пояснения рассмотрим геометрическую иллюстрацию, представленную на рис. 2.4. Ее анализ позволяет рассчитать величину E_{com_c} отклонения между данными первичного и вторичного треков в центральной стерео проекции относительно местной стерео проекции в точке стояния РЛП:

$$E_{com_c} = \left| \left[(X_s - X_r)^2 + (Y_s - Y_r)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left[(X_{pc} - X_r)^2 + (Y_{pc} - Y_r)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right|.$$

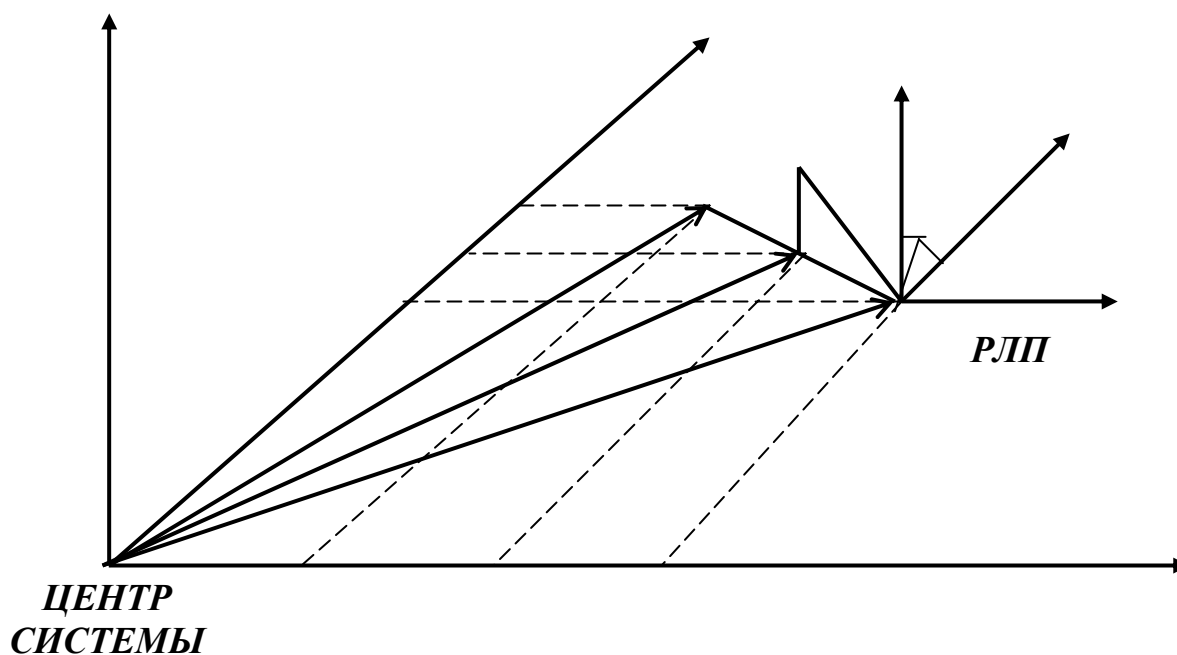


Рис. 2.4. Геометрия алгоритма коррекции

Заключительные замечания. В настоящем разделе изложен математический аппарат стереографического преобразования географических координат, применяемый в большинстве действующих АС УВД. Особое внимание уделено учету влияния информации о высоте полета для первичных треков при пересчете в местную стерео проекцию. Приведены оценки погрешности. Подчеркнута возможность использования для сопровождения в стерео проекции пер-

вичных треков связанных с ними вторичных треков тех же самых наблюдаемых ВС. Описан алгоритм коррекции, минимизирующий относительную погрешность вычислений. Идея алгоритма может использоваться для всех первичных треков и для наземных объектов, значение высоты которых всегда известно. Однако соответствующие вычисления могут привести к резкому возрастанию ошибки в так называемых «мертвых» зонах первичных локаторов, особенно при удалении треков менее чем на заданную параметрическую величину, определяемую конфигурацией системы.

2.2.1.5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА С КОМПЛЕКСОМ ПРОГРАММ СКП. Исходное состояние экрана. Конфигурация ПО, включающая режим работы с параметрами системы, реализуется на АРМ администратора базы данных. После начальной загрузки и регистрации в системе рабочее место программно выводится в исходное состояние, при котором на экране должна отображаться текущая информационная обстановка. В верхней части индицируется строка заголовка, включающая всемирное координированное время (Universal Time Coordinated –UTC), московское время и местное время для часового пояса, в котором развертывается оснащаемая система. Непосредственно под системной строкой располагается линейка главного меню с наименованиями реализованных на АРМ групп функций, среди которых должна присутствовать группа функций ПЛАН. При активизации (клике мышью наименования) группы функций ПЛАН содержимое линейки меню обновляется следующими наименованиями:

<u>С</u>КП	<u>Р</u>ПЛ	<u>Ц</u>ЛН	<u>У</u>ВД	<u>В</u>ЫХОД
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------------

Рис. 2.5. Меню основных функций ПО АС УВД

Перечисленные наименования функций соответствуют режимам работы, в которые переходит АРМ при их активизации:

СКП – режим работы системы со сменными константами и параметрами структуры воздушного пространства.

РПЛ – режим работы с библиотекой расписания полетов.

ЦЛН – режим работы с планами полетов (планирования ИВП).

УВД – режим обеспечения плановой информацией диспетчера процедурного контроля на этапе непосредственного управления полетами.

ВЫХОД – возврат из группы функций ПЛАН к исходному состоянию.

Активизация требуемого режима работы с подсистемой планирования выполняется как с помощью клика мышью ее наименования, так и по одновременному нажатию клавишей Alt+[?], где символ «?» соответствует подчеркнутой букве в наименовании функции. Ряд функций могут вызываться с помощью специальных средств доступа – навигации по дереву, спискам и таблицам, отображаемым ПО в блоке структурной информации об АС УВД.

Функции режима СКП работы со сменными константами и параметра-

ми. При активизации режима СКП линейки основного меню рис. 2.5 на экране появляется изображенное на рис. 2.6 подменю, содержащее список функций, используемых для работы со сменными константами и параметрами структуры ВП. Каждая функция содержит несколько подфункций, состав и содержание которых диктуется задачами ПО и установившейся традицией их решения.

СКП	РПЛ	ЦЛН	УВД	ВЫХОД
Центр <i>Ctrl + Ц</i>				
Географические точки				
Подсекторы				
Навигационные пункты				
Аэродромы				
Основные аэродромы				
Трассы и МВЛ				
СИД/СТАР				
Секторы				
Константы F1				
ЛТХ				
Тариф				

Рис. 2.6. Функции режима СКП работы со сменными константами и параметрами системы

При нажатии правой кнопки мыши в любом месте экрана, указанном курсором, средствами ПО выводится представленное на рис. 2.7 всплывающее меню назначения одной или нескольких карт, необходимых для обеспечения наглядности исполняемых действий:

Текущая обстановка
Центр
Географические точки
Подсекторы
Навигационные пункты
Аэродромы
Трассы и МВЛ
СИД/СТАР
Секторы

Рис. 2.7. Всплывающее меню назначения картографической информации

С помощью указания курсором мыши контрастная цветовая подсветка выбираемого пункта меню (наименования карты) устанавливается в нужном месте, и при клике левой кнопкой на всем поле экрана, не закрытом окном работы с подсистемой планирования, отображается выбранная карта. Всплывающее меню назначения карты снимается при этом с экрана. Для большинства карт на их фоне появляются диалоговые окна уточнений, возможности которых описываются ниже для конкретных параметров структуры воздушного пространства.

Классификация функций работы с СКП. Функции режима СКП, как следует из его названия, на содержательном уровне можно условно разделить на два класса по критерию принадлежности обрабатываемой информации составным частям полной АС УВД и протекающим в них процессам. Это класс описания структуры ВП, в которой развивается процесс управления потоками ВС, и класс системных констант для автоматизированной организации этого процесса. Предварительная детализация классов представлена списком меню рис. 2.6. Дальнейшие уточнения излагаются ниже, в ходе технического описания КП.

Класс структуры ВП содержит функции работы с:

- блочным описанием структуры АС УВД (функция «Центр»);
- базовыми (опорными) элементами: плоскостными (функция «Географические точки») и надстроенными над ними объемными (функция «Подсекторы»);
- элементарными параметрами ВП, надстроенными над базовыми (функции «Навигационные пункты» и «Аэродромы»);
- комплексными параметрами ВП, надстроенными над элементарными (функции «Основные аэродромы», «Трассы и МВЛ», «СИД/СТАР»);
- пространственными параметрами ВП, надстроенными над объемными, элементарными и комплексными (функция «Секторы»).

Класс системных констант содержит функции работы с:

- технологические характеристики процесса УВД (предельные значения расстояний, периодов времени, условий технологии работы диспетчера);
- таблицы технических характеристик элементов системы (РЛС, АРП, спутниковой навигации, каналов передачи данных и т.д.);
- банк кодов вторичной радиолокации в форматах ИКАО (международная организация гражданской авиации – International Civil Aviation Organization – ICAO);
- таблицы летно-технических характеристик ВС;
- телеграфные адреса органов УВД мирового сообщества и типы формализованных сообщений, циркулирующих в авиационных сетях связи;
- реквизиты авиакомпаний, обслуживаемых АС УВД.

Дальнейшее изложение дается в рамках приведенной классификации.

2.2.2. ФУНКЦИИ ОБРАБОТКИ БАЗОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ.

2.2.2.1. Функция «Центр». При клике мышью функции «Центр» на исходной форме окна работы с плановой информацией появляются сброшированные страницы структурного описания системы (рис. 2.8), оснащенные закладками для обеспечения перехода к отображению нужной страницы с помощью щелчка мыши (см. рис. 2.9, 2.10). Кроме того, средствами ПО обеспечивается листание страниц клавишами Home, End, PgUp, PgDn.

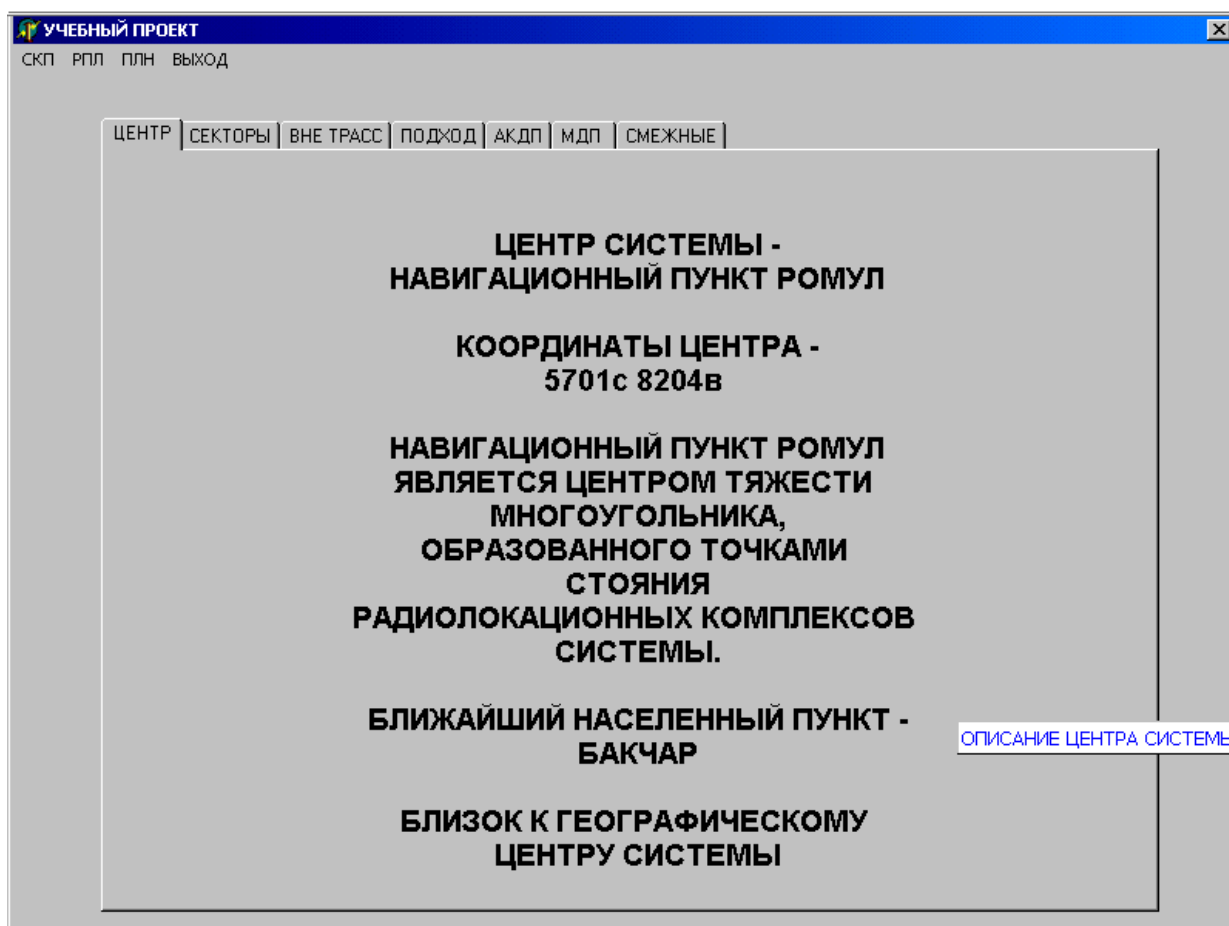


Рис. 2.8. Страница «ЦЕНТР» блока структурной информации о системе

Для диспетчерского персонала информация, отображаемая по исполнению функции «Центр» режима СКП, является справочной. Как компонент программной системы она несет дополнительную нагрузку. С помощью этих данных осуществляется дальнейший контроль вводимых позднее параметров и преобразования географических координат в декартовы относительно центра системы. Предполагается, что данные функции «Центр» не могут корректироваться вводами с рабочих мест и подлежат изменению только программно.

Функциональная линейка сохраняется в исходном состоянии, однако при клике мышью любого пункта меню блок страниц функции «Центр» снимается с

экрана. На странице «Секторы» (рис. 2.9) перечислены наименования секторов воздушного пространства района УВД. Каждому из них сопоставлен код диспетчера, контролирующего воздушное движение в этом секторе. При начальной загрузке ПО и при изменениях текста данной страницы ПО автоматически формирует содержимое выпадающих списков кодов секторов, отображаемых на экране при работе с подсекторами ВП.

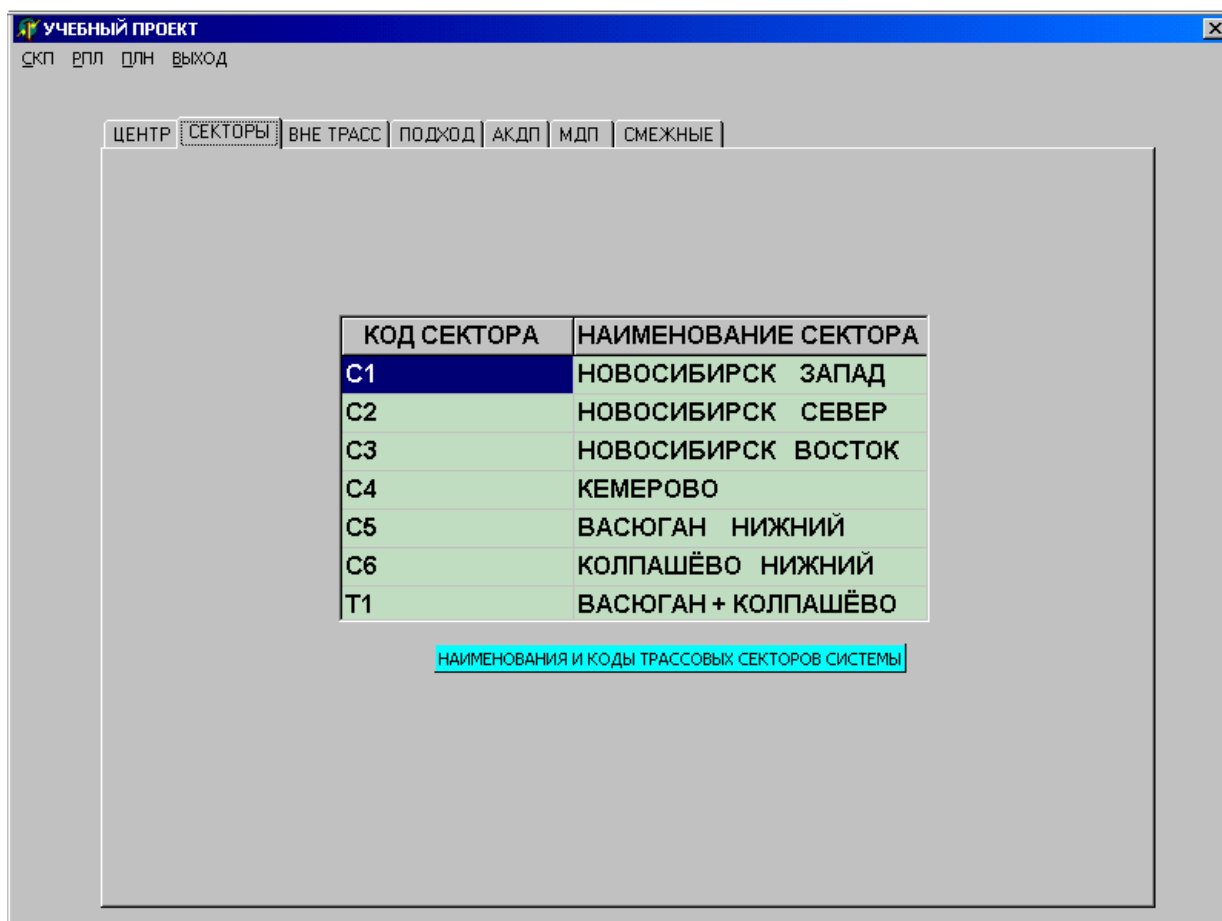


Рис. 2.9. Страница «СЕКТОРЫ» блока структурной информации о системе

Страница «Вне трасс» блока структурной информации о системе (рис. 2.10) характеризует территориальные связи секторов УВД на трассах, контролируемых диспетчерами ГА, и секторов УВД вне трасс, контролируемых взаимодействующими органами МО. Интенсивность полетов вне трасс, как правило, значительно ниже, чем на трассах ГА, и задачи диспетчеров сводятся здесь к координации полетов, а не к непосредственному управлению. Как следствие, на территорию каждого внетрассового сектора могут оказаться наложенными зоны ответственности нескольких трассовых секторов. Страница «Вне трасс» дает графическое представление о сложной структуре ВП, снабженное пояснительными надписями.

