

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна**

P10-87-79

**В.Н.Бражко*, В.В.Иванов*, Э.Д.Лапчик,
В.М.Фомин*, В.Н.Шкунденков**

**О ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ
ЦВЕТНЫХ ПОЛУТОНОВЫХ ФИЛЬМОВ
НА АВТОМАТЕ АЭЛТ-2/160**

* Центральный аэрогидродинамический институт, Жуковский

1987

ВВЕДЕНИЕ

Созданный в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ сканирующий автомат АЭЛТ-2/160^{/1/} применяется для обработки фильмов с трековых детекторов. Для обработки фильмов с полутоновой информацией автомат был модифицирован, было создано и соответствующее программное обеспечение^{/2/}. На примере фильмов с тепловых установок ЦАГИ была показана перспективность применения автомата для обработки черно-белых полутоновых фильмов^{/3/}.

Цветные полутоновые фильмы по сравнению с черно-белыми имеют следующие особенности:

- более низкий коэффициент пропускания;
- повышенный уровень шумов.

Эти особенности обусловлены многослойной структурой эмульсионного покрытия и несоответствием спектра излучения сканирующей ЭЛТ /зеленая область/ и спектра пропускания фильма /желто-коричневая область для негативов/.

В настоящей работе приводятся результаты обработки цветного негативного фильма, полученного при исследовании нагревания модели обтекающим ее газовым потоком. При этом применялся метод термоиндикаторных покрытий. Сущность метода рассмотрена ниже.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для исследования процесса нагревания моделей газовым потоком последние целиком или только их поверхностный слой изготавливались из материала с малой теплопроводностью. Перед экспериментом модель покрывается тонким равномерным слоем термочувствительной краски /термоиндикатора/. В течение эксперимента ведется киносъемка модели одной или несколькими камерами с одновременной регистрацией на киноплёнке меток времени, начиная с момента вхождения модели в поток. О величине коэффициента теплоотдачи судят по времени, которое проходит от начала эксперимента до момента достижения критической температуры /температуры плавления/ термоиндикатора в рассматриваемой точке поверхности модели: чем меньше это время, тем больше местный коэффициент теплоотдачи. Величина коэффициента из-

