

A-45

1460 / 2-77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



18/10-77

P10 - 10317

А.В.Алакоз, А.А.Карлов, Э.Д.Лапчик, М.Г.Мещеряков,
Б.П.Наумов, Л.В.Тутышкина, В.Н.Шкунденков

КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ
НА СКАНИРУЮЩЕМ АВТОМАТЕ АЭЛТ-1
ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О СКОРОСТЯХ,
ВЫСОТАХ И ПЕРЕГРУЗКАХ САМОЛЕТОВ

1976

P10 - 10317

А.В.Алакоз, А.А.Карлов, Э.Д.Лапчик, М.Г.Мещеряков,
Б.П.Наумов, Л.В.Тутышкина, В.Н.Шкунденков

**КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ
НА СКАНИРУЮЩЕМ АВТОМАТЕ АЭЛТ-1
ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О СКОРОСТЯХ,
ВЫСОТАХ И ПЕРЕГРУЗКАХ САМОЛЕТОВ**

Направлено в Труды Всесоюзного совещания "Экспериментальные методы и аппаратура для исследования турбулентности". Новосибирск, 1976.



Алакоз А.В., Карлов А.А., Лапчик Э.Д.,
Мешеряков М.Г., Наумов Б.П., Тутышкина Л.В.,
Шкунденков В.Н.

P10 - 10317

Комплекс обработки на сканирующем автомате
АЭЛТ-1 графической информации о скоростях,
высотах и перегрузках самолетов

Сканирующий автомат с управляемой от ЭВМ электронно-лучевой трубкой АЭЛТ-1 предназначен для обработки 35-миллиметровых фильмов (кинолент). Данная статья описывает программный комплекс для обработки графиков скорости, высоты и перегрузки, записываемых в процессе полетов самолетов типа ИЛ-18 и др.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники
и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Alakoz A.V., Karlov A.A., Lapchik E.D.,
Meshcheryakov M.G., Naumov B.P.,
Tutyshkina L.V., Shkundenkov V.N.

P10 - 10317

Processing Complex with Scanning Device AELT-1
for Handling of Grafic Information on
Speeds, Heights and Overloading of Airplanes

Scanning device AELT-1 with CRT controlled by computer is intended for handling 35 mm films. Soft ware for graph handling of speeds, heights and overloading to be written during flights of airplanes IL-18, etc., is described.

The investigation has been performed at the
Laboratory of Computing and Automatisation Techniques.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1976

Сканирующий автомат АЭЛТ-1

Разработанный в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) сканирующий автомат АЭЛТ-1 [1] предназначен для обработки информации на 35-мм фильмах. С 1973 года автомат находится в эксплуатации и используется для массовой обработки фотоснимков широкоазорной искровой камеры [2]. В результате обработки измеренных на автомате 60 тысяч событий получены новые физические данные [3].

Ввиду важности использования разработок ОИЯИ в других областях науки и народного хозяйства, с 1974 года на автомате АЭЛТ-1 были начаты исследования по применению его для обработки кинолент с полетной (авиационной) информацией и был создан соответствующий программный комплекс.

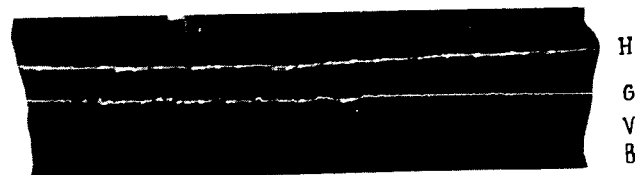
Автомат АЭЛТ-1 проводит измерение информации с помощью управляемой от ЭВМ электронно-лучевой трубки. Отличительной особенностью автомата является наличие мониторной системы диалога человек-ЭВМ. В её состав входят дисплей-монитор, световой карандаш, схема управления уровнем дискриминации сигнала на выходе измерительного устройства, оптический экран для проецирования обрабатываемого кадра и функциональная клавиатура. Применение перечисленных средств диалога позволяет оказывать помощь программе ЭВМ как на этапе обработки измеренной информации, так и на этапе самого измерения. Это дает возможность достичь высокой эффективности и при обработке кинолент с графиками полетной информации сыграло определяющую роль в автоматизации данного процесса.