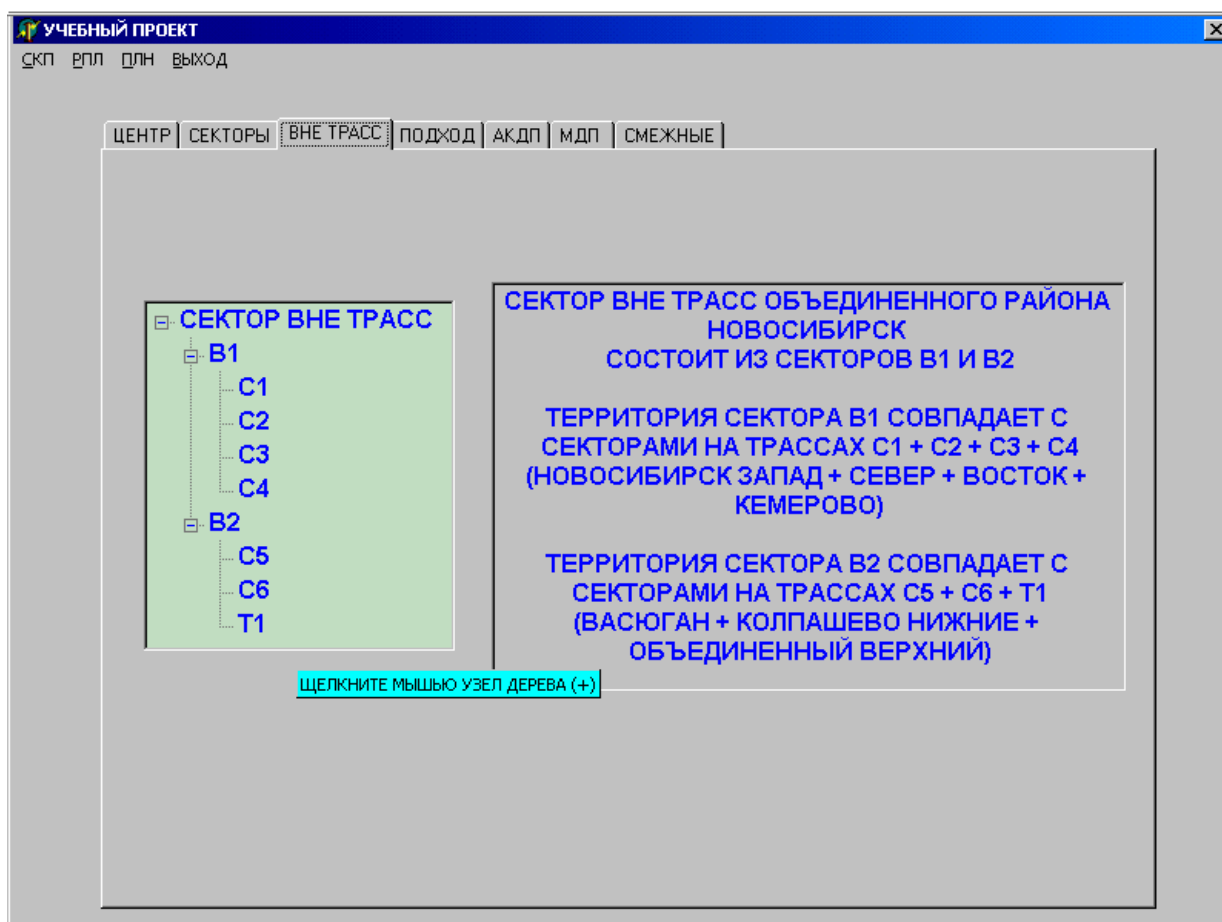


Рис. 2.10. Страница «ВНЕ ТРАСС» блока структурной информации о системе

Страница «Подход» содержит данные о секторах УВД в зоне подхода, если она имеется в структуре ВП, принадлежащего АС УВД. Состав информации и ее назначение аналогичны перечисленным при описании страницы «Секторы». Точно так же представлены сведения о структуре секторов круга и местного диспетчерского пункта (МДП) на страницах «Круг» и «МДП». Страница «Смежные» информирует о составе взаимодействующих центров УВД, автоматизированных и неавтоматизированных. Это окружающие систему соседние РЦ, близлежащие аэродромы, а также аэродромы, расположенные на собственной территории, но не входящими в состав АС УВД. Другими словами, управление взлетами и посадками на таких аэродромах производится их собственным персоналом, не работающим в штате должностных лиц системы, и взаимодействующим с ее диспетчерами в рамках технологии передачи управления ВС.

При клике правой кнопкой мыши всплывает меню назначения карты, содержащее наименование карты «Центр». При выборе этого наименования, в отсутствие назначения карты текущей обстановки, на свободном поле экрана ото-

бражаются границы РУВД и точка стояния центра системы. Слева от наименования карты на панели меню (рис. 2.11) появляется символ включения \surd , который в дальнейшем сохраняется вплоть до отмены выбранной карты. Отмена (стирание с экрана) осуществляется с помощью тех же действий (кликами) манипулятора «мышь», что и вызов карты.

Текущая обстановка
Центр
Географические точки
Подсекторы
Навигационные пункты
Аэродромы
Трассы и МВЛ
СИД/СТАР
Секторы

Рис. 2.11. Всплывающее меню с назначенной для отображения картой

2.2.2.2. Функция «Географические точки». Назначение параметра. Параметр «Географические точки» необходим системе для картографического представления территории зоны УВД. Описание геоточки не должно содержать никакой другой информации, кроме ее положения на земной поверхности. Все остальные характеристики являются избыточными – наименование, роль в технологии УВД, принадлежность сектору и т.д. – и должны фиксироваться в базах данных навигационных пунктов, аэродромов, секторизации, трасс и других параметров, в которых должны предусматриваться ссылки на соответствующую геоточку. Содержательно параметр «геоточки» служит исключительно для привязки всех структурно-технологических элементов системы к их реальному местоположению. Никаких других функций на него не должно возлагаться. Однако существуют два момента, диктующие необходимость указания дополнительных сведений: неизменность ссылки на геоточку из описаний других параметров и удобства взаимодействия с подсистемой отображения.

Ссылки на геоточки определяют связи аэродромов, навигационных пунктов и точек излома границ подсекторов с их координатами. Геоточки сортируются по своим порядковым номерам, задаваемым экспертами на этапе разра-

ботки проекта оснащения последовательно в порядке обхода границ района, секторов, подсекторов, аэродромов, рубежей приемо-передачи управления и пунктов обязательных донесений (ПОД). Эти номера не рекомендуется использовать как ссылки на геоточку. В процессе эксплуатации системы возможны вводы новых аэродромов и ПОД, изменения секторизации и другие организационно-технические мероприятия, приводящие к изменениям нумерации геоточек в исходных документах (описаниях геоточек). Как следствие, при использовании номеров геоточек в качестве ссылок становится необходимым полное преобразование всей базы данных параметров структуры воздушного пространства, а также пересчет всех планов полетов, хранящихся в системе. С этой точки зрения в качестве ссылки удобнее использовать номер записи о геоточке в базе данных, и в интересах контроля ссылочной целостности хранить внутри записи этот номер наряду с не совпадающим с ним (в общем случае) порядковым номером геоточки.

Удобства взаимодействия с подсистемой отображения предполагают необходимость ранжировать геоточки по их принадлежности (аэродрому, ПОД, рубежу приемо-передачи, границе и т.д.). Это упрощает формирование всплывающих таблиц геоточек при вводе в систему описаний соответствующих элементов структуры воздушного пространства. Кроме того, желательно хранить в записи о геоточке признак необходимости ее принудительного отображения на экране при вызове карты геоточек.

К географическим точкам относятся:

- центр системы;
- точки излома границ подсекторов;
- точки излома границ постоянных режимных ограничений;
- навигационные пункты;
- аэродромы;
- точки траекторий захода на посадку и выхода из зон аэродромов;
- рубежи приемо-передачи управления;
- другие особые точки системы (точки стояния РЛС, наземных станций дифференциальных поправок и т.д.).

Перечисленные назначения (роли в процессе УВД) и другие технологические характеристики не должны фиксироваться в БД геоточек системы. Каждая запись о геоточке должна содержать лишь ее картографический порядковый номер, географические координаты и декартовы координаты относительно особой точки – центра системы. Необязательными, но желательными полями могут являться номер записи в БД геоточек, ранг геоточки, комментарий (наименование ближайшего населенного пункта или роль точки в УВД) и признак ее принудительного (без запроса оператора) отображения на карте. Первичным ключом для поиска в БД и для сортировки при выдаче таблицы на отображение служит идентификатор (картографический порядковый номер) точки.

Географические координаты точек представляются в градусах, минутах и

секундах широты и долготы с соответствующими символами («с» - северная широта, «в» - восточная долгота). Точность до секунд необходима системе для указания разных координат для точек системы, исполняющих различные функции (геоточки, одновременно являющиеся ПОД и точками излома границы или аэродромами и т.д.). В этом случае координаты ПОД и аэродрома задаются сдвинутыми на несколько секунд друг относительно друга. Кроме того, ПОД на международных трассах задаются с точностью до десятых долей градуса, т.е. с погрешностью 3 секунды.

Точность задания декартовых координат, достаточная для расчета планов полетов, составляет сотни метров (десятая доля километра). Рекомендуется согласовывать направление декартовых осей и погрешность представления координат с принятыми в подсистемах обработки и отображения радиолокационной информации решениями. Ранг геоточки обычно задается соответствующим символом: Ц – центр системы, Г – точка излома границы, А – аэродром, П – ПОД, Р – рубеж передачи управления. Принято дублировать его таблицей технологических признаков, характеризующих роль точки в процессе УВД. Признак принудительного отображения на экранной карте – булева переменная.

Функция «Географические точки». При выборе мышью функции «Географические точки» выпадающего меню режима СКП появляется дочернее подменю с наименованиями подфункций «Новый» и «Выбор» (рис. 2.12).

<u>СКП</u>	<u>РПЛ</u>	<u>ЦЛН</u>	<u>УВД</u>	<u>ВЫХОД</u>
Центр	Ctrl + Ц			
Географические точки		▶	Новый	
Подсекторы		▶	Выбор	
Навигационные пункты		▶		
Аэродромы		▶		
Основные аэродромы		▶		
Трассы и МВЛ		▶		
СИД/СТАР		▶		
Секторы		▶		
Константы	F1			
ЛТХ		▶		
Тариф		▶		

Рис. 2.12. Выбор подфункции «Новый» параметра «Географические точки»

При клике правой кнопкой мыши всплывает меню назначения карты, содержащее наименование карты «Географические точки». При его выборе, в от-

сутствие назначения карты текущей обстановки, на свободном поле экрана отображаются все географические точки системы. Слева от наименования карты появляется символ \surd , который в дальнейшем сохраняется до отмены выбранной карты (рис. 2.13). Отмена (стирание с экрана) осуществляется с помощью тех же действий (кликами) манипулятора «мышь», что и вызов карты.

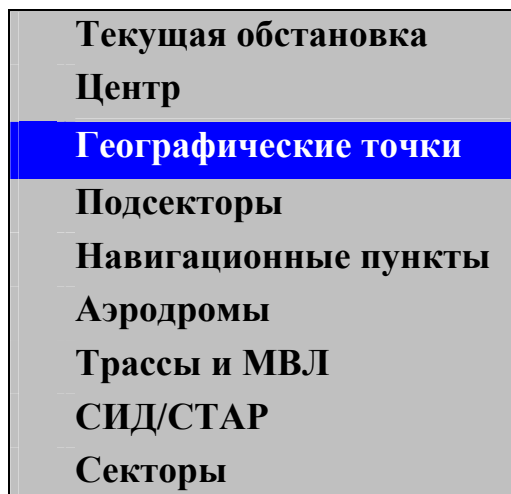


Рис. 2.13. Назначение карты географических точек с помощью всплывающего меню режима работы со сменными константами и параметрами системы

Как правило, предусматривается возможность стирания с экрана части отображаемых геоточек, перегружающих карту, если для конкретной работы с функцией необходима только другая их часть. Для этого после выбора карты, ее выдачи на экран и стирания всплывающего меню средствами ПО индицируется диалоговое окно уточнений следующего вида (рис. 2.14).

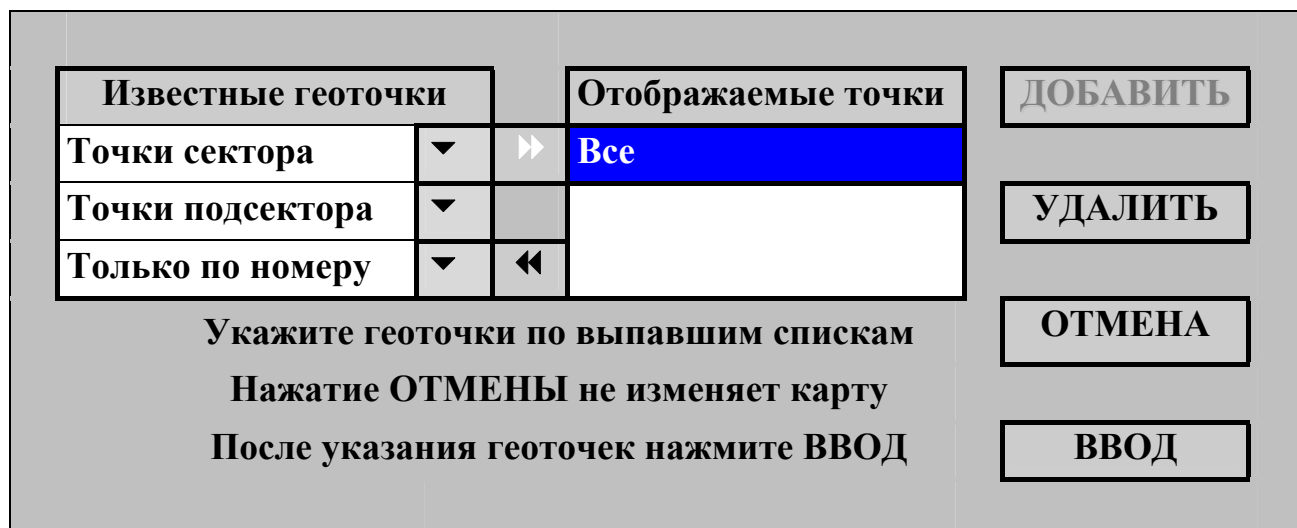


Рис. 2.14. Окно диалога явных указаний отображения географических точек

Отказ от изменений отображаемой карты производится щелчком мыши по клавише ОТМЕНА. Щелчок по клавише УДАЛИТЬ открывает доступ к

строкам списка отображаемых точек, щелчок по клавише ДОБАВИТЬ – к списку известных системе точек. При клике мышью строки списка известных гео-точек «Точки сектора» («Точки подсектора») выпадает список известных системе секторов УВД (подсекторов), в котором мышью должен указываться нужный сектор (подсектор). При клике строки «Только по номеру» выпадает список известных географических точек системы. Курсором мыши должны выбираться конкретные точки, необходимые для отображения на карте по замыслу текущей работы с функцией. Щелчок по клавише «▶» при нажатой клавише «ДОБАВИТЬ» обеспечивает перенос выбранных строк списка известных точек в список отображаемых точек; при этом снимается строка «Все». Щелчок по клавише «◀» при нажатой клавише «УДАЛИТЬ» обеспечивает обратный перенос выбранных строк списка отображаемых точек в список известных точек. По окончании формирования списка необходимых точек их отображение выполняется с помощью нажатия клавиши ВВОД диалогового окна.

Новая географическая точка. При клике мышью наименования пункта «Новый» на экране появляется форма (рис. 2.15) с полями для ввода информа-

The screenshot shows a software window titled "ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТОЧКИ" with a sub-header "РЕЖИМ ВВОДА ОПИСАНИЯ НОВОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ". It contains a table with columns: №, КООРДИНАТЫ, ПОЯСНЕНИЯ, РАНГ, КАРТА, and ВНЕ. Below the table are input fields for latitude (ШИРОТА), longitude (ДОЛГОТА), and rank (РАНГ), along with a "КАРТА" checkbox and a "ВВЕДИТЕ РАНГ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ" label.

№	КООРДИНАТЫ	ПОЯСНЕНИЯ	РАНГ	КАРТА	ВНЕ
▶ 1	570200с0820400в	Географический центр системы	Ц	У	
2	605500с0830000в	граница района (секторы С6, Т1, В1)	Г	У	
3	584201с0864001в	граница района, пункт Максимкин Яр, (сек	Г	У	
4	571801с0881101в	граница района, пункт Тегульдэт, (сектор	Г	У	
5	560401с0890501в	граница района, пункт Итатский, (сектор С	Г	У	
6	550000с0884700в	граница района, пункт Белогорский, (сект	Г	У	
7	543500с0884000в	граница района, сектор С4	Г	У	
8	542700с0854500в	граница района, пункт Гурьевск, (секторы	Г	У	
9	541401с0852501в	граница района, пункт Самба, (сектор С3)	Г	У	
10	535901с0844501в	граница района, пункт Залесово, (сектор С	Г	У	
11	540800с0832800в	граница района, пункт Черепаново, (секто	Г	У	

Below the table, the text "граница района, пункт Максимкин Яр, (секторы С6, Т1, В1)" is displayed. Below this are input fields for coordinates and rank:

ШИРОТА: 57, 30, 30
 ДОЛГОТА: 82, 30, 30
 РАНГ: []
 [] КАРТА

A red box highlights the text "ВВЕДИТЕ РАНГ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ" next to the rank input field.

