

История создания автоматизированных систем управления воздушным движением в НИИ-33 — ВНИИРА (1958—1994 гг.)

Ермолов П. П., Катеринчук В. И., Слёзкин Г. В.

Севастопольский государственный университет

ул. Университетская, 33, Севастополь, 299053, Российская Федерация
ppyermolov@sevsu.ru

Получено: 14 марта 2026 г.

Отрецензировано: 15 апреля 2026 г.

Принято к публикации: 15 апреля 2026 г.

Аннотация: В статье представлена история создания автоматизированных систем управления воздушным движением (АС УВД) в НИИ-33 — ВНИИРА за период 1958—1994 гг. Рассмотрены начало развития автоматизированных систем УВД (АС УВД «Марка»), отечественная автоматизированная система УВД «Старт», аэродромно-узловая автоматизированная система УВД с повышенным уровнем автоматизации «Спектр» («Старт-2») и интегрированная аэродромно-районная АС УВД «Синтез». Визуализация результатов настоящего исследования проведена с использованием методологии «компендиум — таблица — инфографика» (КТИ), основанной на трех последовательных уровнях преобразования контента.

Ключевые слова: НИИ-33, Всероссийский НИИ радиоаппаратуры (ВНИИРА), автоматизированные системы управления воздушным движением (АС УВД) «Марка», АС УВД «Старт», АС УВД «Спектр», АС УВД «Синтез», визуализация, методология «компендиум — таблица — инфографика».

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Ермолов П. П., Катеринчук В. И., Слезкин Г. В. История создания автоматизированных систем управления воздушным движением в НИИ-33 — ВНИИРА (1958—1994 гг.) // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2026. Т. 9, № 4. С. 687—715.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.100—2018): Ермолов, П. П. История создания автоматизированных систем управления воздушным движением в НИИ-33 — ВНИИРА (1958—1994 гг.) / П. П. Ермолов, В. И. Катеринчук, Г. В. Слезкин // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. — 2026. — Т. 9, № 4. — С. 687—715.

1. Введение

НИИ-33 — ВНИИРА — ведущий научно-технический центр по созданию радиотехнических средств и систем навигации, посадки и управления воздушным движением. Работы, выполненные коллективом ученых и специалистов института, оказали существенное влияние на повышение эффективности и безопасности воздушного движения в СССР и Российской Федерации. Ранее история создания радиомаячной системы инструментальной посадки 2-сантиметрового диапазона «Вымпел», а также хронология успешной автоматической посадки орбитального корабля «Буран» 15 ноября 1988 г. была отражена в [1]. В [2] рассмотрена научно-исследовательская деятельность главного конструктора направления интегрированных систем навигации и посадки в 1975—2025 гг.

История создания в НИИ-33 — ВНИИРА радиотехнических систем посадки самолетов (в качестве примера, иллюстрирующего использование методологии «компендиум — таблица — инфографика», основанной на трех последовательных уровнях преобразования контента) приведена в статье [3]. В статье [4] с использованием этой же методологии приведена история создания радиотехнических систем ближней навигации в НИИ-33 — ВНИИРА. В настоящей статье также с использованием этой же методологии приведена история создания автоматизированных систем управления воздушным движением в НИИ-33 — ВНИИРА.

Проведенное исследование (как и предыдущие) основывается на материалах рукописи [5].

2. АС УВД «Марка»

Рост объема перевозок на воздушном транспорте приводит к увеличению интенсивности воздушного движения, характеризующейся числом самолетов, одновременно находящихся в единице объема воздушного пространства. Неравномерность распределения потоков самолетов в течение года и суток приводит в некоторые периоды к значительному увеличению плотности воздушного движения в отдельных воздушных зонах. В особенности это относится к районам аэродромов, обслуживающих крупные промышленные и административные центры страны. В неавтоматизированных аэродромных системах УВД, базирующихся на отображении лишь радиолокационной координатной информации, диспетчеры УВД должны собирать и непрерывно запоминать информацию, необходимую для принятия решений по УВД, поскольку процесс УВД связан с безопас-

ностью полетов. Диспетчеры постоянно подвергаются высоким нервно-психологическим нагрузкам. Попытки решить задачу снижения нагрузки диспетчеров в условиях высокой интенсивности полетов путем деления воздушного пространства на большое количество секторов управления для уменьшения числа самолетов, одновременно сопровождаемых диспетчером, потерпели неудачу, так как в существующих неавтоматизированных системах УВД весьма сложной задачей является согласование и передача управления самолетом диспетчеру смежного сектора управления. Возрастающий при этом объем работы по координации действий диспетчеров полностью нейтрализует эффект от разделения секторов и даже приводит к увеличению нагрузки. Увеличение рабочей нагрузки диспетчеров района аэродрома сверх определенного предела приводит вследствие дефицита времени к неполному выполнению правил по управлению полетами. Это, в свою очередь, может привести к ошибкам и возникновению опасных ситуаций. Требование обеспечения безопасности полетов приводит к увеличению задержек самолетов в воздухе.

В связи с этим была поставлена задача разработки автоматизированной радиолокационной системы УВД — в 1958 г. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров была задана программа развития средств навигации, посадки и УВД — «Полет-1». Составной частью этой программы явилась разработка аэродромной радиолокационной АС УВД «Марка», предназначенной для УВД в секторах подхода, круга и посадки. АС УВД «Марка» в 1962 г. была предъявлена на Государственные испытания. Система прошла испытания в а/п «Внуково» и в целом соответствовала Техническому заданию с замечаниями, но Решением комиссии для опытной эксплуатации рекомендована не была.

АС УВД «Марка» имела следующие серьезные недостатки:

- отображение аналоговой и цифровой информации о воздушной обстановке выполнялось на различных индикаторах;

- размеры индикаторов, на которых отображалась аналоговая и цифровая информация, были различны, что затрудняло идентификацию радиолокационных отметок;

- возможность потери автосопровождения и перепутывания формуляров сопровождения в ситуациях наложения отметок ВС, в особенности при маневрировании ВС, поскольку обработка р/л информации и сопровождение ВС велись без учета третьей координаты — высоты (вводилась вручную только для отображения на экране).

Несмотря на наличие указанных недостатков, АС УВД «Марка» опережала по времени возможности реализации такого рода систем: от-

существовали ВС, оборудованные ответчиками ВРЛ, уровень развития элементной базы был невысок, отечественная промышленность не выпускала пригодных для использования в системе вычислительных средств и средств отображения, что дополнялось недостаточным уровнем владения оперативно-тактическими проблемами автоматизации как разработчиком, так и специалистами Заказчика.

Таким образом, несмотря на то, что первая АС УВД «Марка» в основных чертах соответствовала ТЗ и рекомендациям Заказчика — к внедрению в эксплуатацию она не была принята. Однако негативный результат разработки и проверки в реальной обстановке АС УВД «Марка» не пропал даром: он послужил богатым опытом для последующей разработки АС УВД «Старт».

3. АС УВД «Старт»

Неудачная первая попытка создания АС УВД заставила разработчиков ВНИИРА более подробно вникнуть в процессы УВД. Проведенный на начальных этапах разработки анализ показал, что на пути создания АС УВД имеется ряд принципиальных трудностей, вытекающих из необходимости удовлетворения требований, вызванных спецификой решаемых системами УВД задач и условиями их работы.