Другой важной особенностью автомата АЭЛТ-1 является возможность в случае необходимости останавливать измерение после каждой строки сканирования и проводить обработку только что измеренной информации. Это позволяет делать измерение более гибким и открывает дополнительные возможности при обработке информации (особенно на этапе опознавания) по сравнению с известным методом сканирования снимка с помощью миниэстра (слайса), содержащего десятки или даже сотни строк. Эта возможность достигнута благодаря применению для управления ЭЛТ достаточно мощной ЭВМ, способной самостоятельно вести обработку измеренной информации.

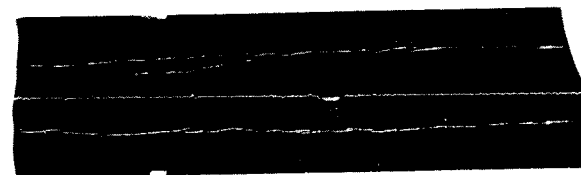
Измерения ведутся с помощью строк, положение которых определяет ЭВМ. Разрешающая способность - 30 мкм. Точность измерения вдоль строк (поперек киноленты) - 15 мкм, вдоль кадровой развертки без специальной калибровки - 25-50 мкм. Размер рабочего кадра - 26x19 мм. Управляющая ЭВМ БЭСМ-4 имеет 12К 45-разрядных слов оперативной памяти, 64К памяти на магнитных барабанах, быстродействие - около 16 тысяч операций в секунду.

Обрабатываемая полетная информация. Особенности обработки

Обрабатываемая на АЭЛТ-I полетная информация (рис. 1) представляет собой графики скорости, высоты и перегрузки, записанные на 35-мм киноленту в процессе полетов самолетов. Кроме того, имеется базовая линия, относительно которой ведутся все измерения. Регистрируемые графики не пересекаются между собой, что облегчает процесс их распознавания. Однако на отдельных участках киноленты встречаются царапины, пересекающие графики, и другие дефекты, а также могут иметь место разрывы самих графиков, вызванные неправильной работой самописца. Типичная длина графиков одного полета равна 1-2 м, они обрабатываются по участкам длиной 19 мм каждый и затем "сшиваются". Измерения на каждом кадре ведутся через 0,3 мм, что отвечает требованиям анализа наиболее характерных колебаний линии перегрузки (остальные графики идут более плавно и не требуют столь высокой плотности измерений). Практически в графиках каждого полета на указанной длине киноленты 1-2 м встречаются те или иные дефекты, автоматическая обработка которых с помощью программ ЭВМ, как показывает опыт, не является целесообразной (это требует больших и сложных программ опознавания, что ведет к замедлению скорости обработки и необходимости иметь чрезмерно большую память). Оставить эти участки для повторного домера с помощью полуавтоматов, как это делается для части фотоснимков в экспериментальной ядерной физике, здесь представляется чрезвычайно затруднительным, в частности, из-за сложности точного указания места отката при столь длинных графиках. Наиболее правильным подходом в данном случае, на наш взгляд, является активное участие человека в процессе измерения, которому предоставлена возможность использовать мониторную систему диалога с ЭВМ как при оказании помощи на этапе измерения (зацикленное сканирование участка киноленты и вывод изображения на мо-



H
G
V
B



H
G
V
B

Рис. 1. Графики скорости (V), высоты (H) и перегрузки (G), записанные на киноленту в процессе полетов самолетов. Измерения ведутся относительно базовой линии (B).
На нижнем рисунке видна царапина, пересекающая график высоты (H).

нитор, ручное управление уровнем дискриминации), так и на этапе опознавания графиков и фильтрации полезной информации (дисплей со световым карандашом, оптическое изображение обрабатываемого участка киноленты).

В процессе диалога с ЭВМ оператор использует также функциональную клавиатуру. Как и в случае [2], с помощью функциональной клавиатуры он может набирать тот или иной комплект программ, меняя алгоритм и степень автоматизации обработки в зависимости от стоящей на данном этапе задачи и качества обрабатываемого участка киноленты. В целом это делает процесс обработки более гибким и облегчает решение поставленной задачи: обрабатывать на сканирующем автомате информацию от всех полетов, в том числе содержащих участки с низким качеством изображений.