Рис. 2.15. Форма для ввода нового описания географической точки системы

ции о географической точке системы. Над формой высвечивается надпись «РЕЖИМ ВВОДА ОПИСАНИЯ НОВОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ». Ли-

нейка функционального меню автоматически обновляется наименованиями функций «ВВОД» и «ВОЗВРАТ». Поля для ввода значений градусов широты и долготы новой геоточки автоматически заполняются соответствующими координатами центра системы. Поля для ввода значений минут и секунд заполняются величиной 30. Обеспечиваются увеличение и уменьшение содержимого полей с помощью нажатия кнопки мыши, а также ввод новых значений с помощью клавиатуры. Допустимые значения для градусов устанавливаются не превышающими по абсолютной величине на 7 градусов соответствующей координаты центра системы, для минут и секунд допустимые пределы изменения - от нуля до 59.

Поле комментария не обязательно для заполнения, в него могут быть введены либо сведения о роли точки в процессе ОрВД, либо наименование ближайшего к ней населенного пункта. Если текст комментария не помещается в ограниченной по ширине колонке пояснений, то при указании курсором мыши соответствующей строки полный текст отображается под списком геоточек, как это показано на рис. 2.15.

При клике мышью наименования «ВВОД» средствами ПО выполняется проверка ограничений на вводимые величины, а также на неповторяемость новых координат в списке уже введенных географических точек. При обнаружении любого несоответствия вводимого описания правилам организуется диалог с оператором, направленный на устранение найденных ошибок. Правильно составленное описание воспринимается системой как новая запись БД. Географические координаты преобразуются в декартовы относительно центра системы. Экран рабочего места автоматически совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню группы функций «ПЛАН».

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню группы функций «ПЛАН».

Выбор и модификация описания известной системе географической точки. При клике мышью функции «Выбор» отображается таблица, допускающая только чтение информации, содержащая вертикальную полосу прокрутки и шесть колонок: порядковый номер географической точки, ее координаты, комментарий, ранг, принадлежность территории системы и признак принудительного отображения на карте. Каждая строка таблицы содержит именно эти атрибуты. Первая геоточка – «Центр системы» – автоматически переносится из формы «Центр» при начальной загрузке ПО и недоступна для корректировки. Над таблицей появляется надпись «РЕЖИМ КОРРЕКТИРОВКИ ОПИСАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ». На линейке функционального меню наименования функций группы «ПЛАН» заменяются наименованиями «ВВОД» и «ВЫХОД» (рис. 2.16).

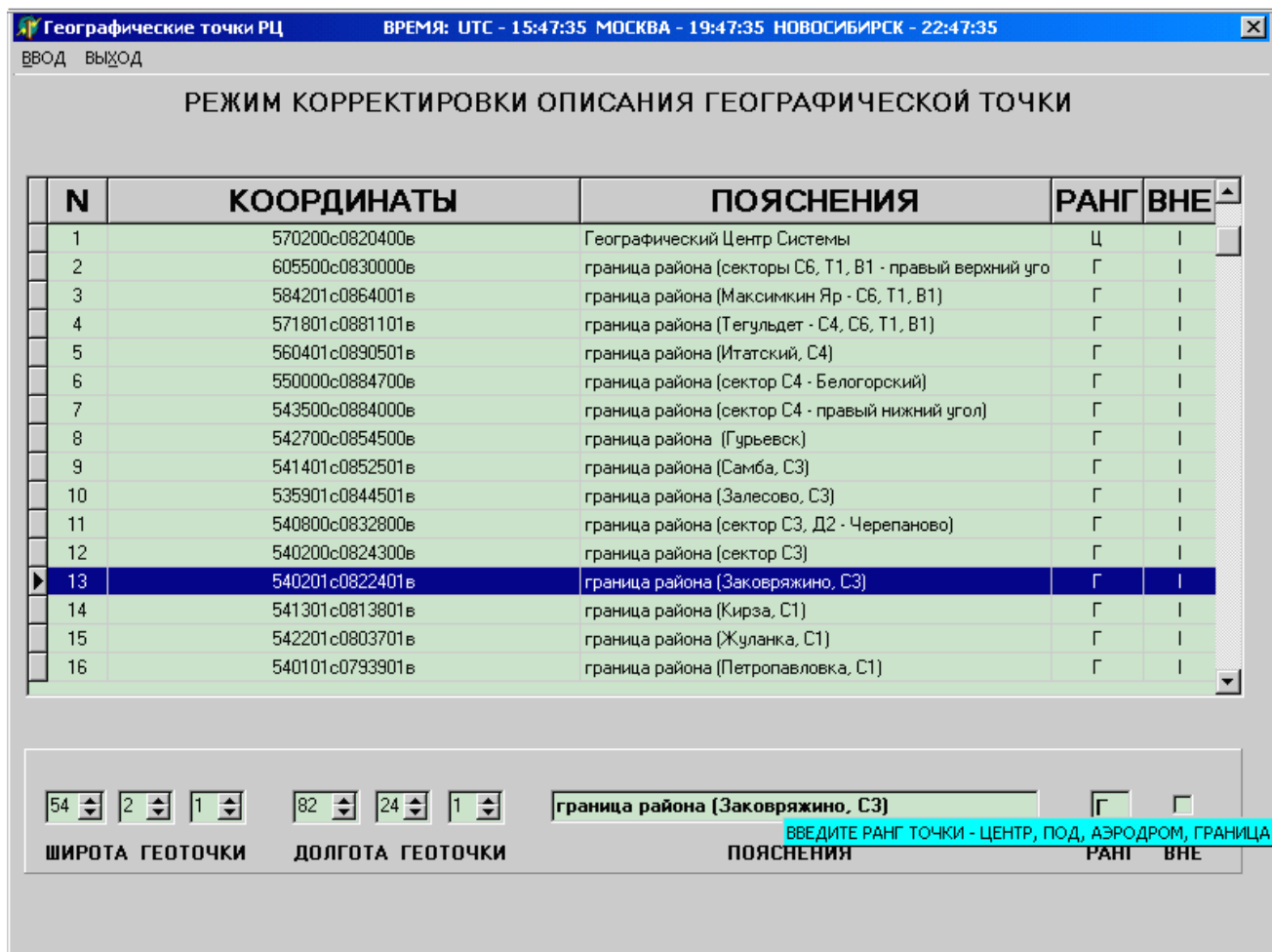


Рис. 2.16. Отображение информации в режиме модификации геоточки

При клике мышью любой строки таблицы, соответствующей известной системе (хранящейся в БД) геоточке, экран рабочего места переходит в состояние отображения формы для ввода новой геоточки, заполненной информацией о выбранной геоточке, считанной из БД. Обеспечивается доступ для корректировки полей «ШИРОТА», «ДОЛГОТА» и «Комментарий». На линейке функционального меню появляются наименования рис. 2.17:

ВВОД КОПИЯ ОТМЕНА ВОЗВРАТ

Рис. 2.17. Линейка функционального меню подфункции «Модификация географической точки»

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места автоматически совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора геоточек.

При клике мышью наименования ВВОД появляется форма системного сообщения, изображенная на рис. 2.18. При наличии в БД описаний элементов структуры воздушного пространства, использующих для привязки к местопо-

ложению на территории системы изменяемую географическую точку, отображается сетка с наименованиями этих элементов и предупреждающей надписью: «Следующие элементы системы используют модифицируемые координаты. При нажатии клавиши "УТВЕРЖДАЮ" они будут также модифицированы».

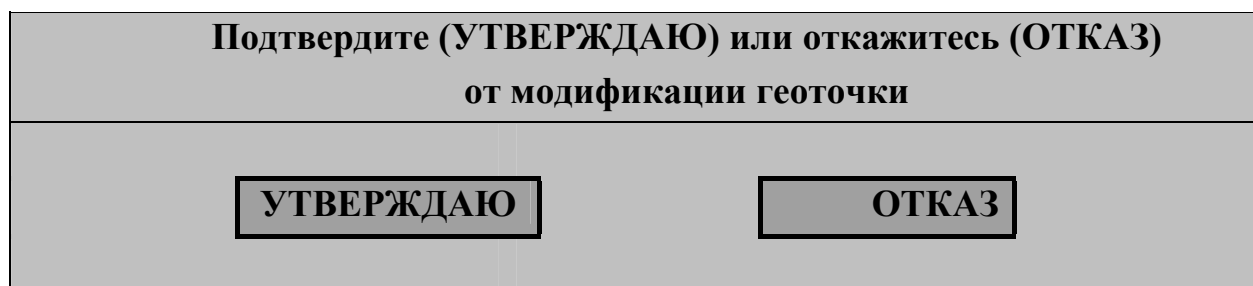


Рис. 2.18. Окно диалога для утверждения модификации геоточки

При клике мышью клавиши «ОТКАЗ» осуществляется обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и формы для модификации геоточек. При клике мышью клавиши «УТВЕРЖДАЮ» информация подвергается контролю на соблюдение ограничений формата и величины, а также на неповторяемость значений координат в списке уже введенных географических точек. При отсутствии ошибок старая запись удаляется из БД, а новая располагается на ее месте. Экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора геоточек, в которой представляется новая информация о выбранной геоточке.

Ввод нового описания географической точки с помощью функции «КОПИЯ». При клике мышью наименования КОПИЯ линейки функционального меню в состоянии отображения выбранного описания геоточки в окне работы с параметрами системы происходят следующие изменения (рис. 2.19). Над формой появляется надпись «РЕЖИМ КОПИРОВАНИЯ ОПИСАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ». Линейка функционального меню обновляется наименованиями ВВОД и ВОЗВРАТ. Содержимое полей с открытым доступом может изменяться с помощью клавиатуры и мыши для их правильного заполнения.

При клике мышью наименования ВОЗВРАТ набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора геоточек.

При клике мышью наименования ВВОД выполняется проверка ограничений на вводимые величины, а также на неповторяемость новых координат в списке уже введенных географических точек. При обнаружении любого несоответствия вводимого описания правилам организуется диалог с оператором, направленный на устранение найденных ошибок. Правильно составленное описание воспринимается системой как новая запись БД. Географические координаты

наты преобразуются в декартовы относительно центра системы. Экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора геоточек, в которой появляется новая строка.

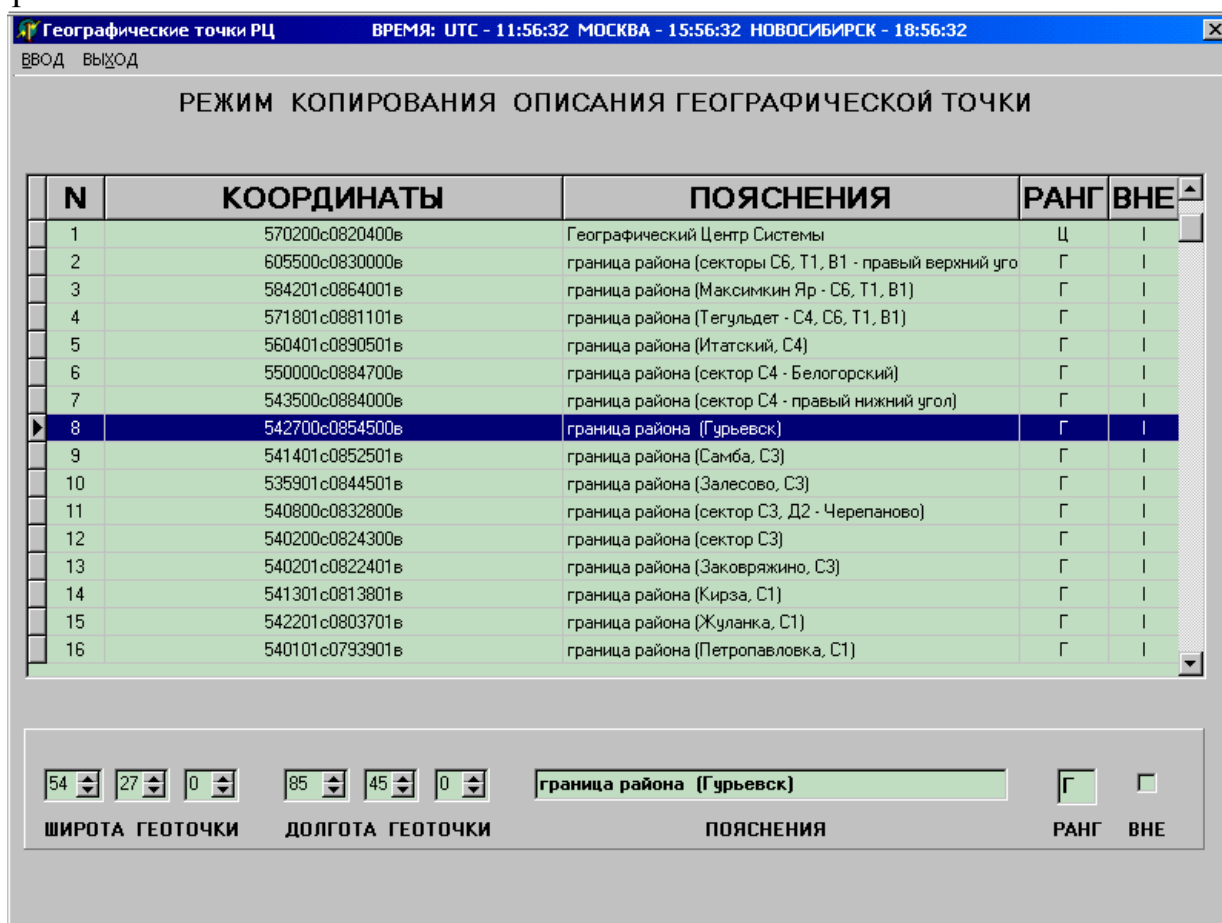


Рис. 2.19. Отображение информации в режиме копирования геоточки

Удаление описания географической точки по функции «ОТМЕНА» При клике мышью наименования ОТМЕНА линейки функционального меню, в состоянии отображения выбранного описания геоточки, в окне работы с параметрами системы происходят следующие изменения. Над формой появляется надпись «РЕЖИМ УДАЛЕНИЯ ОПИСАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКИ». Закрывается доступ ко всем полям формы. Линейка функционального меню обновляется наименованиями ВВОД и ВОЗВРАТ (рис. 2.20).

При клике мышью наименования ВОЗВРАТ отображенная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места автоматически совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора геоточек.

При клике мышью наименования ВВОД появляется форма системного сообщения, аналогичная представленной на рис. 2.18.

При наличии в БД описаний элементов структуры воздушного пространства, использующих для привязки к местоположению на территории системы

удаляемую географическую точку, отображается сетка с наименованиями этих элементов и предупреждающей надписью: «Следующие элементы системы используют удаляемые координаты. При нажатии клавиши "УТВЕРЖДАЮ" они будут удалены для сохранения ссылочной целостности».

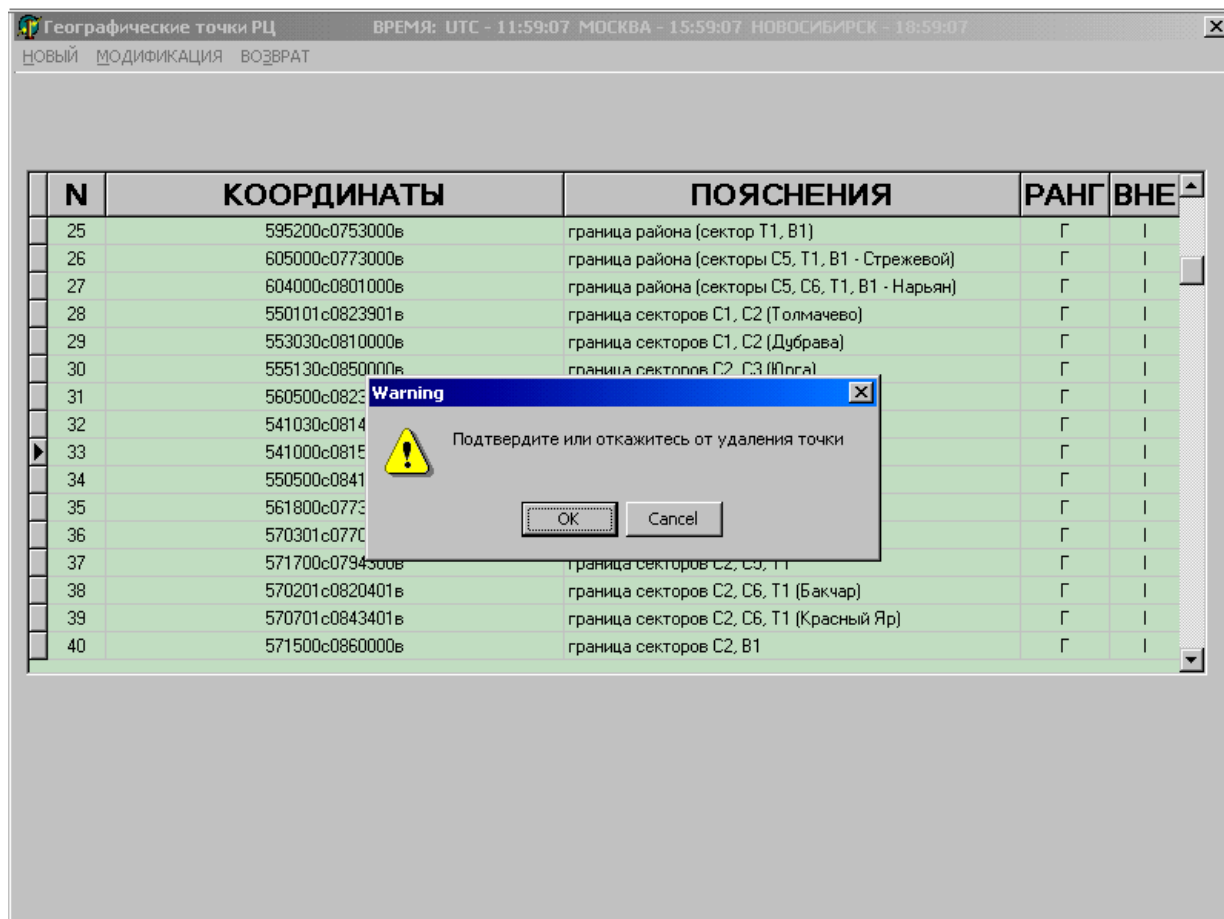


Рис. 2.20. Отображение информации в режиме удаления геоточки

При клике мышью клавиши «УТВЕРЖДАЮ» выполняется вся последовательность удалений элементов, ссылающихся на выбранную географическую точку, после чего удаляется ее описание. При клике мышью клавиши «ОТКАЗ» осуществляется обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора геоточек.