Было установлено, что основными проблемами создания АС УВД являются:

- обеспечение оперативной эффективности системы;
- обеспечение системой непрерывности процесса управления.

Для эффективного разрешения указанных проблемных трудностей, в условиях отсутствия приемлемых прототипов или информации о них, требовалось решить ряд принципиально новых научных и технических системных задач.

Для преодоления первой проблемы необходимо было эффективно решить задачи взаимодействия диспетчерского персонала с технической частью системы. При этом проблема состояла не только в удовлетворении рекомендаций инженерной психологии и эргономики при создании средств представления и ввода информации, а также диспетчерских пультов системы, а, главным образом, в отыскании таких функций, подлежащих выполнению техническими средствами и математическим обеспечением системы, и такой их реализации, которые в совокупности обеспечили бы существенное превышение полезного эффекта, даваемого технической частью системы, над той дополнительной нагрузкой, которую система создает для диспетчерского персонала.

Второе проблемное требование вытекает из непрерывности процесса воздушного движения, требующего работы системы по 24 часа в сутки в течение 365 дней в году. Разработчикам АС УВД «Старт» удалось найти и реализовать совокупность решений, обеспечивающих удовлетворение указанных требований.

3.1. Обеспечение оперативной эффективности АС УВД «Старт»

Для разрешения первой проблемы — обеспечения оперативной эффективности системы — при создании АС УВД «Старт» прежде всего, предстояло определить, что надо автоматизировать, затем — каким образом это осуществить. С этой целью перед разработкой новой аэродромной АС УВД «Старт» был проведен анализ существующих неавтоматизированных систем УВД.

Для повышения пропускной способности аэропортов и обеспечения безопасности полетов в условиях высокой интенсивности воздушного движения прежде всего целесообразно автоматизировать процессы получения и представления диспетчерам необходимой для УВД информации, что увеличит бюджет времени на анализ воздушной обстановки и разработку решений и, кроме того, повысит их оперативность и качество за счет представления диспетчером не только исходной информации, но и информации более высокого ранга, получаемой в результате ее автоматизированной обработки.

Исходя из этого, в АС УВД «Старт» для автоматизации были приняты следующие процессы:

- сбора, обработки и отображения информации об элементах текущих планов полета самолетов до их входа в зону управления;
- получения, обработки и совмещенного отображения необходимой информации по данным вторичного и первичного диспетчерских радиолокаторов и др.;
- взаимодействия между диспетчерами смежных секторов управления.

При решении вопросов автоматизации указанных процессов разработчики системы «Старт» исходили из того, что функции анализа воздушной обстановки и принятия решений по управлению выполняет диспетчерский персонал, являющийся центральным звеном системы, и, следовательно, для обеспечения высокой оперативной эффективности системы необходимо наилучшим образом реализовать основные связующие звенья отображения и ввода информации между автоматической частью системы и человеком, использующим результаты ее работы.

Основные решения, реализованные в АС УВД «Старт» для обеспечения высокой оперативной эффективности, состояли в следующем.

1. В АС УВД «Старт» вся необходимая для управления воздушным движением информация отображается на яркостных совмещенных план-индикаторах (СПИ), которые обеспечивают отображение как координатной радиолокационной информации о местоположении и движении самолетов, так и автоматически связываемой с отметками самолетов необходимой для УВД информации в виде знаковых формуляров сопровождения (ФС). Кроме того, на экранах СПИ отображается статическая графическая координатная информация о структуре воздушной зоны, динамическая графическая информация (векторы упреждения, положения самолетов, линии пеленга) и другая необходимая информация в различного вида формулярах.

В АС УВД «Старт» была решена задача автоматизации процесса управления по всем самолетам, независимо от оборудования ответчиком системы вторичной радиолокации. Этого удалось достичь за счет успешного решения задач автоматической первичной обработки сигналов первичного и вторичного радиолокаторов и автоматического сопровождения и идентификации самолетов по сигналам не только вторичного, но и первичного радиолокаторов. Решение этой задачи выгодно отличало АС УВД «Старт» от системы ARTS-3 (США), обеспечивающей автоматизацию только по оборудованным ответчиками самолетам.

2. Представление информации в яркостном виде обеспечивало работу диспетчерского персонала в условиях нормального внешнего освещения, что создавало комфортные условия и повышало работоспособность диспетчеров УВД.

Кроме того, яркостная форма представления информации с использованием запоминающего прибора обеспечивала отображение информации о траектории движения самолета, что существенно упрощало обнаружение самолетов и определение их параметров движения (маневрирования), а это повышало эффективность управления воздушным движением.

3. Автоматизация процессов обработки и отображения информации об элементах текущих планов полета обеспечивала автоматическое представление на индикаторах диспетчеров каждого сектора управления необходимой информации (места входа, бортового номера самолета, высоты входа, времени входа, аэропорта назначения) в виде буквенно-знаковых таблиц формуляров ожидания, пространственно связанных с точками входа.

При этом формуляры ожидания по прилетающим самолетам распределены по месту входа самолетов в зону управления и упорядочены для

каждой точки по времени входа, а по вылетающим самолетам — упорядочены по аэропортам вылета. Система обеспечивала автоматическое представление диспетчерам необходимой информации об элементах планов полета самолетов даже при взаимодействии с неавтоматизированными системами трассовых центров управления. Это дает возможность диспетчерам, не отрываясь от экрана совмещенного индикатора, принимать решения по самолетам, находящимся в зоне управления, с учетом ожидаемого входного потока, а также с упреждением планировать движение прибывающих в зону управления самолетов и, при необходимости, сглаживать входной поток.

4. На основе автоматизации первичной и вторичной обработки радиолокационной информации как вторичного, так и первичного радиолокаторов автоматизируются процессы представления необходимой информации по самолетам, находящимся в зоне управления системы.

5. Вся имеющаяся в системе информация подвергается автоматической фильтрации, и диспетчеру каждого сектора автоматически выдается только необходимая ему информация, что избавляет от засорения экрана ненужной информацией и облегчает восприятие и анализ воздушной обстановки. При этом каждому диспетчеру, при необходимости, предоставляется возможность быстрого группового или индивидуального просмотра информации по самолетам, управляемым другими диспетчерами.

6. Решением, существенно расширяющим возможности диспетчеров по предварительному обнаружению потенциально конфликтных ситуаций и их разрешению, является выдаваемая системой информация о прогнозируемой воздушной обстановке, представляемая путем отображения на экранах индикаторов векторов упрежденного положения самолетов. Они начинаются в точках текущего местоположения самолетов и оканчиваются в точках, где будут находиться самолеты через заданное время: две или четыре минуты. Представление диспетчерам этой информации в совокупности с основной информацией по идентификации самолетов и их координатам, включая текущие и заданные высоты и режим движения в вертикальной плоскости (тенденция изменения высоты), а также информации о маршруте полета позволяет оперативно произвести оценку бесконфликтности движения, а в случае необходимости принять необходимые меры по предотвращению возникновения конфликтной ситуации.

7. Одна из актуальных задач УВД в условиях высокой интенсивности воздушного движения заключается в упорядочении потока заходящих на посадку самолетов, что необходимо для повышения пропускной способности аэродрома и уменьшения времени пребывания самолетов в воздухе. А это, помимо обеспечения безопасности полетов, дает непосредственно большой экономический эффект.