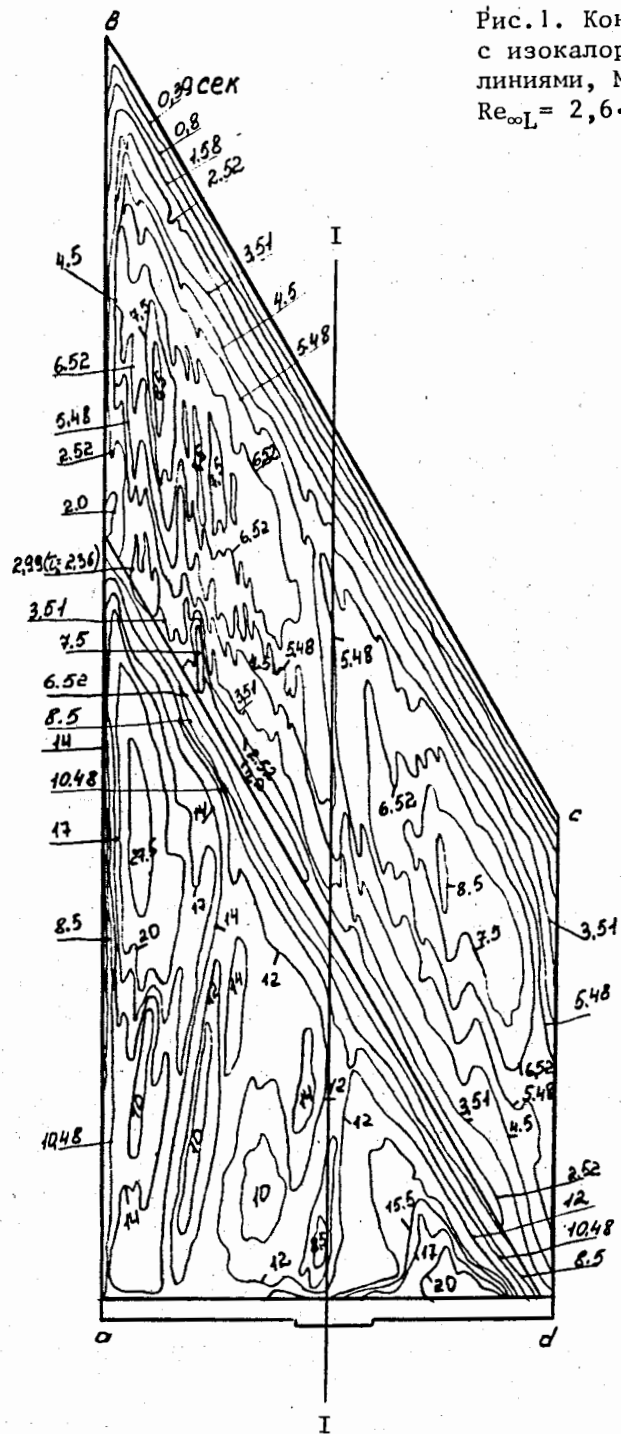
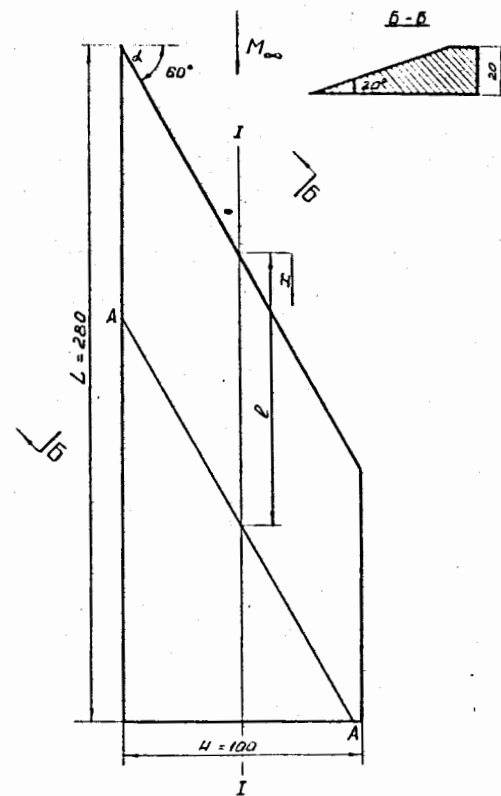


Рис.1. Контур модели с изокалорическими линиями, $M_\infty = 5$, $Re_\infty L = 2,6 \cdot 10^6$.

меняется по поверхности модели, соответственно меняется и время достижения критической температуры термоиндикатора в различных точках ее поверхности. Совокупность этих точек образует границу изменения цвета термоиндикатора, которая перемещается по поверхности модели во времени, что и фиксируется с помощью кинокамеры.

В ЦАГИ применяются термоиндикаторы плавления белого цвета, которые становятся прозрачными при достижении температуры плавления. При этом становится видимой темная поверхность модели, что равносильно изменению цвета термоиндикатора. В результате эксперимента получается серия кинокадров с отметками времени, на каждом из которых виден контур модели с линиями цветового перепада на ее поверхности. На этих линиях температура поверхности в рассматриваемый момент времени равна температуре плавления термоиндикатора, и на них коэффициент теплоотдачи постоянен /изокалорические линии/. Совместив в одном изображении /рисунок, дисплей/ серию этих линий с разных кинокадров, получим картину распределения коэффициента теплоотдачи по поверхности модели.



На рис.1 представлено изображение модели с набором изокалорических линий, полученное в результате стандартной ручной обработки материалов эксперимента, применяющейся в ЦАГИ. Возле каждой линии проставлено время нахождения модели в потоке. Схематический чертеж модели приведен на рис.2. Модель представляет собой пластинку из текстолита толщиной 20 мм, передняя часть которой выполнена в виде клина со скошенной острой кромкой, имеющей угол стреловидности 60° . Угол в сечении, нормальном к передней кромке, составляет 20° . Вследствие

Рис.2. Схематический чертеж модели.

такой геометрии модели на ее исследуемой поверхности образуется линия излома образующей АА. В верхней части рис.2 стрелкой показано направление потока.

Задачей эксперимента было получение распределения коэффициентов теплоотдачи в виде изокалорических линий по всей поверхности модели и в виде графика вдоль сечения II /рис.1, 2/, проходящего через середину модели по направлению набегающего потока. Угол атаки был равен 0° , температура плавления термоиндикатора 40° , другие условия эксперимента /числа Маха M_∞ и Рейнольдса $Re_{\infty L}$ / приведены в подписи к рис.1.