2.2.2.3. *Описание подсекторов структуры воздушного пространства.* Параметр «подсектор» территории необходим системе для правильного распределения плановой информации. На всех этапах управления главной задачей обработки данных является предоставление диспетчеру всей необходимой информации о воздушной обстановке и прогнозе ее развития. Для ее решения ПО должно определить, на каком рабочем месте, в какие сроки и что нужно отображать. Такое знание извлекается из распределения каждого рассчитанного плана полета по секторам УВД. Рассчитываются моменты и высоты входа и

проекции многоугольников. Высота призмы перпендикулярна основанию. Призма состоит из нескольких слоев, каждый из которых принадлежит реальному сектору системы. Соответственно, записи главной таблицы содержат общую информацию о подсекторе: его номер (идентификатор), количество точек излома границы, количество высотных слоев, ссылки на дочерние таблицы слоев и точек излома и комментарий. Записи таблицы высотных слоев (вертикальный разрез рис. 2.21) содержат номер слоя, значение высотной границы, код сектора, которому принадлежит этот слой. В записи таблицы точек излома содержатся: номер точки в этой таблице и ссылка на описание данной точки в таблице географических точек. Таблицы 2.1 – 2.3 в своей совокупности соответствуют данным рис. 2.21.

Таблица 2.1. Общая характеристика подсекторов

№	Наименования секторов	Слоев	Точек	Таб. слоев	Таб. точек
1	Северный (С1)	2	4	Alt1	Bounds1
2	Северный (С1) + Подход С	4	3	Alt2	Bounds2
3	Западный (С2) + Верхний (С4)	3	5	Alt3	Bounds3
4	Запад + Подход З + Верхний	5	3	Alt4	Bounds4
5	Восток (С3) + Верхний (С4)	3	5	Alt5	Bounds5
6	Восток + Подход В + Верхний	5	3	Alt6	Bounds6

Таблица 2.2. Высотные слои

№	Высота	Код диспетчера
1	1000	Фиктивный сектор
2	32000	С1

Таблица 2.3. Точки излома границы

№ точки	Ссылка	№ точки	Ссылка
1	11	3	13
2	12	4	11

Описание подсектора территории содержит:

- для каждого высотного слоя – значение его верхней границы в метрах и соответствующие ему коды диспетчеров УВД на трассах и вне трасс;
- количество точек излома плоской границы подсектора;
- географические координаты точек излома границы подсектора в градусах, минутах и секундах северной широты и восточной долготы;
- декартовы координаты точек излома границы подсектора относительно центра контролируемой территории, представленные арифметическими величинами в сотнях метров.

2.2.2.4. ФУНКЦИЯ «ПОДСЕКТОРЫ». *Новый подсектор.* При выборе мышью функции «Подсекторы» выпадающего меню СКП справа от него на экране появляется дочернее подменю с наименованиями подфункций «Новый» и «Вы-

бор» (рис. 2.22). При клике мышью наименования «Новый» на экран средствами ПО выдается форма с полями для ввода информации о подсекторе системы, представленная на рис. 2.23. Над формой появляется надпись «РЕЖИМ ВВОДА НОВОГО ОПИСАНИЯ ПОДСЕКТОРА». Линейка функционального меню автоматически обновляется наименованиями функций «ВВОД» и «ВОЗВРАТ». В форме отображаются две незаполненные сетки, связанные с таблицей принадлежности высотных слоев секторам и с таблицей координат точек излома плоской границы подсектора. Сетки предназначены для представления информации этих таблиц. Предусмотрены специальные поля для ввода данных в таблицы, а сами сетки настроены только на чтение. По мере заполнения полей с помощью клавиатуры и/или мыши набранные данные переносятся в соответствующие ячейки сеток.

<u>СКП</u>	<u>РПЛ</u>	<u>ЦЛН</u>	УВД	<u>ВЫХОД</u>
Центр	Ctrl + Ц			
Географические точки	▶			
Подсекторы	▶		Новый	
Навигационные пункты	▶		Выбор	
Аэродромы	▶			
Основные аэродромы	▶			
Трассы и МВЛ	▶			
СИД/СТАР	▶			
Секторы	▶			
Константы	F1			
ЛТХ	▶			
Тариф	▶			

Рис. 2.22. Выбор подфункции «Новый» параметра «Географические точки»

Поля для ввода значений границ высотных слоев подсектора и кода соответствующего сектора УВД оснащаются выпадающими списками допустимых значений высот и кодов, из которых мышью выбираются нужные. Поля для ввода номеров геоточек, соответствующих точкам излома плоской границы подсектора, оснащаются выпадающим списком геоточек. При этом обеспечивается возможность ручного ввода необходимой информации. Поле «Номер подсектора» автоматически заполняется системой.

При клике мышью наименования «ВВОД» выполняется проверка ограничений на вводимые величины, а также на неповторяемость координат (за исключением первой и последней точек). При обнаружении любого несоответст-

Подсекторы ВРЕМЯ: UTC - 16:08:56 МОСКВА - 20:08:56 НОВОСИБИРСК - 23:08:56

ВВОД ПРОСМОТР ВОЗВРАТ

РЕЖИМ ВВОДА ОПИСАНИЯ НОВОГО ПОДСЕКТОРА

Номер подсектора:

14

№	ВЫСОТА	СЕКТОР

Принадлежность секторам системы

количество высотных слоев - 0

количество точек излома границы 0

Точки излома границы

№	КООРДИНАТЫ	СЕКТОРЫ

Таблица принадлежности высотных слоев секторам УВД

Рис. 2.23. Форма для ввода описания нового подсектора

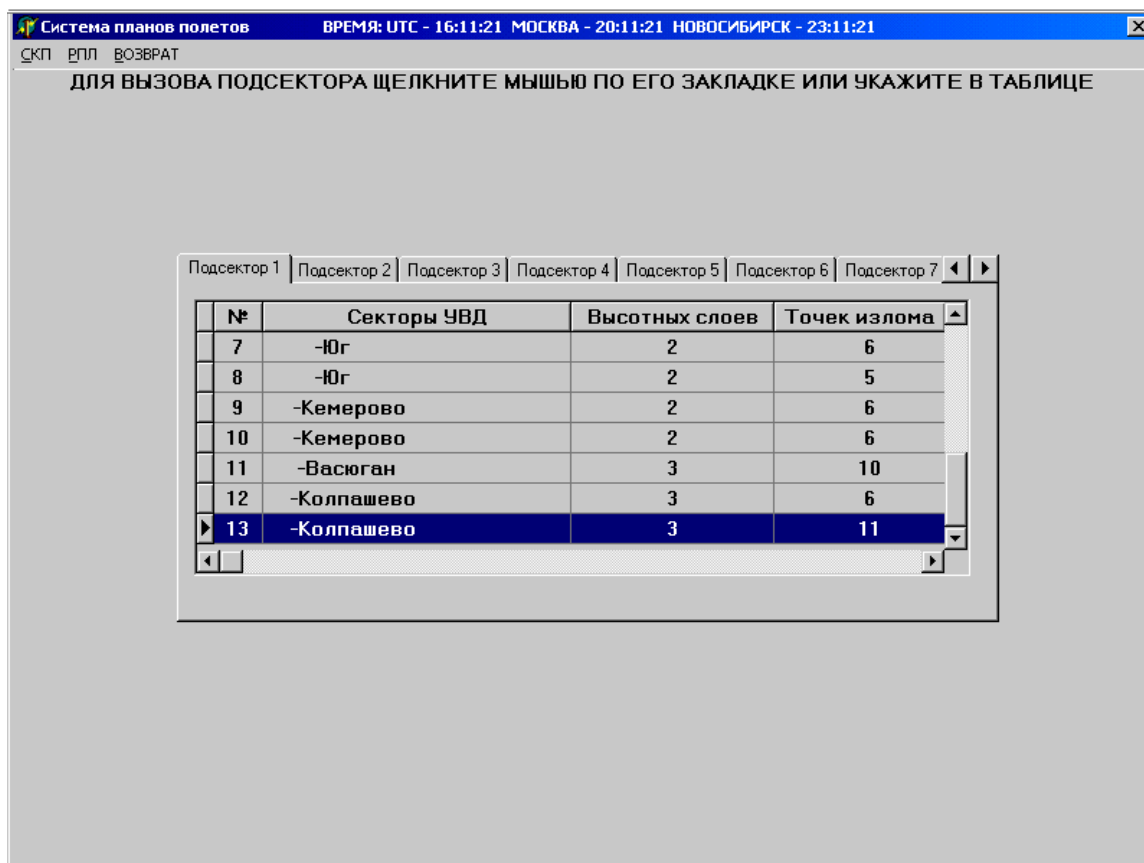
вия вводимого описания правилам организуется диалог с оператором, направленный на устранение найденных ошибок. Правильно составленное описание воспринимается ПО как новая запись БД. Экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню группы функций «ПЛАН».

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню.

Выбор и модификация описания известного системе подсектора. При клике мышью функции «Выбор» ПО отображает форму для вызова на экран описания нужного подсектора (рис. 2.24). На ней представлены закладки с номерами подсекторов и таблица, строки которой соответствуют тем же подсекторам и содержат дополнительную информацию о них (комментарий, количество высотных слоев и точек излома плоской границы). Количество закладок и строк таблицы формируются автоматически. Над формой появляется надпись «Для выбора описания подсектора щелкните мышью по нужной строке». На линейке функционального меню наименования функций группы «ПЛАН» заменяются единственным наименованием «ВОЗВРАТ».

При клике мышью любой закладки или строки таблицы, соответствующей известному системе (хранящемуся в БД) описанию подсектора, экран ра-

Рис. 2.24. Выбор известного системе описания подсектора



бочего места переходит в состояние отображения формы для ввода нового подсектора, заполненной информацией о выбранном подсекторе, считанной из БД. Обеспечивается доступ для корректировки всех полей формы, кроме поля «Номер подсектора», и все выпадающие списки. На линейке функционального меню отображаются наименования в соответствии с рис. 2.25.

ВВ О Д К О П И Я О Т М Е Н А В О З В Р А Т

Рис. 2.25. Линейка функционального меню функции «Модификация подсектора»

Над формой появляется надпись «РЕЖИМ МОДИФИКАЦИИ ОПИСАНИЯ ПОДСЕКТОРА» (рис. 2.26). Средствами ПО обеспечивается индикация по запросу пользователя всплывающих таблиц и списков географических точек, кодов сектора и высотных границ слоев подсектора (рис. 2.26 – 2.28).

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора подсектора. При клике мышью наименования «ВВОД» появляется представленная на рис. 2.27 форма системного сообщения.

При наличии в БД описаний элементов структуры воздушного пространства, использующих для привязки к местоположению в пространстве системы изменяемый подсектор, отображается сетка с наименованиями этих элементов и предупреждающей надписью: «Следующие элементы системы используют модифицируемый подсектор. При нажатии клавиши "УТВЕРЖДАЮ" они будут также модифицированы». Планы полетов, маршрут которых затрагивает изменяемый подсектор, также пересчитываются.

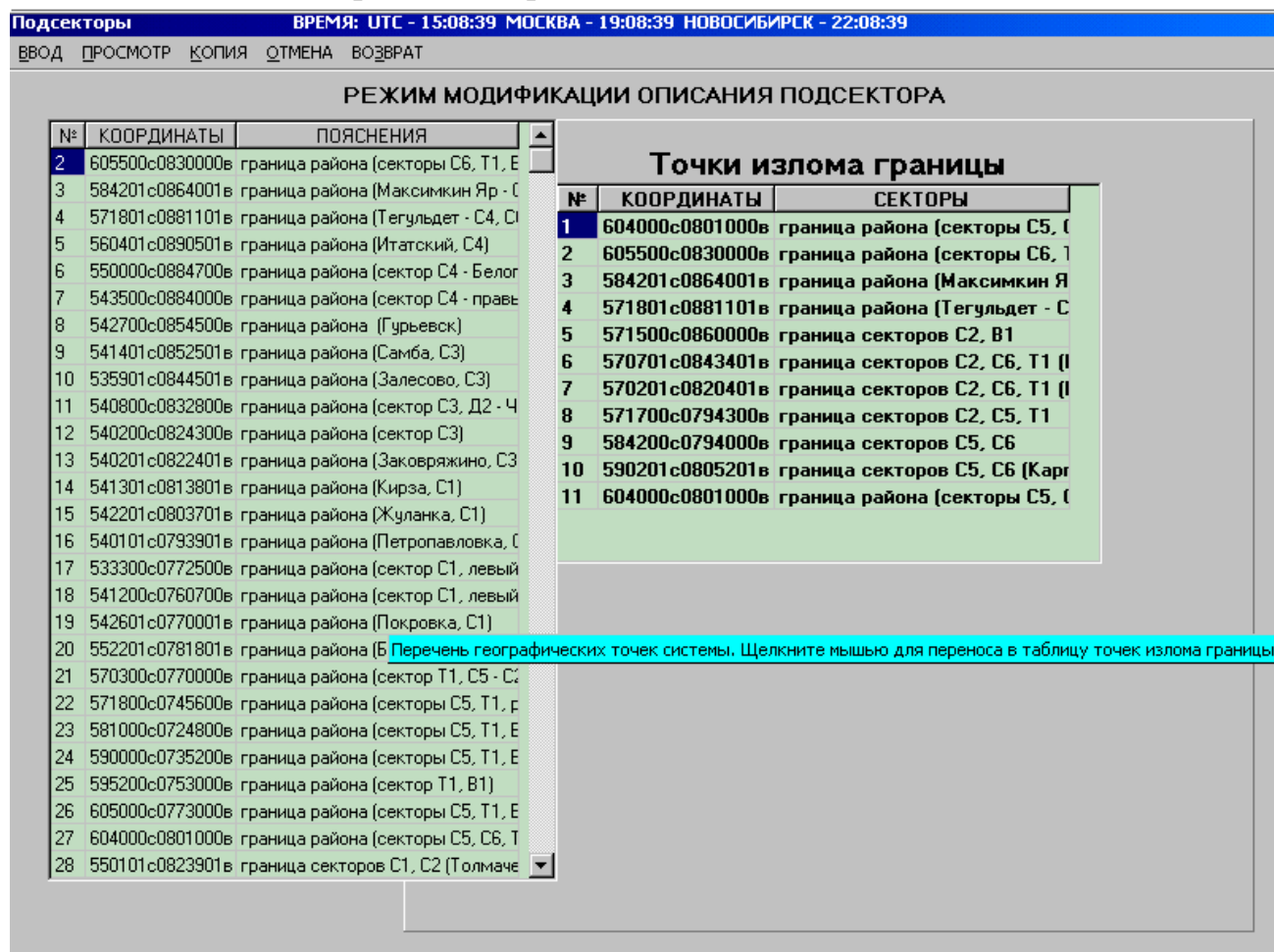


Рис. 2.26. Всплывающий список географических точек

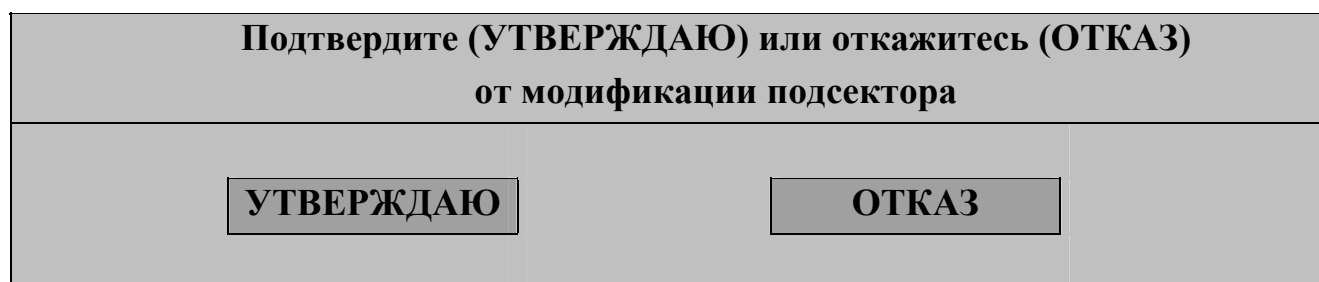


Рис. 2.27. Окно диалога для утверждения модификации подсектора

При клике мышью клавиши «ОТКАЗ» осуществляется обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и формы для модификации подсектора. При клике мышью клавиши «УТВЕРЖДАЮ» информация подвергается контролю на соблюдение ограничений формата и величины, как при вводе нового описания. При отсутствии ошибок старая запись удаляется из БД, а новая располагается на ее месте. Экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора подсектора, в которой представляется новая информация о выбранном подсекторе.