Для повышения качества упорядочения потока самолетов при заводе в зону посадки, помимо отмеченных выше возможностей, повышающих качество анализа обстановки и принимаемых решений, система обеспечивает отображение графической информации о структуре зоны, соответствующей действующему курсу посадки и содержащей необходимую опорную информацию для оценки относительных длин траекторий отдельных самолетов, а также расчет и представление в формулярах сопровождения информации о путевых скоростях самолетов и векторах упрямленного положения самолетов.

Важнейшей функцией в системах УВД является передача управления воздушного судна из сектора в сектор. В неавтоматизированных системах УВД она представляет весьма сложную задачу. При этом, пользуясь голосовой связью, необходимо обеспечить безошибочную идентификацию отметки передаваемого самолета диспетчером, принимающим управление, и одновременно передать и зафиксировать необходимую дополнительную информацию.

8. В системе «Старт» процесс согласования и передачи управления автоматизирован. При подходе самолета к рубежу передачи управления, по желанию диспетчера или автоматически, передается полный формуляр сопровождения, содержащий всю необходимую информацию. При этом в формуляре сопровождения передаваемого самолета индицируется режим согласования передачи и выдается сигнализация (отображаются символы передающего и принимающего диспетчеров, при этом один из символов мигает). Согласие диспетчера принять самолет с параметрами, отображаемыми в формуляре, фиксируется нажатием соответствующей клавиши на клавиатуре. Таким образом, в системе осуществляется так называемое «молчаливое» согласование и передача управления. Следует отметить, что реализованная в системе процедура согласования и передачи управления не требует одновременных двусторонних действий диспетчеров, что дополнительно повышает эффективность их работы.

9. Система решает ряд вспомогательных задач, повышающих ее эффективность: пересчет текущих высот относительно аэродрома; выработка тенденции движения в вертикальной плоскости; автоматическая сигнализация по ВС, передающим сигналы бедствия; автоматическая фильтрация информации и отображение каждому диспетчеру только необходимой ему информации; автоматическое смещение ФС для предотвращения их наложения; представление информации об аэродромном давлении, высоте пелерехода, текущем времени и др.

10. Пульты диспетчеров подхода, круга и посадки выполнены с учетом требований эргономики и в совокупности с яркостным отображением

информации создают комфортные условия для работы диспетчерского персонала.

11. Для упрощения и ускорения освоения системы диспетчерским персоналом в ней реализованы программы моделирования управляемой воздушной обстановки, обеспечивающие возможность обучения и тренировки диспетчеров и операторов работе на системе методами полунатурного моделирования.

3.2. Обеспечение системой непрерывности процесса управления

Для удовлетворения второму проблемному требованию — обеспечению системой непрерывности процесса управления — необходимо было обеспечить ряд новых прогрессивных решений, основные из которых состоят в следующем:

- выполнено функциональное и аппаратное резервирование всех видов аппаратуры;

- осуществлен автоматический функциональный контроль рабочих и резервных трактов аппаратуры, обеспечивающий автоматическое переключение на резервные;

- обеспечено сопряжение с трассовыми РЛС, выполняющими функции резерва для основного диспетчерского радиолокатора;

- создан двухмашинный вычислительный комплекс с каналом быстрого обмена, обеспечивающий горячее резервирование и автоматический переход на резервную ЭВМ без нарушения непрерывности в выдаче информации;

- реализован программно-логический контроль, обеспечивающий устойчивое функционирование программного комплекса при наличии сбоев в аппаратуре;

- осуществлен автоматический перезапуск в случае останова ЭВМ;

- реализована структура системы с «информационным шунтом», обеспечивающая сохранение на рабочих местах диспетчеров основной информации независимо от работоспособности средств автоматизации.

3.3. Новые задачи, решенные при создании АС УВД «Старт»

Для создания первой автоматизированной системы УВД «Старт» в условиях отсутствия приемлемых прототипов потребовалось решить ряд принципиально новых научно-технических задач. О творческом характере таких решений и их новизне свидетельствует то, что 24 из них признаны изобретениями. Новыми, решенными при создании системы задачами, являются:

1. Достигнута полная автоматизация обработки на основе разработки нового способа автоматической первичной обработки радиолокационных сигналов, при котором в скользящем окне реализуются накопление сигналов в пределах ширины радиолокационного пакета и их суммирование на каждой сигнальной позиции в масштабе реального времени для обнаружения и определения координат пакета, и впервые в мире созданной в АС УВД «Старт» аппаратуры автоматической совместной первичной обработки и объединения информации первичного и вторичного радиолокаторов, обеспечивающей наивысшие параметры обнаружения, точности и помехоустойчивости. Для реализации разработано специализированное гибридное вычислительное устройство с эквивалентной производительностью около 30 млн. операций в секунду.

2. Впервые в мире в аэродромных АС УВД решены задачи полностью автоматической обработки радиолокационной информации вторичного и первичного радиолокаторов и внедрена в эксплуатацию функция автоматического сопровождения и идентификации самолетов, не оборудованных ответчиками, по сигналам первичного радиолокатора. На основе этих решений осуществлена автоматизация процессов УВД по всем самолетам, включая и необорудованные радиолокационными ответчиками, что существенно повысило эффективность системы и безопасность воздушного движения.

3. Для обеспечения непрерывности функционирования АС УВД впервые в мире в АС УВД создан вычислительный комплекс высокой надежности на базе двух специализированных ЭВМ, обеспечивающий за счет канала быстрого обмена и автоматической передачи информации от ведущей (рабочей) ЭВМ в ведомую (резервную) возможность автоматического перехода на резервную ЭВМ с сохранением непрерывности процессов обработки, выдачи и отображения информации.

4. Разработан комплекс специального математического обеспечения, несмотря на скромные вычислительные ресурсы ЭВМ «Аргон-10М», решающий функциональные задачи первого уровня автоматизации и ряд задач второго уровня, автоматического сопровождения по сигналам первичного радиолокатора, выработки и отображения информации об экстраполированном положении самолетов, путевых скоростях и др.

5. Для обеспечения оптимального взаимодействия диспетчерского персонала с техническими средствами УВД впервые решена задача совмещенного на одном экране яркостного отображения аналоговой и цифровой радиолокационной координатной, знаковой и графической информации о воздушной обстановке и структуре зоны, что улучшило воспроизведение информации о текущей и прогнозируемой воздушной обстановке и ее восприятие, обеспечило работу диспетчеров в условиях нормального

внешнего освещения, повысило их работоспособность и, в целом, существенно повысило эффективность системы УВД. Это достигнуто за счет разработки нового высокоинформативного параллельного телевизионно-знакового способа совмещенного отображения. Для его реализации разработана специальная знаковая электронно-лучевая трубка.

6. С целью повышения оперативной эффективности системы реализованы эффективные средства ввода информации. Это достигнуто за счет минимизации нагрузки на диспетчеров УВД по вводу в систему информации о принимаемых диспетчерами решениях. Для этого разработана и реализована эффективная пооперационная технология, состоящая из совокупности более простых для выполнения операций, особенно часто повторяемых (обращение к объектам, ввод задаваемых высот, передача управления и др.), что обеспечило существенные преимущества в оперативной эффективности системы по сравнению с зарубежными системами *APTC-3* и *TERCAS*.