Программный комплекс

Киноленты с полетной информацией перед обработкой просматриваются, в конце каждого полета наносится специальная метка. Данные о полетах (номер полета, взлетный и посадочный вес самолета и др.) записываются на магнитную ленту ЭВМ и в дальнейшем переписываются на другую магнитную ленту перед началом измеренной информации от каждого полета.

Приступая к обработке графической информации очередного полета, оператор устанавливает киноленту так, чтобы в обрабатываемом кадре была видна точка, соответствующая моменту взлета самолета. Измерив этот кадр, оператор отмечает на дисплее с помощью светового карандаша по одной точке в начале каждого графика и точку взлета самолета, а затем даёт приказ начать обработку в автоматическом режиме.

В основу распознавания графиков положен метод, получивший название "шнуров" (string) [4]. Зная положение одной точки на графике, программа ЭВМ строит коридор ожидания (ширина 0,4 мм), в который должна попасть следующая точка данного графика. Выполнив измерение на расстоянии 0,3 мм от известной точки и обнаружив попадание в коридор ожидания очередной точки, программа считает её принадлежащей к измеряемому графику. Затем строится коридор ожидания относительно новой найденной точки, делается следующее измерение, и процесс обработки повторяется.

Иногда в коридор ожидания не попадает ни одной точки или попадает больше одной. В случае, когда нет ни одной точки, коридор расширяется до 1,4 мм и поиск точки повторяется. Если и в этом случае в коридор не попадает ни одной точки, а также при условии, что в коридор попадает больше одной точки, нарушается принцип "одна и только одна" — данное измерение отбрасывается и программа переходит к измерению и обработке информации на следующей строке. При этом коридор ожидания строится по-прежнему относительно последней найденной точки на графике. Если на нескольких строках подряд не удается найти точек, принадлежащих графику, то процесс автоматического распознавания прекращается и программа обращается за помощью к оператору. При этом данный кадр сканируется до конца, затем вся измеренная информация выводится на дисплей и одновременно осуществляется оптический вывод измеренного кадра (на оптический экран). Если оператор видит, что причиной отказа в работе программы автоматического распознавания была внешняя помеха (например, царапина), он с помощью светового карандаша отмечает точки, принадлежащие измеренному графику. Если же причиной отказа была неправильная настройка режима измерения (например, из-за неправильного уровня дискриминации на дисплее оказалось мало точек или, наоборот, слишком много точек из-за шумов), то оператор по соответствующему приказу делает переход на режим циклического сканирования данного участка графика и, ориентируясь по изображению на экране монитора, устанавливает оптимальный режим считывания информации. После этого он отдает ЭВМ приказ повторить измерение в автоматическом режиме.

Если же причиной отказа оказывается ослабление контрастности графика (неправильная работа самописца), то оператор с помощью монитора настраивает измерение так, чтобы появились измеренные точки графика хотя бы даже при большом количестве шумов. Автоматическое опознавание в этом случае выключается, чтобы избежать весьма вероятной при данном алгоритме потери полезной информации. После этого, используя дисплей, оператор вручную указывает световым карандашом на экране те точки, которые принадлежат графику. Этот же режим (режим "спасения") используется для обработки особенно загрязненных или исцарапанных участков киноленты.

В случае разрыва графика, обнаруженного в процессе автоматического опознавания, оператор также использует режим ручного мечения точек на "оторванной" части графика, используя дисплей и световой карандаш.

Причиной отказа может служить также неправильная настройка фокусировки луча ЭЛТ и канала формирования отсчётных импульсов [1]. Анализируя после каждой строки сканирования контрольное число отсчётных импульсов (Q), поступивших в схему кодирования за время данной строки, программа следит за правильностью работы отсчётного канала. Если имел место сбой (сбой Q), то измерение на данной строке повторяется до 4 раз. Это позволяет преодолеть краткосрочные внешние помехи (скачки в электрической сети и др.). Если на кадре число строк, на которых имел место не преодоленный сбой Q , превысило некоторую предельную величину, то об этом сообщается оператору (через дисплей), и тот, ориентируясь по глубине модуляции сигнала на экране осциллографа (определяется качеством фокусировки луча), может провести необходимую настройку режима работы автомата. Затем повторяет измерение данного кадра.