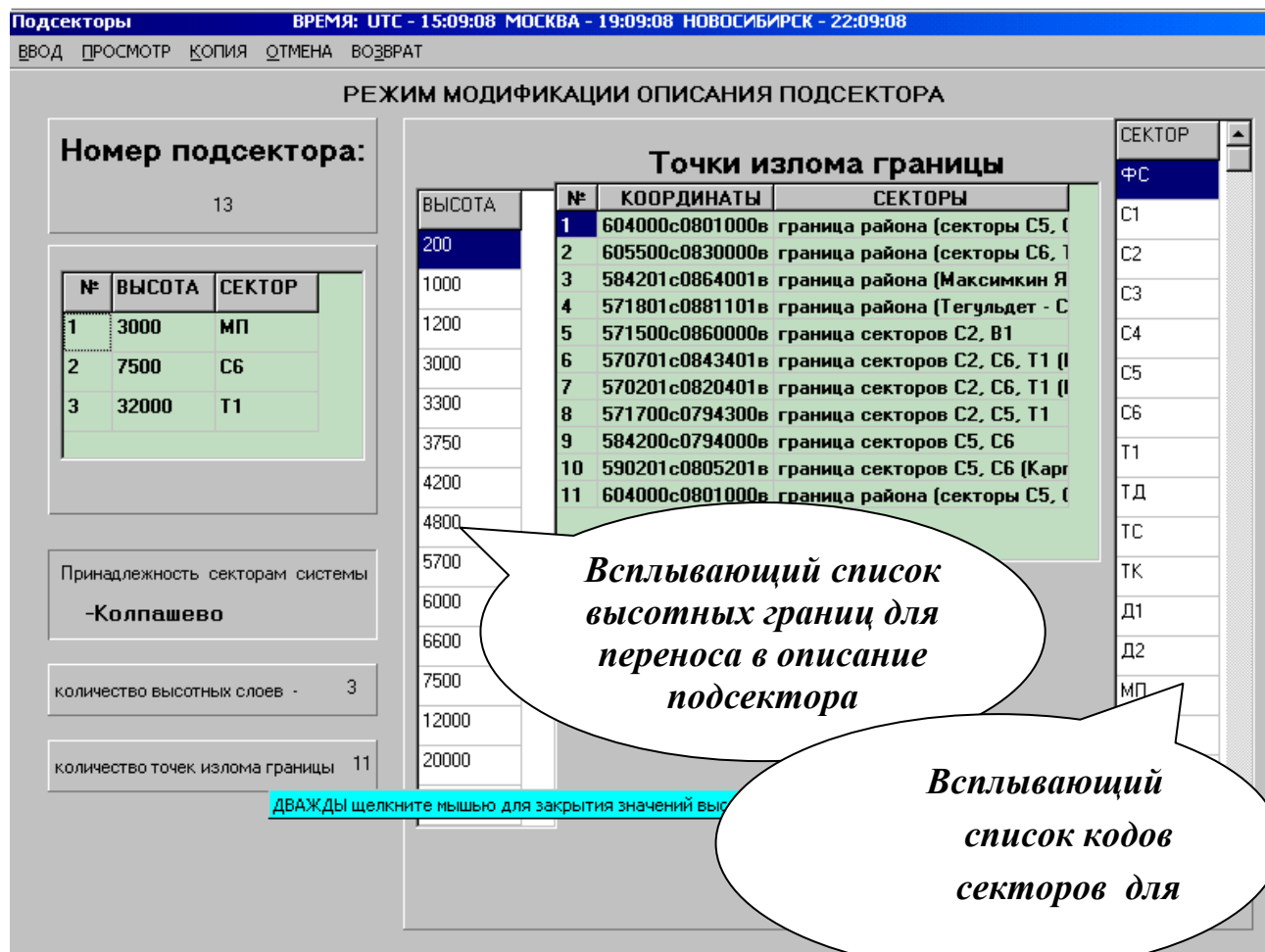


Рис. 2.28. Всплывающие списки высотных границ и кодов секторов

Ввод нового описания подсектора с помощью функции «КОПИЯ». При клике мышью наименования «КОПИЯ» линейки функционального меню в состоянии отображения выбранного описания подсектора в окне работы с параметрами системы происходят следующие изменения. Над формой появляется надпись «РЕЖИМ КОПИРОВАНИЯ ОПИСАНИЯ ПОДСЕКТОРА». Номер выбранного подсектора автоматически заменяется на новый, вычисляемый ПО и равный увеличенному на единицу количеству записей главной таблицы подсекторов. Линейка функционального меню обновляется наименованиями «ВВОД»

и «ВОЗВРАТ». Содержимое полей с открытым доступом изменяется с помощью клавиатуры и мыши для их правильного заполнения. Пользователю предоставляются те же выпадающие списки, что и при вводе нового описания.

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора подсекторов.

При клике мышью наименования «ВВОД» выполняется проверка ограничений на вводимые величины, схема которой совпадает с изложенной выше. При обнаружении любого несоответствия вводимого описания правилам организуется диалог с оператором, направленный на устранение найденных ошибок. Правильно составленное описание воспринимается системой как новая запись базы данных. Экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора подсектора, в которой появляется новая (вновь введенная) строка.

Удаление описания подсектора по функции «ОТМЕНА». При клике мышью наименования «ОТМЕНА» линейки функционального меню в состоянии отображения выбранного описания подсектора происходят следующие изменения. Над формой появляется надпись «РЕЖИМ УДАЛЕНИЯ ОПИСАНИЯ ПОДСЕКТОРА». Закрывается доступ ко всем полям формы. Линейка функционального меню обновляется наименованиями «ВВОД» и «ВОЗВРАТ».

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» отображенная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора подсектора.

При клике мышью наименования «ВВОД» появляется форма системного сообщения, аналогичная представленной на рис. 2.27, требующая подтверждения необходимости удаления подсектора. При наличии в БД описаний элементов структуры ВП, использующих для привязки к пространству системы удаляемый подсектор, должна отображаться сетка с наименованиями этих элементов и предупреждающей надписью: «Следующие элементы системы используют удаляемый подсектор. При нажатии клавиши "УТВЕРЖДАЮ" они будут удалены для сохранения ссылочной целостности». Планы полетов, маршруты которых затрагивают удаляемый подсектор, также должны отменяться.

При клике мышью клавиши «УТВЕРЖДАЮ» выполняется вся последовательность удалений элементов, ссылающихся на выбранный подсектор, после чего удаляется его описание. При клике мышью клавиши «ОТКАЗ» осуществляется обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора подсектора.

Диалог о намерении удалить или модифицировать параметр организуется для предотвращения случайных выходов в соответствующие состояния системы. Как правило, санкционированная корректировка производится при обнаружении ошибок или неоднозначности описания элементов структуры ВП.

2.2.3. ФУНКЦИИ ОБРАБОТКИ КОМПЛЕКСНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ

В настоящем разделе рассмотрены параметры структуры воздушного пространства, построенные на основе анализировавшихся выше «опорных» (или базовых) элементов – географических точек и подсекторов системы. Изложение содержит минимум информации, необходимой для понимания существа функций ПО АС УВД, выполняемых для обеспечения работы авиадиспетчеров.

2.2.3.1. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ. *Навигационные пункты.* Описания навигационных пунктов используются системой для анализа маршрута, построения модели полета и распределения плановой информации. Поля записей БД о пунктах содержат следующую информацию:

- уникальный идентификатор записи;
- трехсимвольное (ключ для сортировки при отображении таблицы пунктов) и пятисимвольное обозначения навигационного пункта;
- ссылка на таблицу географических точек для доступа к декартовым координатам и наименованию пункта (текст комментария геоточки);
- ссылка на идентификатор соответствующего подсектора в главной таблице по п.2.2.2.3 для правильного распределения плановой информации;
- характеристики навигационного пункта, связанные с его ролью в технологии управления воздушным движением, указывающие, является ли он пунктом:
 - обязательных донесений (ПОД);
 - ввода сообщения активизации (АЦТ);
 - учитываемым при входе (IN) или выходе (OUT) из сектора, зоны подхода (ENZ, EXZ), круга (ENS, EXS), старта/посадки (ENT, EXT);
- принадлежность подсектору структуры воздушного пространства;
- признак необходимости принудительного отображения на карте;
- ограничение высоты пролета навигационного пункта;
- пояснения, дополняющие комментарий к географической точке;
- четырехсимвольное обозначение смежного центра управления воздушным движением, с которым в процессе взаимодействия осуществляется автоматизированный обмен формализованными сообщениями.

Географические координаты не используются функциональным ПО. Они хранятся в БД для отображения по запросу и для их модификации средствами КП СКП при возникновении такой необходимости. В процессе работы описания навигационных пунктов считываются в динамическую область по запросу функции начальной загрузки без представленных в символьном виде географических координат. Функция анализа маршрута использует обозначение навигационного пункта и смежного автоматизированного центра УВД; функция построения модели полета – координаты навигационного пункта, представленные

целыми арифметическими величинами и ограничения высоты пролета пункта; функция распределения плановой информации – характеристики ПОД, IN, OUT, ENT, EXT, ENS, EXS, ENZ, EXZ и АЦТ навигационного пункта, перечисленные выше.

Новый навигационный пункт. Доступ к таблице навигационных пунктов осуществляется по унифицированной схеме (рис. 2.6, 2.12, 2.22). При выборе мышью функции «Навигационные пункты» выпадающего меню режима СКП справа от него на экране появляется дочернее подменю с наименованиями подфункций «Новый» и «Выбор». При клике мышью наименования "Новый" исходное состояние экрана заменяется представленной на рис. 2.29 формой с полями для ввода информации о навигационном пункте системы. Над этими элементами индицируется надпись «РЕЖИМ ВВОДА НОВОГО ОПИСАНИЯ НАВИГАЦИОННОГО ПУНКТА». Линейка функционального меню обновляется наименованиями функций «ВВОД» и «ВОЗВРАТ».

Рис. 2.29. Форма для ввода данных о навигационных пунктах

Поля для ввода номеров геоточек и их географических координат, соответствующих навигационному пункту, оснащаются выпадающим списком геоточек. При этом обеспечивается возможность ручного ввода необходимой ин-

формации. Поля признаков заполняются кликами мышью. Поле «Номер пункта» автоматически заполняется системой.

При клике мышью наименования «ВВОД» выполняется проверка ограничений на вводимые величины, а также на неповторяемость международного кода пункта. Проверке подвергаются поля:

- код России – две или три буквы;
- международный код – комбинация букв, введенная в поле «код России», либо пять букв; если поле не заполнено, в него должно быть автоматически перенесено содержимое поля «код России»;
- географическое название – не контролируется;
- технологические признаки – не контролируются;
- ограничение высоты – должно принадлежать множеству допустимых значений ограничений высоты;
- номер геоточки – содержимое не должно превышать количества геоточек в системе;
- признак отображения на карте навигационных пунктов – должен быть помечен только один из признаков.

При обнаружении любого несоответствия вводимого описания правилам средствами ПО организуется диалог с оператором, направленный на устранение найденных ошибок. Правильно составленное описание воспринимается системой как новая запись БД. Экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню группы функций «ПЛАН».

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню группы функций «ПЛАН».

Модификация описания пункта. При клике мышью функции "Выбор" отображается форма для вызова на экран описания нужного навигационного пункта. Форма содержит поле для явного указания его условного обозначения и таблицу, в строках которой заключена дополнительная информация о них (наименования, координаты, комментарий). Количество строк таблицы формируется автоматически. Над формой появляется надпись «Для выбора описания навигационного пункта щелкните мышью по нужной строке или введите его обозначение». На линейке меню функции группы «ПЛАН» заменяются наименованиями «ВВОД» и «ВОЗВРАТ» (рис. 2.30).

При клике мышью любой строки таблицы, соответствующей известному (хранящемуся в БД) пункту, или при явном указании его обозначения, экран рабочего места переходит в состояние отображения формы для ввода нового описания (рис. 2.29), заполненной информацией о выбранном пункте, считанной из БД. Обеспечиваются как доступ для корректировки всех полей формы, кроме полей «Условные наименования», так и отображение всех выпадающих списков.

Навигационные пункты ВРЕМЯ: UTC - 15:15:03 МОСКВА - 19:15:03 НОВОСИБИРСК - 22:15:03

ВВОД ВОЗВРАТ

ВВЕДИТЕ КОД ПУНКТА ИЛИ УКАЖИТЕ ЕГО МЫШЬЮ В ТАБЛИЦЕ

Поле для ввода критерия поиска

Введите условное обозначение пункта для его выбора

№	КОД	ИМЯ	Название	Э	КОординаты	Rp	Is	Os	act	ent	ext	ense	sex	sexz	enz	wait
24	ННЦ		КЕМЕРОВО		551600с0860700е	*	*	*								7
25	НОЦ		Легостаево	Н	543800с0834900е	*				*	*					3
26	НПР	ОТРОК	Отрок	М	535300с0864400е	*	*	*	*							0
27	НРД		ЕНИСЕЙСК	М	582800с0920700е	*										0
28	НРМ	РОМУЛ	Ромул		570100с0820400е	*	*	*								5
29	НРО		НОВОСИБИРСК (Толмачево)		550100с0823900е	*	*	*								2
30	НСЖ		Середино	М	554800с0830500е	*	*	*	*			*	*	*	*	2
31	НСЗ		БАРАВИНСК	М	552200с0781800е	*	*	*	*							4
32	НСМ	СУЛИМ	Сулим (Чулым) -- рубеж передачи Д1 - С1	М	550700с0805800е	*				*		*	*			4
33	НСЧ		ТОМСК		562300с0855800е	*										6
34	НТК		ОМСК		545800с0731900е	*										0
35	НТМ		Тальменка	М	534800с0833200е	*	*	*	*							0
36	НУФ		НОВОКУЗНЕЦК		534900с0865100е	*	*	*	*							0
37	НФБ		КОЛПАШЕВО		581900с0825600е	*										12
38	НЦЕ		Максимкин Яр (рубеж передачи Енисейск - Чулым)	М	583800с0864400е	*	*	*	*							13
39	НЦЗ		Ачинск	Н	551600с0903400е	*										0
40	НЦЙ		Суриково	М	565800с0912500е	*										0
41	НЩР		Новолокти		542300с0825600е	*			*	*	*					3
42	НЬА		Пихтовка	М	560000с0824000е	*	*	*				*	*			2
43	НЬТ		Крапивинский	М	545900с0864100е	*			*			*	*			10
44	НЬЖ		Новый Васюган	М	583500с0763000е	*										11

Рис. 2.30. Форма для выбора навигационного пункта

Над формой появляется надпись «РЕЖИМ МОДИФИКАЦИИ ОПИСАНИЯ НАВИГАЦИОННОГО ПУНКТА».

При клике мышью наименования «ВОЗВРАТ» набранная информация устраняется из полей формы для ввода, а экран рабочего места совершает обратный переход в состояние отображения линейки функционального меню и таблицы выбора навигационного пункта.

При клике мышью наименования "ВВОД" появляется форма системного сообщения для организации диалога о последствиях изменения характеристик пункта, аналогичная описанному в разделе 2.2.2. При наличии в БД описаний элементов структуры ВП, использующих для привязки к местоположению изменяемый пункт, отображается сетка с наименованиями этих элементов и предупреждающей надписью: «Следующие элементы системы используют модифицируемый навигационный пункт. При нажатии клавиши "УТВЕРЖДАЮ" они будут модифицированы». Планы полетов, маршрут которых затрагивает изменяемый навигационный пункт, также пересчитываются.

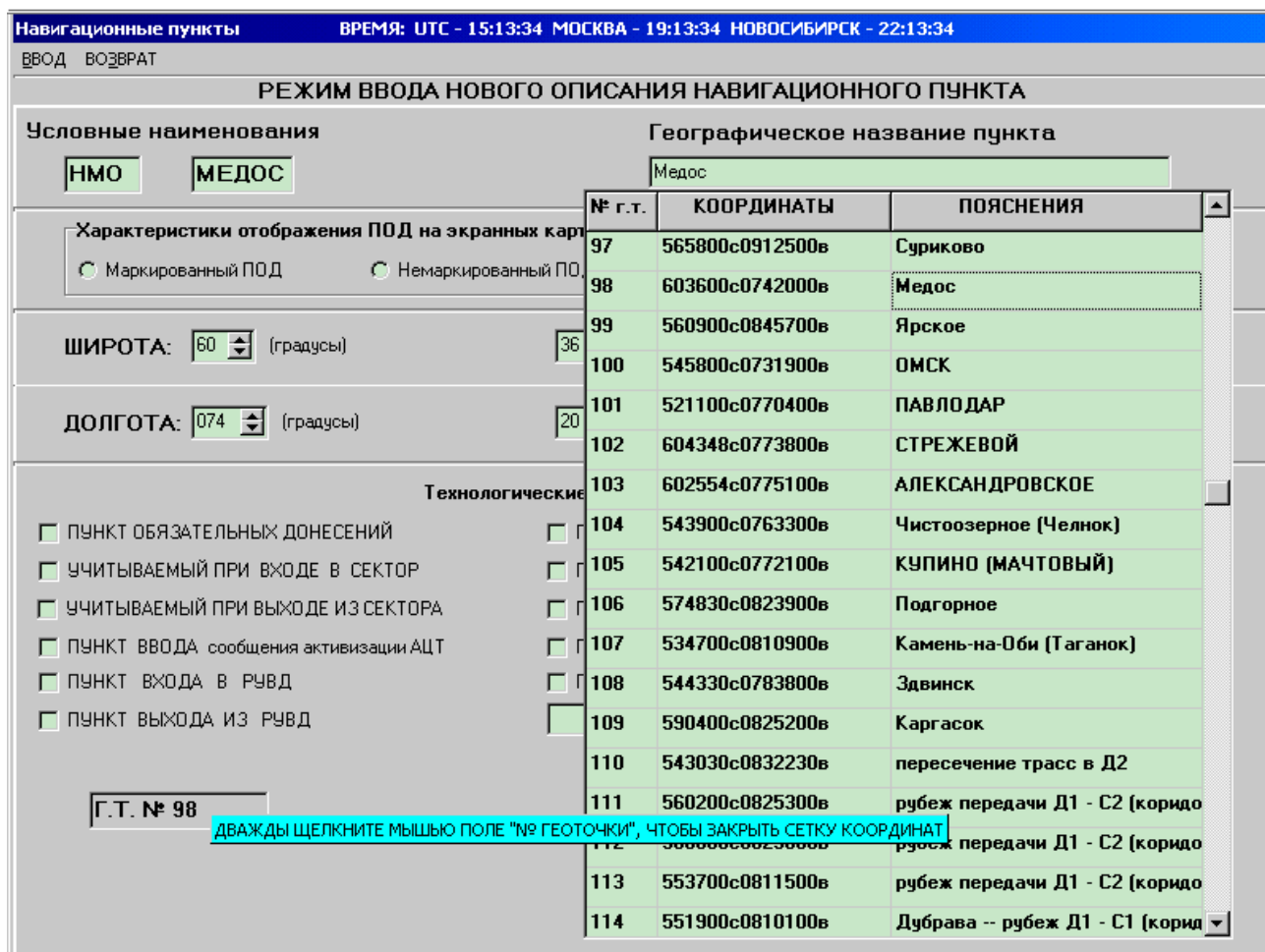


Рис. 2.31. Всплывающий список географических точек

Реакция ПО на вводы функций МОДИФИКАЦИЯ, КОПИЯ, ОТМЕНА, ЛИСТАНИЕ и их подфункций аналогична рассмотренной в разделе 2.2.2. Формирование всплывающей таблицы географических точек поясняет рис. 2.31.