7. Для повышения качества работы диспетчерского персонала и ускорения ввода систем в эксплуатацию впервые в мире в аэродромных АС УВД реализована управляемая модель воздушной обстановки, обеспечивающая обучение и тренировку диспетчерского персонала.

8. На основе ряда принятых оригинальных решений системы созданы базовые конструкции наземной аппаратуры третьего поколения, принятые в качестве стандартных. Высокая степень стандартизации и унификации аппаратуры, ее технологичность в производстве и возможность изготовления прогрессивными технологическими методами обеспечили в короткие сроки освоение серийного производства и выпуск систем.

9. Для обеспечения эффективной разработки системы «Старт» решены задачи по созданию базы и проведению разработки системы прогрессивными методами с использованием полунатурного моделирования. С этой целью при разработке АС УВД «Старт» созданы модель управляемой воздушной обстановки на базе универсальной ЭВМ и уникальные комплексы полунатурного моделирования, включающие указанную модель и наладочный стенд системы. Для ускорения и повышения качества разработки специального математического обеспечения была создана автоматизированная система программирования для специализированной ЭВМ, используемой в вычислительном комплексе системы, которая обеспечила автоматизацию разработки программ во всех фазах, включая этап выпуска документации. В итоге впервые в мире создана аэродромная АС УВД, решающая по классификации стран — членов СЭВ задачи 1-го и 2-го уровней автоматизации, при разработке которой найдена и реализована совокупность решений по составу, уровню автоматизации и методам решения функциональных задач УВД и по взаимодействию диспетчеров с техниче-

скими средствами в большой биотехнической системе, как в части состава и формы представления необходимой для эффективного УВД информации, так и по вводу в систему информации о принимаемых решениях.

В итоге впервые в мире создана автоматизированная система, не имевшая аналога по уровню надежности ($T_0 = 18000$ часов) и обеспечивающая практически непрерывное функционирование.

3.4. Основные инструментальные характеристики системы

Количество одновременно сопровождаемых самолетов — 36.

Максимальное количество различных формуляров, отображаемых на СПИ системы — 63.

Количество каналов преобразования радиолокационной информации обзорных диспетчерских РЛС и совмещенного отображения информации на СПИ в зонах подхода и круга — 8.

Количество трактов СПИ, обеспечивающих отображение различной знаковой информации — 8.

Количество каналов преобразования и совмещенного отображения информации посадочной РЛС — 2 и 6.

Количество одновременно сопровождаемых самолетов в зоне посадки — 2.

Количество секторов управления (подхода, круга и посадки) — 4.

Обеспечена возможность увеличения инструментальной емкости системы:

— количества секторов управления до 7 модульным наращиванием системы;

— количества секторов управления до 13 и количества одновременно сопровождаемых самолетов до 72 дублированием комплектов оборудования.

3.5. Основные результаты внедрения системы в эксплуатацию

С 1977 по 1986 гг. выпущено 18 комплектов серийных АС УВД «Старт». Системы были установлены и введены в эксплуатацию в 14 аэропортах с интенсивным воздушным движением (Ленинград, Пулково, Ростов-на-Дону, Сочи, Куйбышев, Симферополь, Краснодар, Хабаровск, Ереван, Новосибирск, Волгоград, Иркутск, Красноярск, Одесса, Жуковский) и в четырех учебных заведениях (в городах Ленинград, Киев, Рига, Кировоград).

Система «Старт» продемонстрировала продолжительную жизнеспособность. К апрелю 1996 г. в эксплуатации оставались все серийные комплекты системы (был заменен на систему следующего поколения «Спектр» только опытный образец системы «Старт», наработавший 30 тыс. часов в а/п Пулково). При этом наработка первого серийного комплекта в а/п Ростов-на-Дону достигла 145 тыс. час. и более чем в 2,5 раза превысила назначенный технический ресурс.

Итоги создания и внедрения в эксплуатацию АС УВД «Старт»

1. Созданием и внедрением первой отечественной АС УВД «Старт» решена народно-хозяйственная проблема государственной важности, состоящая в обеспечении безопасности воздушного движения, повышении пропускной способности аэропортов и регулярности полетов, что обеспечивает дальнейшее развитие воздушного транспорта.

2. Внедрение системы дает большой экономический эффект, так как:

— значительно повышает безопасность полетов;

— повышает пропускную способность аэропортов с высокой интенсивностью полетов в 1,6 раза, поднимая ее до предельной пропускной способности взлетно-посадочных полос;

— существенно повышает экономичность воздушного движения, сокращая время пребывания самолетов в воздушном пространстве аэродромных районов на 15—20 %;

— увеличивает производительность диспетчеров УВД в 1,6 раза. Годовой экономический эффект на одну систему, получаемый от внедрения ее в аэропортах с высокой интенсивностью полетов только за счет сокращения времени пребывания самолетов в воздухе составил 2,5 млн. руб.

3. Создание системы и освоение в короткие сроки ее серийного производства обеспечило возможность удовлетворения потребностей страны в автоматизации УВД в районах аэропортов и полностью исключило необходимость затрат десятков и сотен миллионов валютных рублей на закупку автоматизированных систем УВД за рубежом.

За разработку, освоение серийного производства и внедрение в эксплуатацию АС УВД «Старт» присуждена Государственная премия в области науки и техники за 1979 г.

4. Аэродромно-узловая автоматизированная система УВД с повышенным уровнем автоматизации «Спектр» («Старт-2»)

Успешное создание автоматизированных систем УВД представляет собой научно-техническую и организационную проблему высокой сложности. Не случайно в США, где самая высокая интенсивность воздушного дви-

жения, проблемы УВД возникли значительно ранее: первая аэродромная АС УВД *ART-III*, внедренная в эксплуатацию, создана лишь с четвертой попытки в 1972 г. после ряда неудач (системы *ARTS* (1963 г.) и *ARTS-ia* (1968 г.), которая в единичном комплекте эксплуатировалась в аэроузле Нью-Йорка).

На основании анализа американского опыта создания аэродромных АС УВД в связи с пониманием сложности проблемы и неверием в возможность успешного создания отечественной АС УВД «Старт» и имевшейся необходимости автоматизации УВД, в особенности в Московской воздушной зоне, в процессе изготовления опытного образца системы «Старт» ВПК в 1974 г. были приняты:

— решение о закупке у зарубежных фирм систем для а/п Минеральные Воды, аэроузла Киев, аэроузла и района Москвы;

— решение о разработке новой системы аэродромно-узловой АС УВД с повышенным уровнем автоматизации «Старт-2» (в последующем — «Спектр»).

ТЗ на систему «Спектр» копировало ТЗ на «Старт-2», аналог АС УВД «*TERCAS*», контракт на поставку которых для аэроузла и района Москвы, аэропортов Киева, Минеральных Вод был заключен в середине 1975 г. и не учитывал всех положительных качеств системы «Старт».

Однако реальная действительность сделала негативный прогноз в отношении АС УВД «Старт» несостоятельным: разработка системы «Старт» была завершена в сроки, установленные Постановлением ЦК КПСС, а высокая оперативно-тактическая эффективность и надежность ($T_o = 28000$ час.) значительно превосходящая американский аналог — систему *ARTS-III*, явились основанием для передачи системы «Старт» в серийное производство.