Наиболее сложным процессом является распознавание графика перегрузки. В дополнение к описанной методике измерения графиков здесь приходится также устанавливать факт отсутствия перегрузки или её наличие. При распознавании учитывается, что в отсутствие перегрузки график идет в сравнительно узком коридоре и представлен довольно широкой линией; при наличии же перегрузки коридор резко расширяется, а линия делается тонкой. Анализ ширины линии перегрузки и попадание её в узкий или широкий коридор выполняет специальная программа определения перегрузки. Распознавание данной линии при наличии самой перегрузки осложняется ещё и тем, что график при этом носит немонотонный характер и отличается резкими перепадами. В результате в процессе поиска точек графика коридор ожидания приходится делать сравнительно большим (до 2 мм), и поэтому возрастает вероятность попадания в него помех. Из-за этого линия перегрузки для распознавания требует наиболее частого обращения к помощи оператора.

Распознавание всех графиков ведется по результатам обработки информации после сканирования очередной строки. Наряду с обработкой графиков также ведётся подсчёт времени полёта по длине обработанной киноленты; при этом учитывается, что во время пере-

грузки протяжка киноленты на самописце производится со скоростью, в шестьдесят раз превышающей скорость протяжки при отсутствии перегрузки.

Закончив измерение и распознавание графиков на одном кадре, программа ЭВМ осуществляет автоматическое управление протяжкой киноленты и переходит к обработке следующего кадра.

В конце каждого полета на киноленте нанесена специальная метка в виде набора параллельных линий. Обнаружив резкое возрастание количества измеряемой информации, программа обращается к оператору. Убедившись по оптическому изображению, что обработка информации об очередном полете закончена, оператор метит световым карандашом точку приземления самолета и даёт приказ, подтверждающий окончание обработки графиков данного полета и переход к обработке следующего.

На рис. 2 приведена блок-схема описанного программного комплекса.

Обработка по физическим программам

Измеренная от каждого полета информация в объеме 10-20 тысяч кодов координат точек, принадлежащих графикам, записывается на магнитную ленту. В дальнейшем она обрабатывается уже без участия сканирующего автомата по физическим программам. При этом проводится дополнительный контроль измеренной информации по специальным критериям (на монотонность, количество измеренной информации и др.), вследствие чего информация от некоторых полетов бракуется. На практике в настоящее время из 100 обработанных на АЭЛТ-I полетов успешно проходят контроль результаты для 60-70 полетов. Этот показатель можно увеличить за счёт организации обработки информации по физическим программам непосредственно во время процесса измерения и распознавания графиков.

Точность. Производительность

Как показала опытная эксплуатация программного комплекса, которая ведется с 1975 года, использованный метод отметки на дисплее точек в начале каждого графика с принятием этих точек за начальные отсчеты скорости, высоты и перегрузки обеспечивает достижение хороших физических результатов для графика высоты (~ 0,1 км), но недостаточно точен (содержит систематическую

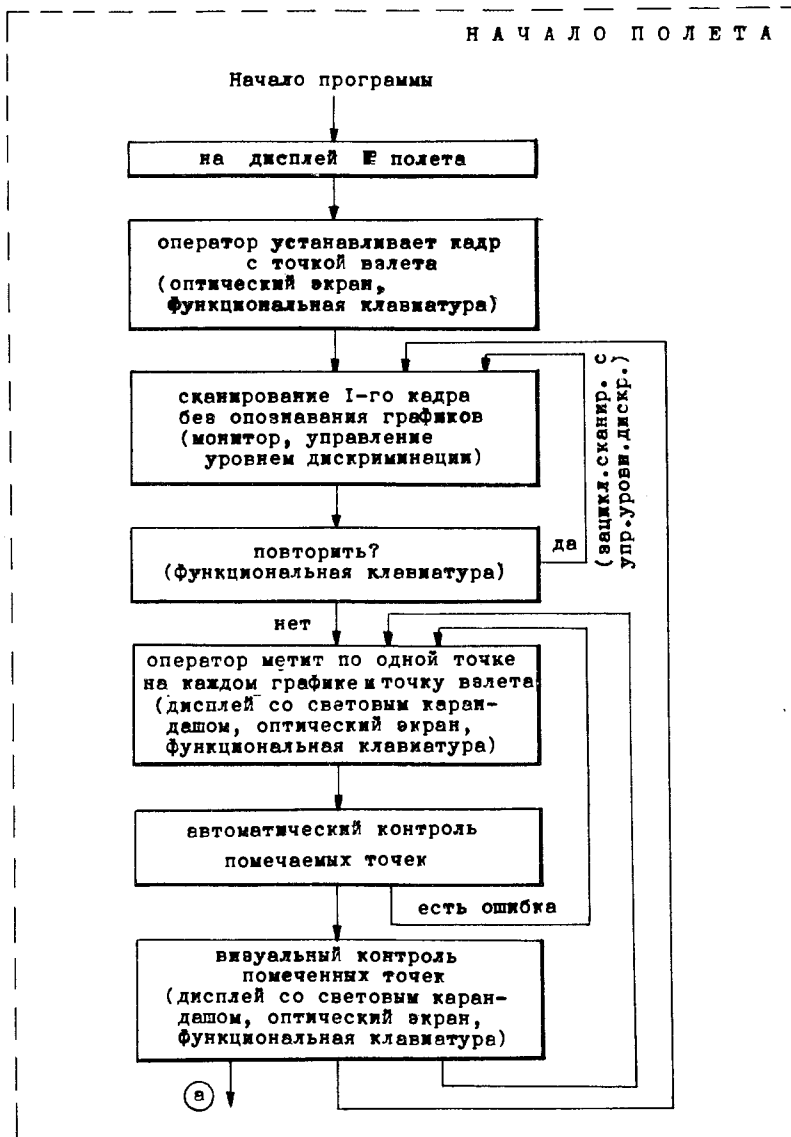


Рис.2 Блок-схема программного комплекса (лист 1)

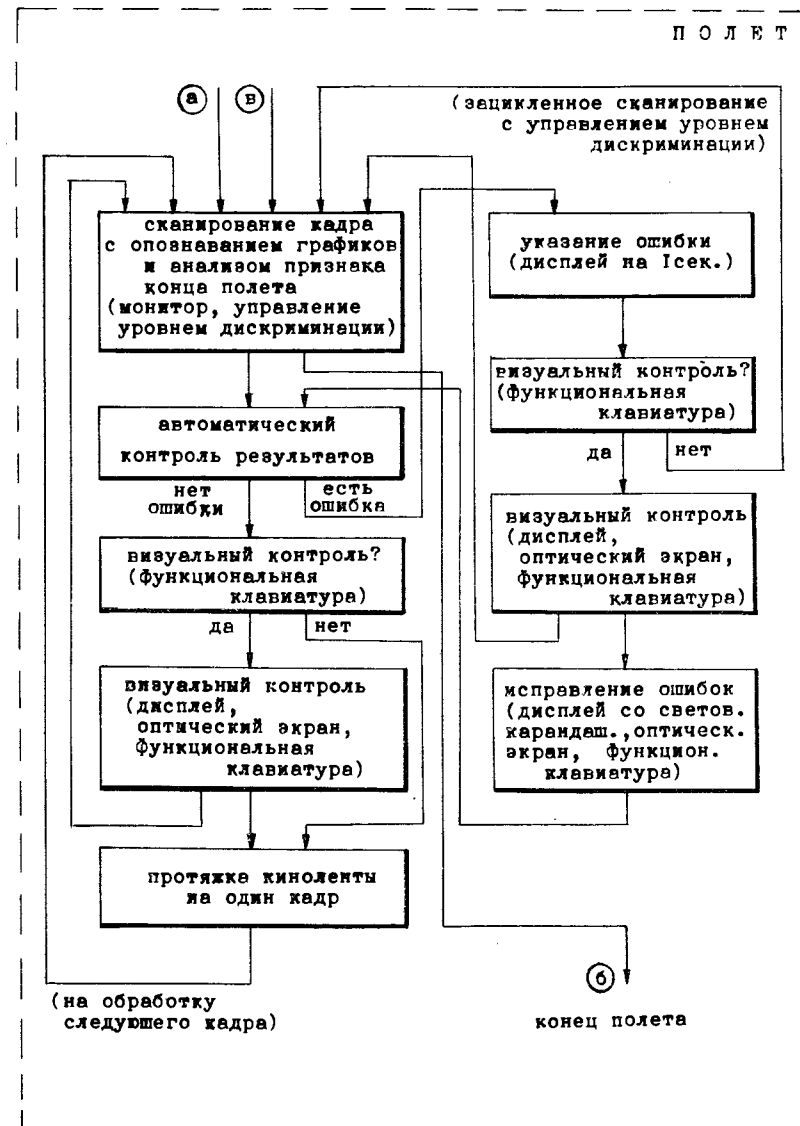


Рис.2 Блок-схема программного комплекса (лист 2)

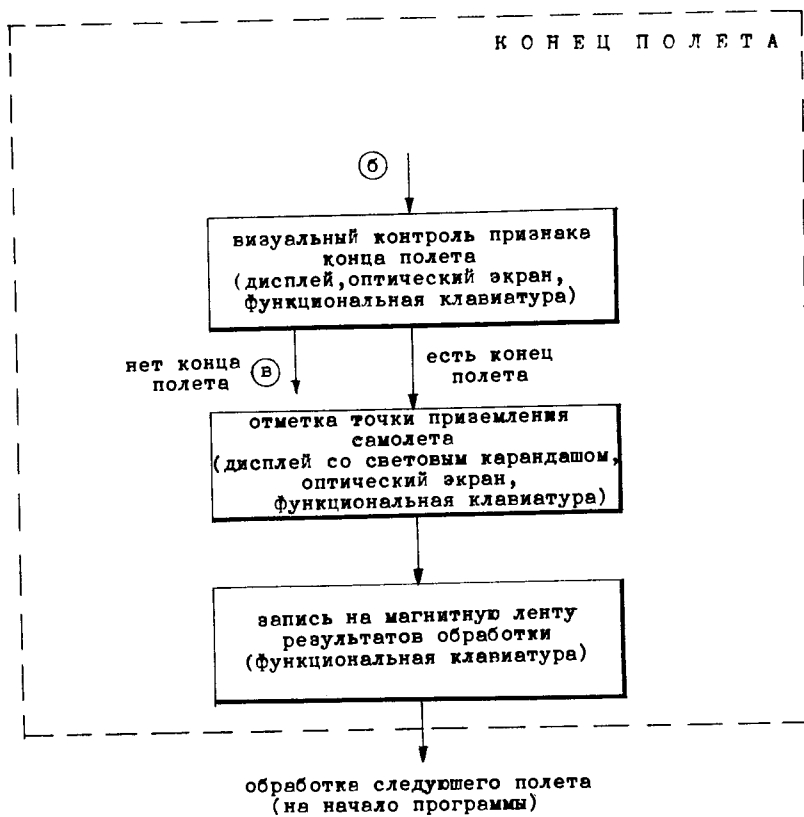


Рис.2 Блок-схема программного комплекса (лист 3)

ошибку) для графиков скорости и перегрузки. В последующем развитии программного комплекса планируется устранить установленные недостатки и повысить точность измерения начальных уровней графиков скорости и перегрузки путем использования специальной методики сканирования.

Время, затрачиваемое на обработку одной киноленты с графиками 5-10 полетов (кинолента длиной 12 м), составляет 1-2 часа (зависит от качества киноленты), обработка по физическим программам (с выдачей результатов на печать) - 40 мин.

Результаты обработки информации

По результатам обработки информации с самолетов Ил-18 получены бароспидограммы 359 полетов (при этом барограммы использованы для получения абсолютных значений высоты полета, а спидограммы дают картину относительного изменения скорости). На основе анализа барограммы построен типовой график полета с выделением зон ожидания, площадок разгона, режимов набора высоты, снижения и горизонтального полета. Определена вероятность полетов со сменной эшелонами, определяемая метеорологическими или экономическими условиями. Наличие большого числа бароспидограмм отдельных полетов (рис. 3) позволяет специалистам в области прочности самолетов, систем управления и летных данных использовать полученные результаты для улучшения технических характеристик самолетов.

В будущем планируется использовать систему обработки полетной информации также для самолетов Ил-62 и Ту-144. При этом массовая обработка кинолент будет проводиться на создаваемом совместно ОИИИ и ЦАГИ сканирующем автомате АЭЛТ-1М, который имеет совместимое с АЭЛТ-1 программное обеспечение.