2.2.3.2. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ. *Аэродромы*. Информация об аэродромах, расположенных на территории системы, необходима как для анализа маршрута, так и для построения пространственно-временной траектории полета. Их описания, сопровождаемые в БД, содержат следующие данные:

- уникальный идентификатор записи;
- четырехсимвольное обозначение аэродрома;
- ссылка на таблицу географических точек для доступа к декартовым координатам и наименованию аэродрома (текст комментария геоточки);
- ссылка на идентификатор соответствующего подсектора в главной таблице по п.2.2.2.3 для правильного распределения плановой информации;
- признак необходимости принудительного отображения на карте;
- пояснения, дополняющие комментарий к географической точке;
- признак принадлежности аэродрома контролируемой территории.

Та же информация отображается на форме для работы с описаниями аэ-

родромов (рис. 2.32). Схема взаимодействия с ПО аналогична упомянутым выше и в данном изложении не поясняется.

АЭРОДРОМЫ СИСТЕМЫ ВРЕМЯ: UTC - 15:18:36 МОСКВА - 19:18:36 НОВОСИБИРСК - 22:18:36

ВВОД КОПИЯ ОТМЕНА ВОЗВРАТ

Количество аэродромов - 30 РЕЖИМ МОДИФИКАЦИИ ОПИСАНИЯ А/Д Ручной возврат

№	КОД	Название аэродрома	КООРДИНАТЫ	вне	Э	Смежные секторы
1	УАСП	ПАВЛОДАР	521100с0770500е	1	0	0
2	Описание аэродромов системы		535100с0833400е	1	0	0
3	УНБИ	БИЙСК	525100с0830000е	1	0	0
4	УНЕК	КАМЕНЬ-НА-ОБИ	530000с0810000е	1	1	0
5	УНЕЕ	КЕМЕРОВО	551600с0860800е	0	0	7
6	УНЕМ	МАРИИНСК	561200с0874800е	0	1	9
7	УНИИ	ЕНИСЕЙСК	582900с0920700е	1	0	0
8	УНИП	ПОДКАМЕННАЯ ТУНГУСКА	613600с0900100е	1	0	0
9	УНКС	АЧИНСК	561600с0903400е	1	1	0
10	УНЛА	АЛЕКСАНДРОВСКОЕ	602500с0775100е	0	1	11
11	УНЛВ	НОВЫЙ ВАСЮГАН	583500с0763100е	0	1	11
12	УНЛК	КАРГАСОК	590400с0805100е	0	1	11
13	УНЛЛ	КОЛПАШЕВО	581900с0825700е	0	1	12
14	УНЛМ	СРЕДНИЙ ВАСЮГАН	591500с0775100е	0	1	11
15	УНЛП	ПАРАБЕЛЬ	584200с0812800е	0	1	13
16	УНЛС	СТРЕЖЕВОЙ	604400с0773800е	0	1	11
17	УНЛУ	ПУДИНО	573600с0792900е	0	1	11
18	УНЛЯ	БЕЛЫЙ ЯР	582800с0850100е	0	1	13
19	УННН	НОВОСИБИРСК (ТОЛМАЧЕВО)	550200с0823900е	0	1	2
20	УННП	ПРОКОПЬЕВСК	535700с0854500е	1	0	0

УНЛЛ КОЛПАШЕВО 58 19 00 С 082 57 00 В Вне РЧВД Карта

КОД Название аэродрома ШИРОТА ДОЛГОТА

Рис. 2.32. Форма для ввода и отображения информации об аэродромах

2.2.3.3. КОМПЛЕКСНЫЕ ПАРАМЕТРЫ: Основные аэродромы. Информация об основных аэродромах, расположенных на территории системы, необходима как для анализа маршрута, так и для построения пространственно-временной траектории полета. Функциональное отличие этого параметра состоит в том, что с его помощью в ПО фиксируются сведения об аэродромах, диспетчерский персонал которых обслуживается системой. Обычно это аэродром дислокации центра управления. Для районов удаленных аэродромов ПО не рассчитывает установленные траектории движения ВС в секторах подхода, круга, старта и посадки. Принадлежащие им области пространства интерпретируются в ПО как фиктивный сектор системы. В то же время персонал АКДП и АДП аэродрома базирования АС УВД может территориально располагаться в одном здании с РЦ, в едином технологическом цикле с которым выполнять свои функции при поддержке одних и тех же средств автоматизации. Для этого в ПО представляются параметры ВПП основного аэродрома, схемы выхода на трассы и захода на посадку, конфигурация рабочих мест АКДП. Описания основных аэродромов, сопровождаемые БД, содержат следующую информацию:

- уникальный идентификатор записи;
- четырехбуквенное обозначение аэродрома;
- ссылка на таблицу аэродромов для указания координат точки стояния;
- ссылки на таблицу навигационных пунктов для указания точек присоединения основного аэродрома к трассам;
- ссылки на таблицы описаний коридоров выхода на трассы и захода на посадку (СИД/СТАР);
- признаки наличия пультов АРМ АДП и АКДП – пультов руководителя полетов, инженера-синоптика и диспетчеров руления, старта, посадки, круга, подхода;
- высота основного аэродрома над уровнем моря;
- описания ВПП, содержащие:
 - пары наименований ВПП, содержащих, как правило, каждое по две цифры, обозначающие курс полосы (в прямом и обратном направлениях), выраженный в десятках градусов;
 - описания точек начала и конца ВПП, т.е. ссылки на таблицу географических точек.

В зависимости от направления и силы ветра в процессе ежедневной работы в систему вводятся пары значений «код ВПП – рабочий курс старта/посадки». Каждой такой паре однозначно соответствуют определенные траектории СИД/СТАР выхода на трассу при вылете с аэродрома и захода на посадку. ПО реагирует на ввод фиксацией выбранных СИД/СТАР для уточненного расчета маршрутов вылета и прилета ВС.

Относительная сложность многомерного представления основного аэродрома приводит к необходимости построения двух таблиц БД. Главная таблица формируется из записей, каждая из которых содержит идентификатор (порядковый номер) и наименование основного аэродрома, ссылку на соответствующую запись в таблице аэродромов, количество взлетно-посадочных полос (ВПП) и ссылки на соответствующие записи в дочерней таблице. Первичный ключ – четырехсимвольное наименование основного аэродрома.

Дочерняя таблица ВПП формируется из записей, каждая из которых содержит идентификатор (порядковый номер) ВПП, ее условное обозначение, ссылку на идентификаторы соответствующих геоточек (координат точек начала и конца ВПП). Первичный ключ для поиска в базе данных и для сортировки записей при отображении таблицы – идентификатор (порядковый номер) ВПП.

Перечисленные данные отображаются в полях формы для работы с описаниями основных аэродромов (рис. 2.33). Схема взаимодействия персонала с ПО аналогична упомянутому выше и в данном изложении не поясняется.

2.2.3.4. СТАНДАРТНЫЕ МАРШРУТЫ (КОРИДОРЫ SID/STAR) ПРИЛЕТА И ВЫЛЕТА. Параметры SID/STAR необходимы системе для правильного построения маршрута движения ВС в аэродромной зоне и расчета модели набора высоты при выходе на трассу или снижения при сходе с нее. Они позволяют уточ-

ОСНОВНЫЕ АЭРОДРОМЫ ВРЕМЯ: UTC - 10:18:34 МОСКВА - 14:18:34 САМАРА - 17:18:34

ВВОД ВОЗВРАТ

РЕЖИМ ВВОДА НОВОГО ОПИСАНИЯ ОСНОВНОГО АЭРОДРОМА

УВВВ КОД АЭРОДРОМА

САМАРА (Курумоч) НАЗВАНИЕ

ВЫСОТА НАД УРОВНЕМ МОРЯ

ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЫСОТЫ ОСНОВНОГО АЭРОДРОМА НАД УРОВНЕМ МОРЯ (760 мм рт. ст.)

ТАБЛИЦА РАБОЧИХ МЕСТ АЭРОДРОМА

АРМ	АДП	РУЛЕНИЕ	СТАРТ	ПОСАДКА	СИНОПТИК
К-во	1	1	1	1	1

ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫЕ ПОЛОСЫ

КОД	НАЧАЛО	ОКОНЧАНИЕ
23	533033с0501013в	532954с0500811в
05	532954с0500811в	533033с0501013в
33	532935с0501107в	533106с0501012в
15	533106с0501012	532935с0501107в

СТАНДАРТНЫЕ МАРШРУТЫ ВЫЛЕТА И ПРИЛЕТА

N	КОД	ТИП	ВПП	ПОД	ПОЯСНЕНИЯ
1	15ВДВ	СИД	15	ВДВ	вход В76, В91
2	ВЬВ23	СТАР	23	ВЬВ	сход В76б, В79
3	15ВЬГ	СИД	15	ВЬГ	вход В49, В76
4	ВЬВ23	СТАР	23	ВЬВ	сход В76, В49
5	15ВПЕ	СИД	15	ВПЕ	вход В19, В20
6	ВЬЕ23	СТАР	23	ВЬЕ	сход В19, В20
7	15ВЬЖ	СИД	15	ВЬЖ	вход П100,104
8	ВЬЗ23	СТАР	23	ВЬЗ	сход П100,104
9	15ВГБ	СИД	15	ВГБ	вход ГЗв, В76
10	ВВЕ23	СТАР	23	ВВЕ	сход В79
11	15ВЗА	СИД	15	ВЗА	вход В19а, В79

Рис. 2.33. Форма для ввода и отображения информации об основных аэродромах

нить пространственно-временную траекторию полета за счет однозначного описания координат точек излома коридоров, связывающих аэродром с трассой, и ограничений по высоте пролета этих точек. Для универсальности использования коридоры привязываются не к конкретной воздушной трассе, а к какому-либо навигационному пункту, который может принадлежать нескольким трассам. Параметры SID/STAR содержат следующие данные:

- наименование коридора SID/STAR (обычно мнемонически связанное с обозначениями навигационного пункта, к которому присоединяется коридор, и соответствующей ВПП);
- обозначение аэродрома, с которым связан SID/STAR;
- двухсимвольный цифровой (десятичный) номер взлетно-посадочной полосы, на которую выводит описываемый коридор, обычно обозначающий ее магнитный курс в десятках градусов;
- обозначение навигационного пункта, с которым связан коридор;
- односимвольное обозначение типа коридора (SID="D", STAR="A");
- до шестидесяти четырех точек (изменяемый параметр системы) излома траектории коридора, описание каждой из которых содержит:
 - обозначение точки излома (необязательный параметр);
 - ограничение высоты пролета точки излома траектории (в метрах);

- ссылку на таблицу географических точек;
- совокупность признаков точки излома траектории, характеризующих ее роль в соответствии с технологией работы диспетчера в задаче распределения плановой информации и устанавливающие, является ли точка:

- пунктом обязательного донесения (ПОД);
- учитываемой при входе в сектор УВД (IN);
- учитываемой при выходе из сектора УВД (OUT);
- пунктом ввода сообщения активизации (АЦТ);
- пунктом входа в зону старта/посадки (ENT);
- пунктом выхода из зоны старта/посадки (EXT);
- пунктом входа в сектор круга (ENS);
- пунктом выхода из сектора круга (EXS);
- пунктом входа в аэродромную зону (ENZ);
- пунктом выхода из аэродромной зоны (EXZ).

Признаки точки стандартного маршрута задаются явно, а не заимствуются из описания пункта по п. 2.2.3.1, так как в ней представлено все многообразие технологических характеристик, играющих роль в описаниях трасс или ПОД, а не конкретный их набор, используемый в SID и STAR (см рис. 2.34).

СТАНДАРТНЫЕ МАРШРУТЫ ПРИЛЕТА И ВЫЛЕТА ВРЕМЯ: UTC - 17:36:31 МОСКВА - 21:36:31 САМАРА - 0:36:31

ВВОД ВОЗВРАТ

РЕЖИМ ВВОДА НОВОГО ОПИСАНИЯ СТАНДАРТНОГО МАРШРУТА ВЫЛЕТА ИЛИ ПРИЛЕТА

ВьВ23 КОД СТАНДАРТНОГО МАРШРУТА **САМАРА (Курумоч)** НАЗВАНИЕ **СТАР** ТИП

УВВВ ОСНОВНОЙ АЭРОДРОМ **23** ВПП **ВьВ** ПОД СВЯЗИ МАРШРУТА С ТРАССОЙ

ПУНКТЫ СТАНДАРТНОГО МАРШРУТА

N	ИМЯ	КООРДИНАТЫ	RP	IS	OUT	АСТ	ENT	EXT	ENS	EXS	ENZ	EXZ	H lim	Зона
1	ВьВ	541500с0510000в	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	6000	0
2	ВУФ	541300с0502800в	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5700	1
3	ВВК	540800с0502700в	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	0
4	ВьЛ	535100с0501800в	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1800	0
5	ЬАВ	533359с0501815в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1800	0
6	ЬАГ	533322с0501757в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	0
7	ЬАД	533253с0501716в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0900	0
8	ЬАЕ	533033с0501013в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0200	0
9														
10														
11														
12														
13														

Рис. 2.34. Форма для ввода и отображения маршрутов вылета и прилета

В процессе работы описания коридоров SID/STAR связи аэродромов и навигационных пунктов считываются в динамическую область по запросу функции начальной загрузки без представленных в символьном виде географических координат. Функция анализа маршрута использует обозначения точек излома траектории коридора; функция построения модели полета - их координаты, представленные целыми арифметическими величинами в сотнях метров, и максимально (минимально) допустимые значения высоты пролета, представленные целыми арифметическими величинами в метрах; функция распределения плановой информации – характеристики ПОД, IN, OUT, ENT, EXT, ENS, EXS, ENZ, EXZ и АЦТ. Относительная сложность многомерного представления стандартного маршрута прилета или вылета приводит к необходимости построения двух таблиц БД, описанных ниже.

Главная таблица описания коридора, каждая запись которой содержит идентификатор (порядковый номер) коридора, его условное наименование, ссылка на присоединенный аэродром, ссылка на пункт присоединения к трассе, код ВПП, тип стандартного маршрута и ссылка на соответствующую запись в дочерней таблице. Первичный ключ для поиска и сортировки записей таблицы – условное наименование стандартного маршрута.

Дочерняя таблица навигационных пунктов, каждая запись которой содержит идентификатор (порядковый номер) пункта, ссылку на идентификаторы соответствующих геоточек, ссылку на идентификаторы навигационных пунктов в таблице по п. 2.2.3.1, двенадцать булевых признаков технологических характеристик пункта, ограничение высоты пролета. Первичный ключ для поиска в базе данных и для сортировки записей при отображении таблицы – идентификатор (порядковый номер) пункта.

Перечисленные данные отображаются в полях формы для работы с описаниями стандартных маршрутов (рис. 2.34). Схема взаимодействия персонала с ПО аналогична упомянутому выше и в данном изложении не поясняется.

2.2.3.5. ОПИСАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ТРАСС И МВЛ. Информация о трассах, проложенных в контролируемом воздушном пространстве, необходима системе как для анализа маршрута по вводимому плану, так и для формирования пространственно-временной траектории движения самолета в виде совокупности точек. В плане полета последовательность точек маршрута обозначена именем трассы, и для вычисления моментов их пролета заданной информации оказывается недостаточно. Для восполнения этого недостатка из параметров системы выбирается описание указанной в плане трассы, содержащее (рис. 2.35):

- количество точек в описании трассы;
- семисимвольное обозначение трассы;
- пояснительный текст (наименования отправных пунктов трассы);
- символы прямого и обратного направления, установленные для описываемой трассы в соответствии с заданным порядком перечисления составляющих ее навигационных пунктов;
- до шестнадцати четырехсимвольных обозначений аэродромов, дости-

ОПИСАНИЯ ТРАСС И МВЛ-I ВРЕМЯ: UTC - 15:23:16 МОСКВА - 19:23:16 НОВОСИБИРСК - 22:23:16

ВВОД ПРОСМОТР ВОЗВРАТ

РЕЖИМ СНЯТИЯ КОПИИ ОПИСАНИЯ ИЗВЕСТНОЙ ТРАССЫ

Код трассы: Направление: Вывод на экран

Наименование: Смежные системы:

Назначение 1

Назначение 2

ПЕРЕЧЕНЬ ПУНКТОВ ТРАССЫ

Обозначения - Технологические признаки - Присоединенные аэродромы - Принадлежность секторам

№	КОД (3)	КОД (5)	НАЗВАНИЕ	Rp	Is	Os	act	ent	ext	ens	exs	enz	exz	A/Д 1	A/Д 2	A/Д 3	A/Д 4	СЕКТОР
1	НБД		ХАНТЫ-МАНСКИЙСК	*			*	*	*									0
2	БАБ	СУРГТ	рубеж передачи В40 В	*	*	*	*	*	*					УНЛВ				11
3	НБЖ		Новый Васюган	*														11
4	БСК	КОВАС	рубеж передачи В108	*	*	*								УНЛУ				11
5	НРМ	РОМУЛ	Ромул	*	*	*												5
6	НБА		Питтовка	*	*	*				*	*			УННН	УНЦЦ			2
7	НКД		Новотырышкино	*			*	*	*					УННН	УНЦЦ			2
8	НРО		НОВОСИБИРСК (Толмачево)	*	*	*												2
9	НЕБ		Матвеевский	*								*	*	УННН	УНЦЦ			3
10	НОЦ		Легостаево	*				*	*					УННН	УНЦЦ	УННП		3
11	БАМ	НВКУЦ	рубеж передачи В22 С	*	*	*	*	*	*	*	*			УННП				8

НОВОСИБИРСК (Толмачево)

Рис. 2.35. Форма для ввода и отображения описаний трасс и МВЛ

жимых при следовании по данной трассе в прямом направлении, либо первых трех, двух или одного символов этих обозначений;

- до шестнадцати четырехсимвольных обозначений аэродромов, достижимых при следовании по данной трассе в обратном направлении, либо первых трех, двух или одного символов этих обозначений;

- описания навигационных пунктов, составляющих данную трассу, содержащих каждое:

- трехсимвольное и пятисимвольное обозначения принадлежащего трассе навигационного пункта;

- характеристики навигационного пункта, связанные с его ролью в технологии управления воздушным движением, указывающие, является ли он пунктом обязательных донесений; и/или учитываемым при входе/выходе из сектора, зоны подхода, круга или АКДП; и/или точкой ввода сообщения активизации;

- ограничения высоты пролета навигационного пункта;

- до шести четырехсимвольных обозначений аэродромов, принадлежащих системе, с которыми связан данный навигационный пункт (для которых он является точкой присоединения к трассе);

- признак отображения на карте трасс;

- четырехсимвольное обозначение смежного центра управления воз-

душным движением, с которым в процессе взаимодействия осуществляется автоматизированный обмен формализованными сообщениями.