В связи с занятостью коллектива разработчиков АС УВД «Старт» решениями задач освоения серийного производства системы и внедрения ее первых серийных комплектов в эксплуатацию, разработка АС УВД «Спектр» реально началась лишь в 1978 г.

Имели место существенные отличия условий разработки АС УВД «Спектр» относительно АС УВД «Старт», основные из которых состояли в следующем:

1. Сопровождение разработки АС УВД «Старт» со стороны Заказчика осуществляло техническое подразделение ГОСНИИГА.

2. При разработке АС УВД «Спектр» разработчик использовал богатый опыт разработки и внедрения АС УВД «Старт» и имел собственное мнение о путях решения основных системных задач.

3. Сопровождение разработки АС УВД «Спектр» осуществляло оперативно-тактическое подразделение НЭЦ АУВД, получившее хорошие знания по АС УВД «*TERCAS*».

В связи с отмеченными особенностями в период разработки АС УВД «Спектр»:

1. Специалисты Заказчика оказывали мощное давление на разработчика с целью заставить последнего копировать все решения, реализованные в АС УВД «TERCAS», несмотря на то, что не все из них этого заслуживали.

2. Специалисты Заказчика на основании знаний по системе «TERCAS» оказали большую помощь в освоении вопросов автоматизации сбора обработки и отображения плановой информации.

Для предотвращения возможных потерь в эффективности разрабатываемой АС УВД «Спектр» в связи с требованиями Заказчика по соответствию операционной технологии и структуре секторов АС УВД «Спектр» АС УВД «TERCAS» разработчиком был проведен анализ продуктивности (отношения пропускной способности сектора к штатному составу) АС УВД «TERCAS» относительно АС УВД «Старт», анализ выявил преимущества АС УВД «Старт».

Результаты анализа подтвердили целесообразность в АС УВД «Спектр» в отличие от АС УВД «TERCAS»:

1. Использования эшелонатора для повышения оперативности ввода заданных эшелонов, реализованного в АС УВД «Старт».

2. Использования индикатора формуляров сопровождения для упрощения обращения, реализованного в АС УВД «Старт».

3. Укорочения операций приема и передачи.

4. Реализации возможности диспетчеру процедурного контроля (ДПК) в периоды высокой ИВД выполнять функции помощи ДРУ по вводу заданных эшелонов и передаче управления ВС.

5. Сокращение максимального штатного состава сектора с 3 до 2,5 человек (один ассистент на два сектора подхода).

6. Отказа от бумажных стрипов хода полета, печатаемых автоматически, но требующих обработки вручную в процессе проводки ВС.

7. Обеспечения возможности диспетчеру радиолокационного управления (ДРУ) в периоды низкой ИВД одному в секторе без ДПК выполнять все функции УВД.

4.1. Основные отличия АС УВД «Спектр» от АС УВД «Старт»

АС УВД «Спектр» является системой УВД с повышенным уровнем автоматизации для аэродромных и аэроузловых районов. Она представляет собой систему второго поколения, в которой автоматизированы процессы 2-го и частично 3-го уровня.

Требования к разработке АС УВД «Спектр» были заданы исходя из необходимости удовлетворения возрастающих потребностей в автоматизации УВД и инструментальной емкости аэроузлов с наивысшей интенсивностью воздушного движения с учетом возможного прогнозируемого роста ИВД до 2000 г. и далее.

Основные принципиальные отличия АС УВД «Спектр» состоят в следующем.

В АС УВД «Спектр»:

1. Автоматизацией охвачена вся совокупность процессов УВД, начиная от суточного планирования и заканчивая завершающими процессами непосредственного УВД. С этой целью дополнительно реализована полномасштабная подсистема автоматизированной обработки плановой информации, обеспечивающая автоматизацию сбора, обработки и отображения этой информации на всех фазах планирования; суточного (предварительного), 1-й и 2-й фаз текущего планирования. При этом обеспечивается коррекция радиолокационной информации по плановой и коррекция плановой информации по радиолокационной.

2. На основе автоматической обработки радиолокационной и плановой информации решаются задачи автоматизации анализа как текущей, так и упрежденной воздушной обстановки.

3. Средствами автоматизации системы «Спектр» оснащаются все пункты управления и планирования: аэродромно-диспетчерские центры (АДЦ) сектора подхода и круга, аэродромные КДП (сектора посадки, старта, руления) базового и периферийных аэродромов аэроузла и АДП базового и периферийных аэродромов аэроузла.

4.2. Новые функциональные задачи, решаемые в АС УВД «Спектр»

С целью дальнейшего повышения оперативной эффективности в АС УВД «Спектр» по сравнению с АС УВД «Старт» дополнительно автоматизируется решение ряда новых функциональных задач или существенно повышается уровень автоматизации задач, решаемых АС УВД «Старт», что превращает АС УВД «Спектр» в систему 2-3 уровня автоматизации.

Так, с целью внесения непосредственного вклада в повышение безопасности полетов в системе «Спектр» на основе автоматического анализа информации о текущей и прогнозируемой воздушной обстановке автоматически решены задачи обнаружения:

- нарушения норм эшелонирования;
- потенциально опасных сближений ВС;
- потенциально опасных сближений ВС с наземными препятствиями.

Решены задачи сбора, обработки и отображения метеоинформации, в результате чего информация об опасных метеоявлениях и воздушном пространстве отображается на ИВО, что очень важно для обеспечения безопасности полетов, а информация о фактической погоде на аэродромах аэроузла и запасных — на ИВО и на таблично-знаковых индикаторах (ТЗИ).

В системе осуществляется автоматический сбор, хранение, обработка, распределение и отображение информации планов полетов.

Информация планов полетов в виде снимков прибывающих и вылетающих ВС отображается на ТЗИ ДПК, обеспечивая с упреждением анализ складывающейся воздушной обстановки, а также на ИВО ДРУ.

Представление на ИВО ДРУ маршрутов полета по плану на основе точного расчета пространственно-временных траекторий полета обеспечивает возможность ДРУ со значительным упреждением анализировать и обнаруживать потенциально конфликтные ситуации.

В системе на основе точного расчета пространственно-временных траекторий полета по плановой информации, корректируемой по радиолокационной, автоматизируется решение задачи упорядочения потока ВС, заходящих на посадку и вылетающих, что вносит непосредственный вклад в повышение пропускной способности аэропорта.

В АС УВД «Спектр» обеспечивается прием информации от трех РЛК: двух основных и одного резервного. При этом обеспечивается объединение информации от двух РЛК.

В связи с отказом, как и ожидал разработчик, диспетчерского состава а/п Пулково работать с бумажными стрипами, поскольку эта работа — ручная и требует наличия второго диспетчера в секторе, и реализованными в системе по требованию Заказчика, разработчик для обеспечения гарантированного сохранения информации в случае катастрофического отказа системы вынужден был обеспечить автоматическую неразрушаемую фиксацию основной информации о текущей воздушной обстановке. Эта задача была решена использованием стрипопечатающих устройств, имевшихся в пультах.

Таким образом, существенно повышена продуктивность системы.