Ручная обработка киноплёнки проводится в следующей последовательности. Проявленная киноплёнка, обычно негатив, разрезается на части длиной $10 \div 30$ м, соответствующие различным этапам /условиям/ эксперимента. Затем просчитываются метки времени от начала эксперимента, нанесенные в виде штрихов на звуковую дорожку через каждые 20 мс, время с шагом 0,5 с записывается на этой же дорожке. Киноплёнка просматривается на приборе типа "Микрофот", и на листе бумаги зарисовывается контур модели и положение изокалорических линий для различных моментов времени /рис.1/. Такой рисунок дает общее представление о процессе нагревания исследуемой поверхности модели. Далее путем обмера рисунка получают распределение коэффициентов теплоотдачи в виде графиков в интересующих экспериментаторов сечениях, для рассматриваемой модели - в сечении II. В зависимости от конфигурации модели, числа выбранных сечений и ряда других факторов за рабочий день можно обработать фильмы с одного до четырех этапов эксперимента /2-8 часов на этап/.

Для выяснения возможности автоматизации обработки цветных полутонных киноплёнок с помощью автомата АЭЛТ-2/160 был взят фильм, полученный в эксперименте с моделью, схематически представленной на рис.2. Была поставлена задача получения тех же конечных результатов, что и при ручной обработке, причем последний не был известен до окончания обработки на автомате. Сравнение результатов ручной и автоматизированной обработки проводилось на заключительном этапе исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ

Поскольку размер модели по плёнке составлял $\sim 7 \times 20$ мм² и кадры располагались в центре рабочего поля автомата, было признано возможным не учитывать его нелинейные искажения.

Для обработки фильма на автомате АЭЛТ-2/160 созданы специальные программы. Одна из них (STANTN) служит для измерений

и записи на МЛ координат точек контура модели и изокалорических линий для тех же моментов времени, что и при ручной обработке. По этим результатам возможно построение графиков распределения коэффициента теплоотдачи в любом заданном сечении /программа STPLOTS/. Однако на МЛ изокалорические линии записаны в виде координат точек с шагом около 1 мм по модели, что в некоторых случаях требует интерполяции результатов обработки, например линейной. Поэтому для количественного сравнения результатов ручной и автоматизированной обработки была создана специальная программа STPLOT1 построения графика безразмерного коэффициента теплоотдачи /числа Стэнтона/ в сечении II /рис.1, 2/.

Рассмотрим алгоритм работы каждой из этих программ.

После установки выбранного кадра в рабочем окне автомата оператор, ориентируясь по изображению на дисплее и смещая слайс размером $8,5 \times 22$ мм² /по плёнке/ по обеим осям с помощью функциональной клавиатуры, добивается наиболее точного совмещения слайса с фотоизображением модели. Затем по координатам четырех меченых точек, соответствующих пересечениям линий контура модели, рассчитываются параметры четырех слайсов, накладываемых на границы модели. Результаты сканирования фильтруются по длительности сигналов и их принадлежности данной линии, а затем записываются в буфер дисплея для контроля. Измерения показали, что контрастность фотоизображения модели достаточна для ее оцифровки в режиме сканирования.

Затем рассчитываются МНК-параметры линий контура модели и координаты точек их пересечений. Эти данные записываются на МЛ /в программе STANTN/ или по ним рассчитываются параметры сечения /программа STPLOT1/.

Поскольку на кадрах отсутствуют реперные отметки, рассмотренную выше процедуру оцифровки контура модели приходится повторять на каждом из обрабатываемых кадров. В зависимости от точности установки кадра на это затрачивается от 0,5 до 1-2 мин, еще около 0,5 мин уходит на поиск и установку нужного кадра.

На этапе оцифровки контура модели была проведена оценка повторяемости размеров элементов контура по измеренным расстояниям ab , bc , cd и ad , а также по углу α /рис.1, 2/ на 10 кадрах фильма. При этом было установлено, что отношение среднеквадратического отклонения к среднему значению измеряемой величины составило $2 \div 4 \cdot 10^{-3}$. В дальнейшем расстояние ad было принято в качестве базового и по нему был найден масштабный коэффициент между физическими размерами модели и результатами их измерений на автомате, который оказался равным 0,03 мм/ед. отсчета.

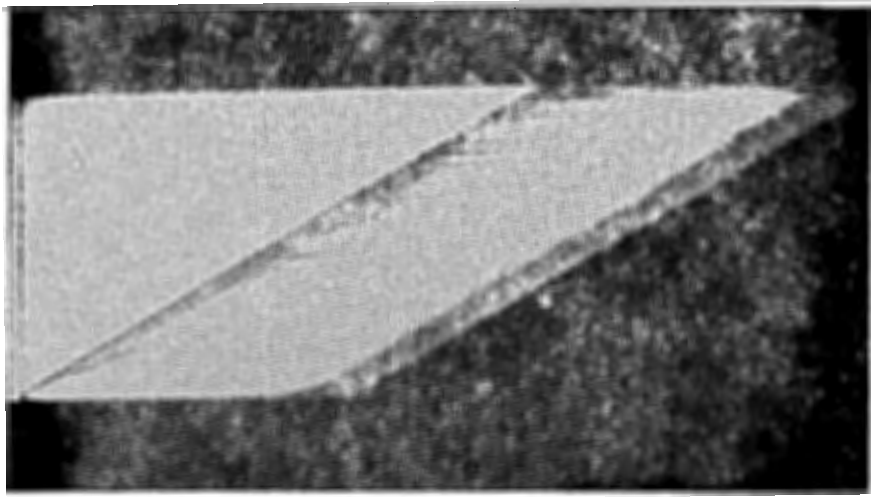


Рис.3. $\tau = 3,5$ с.

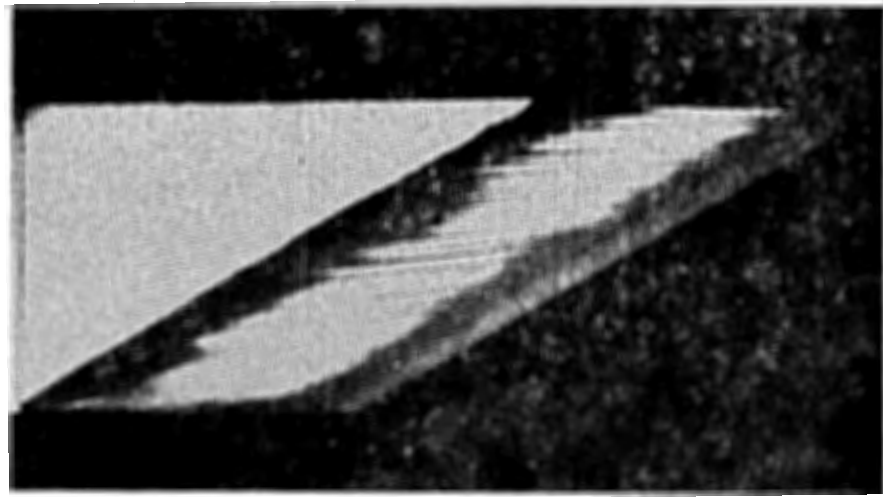
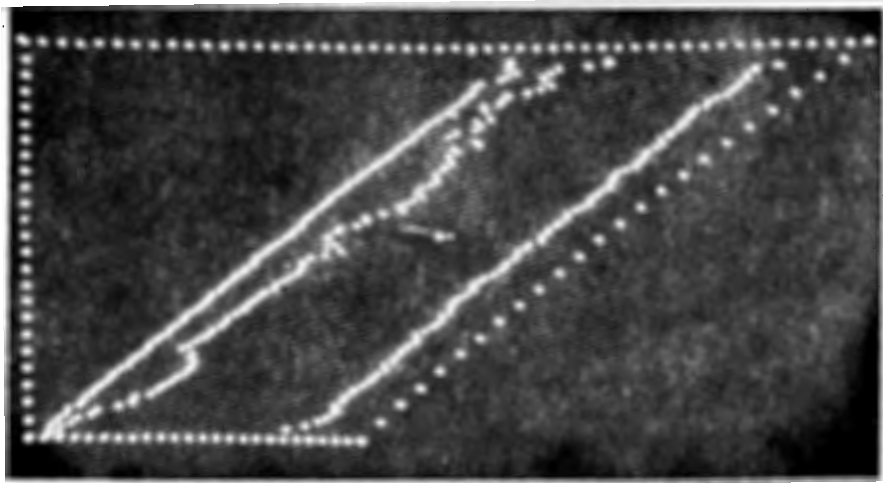
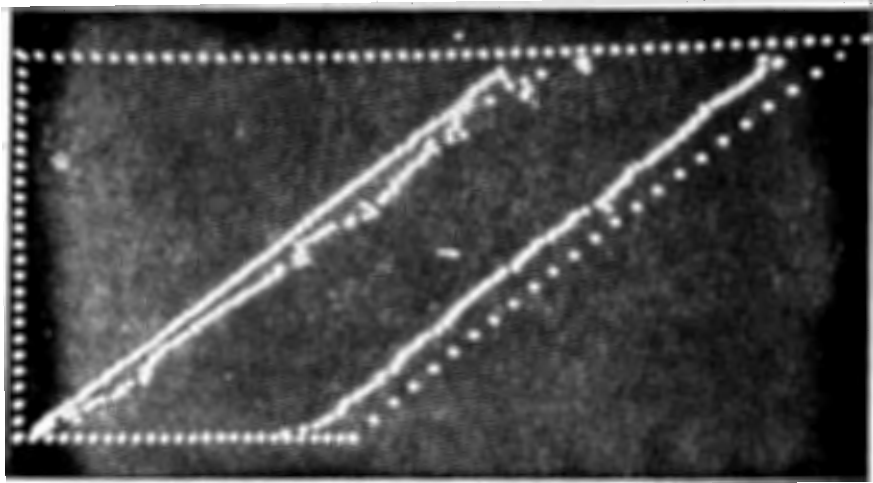


Рис.4. $\tau = 4,5$ с.



Дальнейшая обработка велась внутри найденного контура, причем было установлено, что оцифровка линий плавления /программа STANTN/ в режиме сканирования невозможна. Это объясняется тем, что сканирование идет при фиксированном уровне дискриминации, а контрастность термоиндикатора существенно меняется вдоль линии его плавления. К тому же измерительная аппаратура автомата не реагирует на цветовой контраст, а только на перепады оптической плотности кадра в зеленой области видимого спектра /люминофор сканирующей ЭЛТ имеет зеленый цвет свечения/. Поэтому поиск и отслеживание линий плавления происходит в режиме измерения амплитуды, причем начальную точку каждой линии метит оператор на дисплее. Отслеживание линий плавления ведется в автоматическом режиме с помощью интегрального алгоритма Хюккеля^{4/}, причем в необходимых случаях, таких как раздвоение линии, привлекается оператор. После контроля по дисплею взаимного расположения элементов контура модели и линий плавления данные о последних также записываются на МЛ. На этом обработка кадра по программе STANTN заканчивается. Аналогично обрабатываются и другие кадры.

В качестве иллюстрации результаты обработки двух кадров, соответствующих времени 3,5 и 4,5 с с момента ввода модели в поток, представлены на рис. 3, 4 слева. На тех же рисунках справа для сравнения представлены отпечатки соответствующих кадров.

Для построения графиков по программе STPLOTS оцифрованные и записанные на МЛ линии контура модели и линии плавления на всех последующих кадрах пересчитываются к первому кадру для их совмещения. Затем набор этих линий выводится на дисплей и оператор метит на контуре модели крайние точки выбранного сечения, в котором на каждом кадре рассчитывается число Стэнтона и потом строится его распределение вдоль сечения.

По программе STPLOT1 после оцифровки контура модели точки плавления термоиндикатора в сечении II находятся в режиме диалога. При этом измеряются амплитуды сигналов вдоль сечения и результаты после фильтрации выдаются на дисплей. Параметры фильтра типа "скользящего окна" были подобраны по результатам измерений на нескольких кадрах фильма. Было установлено, что отсутствие фильтрации осложняет работу оператора, поскольку цветная киноплёнка обладает большими шумами вследствие многослойной структуры ее эмульсионного покрытия.

Ориентируясь по изображению на дисплее, оператор указывает границы области плавления световым карандашом. Результаты целеуказаний контролируются программой и запоминаются. После обработки последнего кадра рассчитывается и печатается на АЦПУ

график распределения безразмерного коэффициента теплоотдачи /числа Стэнтона/ вдоль сечения II:

$$St_{\infty} = k \cdot h,$$

где $h = h(\tau)$ - коэффициент теплоотдачи, τ - время нахождения модели в потоке, k - коэффициент, зависящий от условий эксперимента.

График представлен на рис. 5, где по оси абсцисс отложено относительное расстояние от передней кромки модели в сечении II. Точки на нем соответствуют времени 0,4; 0,8; 1,6; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 8,5; 10 и 12 с, отсчитанному от момента ввода модели в поток.

Дискретность отсчетов по осям графика затрудняет количественное сравнение результатов, поэтому использовались таблицы ручной обработки. Следует отметить, что количество и расположение точек при ручной и автоматизированной обработке не совпадает, что свидетельствует о некоторых отличиях в критериях выбора точек для измерений.

Для количественного сравнения были отобраны 15 пар точек плавления, расположенных на одних и тех же линиях. Анализировалась разность относительных расстояний при совпадающих значениях St_{∞} , полученных при ручной и автоматизированной обработке. Было обнаружено систематическое смещение результатов обработки на автомате в среднем в сторону больших расстояний. Математическое ожидание разности /оценка смещения/ оказалось равным $28,6 \cdot 10^{-3}$ при среднеквадратичном отклонении $4,3 \cdot 10^{-3}$ и при максимальном - $92 \cdot 10^{-3}$.

Для проверки гипотезы об отсутствии смещения был использован двухсторонний t -критерий и таблица распределения Стьюдента^{5/}. Вычисленное значение $t = 3,24$ значимо, то есть выдвинутая гипотеза должна быть отвергнута, а "наилучшей" оценкой смещения следует считать величину $29,9 \cdot 10^{-3}$.

Наличие смещения можно объяснить тем, что при ручной обработке продольная координата нормировалась по расстоянию l /рис. 2/, а при обработке на автомате в качестве нормирующей величины было взято расстояние cd /рис. 1/, поскольку линия излома на фотопленке не видна и расстояние l не было известно.

На обработку 11 кадров на автомате было затрачено около 20 мин, включая установку кадра и печать на АЦПУ. При этом на обработку сечения затрачивалось 0,5-1 мин на кадр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты обработки цветного полутонового фильма /негатива/ на автомате АЭЛТ-2/160 позволяют сделать следующие выводы:

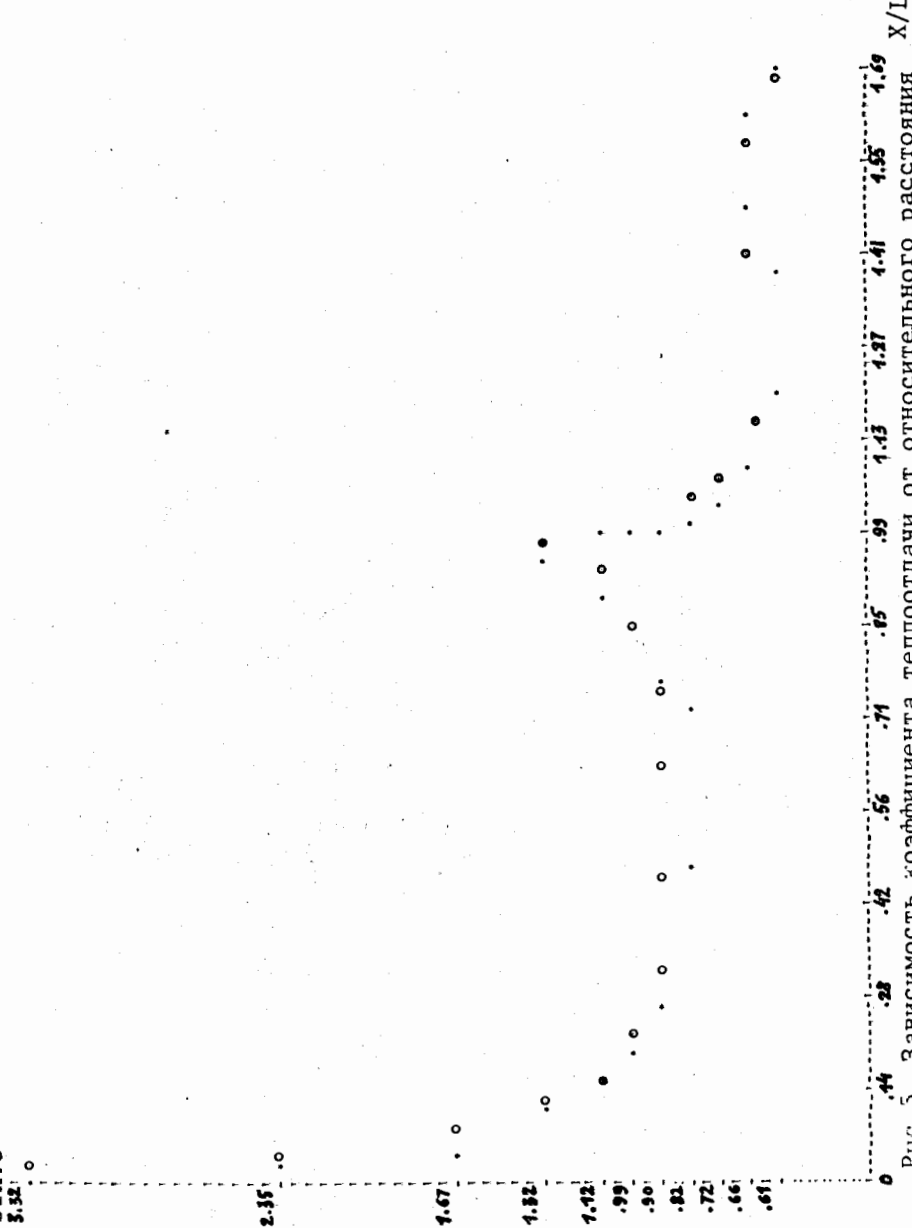


Рис. 5. Зависимость коэффициента теплоотдачи от относительного расстояния X/L в сечении II: ● - автоматизированная обработка, ○ - ручная обработка.

- отмеченные особенности цветных фотопленок, а также несоответствие спектра излучения сканирующей ЭЛТ и спектра пропускания кадра приводят к снижению отношения сигнал/шум в измерительном тракте автомата, что ухудшает качество измерений;
- количественное сравнение результатов ручной и автоматизированной обработки показывает их хорошее совпадение;
- отсутствие реперных отметок на кадрах приводит к непроизводительным затратам времени, снижающим производительность обработки.

В целом нужно признать возможность и перспективность автоматизации обработки цветных фильмов с применением сканирующих автоматов типа АЭЛТ-2/160, по крайней мере в задачах, аналогичных рассмотренной в данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчук М.К. и др. ОИЯИ, Р10-8861, Дубна, 1975.
2. Баранчук М.К. и др. ОИЯИ, Р10-83-538, Дубна, 1983.
3. Иванов В.В. и др. ОИЯИ, Р10-87-80, Дубна, 1987.
4. Лапчик Э.Д. ОИЯИ, Р10-86-856, Дубна, 1986.
5. Худсон Д. Статистика для физиков. М.: Мир, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 февраля 1987 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Бражко В.Н. и др.
О возможности обработки цветных полутонных фильмов на автомате АЭЛТ-2/160

P10-87-79

Рассмотрена возможность обработки цветных фильмов на сканирующем автомате АЭЛТ-2/160 /ЛВТА ОИЯИ/ на примере фильма, полученного в эксперименте по нагреванию модели в газовом потоке. Излагается методика ручной и автоматизированной обработки, отмечаются особенности фотометрических характеристик цветных фильмов с точки зрения их обработки на автомате. Приводятся результаты автоматизированной обработки и их количественное сравнение с ручной обработкой, отмечается хорошее совпадение обоих результатов. Намечаются пути повышения производительности обработки фильмов в аналогичных экспериментах. Делается вывод о возможности и перспективности автоматизации обработки цветных фильмов на сканирующих автоматах типа АЭЛТ-2/160.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С. Виноградовой

Brazhko V.N. et al.
About a Possibility of Colour Semitone Film Processing by AELT-2/160 Scanning Device

P10-87-79

The processing of colour films by AELT-2/160 CRT scanning device is considered taking as an example a film from experiment on model heating in air stream. Both manual and computer processing methods are described. Some particular features of photometric characteristics of colour films from the point of view of computer processing by AELT-2/160 are noted. The results of automated processing and their quantitative comparison with manual processing are given. A good coincidence of both results is noted. Some ways of film processing productivity increase in similar experiments are shown. The conclusion as to a possibility and prospects of colour film processing automation by CRT Scanning Devices of AELT-2/160 type is drawn.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1987