В процессе работы описания трасс считываются в динамическую область по запросу функции начальной загрузки без представленных в символьном виде географических координат. Функция анализа маршрута использует обозначения трассы, принадлежащих ей навигационных пунктов, аэродромов назначения и связанных аэродромов; признак направления и обозначение смежного автоматизированного центра УВД. Функция построения модели полета использует координаты навигационных пунктов, представленные целыми арифметическими величинами и ограничения высоты их пролета. Функция распределения плановой информации использует характеристики ПОД, IN, OUT, ENT, EXT, ENS, EXS, ENZ, EXZ и АЦТ каждого навигационного пункта трассы. Относительная сложность многомерного представления трассы приводит к необходимости построения двух таблиц БД, описанных ниже.

Главная таблица описания трассы, каждая запись которой содержит: идентификатор (порядковый номер) трассы; ее условное наименование по «Перечню трасс» и словесное наименование (перечень географических названий отправных пунктов трассы); количество пунктов трассы; символы прямого и обратного направлений; поля для описания достижимости в прямом и обратном направлениях; наименования смежных РУВД, признак отображения на картах и ссылку на соответствующую запись в дочерней таблице. Первичный ключ для поиска и сортировки записей таблицы – условное наименование трассы.

Дочерняя таблица навигационных пунктов трассы, каждая запись которой содержит идентификатор (порядковый номер) пункта (ссылку) в таблице по п. 2.2.3.1, шесть полей для указания присоединенных аэродромов, двенадцать булевых признаков технологических характеристик пункта. Первичный ключ для поиска в БД и для сортировки записей при отображении таблицы – идентификатор (порядковый номер) пункта.

На рис. 2.36 представлены вызванные поверх панели общей информации о трассе всплывающие таблицы аэродромов и навигационных пунктов для их ввода в описание трассы с помощью щелчка мыши. Для доступа к данным в записи таблицы трасс фиксируются ссылки на таблицы аэродромов и пунктов. Однако технологические признаки пунктов конкретной трассы могут составлять лишь подмножество исходного описания в таблице пунктов. Следствием этого становится необходимость сохранять в записи дочерней таблицы трассы обедненное множество характеристик, отвечающих роли пункта в этой трассе.

Схема взаимодействия диспетчерского персонала с ПО аналогична упомянутому выше и в данном изложении не поясняется.

2.2.3.6. ОБОЗНАЧЕНИЯ СЕКТОРОВ УВД И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕДИНЕННЫХ СЕКТОРОВ. Параметр обозначения секторов необходим системе для корректного распределения информации по рабочим местам диспетчеров при выдаче на отображение строк списков входа, радиолокационных и плановых треков, элек-

ОПИСАНИЯ ТРАСС И МВЛ-I ВРЕМЯ: UTC - 15:24:43 МОСКВА - 19:24:43 НОВОСИБИРСК - 22:24:43

ВВОД ПРОСМОТР ВОЗВРАТ

УКАЖИТЕ МЫШЬЮ ПУНКТ ТРАССЫ ИЛИ ПРИСОЕДИНЕННЫЙ АЭРОДРОМ

ПОД (3)	АОД	НАБ	НАЖ	НБД	НБИ	НБН	НБУ	НВЛ	НГД	НГЖ	НГХ
ПОД (5)						БУНАК		ВЕДЛИ	ЛЕСЛИ		

А/Д УАСП УНББ УНБИ УНБК УНЕЕ УНЕМ УНИИ УНИП УНКС УНЛА УНЛВ

ПЕРЕЧЕНЬ ПУНКТОВ ТРАССЫ

Обозначения - Технологические признаки - Присоединенные аэродромы - Принадлежность секторам

№	КОД (3)	КОД (5)	НАЗВАНИЕ	Rp	Is	Os	act	ent	ext	ens	exs	enz	exz	А/Д 1	А/Д 2	А/Д 3	А/Д 4	СЕКТОР
1	НБД		ХАНТЫ-МАНСКИЙСК	*			*	*	*									0
2	БАБ	СУРГТ	рубеж передачи В40 В	*	*	*	*	*	*									11
3	НБЖ		Новый Васюган	*														11
4	БСК	КОВАС	рубеж передачи В108	*	*	*								УНЛУ				11
5	НРМ	РОМУЛ	Ромул	*	*	*												5
6	НБА		Питовка	*	*	*				*	*			УННН	УНЦЦ			2
7	НКД		Новотырышкино	*			*	*	*					УННН	УНЦЦ			2
8	НРО		НОВОСИБИРСК (Толм)	*	*	*												2
9	НЕБ		Матвеевский	*							*	*		УННН	УНЦЦ			3
10	НОЦ		Легостаево	*			*	*						УННН	УНЦЦ	УННП		3
11	БАМ	НВКУЦ	рубеж передачи В22 С	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	УННП				8

Рис. 2.36. Влияющие таблицы аэродромов и навигационных пунктов

тронных стрипов и графика «время-путь». Технологией работы диспетчера определена необходимость объединения нескольких пространственных секторов в один с присвоением ему единого кода диспетчера. В результате записи файла характеристик секторов УВД имеют достаточно громоздкую структуру описания допустимых конфигураций секторов и соответствующих им обозначений. Количество возможных конфигураций жестко ограничено.

Напомним (см. раздел 2.1), что в обычном понимании категория «сектор управления» подразумевает ограниченный объем ВП, в котором УВД осуществляет один диспетчер (или группа, например, диспетчеры радиолокационного управления и процедурного контроля). Наряду с секторами этого класса (секторы РЦ, подхода, круга) ПО поддерживает секторы АКДП (руления и старта/посадки), которые, строго говоря, не имеют «своего» объема ВП, но осуществляют непосредственное УВД с выходом в эфир. Более того, к категории «сектор управления» системы формально относятся и такие АРМ, как АДП, инженер-синоптик (метеоператор), оператор автоматической аэродромной информационной службы (АТИС), оператор связи с АНС ПД и ТС, сменный инженер и начальник смены АС УВД.

Форма для ввода и отображения описаний секторов системы представлена на рис. 2.37. В БД ей соответствует таблица, каждая запись которой содержит:

- порядковый номер (идентификатор) сектора;
- двухсимвольное обозначение сектора УВД (код диспетчера, ответственного за УВД в данном секторе);
- тип сектора (подход, РЦ, АДП, синоптик и т.д.);
- коды взаимодействующих секторов;
- телеграфный адрес рабочего места;
- перечень пятисимвольных наименований навигационных пунктов в списках входа сектора УВД;
- двухсимвольные обозначения объединенных секторов УВД;
- четыре четырехсимвольных обозначения аэродромов для принудительной выдачи сокращенной информации о метеоусловиях;
- коды элементарных секторов, входящих в объединение;
- уровень объединения секторов УВД.

СЕКТОРЫ УВД ВРЕМЯ: UTC - 11:20:46 МОСКВА - 15:20:46 САМАРА - 18:20:46

ВВОД ВОЗВРАТ

РЕЖИМ ВВОДА НОВОГО ОПИСАНИЯ СЕКТОРА

КОД СЕКТОРА ТИП СЕКТОРА
 КОД ДИСПЕТЧЕРА ТЕЛЕГРАФНЫЙ АДРЕС
 СМЕЖНЫЕ СЕКТОРЫ УВД

КОНФИГУРАЦИИ ОБЪЕДИНЕНИЯ СЕКТОРОВ

УРОВЕНЬ ОБЪЕДИНЕНИЯ	СЕКТОР 1	СЕКТОР 2	СЕКТОР 3
ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СЕКТОРЫ	M1	M2	M3
ПЕРВЫЙ УРОВЕНЬ (ПАРЫ)	П1=M1 + M2		П2=M3 + M4
ВТОРОЙ УРОВЕНЬ (ГРУППЫ)	Г1=П1 + П2		

ПУНКТЫ В СПИСКЕ ВХОДА
 АЭРОДРОМЫ ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ О МЕТЕОУСЛОВИЯХ

Рис. 2.37. Форма для ввода и отображения информации о секторах

Количество записей в таблице секторов равно количеству допустимых конфигураций секторов с учетом их объединения по трем возможным уровням. Коды секторов устанавливаются различными для конфигурации каждого уровня, хотя объединение производится на тот же пульт группы управления, кото-

рый использовался для одного из элементарных секторов формируемой конфигурации, причем остается неизменным код диспетчера УВД.

Первичный ключ – порядковый номер (идентификатор) сектора.

Параметр «секторы» является одним из важнейших для системы ОрВД. Его загрузка определяет возможности и эффективность ИВП. Составление точного плана в масштабах страны связано с перераспределением заявок вне расписания, т.е. переводом части рейсов на другие (параллельные) маршруты, или изменениями запрошенного времени вылета с целью сделать загрузку каждого диспетчера равномерной во времени (в течение суток) и в пространстве (равномерность загрузки разных секторов). Отсутствие «пиков» загрузки позволяет предотвратить возможные конфликтные ситуации воздушного движения.

2.2.4. ФУНКЦИИ ОБРАБОТКИ СИСТЕМНЫХ КОНСТАНТ

В настоящем разделе рассмотрена схема работы КП СКП с технологическими константами процессов навигации и управления потоками ВС. Изложение содержит минимум сведений, необходимых для понимания существа функций ПО АС УВД, выполняемых для автоматизации работы диспетчеров.

2.2.4.1. КОНСТАНТЫ ТЕХНОЛОГИИ УВД. К данному типу информации относятся величины, определяемые технологией работы диспетчеров и хранящиеся в системе в виде не связанных между собой констант, таких как:

- сезонная разница между московским временем и всемирным скоординированным временем UTC;
- интервал времени до входа самолета по рассчитанному плану в сектор (зону подхода, круг, АКДП), за который диспетчеру должна выдаваться строка списка входа; для планов полетов, активизированных сообщением АЦТ, данная константа составляет 7 минут; для планов полетов, поданных с борта (АФИЛ), при входе в первый сектор, затрагиваемый маршрутом, величина упреждения увеличивается до 20 минут;
- допустимое расстояние географической точки от центра, превышение которого означает, что она находится за пределами территории системы;
- расстояние от точки пересечения маршрутом границы сектора до ближайшего навигационного пункта, меньше которого она не распределяется;
- расстояние от границы сектора до навигационного пункта, в пределах которого он подлежит учету при распределении плановой информации в принимающий затрагиваемый маршрутом сектор, если он помечен признаком IN; как правило, данная константа составляет величину 40 км;
- расстояние от границы сектора до навигационного пункта, в пределах которого он подлежит учету при распределении плановой информации в передающий сектор, затрагиваемый маршрутом, если он помечен признаком OUT; как правило, данная константа также составляет 40 км;
- интервал экстраполяции движения при расчете участков набора высо-

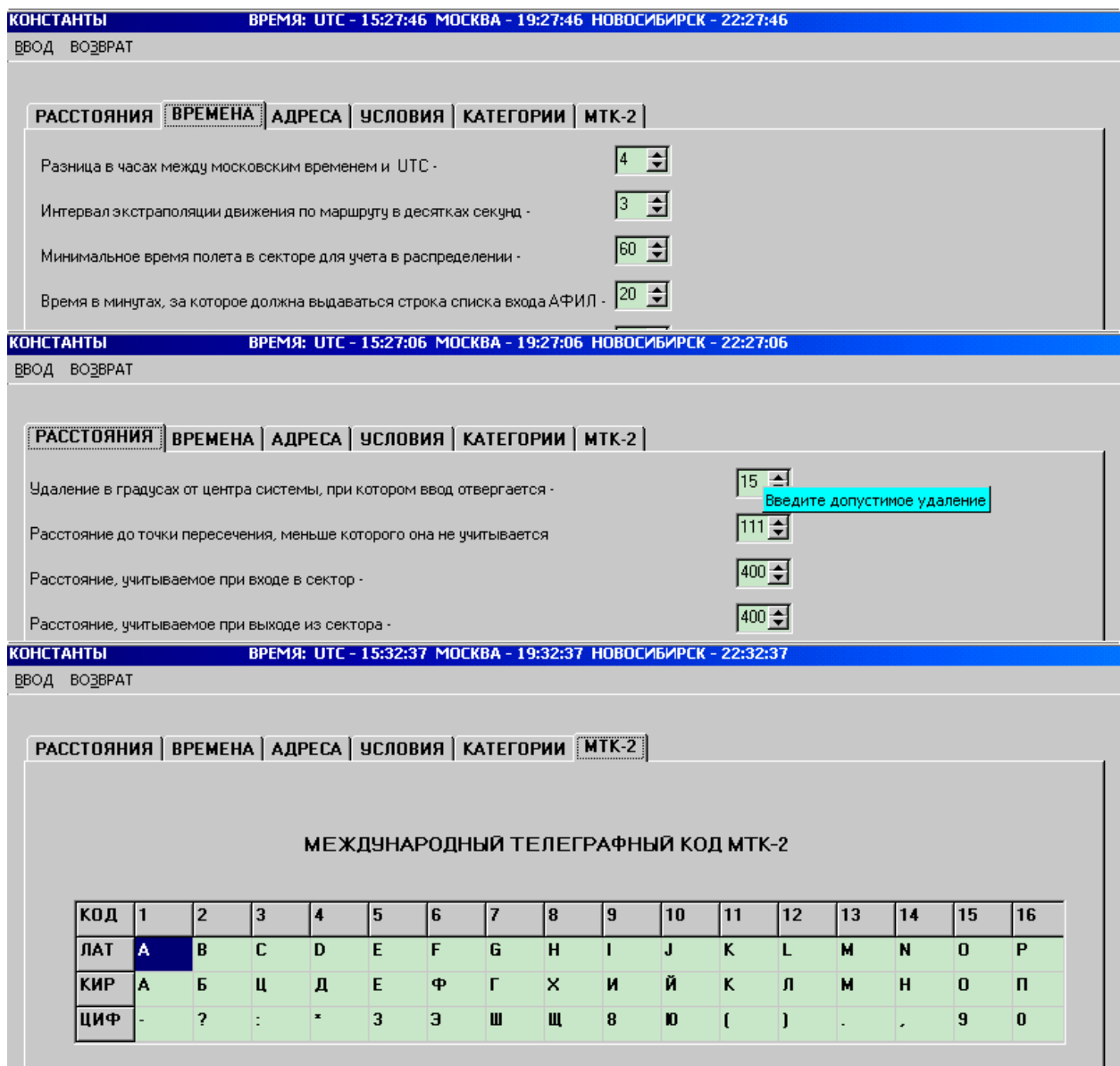


Рис. 2.38. Примеры заполнения страниц блока констант режима СКП

ты и снижения; как правило, составляет 15 секунд полета;

- интервал экстраполяции движения при распределении плановой информации; как правило, составляет 30 секунд полета;

- интервал времени, на который допускается корректировка плановой информации с помощью функций АТО и ЕТО; как правило, допускается корректировка времени пролета навигационного пункта с помощью обеих функций не более, чем на один час в ту или другую сторону;

- интервал времени после сброса строки по отождествленному с планом полета борту из списка потерь, по истечении которого плановая информация должна автоматически удаляться с устройств отображения;

- интервал времени после расчетного момента выхода из контролируемого пространства (или посадки) самолета по плану, не отождествленному с радиолокационной информацией, в течение которого плановая информация о завершившемся полете (строка списка входа или плановый трек) должны со-

храняться на экранах индикаторов; как правило, составляет две минуты;

- интервал времени, по истечении которого план несостоявшегося полета должен удаляться из системы; как правило, принимается равным 12 часам;
- интервал времени, по истечении которого план завершившегося полета должен удаляться из системы; как правило, принимается равным 5 часам.

Строго говоря, информация данного типа не является табличной и может храниться не в БД, а в программной форме представления на визуальных компонентах. Фрагменты отображения констант УВД приведены на рис. 2.38.

2.2.4.2. ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВС. *Представление в ПО характеристик набора высоты и снижения ВС.* Напомним (см. раздел 1.1), что для оптимального управления потоками движущихся объектов необходима модель, рассчитываемая по плановым и измеренным данным о каждом наблюдаемом ВС. В фазе горизонтального полета на трассах для таких расчетов используется модель прямолинейного равномерного движения. На участках разворотов, а также набора высоты и снижения в качестве модели полета используются функциональные зависимости линейной и угловой скоростей ВС от их физических параметров, а также от изменения параметров атмосферы на участках переменного профиля полета. Необходимый минимум для построения модели составляют графики пути $S(t)$ и высоты $H(t)$, пройденных в фазах набора высоты или снижения, в функции времени t . Для имитации маневра по курсу используется радиус $R(H, V, t)$ разворота ВС. Исходные данные для построения этих функций получают экспериментально в процессе летных испытаний каждого нового ВС.

Результаты подвергают известным процедурам статистического оценивания и аппроксимируют методами регрессионного анализа. Наибольшее распространение получили экспоненциальные и кусочно-линейные модели скоростных маневров как по высоте, так и в горизонтальной плоскости. Вертикальная составляющая V_h на участке набора высоты представляется, как правило, первым членом разложения экспоненциального ряда. На участке снижения, когда для торможения используются закрылки, изменение скорости остается фактически неизменным на протяжении значительных перепадов высот. В ряде образцов ПО АС УВД ВП делится в вертикальном разрезе на три воздушных слоя, в каждом из которых V_h остается постоянной. Горизонтальная скорость V_g аппроксимируется отрезками прямых в двух воздушных слоях при наборе высоты и в трех слоях при снижении, совпадающих со слоями постоянства V_h .

Дальнейшая обработка данных состоит в усреднении построенных зависимостей по ансамблю типов ВС со статистически близкими характеристиками переменного профиля полета. Результаты «сглаживания» группируются в категории летно-технических характеристик (ЛТХ), описывающих поведение классов ВС на участках маневров. Простейшая схема деления классифицирует все их многообразие на две категории: поршневые и реактивные самолеты. В большинстве известных АС УВД множество известных типов летательных аппаратов (включая вертолеты, дирижабли и т.д.) представлено двумя-тремя де-

сятками категорий ЛТХ. Однако этой детализации недостаточно для получения удовлетворительного результата.

Для снижения погрешности расчетов с использованием сглаженных моделей маневров в алгоритмы прокладки (экстраполяции) траекторий движения ВС вводят последовательности эмпирических коэффициентов, коммутируемых программно с помощью проверок выполнения логических условий. Соответствующие схемы анализа детализируются в разделах описания функционального ПО. Корректировке обычно подвергаются вычисленные значения горизонтальной скорости. Коэффициенты переключаются в зависимости от высоты полета и температуры воздуха в нижних высотных слоях.

Таблица соответствия типов ВС категориям летно-технических характеристик. Параметр соответствия типов ВС категориям ЛТХ (рис. 2.39) необходим системе для правильного построения модели полета на участках набора высоты и снижения, а также для расчета сборов за аэронавигационное обслуживание. В БД хранится таблица соответствия, каждая запись которой содержит:

- порядковый номер (уникальный идентификатор);
- полное название типа ВС и его условный четырехсимвольный код;
- ссылку на таблицу категорий ЛТХ;
- тариф для расчета сборов за обслуживание посадки, стоянки и вылета;
- тариф для расчета сборов за аэронавигационное обслуживание сотни тонна-километров при полете в ВП России.

Первичный ключ – условное четырехсимвольное наименование воздушного судна по «Табелю сообщений ТС ТА-95».

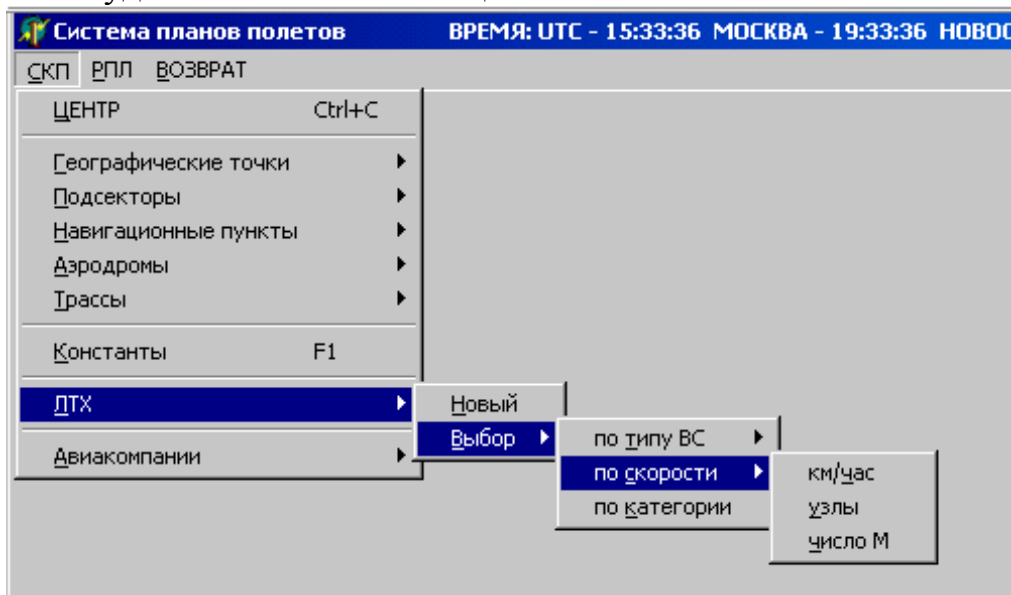


Рис. 2.39.
Схема доступа к таблицам ЛТХ ВС из основного

Таблица соответствия категорий ЛТХ значениям крейсерской скорости. При поступлении в систему плана полета, в котором указан тип ВС, не описанный в таблице соответствия, категория ЛТХ определяется автоматически по значению крейсерской скорости, записанной в поле 15 плана. Для решения этой

задачи в БД поддерживаются три таблицы соответствия категорий самолетов диапазонам значений крейсерской скорости по плану, заданных в километрах в час (первая таблица), в числах Маха (вторая таблица) и в узлах (третья таблица). Форма для ввода и отображения данных приведена на рис. 2.40.

КОНСТАНТЫ ВРЕМЯ: UTC - 15:31:30 МОСКВА - 19:31:30 НОВОСИБИРСК - 22:31:30
ВВОД ВОЗВРАТ

РАССТОЯНИЯ | ВРЕМЕНА | АДРЕСА | УСЛОВИЯ | КАТЕГОРИИ | МТК-2

км/час			узлы			числа М		
№ КТГР	НИЖНЯЯ	ВЕРХНЯЯ	№ КТГР	НИЖНЯЯ	ВЕРХНЯЯ	№ КТГР	НИЖНЯЯ	ВЕРХНЯЯ
01	090	120	01	010	60	15	63	68
02	130	150	02	070	80	17	69	72
03	160	190	03	090	90	19	73	76
04	200	230	04	100	140	21	77	80
05	240	260	05	150	160	23	81	84
06	270	300	06	170	180	25	85	86
07	310	350	07	190	210	27	87	91
08	360	390	08	220	230	29	92	96
09	400	430	09	240	250	30	97	300
10	440	470	10	260	280			
11	480	520	11	290	310			
12	530	570	12	320	340			

номер категории: 01
нижняя граница: 090
верхняя граница: 120

доступ к параметрам: столбцы, строки

переключение списков: км/час, узлы, числа Маха

ПАНЕЛЬ ВВОДА ТАБЛИЦ СООТВЕТСТВИЯ КАТЕГОРИЙ ЛТХ КРЕЙСЕРСКОЙ СКОРОСТИ

Рис. 2.40. Таблицы соответствия категорий ЛТХ диапазонам скорости ВС

В каждой таблице построена последовательность диапазонов изменения крейсерской скорости, и каждому диапазону поставлен в соответствие номер записи в таблице категорий ЛТХ. С его помощью функция расчета пространственно-временной траектории устанавливает ссылку на запись в таблице категорий, а функция расчета сборов за аэронавигационное обслуживание – ссылку на запись в таблице тарифов. Таблицы имеют одинаковую структуру, и каждая запись содержит порядковый номер (идентификатор), величину верхней границы диапазона скорости и номер категории ЛТХ, соответствующей этому диапазону. Первичным ключом для сортировки записей в каждой таблице служит значение верхней границы диапазона скорости.

Категории лётно-технических характеристик воздушных судов. Информация, поступающая в систему с плановым сообщением, недостаточна для построения модели полета в виде пространственно-временной траектории движения, включающей участки набора высоты и снижения. Недостающая информа-

ция закладывается в систему в виде таблиц ЛТХ, селективированных по категориям типов ВС. Для каждой категории задаются:

- порядковый номер (идентификатор) записи;
- категория спутной турбулентности;
- крейсерская скорость;
- крейсерская высота;
- максимальная и минимальная приборные скорости;
- диапазон эшелонов полета;
- горизонтальная составляющая скорости движения на участке набора высоты в нижнем высотном слое аппроксимации;
- горизонтальная составляющая скорости движения на участке набора высоты в верхнем высотном слое аппроксимации;
- высота границы между верхним и нижним высотными слоями на участке набора высоты;
- время руления самолета от момента уборки колодок до прибытия на точку старта;
- вертикальная составляющая скорости движения на уровне моря (соответствующая воздушному давлению 760 мм ртутного столба);
- уменьшение вертикальной скорости в зависимости от высоты;
- эмпирический коэффициент учета весовой категории самолета;
- эмпирический коэффициент учета изменения температуры воздуха в зависимости от высоты полета;
- горизонтальная составляющая скорости движения на участке снижения в нижнем высотном слое аппроксимации;
- горизонтальная составляющая скорости движения на участке снижения в среднем высотном слое аппроксимации;
- горизонтальная составляющая скорости движения на участке снижения в верхнем высотном слое аппроксимации;
- высота границы между верхним и средним высотными слоями на участке снижения;
- высота границы между средним и нижним высотными слоями на участке снижения;
- вертикальная составляющая скорости движения на участке снижения в нижнем высотном слое аппроксимации;
- вертикальная составляющая скорости движения на участке снижения в среднем высотном слое аппроксимации;
- вертикальная составляющая скорости движения на участке снижения в верхнем высотном слое аппроксимации.

Каждое описание ЛТХ соответствует одной категории типов самолетов. Допускается до 40 таких описаний, сблокированных в самостоятельные записи БД системы. Первичным ключом поиска служит номер категории (номер записи) в таблице, который определяется исходя из указанного в плане полета типа

воздушного судна, либо (если заданный тип самолета не известен системе) исходя из величины крейсерской скорости, записанной в плане полета. Форма для ввода и отображения ЛТХ представлена на рис. 2.41.

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ЗНАЧЕНИЕ
Номер категории летно-технических характеристик	14
Категория спутной турбулентности	M
Крейсерская скорость (TAS) в км/час	900
Крейсерский эшелон полета в метрах	900
Максимальная приборная скорость (IAS) в км/час	1000
Минимальная приборная скорость (IAS) в км/час	730
Время руления в секундах	600
Горизонтальная скорость набора высоты в нижнем слое (км/час)	600 900
Горизонтальная скорость набора высоты в верхнем слое в числах M	999
Граница слоев аппроксимации на участке набора высоты в метрах	32000
Вертикальная скорость набора высоты на уровне земли в м/сек	914
Изменение вертикальной скорости в зависимости от высоты м/сек ²	3
Граница верхнего и среднего слоев на участке снижения в метрах	32000
Граница среднего и нижнего слоев на участке снижения в метрах	32000
Вертикальная скорость снижения в верхнем слое в м/сек	32000

Рис. 2.41. Форма для ввода и отображения ЛТХ ВС

2.2.4.3. АВИАКОМПАНИИ И АВИАОТРЯДЫ. Параметр «Авиакомпании и авиаотряды» необходим системе для контроля задания номера рейса по плану и для правильного выставления счетов авиакомпаниям за предоставленные услуги аэронавигационного обслуживания (АНС). Соответствующая таблица БД содержит информацию обо всех авиакомпаниях, ВС которых совершают полеты в ВП России. Каждая запись таблицы содержит:

- порядковый номер (идентификатор) записи;
- код авиакомпании по расписанию (кириллицей и латынью);
- полное наименование авиакомпании;
- государственная принадлежность;
- код валюты, используемой для расчета платежей;
- типы выполняемых полетов;
- признак наличия специальных договорных отношений по льготным тарифам оплаты услуг АНС;
- юридические и финансовые реквизиты.

Первичным ключом для поиска записей служит значение кода авиакомпании по расписанию, заданное кириллицей. Таблица формируется ПО на основе справочников, описанных ниже. Фрагменты форм для отображения информации об авиакомпании и для поиска ее описания в БД представлены на рис. 2.42.

The screenshot shows two windows from a flight schedule system. The top window, titled 'Система планов полетов', displays a grid of airline codes. The bottom window, titled 'ОПИСАНИЯ АВИАКОМПАНИЙ', shows a form for entering details for the selected airline 'БА' (BAYKALAVIA).

4Й	6К	6У	7Б	9У	АБ	АГ	АЛ	АЦ	БА	БВ	БГ
БЕ	БЛ	БМ	БН	БР	БТ	БУ	БЧ	В2	ВГ	ВЖ	ВП
ГЖ	Д8	Д9	ДА	ДБ	ДД	ДМ	ДЦ	ЖБ	ИВ	ИЖ	ИЯ
К2	К4	КД	КЖ	КЭ	ЛИ	ЛП	ЛТ	М3	МИ	МЛ	МУ
МЫ	НГ	НЗ	ОГ	ОД	ПБ	ПВ	ПГ	П3	ПИ	ПК	ПЛ
ПМ	ПН	ПУ	ПЭ	Р3	Р4	РБ	РЭ	С7	СЖ	СЗ	СП
СУ	Т5	ТИ	ТЛ	ТП	ТЮ	У6	УП	УУ	УХ	ФШ	ХБ
ХИ	ЦГ	ЦС	Ш6	ЭВ	ЭЛ	ЭТ	Ю1	Ю9	ЮА	ЮВ	ЮК

The bottom window shows the following form fields:

- Наименование авиакомпании: "БАЙКАЛАВИА" ОБЪЕДИНЕНИЕ
- Код авиакомпании: БА
- Государственная принадлежность: РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
- Валюта, используемая для оплаты: РУБЛИ
- Код используемой валюты: RUB

Рис. 2.42. Формы для вызова и отображения информации об авиакомпаниях

Для удовлетворения предъявляемых требований КП СКП включает в свой состав следующие справочники, для которых ПО обеспечивает функции ввода, хранения, отображения и удаления информации:

- Справочник курсов валют, содержащий словесное наименование, код и курс иностранной валюты в рублях для преобразования результатов расчета при выставлении счетов иностранным авиакомпаниям. Содержимое справочника корректируется вручную по мере изменения курсов валют с фиксацией в системе времени этих изменений и сохраняется в БД для расчетов за прошедшие дни эксплуатации системы в пределах установленного срока.

Справочник авиакомпаний и авиаотрядов, содержащий словесное наименование и код авиакомпании, применяемый в расписании полетов; код валюты, в которой авиакомпания производит расчеты за обслуживание; значения коэффициентов, повышающих или понижающих тарифные ставки за обслуживание ВС (100 км пролета). При отсутствии значений корректирующих коэффициен-

тов система умолчанию присваивает им единичные значения.

- Справочник тарифных ставок за АНС на отрезке 100 км трассовых полетов. Ставки выражены в (приведены к) единой валюте. Тарифы определены для каждого типа ВС, известного системе. Справочник содержит, кроме того, тарифы за обслуживание по градациям взлетного веса для вычисления сборов за обслуживание ВС, тип которых не известен системе.

- Справочник тарифных ставок за АНС в районе аэродрома и за техническое (предполетное) обслуживание на аэродромах системы для каждого типа ВС и по градациям взлетного веса.

Схема взаимодействия диспетчерского персонала с ПО аналогична упомянутым выше и в данном изложении не поясняется.

2.2.4.4. БАНК КОДОВ ВРЛ ИКАО. Обращение к совершающим полеты над территорией России воздушным судам иностранных авиакомпаний производится по коду ВРЛ ИКАО. В отличие от отечественной традиции, эти позывные не имеют жесткой привязки к ВС, и присваиваются им на время одного полета. Допускается изменение кода ВРЛ даже в процессе выполнения рейса. В этих условиях становится возможным одновременное появление в ВП, контролируемом системой, более одного борта с одинаковым позывным номером. Во избежание затруднений, связанных с неоднозначной идентификацией движущихся самолетов, каждый центр управления полетами имеет набор свободных кодов ВРЛ ИКАО, которые могут присваиваться принимаемым на управление бортам по инициативе диспетчера. Список резервных кодов сосредоточен в таблице БД, называемой банком кодов ВРЛ ИКАО, содержащей комбинации, централизованно распределенные системе.

Банк кодов представляет собой перечень четырехразрядных цифровых восьмеричных комбинаций, сопровождаемых символом занятости (или освобождения). Количество кодов в перечне является изменяемым параметром. Каждая запись таблицы, поддерживающей банк кодов ВРЛ, содержит порядковый номер (идентификатор), собственно кодовую комбинацию и поле фиксации состояния занятости кода. Первичным ключом для поиска и сортировки записей при вызове на отображение служит собственно кодовая комбинация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Анодина Т.Г., Кузнецов А.А., Маркович Е.Д.** Автоматизация управления воздушным движением. – М.: Транспорт, 1992.
2. Воздушный кодекс Российской Федерации – М.: Воздушный транспорт, 1997.
3. **Тверитнев М.М.** Методы организации потоков воздушного движения. // Научный вестник МГТУ ГА. Серия «Информатика. Прикладная математика», № 55, 2002.
4. **Савицкий В.И., Владимирюв Ю.А., Василенко В.А., Точилов В.В.** Автоматизированные системы управления воздушным движением. – М.:

Транспорт, 1986.

5. Табель сообщений о движении воздушных судов транспортной системы Российской Федерации (ТС ТА-95). – М.: Воздушный транспорт, 1997.

6. **Калянов Г.Н.** CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). – М.: ЛОРИ, 1996.

7. **Петерсен Р.** LINUX: Полное руководство: пер. с англ. – Киев: ВНУ, 2000.

8. **Андреев А.Г. и др.** Microsoft® Windows 2000 Professional. Русская версия. Под ред. А.Н.Чекмарева и Д.Б.Вишнякова. – СПб.: БХВ, 2000.

9. **Одинцов В.А.** Радионавигация летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1968.

[На начало документа](#)

[На исходный документ](#)