Система предоставляет возможность руководителю полетов АДЦ:

— с упреждением на всю глубину смены анализировать нагрузку аэродрома и принимать обоснованные решения по организации работы диспетчерского персонала;

— контролировать с рабочего места в реальном времени работу диспетчерского персонала и в случае необходимости оперативно оказывать помощь;

— оперативно получать информацию и проводить анализ сигналов о потенциально конфликтных ситуациях и ряда других.

В АС УВД «Спектр» реализовано документирование информации о воздушной обстановке и процессе управления во всех деталях, включая выполнение диспетчерами технологических операций и их воспроизведение на резервных рабочих местах.

4.3. Особенности архитектуры и основные технические решения

С целью улучшения экономических характеристик предусмотрена возможность комплектования систем различной инструментальной емкости и уровня автоматизации для обеспечения экономичного удовлетворения потребностей аэропортов и аэроузлов с различными объемами движения. Для этого система разработана модульной с распределенной обработкой и структурой.

Центральный комплекс обработки информации выполнен с тремя уровнями производительности:

- на базе 4- и 2-процессорного вычислительного комплекса модульной аппаратуры сопряжения со средствами отображения и каналами передачи данных;

- на базе встраиваемых микро-ЭВМ в виде модуля радиолокационного шунта, включающего в себя средства сопряжения с источниками информации и аппаратурой отображения.

Создание на базе микро-ЭВМ модуля радиолокационного шунта, осуществляющего автоматизацию решения функциональных задач на уровне, аналогичном АС УВД «Старт», наиболее экономично решает задачу обеспечения непрерывности функционирования системы «Спектр» при отказах центрального комплекса обработки полномасштабной системы. Кроме того, этот модуль обеспечивал возможность создания на базе технических средств АС УВД «Спектр» системы 1-го уровня автоматизации, допускающей ее наращивание как по уровню автоматизации, так и по инструментальной емкости. При этом наращивание может производиться без замены оборудования.

На базе встраиваемых микро-ЭВМ, кроме модуля радиолокационного шунта, выполнен и ряд других модулей системы:

- первичной обработки радиолокационной информации АПОИ-С2;
- группового управления передачей данных;
- унифицированного модуля яркостного отображения;
- аппаратуры сопряжения АКДП и каналов передачи данных.

Исполнение ряда модулей на базе микро-ЭВМ вследствие расширения их функциональных возможностей снизило загрузку ЦВК и, таким

образом, дало возможность в более широких масштабах изменять емкость и уровень автоматизации системы.

Индикаторы воздушной обстановки созданы на вновь разработанной для АС УВД «Спектр» ЭЛТ «Габарит» ($d = 60$ см) и реализуют координатно знаковый способ отображения, предложенный специалистами ВНИИРА в 1966 г. еще в период разработки АС УВД «Старт». В них реализовано строковое, полностью цифровое формирование изображения.

Для предотвращения аппаратурной избыточности при изменении комплектации системы в широких пределах выполнены распределенными по структуре:

- системы электропитания;
- аппаратура коммутации радиосвязи;
- аппаратура наземной голосовой связи.

4.4. Основные данные АС УВД «Спектр»

В состав системы входят:

- аэродромно-диспетчерский центр (АДЦ);
- аэродромные командно-диспетчерские пункты (АКДП) аэродрома базирования и двух смежных;
- выносные индикаторы аэродромных диспетчерских пунктов (АДП) и метеопунктов аэродрома базирования и смежных аэродромов.

По инструментальной емкости (числу секторов управления, охватываемых автоматизацией без учета резервирования) системы могут комплектоваться пультами или выносными индикаторами следующим образом:

АДЦ — 1 комплект в составе:

- пульты подхода и круга 2—10 шт.
- пульты ассистента 1—3 шт.
- пульты посадки 1—2 шт.
- пульт руководителя полетов 1 шт.

АКДП — 1—3 комплекта в составе:

- пульт РПА 1—3 шт.
- пульты руления 1—4 шт.
- пульты старта 1—4 шт.
- пульты посадки 1—4 шт.

АДП — 1—4 комплекта, метеопункты — 1—4 комплекта.

Система сопрягается и обеспечивает прием, обработку информации и решение функциональных задач при использовании следующих источников:

- до двух радиолокационных комплексов, включающих первичную и вторичную РЛС;

- до трех 8-канальных автоматических радиопеленгаторов с возможностью удаления их на большие расстояния;
- до четырех комплексных радиотехнических метеорологических станций (КРАМС);
- центра коммутации сообщений сети АФТН;
- автоматизированного МРЛ.

АС УВД «Спектр» разработана как модульная система, в результате чего обеспечивается возможность комплектования унифицированного ряда систем различной производительности для аэродромных и аэроузловых диспетчерских районов путем использования одного из базовых исполнений системы и модульного наращивания необходимым количеством указанных выше пультов подхода и круга, посадки и выносного пункта в зависимости от потребностей конкретного аэропорта или аэроузла.

В аэроузловом варианте система «Спектр» может обслуживать зону аэродрома базирования системы и до двух смежных аэродромов аэроузла.

Первый серийный комплект АС УВД «Спектр», выполненный в расширенной аэроузловой комплектации, введен в эксплуатацию в 1996 г. в аэропорту Минск-2 в качестве районно-аэродромной АС УВД, обеспечивая процессы УВД в Минском аэроузле и районе, охватывающем Республику Беларусь.

Головной образец системы «Спектр» на протяжении более 6 лет эксплуатируется в аэропорту Пулково и подтвердил высокую надежность: за 50 тыс. час. эксплуатации имел место один отказ по причине дефекта в системе гарантированного электропитания.

Успешное решение в АС УВД «Спектр» задач комплексной обработки как радиолокационной, так и плановой информации и успешной интеграции радиолокационной и плановой подсистем (в отличие от РЛС УВД «Стрела») по результатам госиспытаний привели Заказчика к выводу о целесообразности поручения ВНИИРА разработки интегрированной аэродромно-районной АС УВД «Синтез». В результате разработка АРЛС УВД «Синтез» была задана ВНИИРА Постановлением Совета Министров СССР от мая 1988 г.

5. Интегрированная аэродромно-районная АС УВД «Синтез»

Достигнутые ВНИИРА успехи в создании аэродромно-узловой АС УВД «Спектр», успешно решающей задачи автоматизации и сбора, обработки и отображения как радиолокационной, так и плановой информации, а также их интеграции, обеспечили в 1986 г. выбор Заказчиком ВНИИРА в качестве разработчика интегрированной аэродромно-районной АС УВД средней емкости.

Разработка АРЛС УВД «Синтез» задана Постановлением Совета Министров СССР от 5.05.1988 г. Ее выполнение предусматривалось на базе ТС и ПО аэроузловой АС УВД «Спектр» путем наращивания районной частью.

Задержки в согласовании ТЗ (1989 г.) и заключении договора (1990 г.), стремительное развитие вычислительных средств и средств отображения, изменившаяся ситуация в части возможности использования новейших вычислительных средств производства западных фирм привели разработчика к выводу о целесообразности разработки АРЛС УВД «Синтез» не путем наращивания АС УВД «Спектр», а как новой системы третьего поколения: базовой, модульной, с распределенной обработкой и открытой архитектурой, выполняемой на новейших технических средствах, обеспечивающей создание унифицированного ряда систем, экономически эффективно удовлетворяющих потребности в УВД любых районов, аэроузлов и аэродромов.

Предложения по этому поводу были приняты Заказчиком.

Финансирование разработки АРЛС УВД «Синтез» было возобновлено с сентября 1994 г. после совместного приказа Минтранса РФ и Госкомоборонпрома (май — июнь 1994 г.), определившего в качестве Заказчика Комиссию по регулированию воздушного движения «Росаэронавигация».

Принципиальное отличие условий разработки АРЛС УВД «Синтез» от АС УВД «Старт» и «Спектр» состоит в следующем.

Раньше разработчику системы приходилось разрабатывать практически полный спектр необходимых технических средств и исключительно на отечественной элементной базе, что приводило к значительному отставанию отечественных систем по техническому уровню. Ко времени разработки открылась возможность использования современных технических средств западного производства (имеют место только экономические ограничения), что, при соответствующем их выборе, обеспечивало возможность создания эффективных АС УВД, не уступающих по техническому уровню западным, но существенно более низких по стоимости.

Рациональным подходом к выбору вычислительных средств и средств отображения разработчик АРЛС УВД «Спектр» считал выбор стандартных средств, производимых широким кругом фирм разработчиков и производителей, что обеспечивало их быстрое развитие и высокий технический уровень, относительно низкую стоимость, исключало возможность ценового произвола и включало возможность использования новейших средств по мере их развития.

В результате по совокупности факторов в качестве вычислительных средств выбран ряд *IBM-совместимых PC AT*.

Разработчик системы добивался максимальной стандартизации и средств системного программного обеспечения (ПО). Использование стандартных технических средств и стандартного системного ПО позволят обеспечить не только возможность использования новейших вычислительных средств и средств отображения при укомплектовании головного образца системы, но также возможность их применения при тиражировании системы, а также в будущем упростит переход на новую вычислительную платформу.

Открылись принципиально новые возможности по кардинальному усовершенствованию взаимодействия человек — машина, являющегося решающим фактором по обеспечению высокой оперативной эффективности системы. Такие возможности открываются оконной технологией работы (вместо клавишной), позволяющей значительно упростить пультые операции, сократить время их выполнения и снизить умственную нагрузку и исключить ошибки диспетчеров.

Стационарная интегрированная аэродромно-районная автоматизированная система УВД (АРАС УВД) «Синтез» предназначена для обеспечения безопасности и повышения экономичности полетов авиации различных ведомств:

- на воздушных трассах и во внутрассовом пространстве;
- в районах аэродромов и аэроузла, включая аэродромы совместно базирования и аэроузлы, используемые авиацией различных ведомств;
- в зонах взлета и посадки аэродромов ГА и других ведомств.

5.1. Основные задачи, решаемые системой АРАС УВД «Синтез»

- автоматический сбор, обработка, объединение информации от нескольких РЛК и отображение информации о воздушной обстановке;
- автоматический сбор, обработка, распределение, отображение и рассылка информации планов полетов;
- отображение плановой информации;
- проверка текущих планов на бесконфликтность между самолетами, самолетами с зонами ограничений, самолетами с опасными метеоявлениями и отображение конфликтующих планов;
- автоматический расчет планируемых пространственно-временных траекторий полета и отображение их на индикаторах планирования управления;

- решение задачи анализа воздушной обстановки и выработки рекомендаций по обеспечению бесконфликтности планов полетов;
- контроль за нагрузкой секторов, отдельных точек входа, аэропортов и регулирование потоков;
- автоматическая выработка рекомендаций о необходимости поддержки ВС по причине занятости ВПП или перегрузки секторов;
- автоматизированное оставление разрешений и управляющих команд на этапе текущего планирования;
- автоматизированное представление на индикаторе планирования управления секторов УВД прогнозируемой воздушной обстановки и обеспечение выработки бесконфликтной траектории полета при полетах по фиксированным маршрутам, а также со свободным использованием воздушного пространства с учетом наличия на борту средств зональной навигации;
- автоматический контроль за выдерживанием бесконфликтной траектории полета с выдачей рекомендаций для принятия решения диспетчером;
- автоматическая выработка управляющих команд при заходе на посадку с целью выдерживания очередности и безопасных интервалов;
- обнаружение потенциально конфликтных ситуаций по данным автосопровождения и предупреждение диспетчеров УВД об опасностях;
- документирование и воспроизведение информации о воздушной обстановке и процессе управления и технического состояния системы;
- тренировка диспетчерского персонала;
- контроль функционирования и управления системой.

В дальнейшем предусматривается возможность наращивания АРАС УВД «Синтез» функциями спутниковой системы автоматического зависящего наблюдения (АЗН) и цифровой линией передачи данных (ЦЛПД).

5.2. Состав и структура системы

Система состоит из аэродромно-районного диспетчерского центра (АРДЦ), аэродромных командно-диспетчерских пунктов ГА (АКДП ГА) аэропорта базирования аэроузла, аэродромного командно-диспетчерского пункта ведомственной авиации (АКДП ВА), АКДП периферийных аэропортов района (АКДП ПАР) и выносных абонентских пультов аэродромов и командных пунктов ведомственной авиации (КП ВА). По своей архитектуре АРАС УВД «Синтез» является открытой модульной системой, построенной вокруг локальной вычислительной сети (ЛВС) с распределенной структурой и обработкой информации.

АРАС УВД «Синтез» реализуется на основе использования стандартных вычислительных средств и средств отображения широкого применения и стандартных средств системного и общего программного обеспечения. В АРАС УВД «Синтез» использовались *IBM* совместимые ПЭВМ типа *PC AT486* (586) и растровые индикаторы высокого разрешения.

Использование *UNIX* подобной операционной системы реального времени *OS-9000* обеспечивало возможность, при необходимости, относительно простого перехода на другие вычислительные средства (платформы).

По своим характеристикам АРАС УВД «Синтез» удовлетворяла рекомендациям *ICAO*, *FANS*, *FEATS*, Евроконтроля.

АРАС УВД «Синтез» является базовой системой и обеспечивает возможность создания на ее основе аппаратно-программных модулей унифицированного ряда АС УВД:

- аэродромно-районных (АРАС УВД);
- районных (РАС УВД);
- аэроузловых (АУАС УВД);
- аэродромных (ААС УВД);
- средств малой автоматизации.

5.3. Инструментальные характеристики системы

Реализуемая в АРАС УВД «Синтез» новая структура и выбранные новые вычислительные средства и средства отображения обеспечивают следующие инструментальные характеристики:

- количество обзорных РЛК аэродромных и районных — до 10;
- количество автоматических радиопеленгаторов — до 10;
- количество аппаратуры «Метеоячейка-С» — до 8;
- количество повторяющихся планов полетов — до 10000;
- количество суточных и текущих планов полетов — до 3000;
- количество активных планов полетов — до 300–400;
- количество одновременно сопровождаемых самолетов — до 300;
- суммарное количество рабочих диспетчерских пультов круга, подхода и района — до 25;
- количество АКДП ГА, включающих пульты руководителя полетов, старта и руления — до 5;
- АКДП ведомственной авиации — до 2;
- выносных ТЗИ:
- АДП — до 5;
- ОПН — до 3;
- АМСГ — до 3;
- АТИС — до 3.

6. Заключение

Работы, выполненные коллективом ученых и специалистов НИИ-33 — ВНИИРА, оказали существенное влияние на повышение эффективности и безопасности воздушного движения в СССР и Российской Федерации.

Анализ деятельности НИИ-33 — ВНИИРА в области создания автоматизированных систем управления воздушным движением демонстрирует использование специалистами ВНИИРА актуальных подходов к решению научно-технических задач, соответствующих технологическому уровню развития.

Методология «компендиум — таблица — инфографика» (КТИ) с использованием ленты времени (*timeline*), рис. 1, является важным инструментом снижения размерности контента и визуализации информации в историографии науки и техники.

Настоящей статьей в научный оборот введены новые сведения, касающиеся деятельности НИИ-33 — ВНИИРА в области создания автоматизированных систем управления воздушным движением.

Табл. 1. Общие параметры автоматизированных систем управления воздушным движением, разработанных в НИИ-33 — ВНИИРА.

Table 1. General parameters of automated air traffic control systems developed at Research Institute 33 – VNIIRA

Название оборудования	Годы разработки	Особенности
АС УВД «Марка»	1958—1962	— отображение на разных индикаторах — потери автосопровождения — серийный выпуск — нет
АС УВД «Старт»	1972—1975	— резервирование — сопряжение с трассовыми РЛС — «информационный шунт» — производство: 1976—1986 — количество комплектов: 18
АС УВД «Спектр» («Старт-2»)	1978—1979	— контроль норм эшелонирования — контроль опасных сближений ВС — производство: с 1979 — количество комплектов: 2
АС УВД «Синтез»	1988—1994	— работа на и вне воздушных трасс — совместимость с оборудованием различных ведомств

Благодарности

Авторы статьи благодарят рецензента — доктора технических наук, профессора СПбГУ ГА Ю. Т. Криворучко за ряд ценных замечаний и уточнений.

Список литературы

1. Криворучко Ю. Т., Шатраков Ю. Г. Создание микроволновой радиомаячной инструментальной системы посадки для высокоманевренных самолетов в СССР // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2024. Т. 7, № 4. С. 780—797.
2. Криворучко Ю. Т. 50 лет в строю Всесоюзного научно-исследовательского института радиоаппаратуры (ВНИИРА) // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2025. Т. 8, № 5. С. 835—860.
3. Ермолов П. П. Методология «компендиум — таблица — инфографика» (КТИ) в историографии науки и техники // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2025. Т. 8, № 1. С. 124—151.
4. Ермолов П. П., Катеринчук В. И., Слёзкин Г. В. История создания радиотехнических систем ближней навигации в НИИ-33 — ВНИИРА (1951—2005) // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2026. Т. 9, № 3. С. 493—522.
5. НИИ-33 / ВНИИРА (рукопись). СПб., 2011. 377 с.

Сведения об авторах

Ермолов Павел Петрович, кандидат технических наук, доцент, профессор инженерного факультета Высшей технологической школы «Севастопольский приборостроительный институт» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Российская Федерация. ORCID: 0000-0001-9089-974X.

Слёзкин Геннадий Витальевич, старший преподаватель инженерного факультета Высшей технологической школы «Севастопольский приборостроительный институт» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Российская Федерация.

Катеринчук Виктор Иванович, аспирант инженерного факультета Высшей технологической школы «Севастопольский приборостроительный институт» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Российская Федерация.

Годы разработки систем управления воздушным движением в НИИ-33 – ВНИРА

	1958	1962	1972	1975	1978	1979	1988	1994
«Марка»	– отображение на разных индикаторах – потери затопсоровождения – серийный выдиск – нет							
«Смар»	– резервирование – сопряжение с трассовыми РПС – «информационный шунт» – производство: 1976–1986 – количество комплектов: 18							
«Снектр» [«Смар-2»]	– контроль норм эшелонирования – контроль опасных сближений ВС – производство: с 1979 – количество комплектов: 2							
«Синтез»	– работа на и вне воздушных трасс – совместимость с оборудованием различных ведомств							
	1958	1962	1972	1975	1978	1979	1988	1994

Рис. 1. – Fig. 1.

History of the Creation of Automated Air Traffic Control Systems at Research Institute 33 – VNIIRA (1958–1994)

P. P. Yermolov, V. I. Katerinchuk, and G. V. Slyozkin

Sevastopol State University

33 Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russian Federation

ppyermolov@sevsu.ru

Received: March 14, 2026

Peer-reviewed: April 15, 2026

Accepted: April 15, 2026

Abstract: This article presents the history of the development of automated air traffic control systems (ATCS) at Research Institute 33 — VNIIRA from 1958 to 1994. It examines the early development of automated ATCS systems (the “Marka” ATCS), the domestic “Start” ATCS, the “Spektr” (“Start-2”) aerodrome-junction automated ATCS with an advanced level of automation, and the “Sintez” integrated aerodrome-district ATCS. The results of this study are visualized using the “compendium-table-infographics” (CTI) methodology, based on three sequential levels of content transformation.

Keywords: Research Institute-33, All-Russian Research Institute of Radio Equipment (VNIIRA), automated air traffic control systems (ATCS) “Marka”, ATCS “Start”, ATCS “Spektr”, ATCS “Sintez”, visualization, “compendium – table – infographics” methodology.

For citation (IEEE): P. P. Yermolov, V. I. Katerinchuk, and G. V. Slyozkin, “History of the Creation of Automated Air Traffic Control Systems at Research Institute 33 – VNIIRA (1958–1994),” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 9, no. 4, pp. 687–715, 2026, doi: 10.21227/1ajc-1g69. (In Russ.).

References

- [1] Yu. T. Krivoruchko and Yu. G. Shatrakov, “Creation of Radio Beacon Instrument Landing Systems for the Highly-Maneuverable Aircrafts in USSR,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 7, no. 4, pp. 780–797, 2024.
- [2] Yu. T. Krivoruchko, “Fifty Years in the Troops of All-Union Scientific Research Institute of Radio Equipment,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 8, no. 5, pp. 835–860, 2025. (In Russ.).
- [3] P. P. Yermolov, “The Compendium–Table–Infographics (CTI) Methodology in the Historiography of Science and Technology,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 8, no. 1, pp. 124–151, 2025.
- [4] P. P. Yermolov, V. I. Katerinchuk, and G. V. Slyozkin, “History of the Development of Short-Range Radio Navigation Systems at Research Institute 33 – VNIIRA (1951–2005),” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 9, no. 3, pp. 493–522, 2026. (In Russ.).
- [5] Research Institute – 33 / VNIIRA (mss). St. Petersburg, 2011. (In Russ.).

Information about the authors

Pavel P. Yermolov, Candidate of Technical Sciences, Professor in the Engineering Department of the Higher Technological School “Sevastopol Instrument-Making Institute” of Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-9089-974X.

Gennady V. Slyozkin, Senior Lecturer in the Engineering Department of the Higher Technological School “Sevastopol Instrument-Making Institute” of Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation.

Viktor I. Katerynychuk, Postgraduate Student in the Engineering Department of the Higher Technological School “Sevastopol Instrument-Making Institute” of Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation.