

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P10-87-80

**В.В.Иванов*, Э.Д.Лапчик, З.К.Тикстинская*,
В.М.Фомин*, В.Н.Шкунденков**

**ОБРАБОТКА ФИЛЬМОВ
В ТЕПЛОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ЦАГИ
НА АВТОМАТЕ АЭЛТ-2/160**

*Центральный аэрогидродинамический институт, Жуковский

ВВЕДЕНИЕ

При разработке и создании теплозащиты летательных аппаратов одной из важнейших характеристик, определяющих работоспособность материала покрытия, служит температура поверхности и ее изменение во времени.

Задача получения изображений температурных полей светящихся /Т выше 900°C/ объектов решается в основном с помощью методов оптической пирометрии с фоторегистрацией.

Фотографическая пирометрия обладает высокой чувствительностью, панорамностью и дает возможность находить распределение температуры по поверхности с достаточным пространственным и временным разрешением. Следует отметить особую ценность фоторегистрации при измерении температуры поверхности объектов, которые в силу особенностей нагревания подвергаются разрушению, механической и химической коррозии. При этом трудно интерпретировать результаты прямых измерений.

По фотоизображениям, полученным в ходе теплового эксперимента, одновременно с измерениями температурных полей /ТП/ поверхности модели можно следить за изменением состояния и формы поверхности, находить скорость уноса массы, эффективную энтальпию и другие теплофизические параметры материалов теплозащиты.

Помимо анализа эрозионной стойкости материалов представляет значительный интерес исследование особенностей теплообмена в элементах теплозащиты.

Современные требования, предъявляемые к процессу обработки результатов подобных экспериментов, включают в себя автоматизацию измерений, обработки и представления результатов, увеличение используемого объема полученной в эксперименте информации при сокращении затрат времени на обработку.

Большие возможности в этом направлении заложены в автоматизированных системах обработки изображений. Примером такой системы служит автомат АЭЛТ-2/160, построенный в ЛВТА ОИЯИ^{1/1}.

В настоящей работе приводятся результаты автоматизированной обработки полутонных фотоизображений, полученных в тепловом эксперименте ЦАГИ, на автомате АЭЛТ-2/160, а также их сравнение с результатами ручной обработки на стандартных денситометрических приборах.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Тепловые эксперименты ЦАГИ проводятся с целью получения данных о температурной устойчивости теплозащитных материалов /ТЗМ/. При этом пластина из испытываемого материала /образец/ помещается в тепловой поток /газовая струя определенной температуры и скорости/. Параметры теплового потока, а также угол его падения на образец задаются условиями эксперимента.

Поскольку в тепловом эксперименте используется фотопирометрический метод регистрации, носителем информации о температуре поверхности образца служит фотопленка, оптическая плотность D которой есть функция температуры T . Ввиду особенностей фотоэмульсии как приемника излучения измерение температуры объекта пирометрическим методом возможно лишь при сравнении с излучением эталонного источника известной температуры.

Основная сложность определения температуры фотопирометрическим методом связана с операциями фотометрирования и нахождением отношения интенсивностей излучения исследуемого и эталонного источников, которому предшествует построение характеристической кривой фотопленки.

Преодолеть эту сложность позволяет специальная методика, использующая принцип "внутренней градуировки", когда в каждом кадре фотоизображения наряду с объектом находится изображение температурного градуировочного устройства. Этим устройством служит стандартный девятиступенчатый ослабитель /оптический клин/, используемый в денситометрической аппаратуре. Ослабитель помещается в зону равномерного освещения образцовой лампы, и с помощью светоделительной пластины его изображение проецируется на плоскость кадра в зону, свободную от изображения объекта.

Оптическая схема фотопирометра приведена на рис.1. Увеличение его основного канала $\sim 0,2$, а увеличение градуировочного канала ~ 1 . Такой фотопирометр свободен от ошибок, вызванных нестабильностью времени экспозиции, изменением чувствительности фотоматериала, условий его проявления, а также от ошибок, обусловленных зависимостью эффективной длины волны пирометра от температуры. Погрешность измерений температуры при этом в диапазоне $900-2000^{\circ}\text{C}$ не превышает 2% при использовании стандартных денситометрических приборов. В качестве регистратора используется либо кинокамера, либо фотоаппарат АНФ-21-М.

Температурная градуировка ступеней ослабителя проводится на той же установке, что и сам эксперимент, по образцовой температурной лампе, устанавливаемой вместо образца ТЗМ.

Рассмотренная методика позволяет построить градуировочный график температуры по измерениям оптической плотности /ОП/ фотопленки.

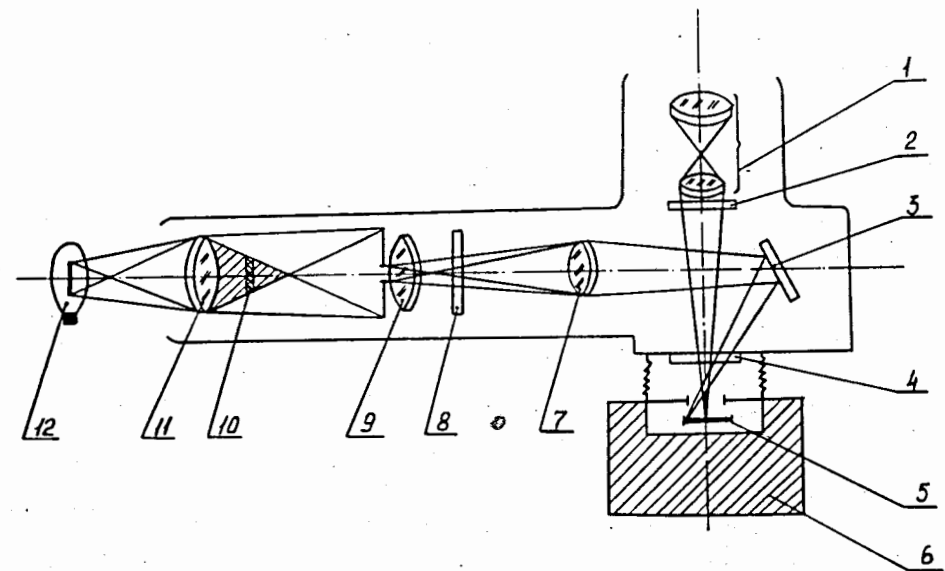


Рис.1. Оптическая схема фотопирометра: 1 - объектив основного канала; 2, 8 - нейтральные светофильтры; 3 - светоделительная пластина; 4 - монохроматический светофильтр; 5 - плоскость кадра регистрирующей системы; 6 - регистрирующая система; 7, 9 - объективы градуировочного канала; 10 - градуировочное устройство; 11 - конденсор; 12 - образцовая лампа.

тоизображения ослабителя без использования характеристической кривой фотопленки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ

Для обработки на АЭЛТ-2/160 были отобраны два типа негативов: 35-миллиметровая фотопленка, полученная при скорости съемки 24 кадра/с /45 кадров, длительность эксперимента $\sim 2,5$ с/, и негатив с АНФ-21-М.

Размер обрабатываемого изображения был равен $\sim 18 \times 24$ мм² в первом случае и $\sim 35 \times 50$ мм² во втором. В обоих случаях фотоизображения помещались в центре рабочего поля автомата, и поэтому его нелинейные искажения не учитывались.

Было решено ограничиться первичной обработкой фильмов, поскольку их вторичная обработка /расчет теплофизических характеристик/ может быть проведена без автомата /режим офф-лайн/.

В дальнейшем не исключается и режим он-лайн, когда в процессе вторичной обработки могут потребоваться уточнения /перемеры/ или дополнения первичных результатов. Однако этот режим нуждается в дополнительной методической проработке.

Первичная обработка на автомате АЭЛТ-2/160 заключалась в решении следующих задач:

- измерение температурного поля для каждого из обрабатываемых кадров в соответствии с 8 градациями ослабителя;
- нахождение границ температурных зон ТП /негатив с АНФ-21-М/;
- анализ процесса горения образца ТЗМ /35-миллиметровая фотопленка/;
- нахождение распределения температур в выбранных сечениях рельефа ТП /негатив с АНФ-21-М/.

Исходя из возможностей распечатки рельефов ТП на АЦПУ был определен их размер - 100x100 элементов и рассчитаны размеры элементов разрешения по фильму - 100x160 мкм² для 35-миллиметровой пленки и 300x480 мкм² для негатива с АНФ-21-М /0,5x0,8 мм² и 1,5x2,4 мм² в масштабе образцов соответственно/.

Следует отметить, что ручная обработка каждого кадра 100x100 элементов на микрофотометре с визуальным отсчетом требует 4-5 дней работы оператора. Применение микроденситометра с оптико-механическим сканированием "Joyes Loebler" и мини-ЭВМ VARIAN на этапе фотометрирования с выдачей результатов измерения ОП на перфоленту требует 3-4 часов непрерывной работы. Затем перфоленту нужно обработать на ЭВМ, например СМ-4. Попутно заметим, что на АЭЛТ-2/160 это занимает 4-10 мин, включая время на протяжку пленки и печать результатов.

При измерении температурного поля требуется найти правило его разбиения на температурные зоны, соответствующие разным ступеням ослабителя /результаты градуировки ослабителя известны заранее/. Поскольку существуют погрешности измерения оптической плотности кадра, возможно ошибочное решение о принадлежности данного измерения определенной температурной зоне. Таким образом, мы пришли к задаче статистического различения /2/.

Итак, имеется восемь альтернативных гипотез $H_1 \dots H_8$, каждая из которых означает принадлежность отсчета ОП одной из восьми ступеней ослабителя. Для полноты набора гипотез следует добавить еще одну - H_0 , означающую принадлежность отсчета ОП фону пленки. Для получения условных априорных распределений ОП фона пленки и каждой ступени ослабителя они измеряются многократно в разных точках /по 100 измерений/, затем вычисляются выборочные средние и дисперсии. В силу независимости измерений

распределения их совокупностей полагаем нормальными с параметрами, равными найденным выборочным средним и дисперсиям.

Измерения показали, что полученные распределения разнесены достаточно, чтобы считать решающим вкладом в суммарный риск только его составляющие от ближайших к отсчету двух распределений /риск ошибиться в выборе одной из двух "смежных" гипотез/. Таким образом, следуя принципу минимакса, разбиение пространства отсчетов на девять непересекающихся областей удастся свести к восьми разбиениям на две смежные области. Границы областей находились как точки пересечения кривых смежных распределений, что совпадает с критерием минимума среднего риска /3/ при равновесном суммировании его составляющих.

Рассмотренный алгоритм был реализован в двух версиях программы TFIELD для 35-миллиметровой пленки и для негатива с АНФ-21-М. Были обработаны 46 кадров, включая негатив. Результаты записывались на магнитную ленту /МЛ/ и выводились на АЦПУ. Примеры распечаток на АЦПУ приведены на рис.3, 5, 7 для трех моментов времени: 0,6, 1,2 и 2,5 с от начала эксперимента /35-миллиметровая пленка/, и на рис.9 /негатив с АНФ-21-М/. На этих рисунках цифрами от 1 до 8 обозначены температурные зоны в соответствии со шкалой, помещенной в верхней части рисунков. Для наглядности на рис.2, 4, 6, 8 представлены отпечатки соответствующих кадров.

Версия TFIELD для АНФ-21-М позволяет выделить границы температурных зон и вывести на печать эти зоны с подчеркнутыми границами /пробелы на рис.10/ либо сами границы /изотермы на рис.11/. Граница соседних зон считалась обнаруженной, если при последовательном сравнении она пересекалась в двух и более элементах разрешения подряд.

Поскольку в области больших температур /оптических плотностей ступеней ослабителя/ отношение выборочного приращения среднего к среднеквадратичному отклонению близко к единице, следовало ожидать больших ошибок в выделении границ температурных зон в этой области. Многократная обработка негатива показала обоснованность этого предположения.

Количественная оценка ухудшения разрешающей способности АЭЛТ-2/160 в области больших ОП была сделана по характеристической кривой пленки, снятой на микрофотометре МФ-2 в области изображения ослабителя и рассчитанной по результатам измерений на автомате. Поскольку видеотракт автомата имеет линейную амплитудную характеристику, ОП рассчитывалась по отсчетам амплитуды сигнала:

$$D = \lg \frac{A_{\Phi}}{A_{ст}}$$

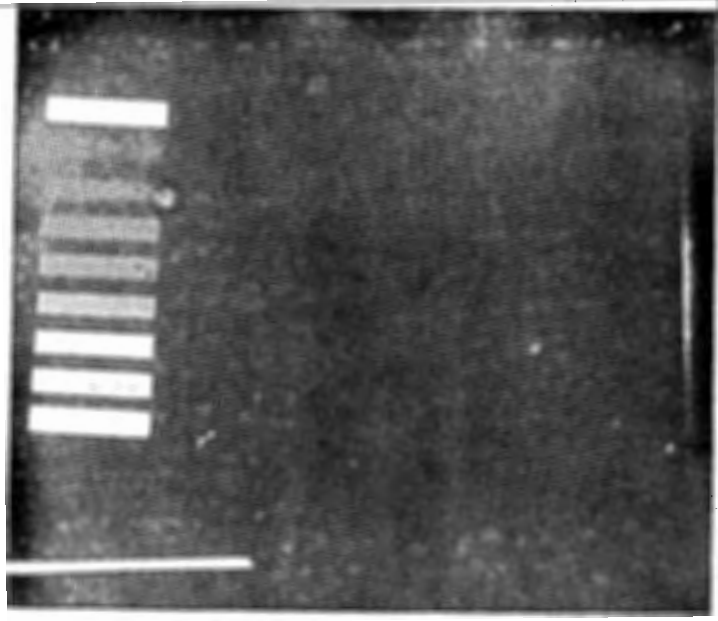


Рис.2. $\tau = 0,6$ с.

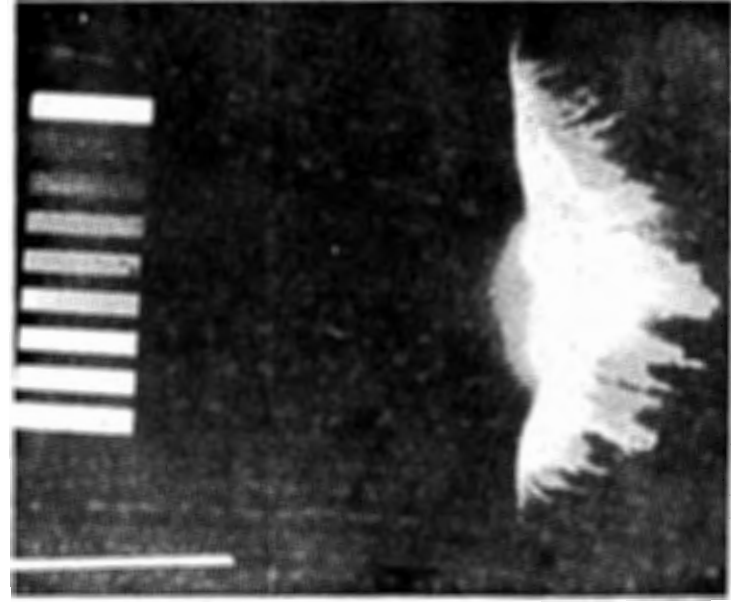


Рис.4. $\tau = 1,2$ с.

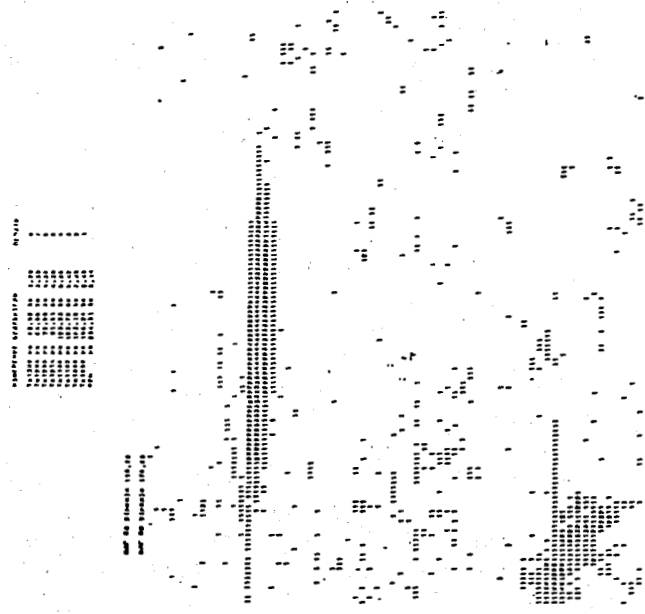


Рис.3. Температурное поле, $\tau = 0,6$ с.

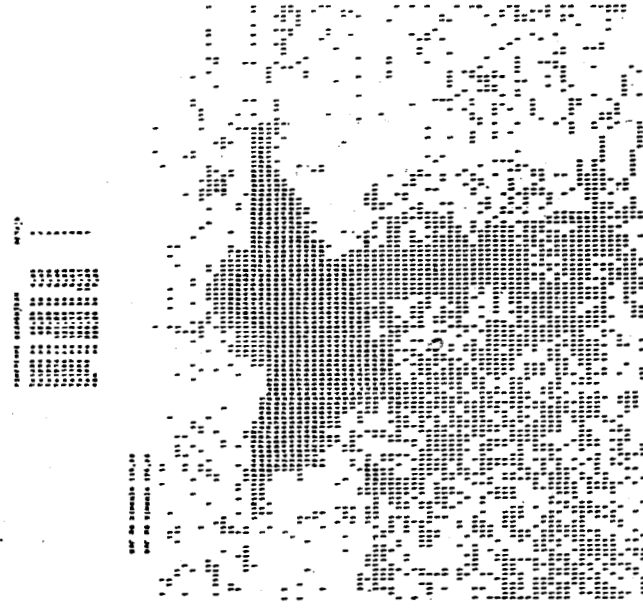


Рис.5. Температурное поле, $\tau = 1,2$ с.

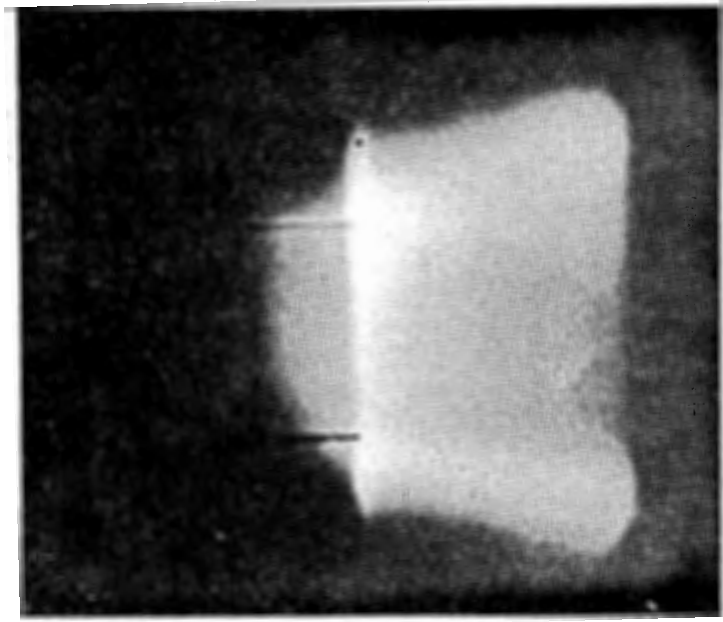
Рис.6. $t = 2,5$ с.Рис.7. Температурное поле, $t = 2,5$ с.

Рис.8. Снимок с АНФ-21-М.

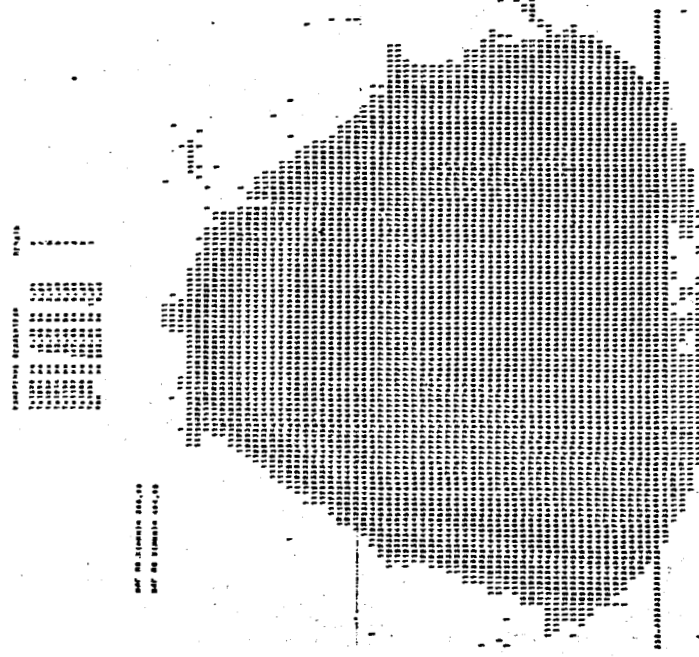


Рис.9. Температурное поле рис.8.

ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА

ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА

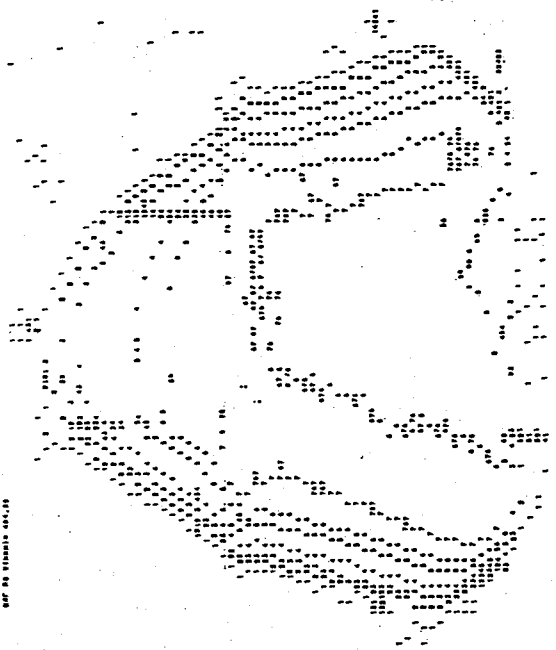


Рис. 11. Границы температурных зон рис.8.

ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА

ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА
ИЗМЕНЕНИЯ ПРАВИЛА

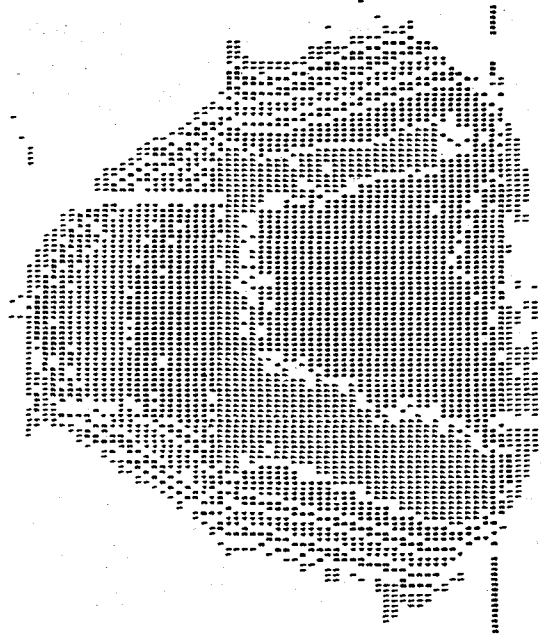


Рис. 10. Температурные зоны рис.8.

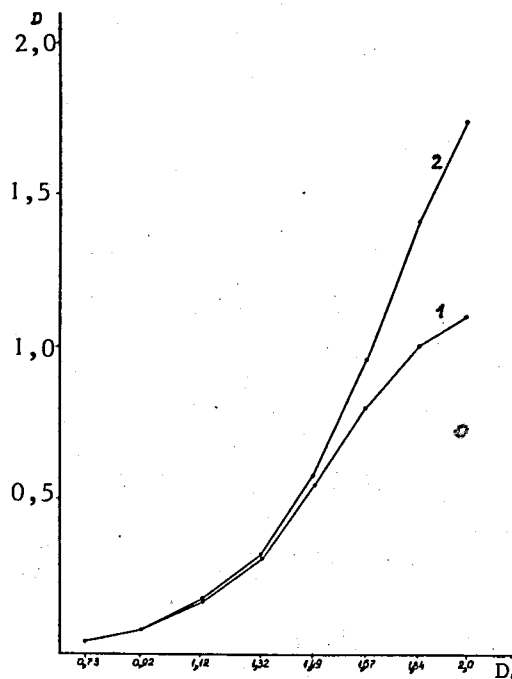


Рис. 12. Характеристическая кривая фотоэмульсии.

где A_{ϕ} - амплитуда сигнала от фона пленки, $A_{ст}$ - амплитуда сигнала от ступеней ослабителя.

Результаты представлены на рис. 12, где по оси абсцисс отложены "истинные" значения ОП ступеней ослабителя, а по оси ординат - измеренные на АЭЛТ-2/160 /1/ и микрофотометре МФ-2/2/.

Как следует из рис. 12, динамический диапазон видеотракта АЭЛТ-2/160 нуждается в расширении. Это может быть достигнуто как заменой линейных усилителей на логарифмические, так и программной регулировкой чувствительности ФЭУ.

В последнем случае требуется калибровка по оптическому клину.

Общая трудность в двух следующих задачах обработки заключается в необходимости геометрической привязки образца к его фотоизображению при отсутствии специальных реперных отметок в кадре. Поэтому в качестве репера использовалось изображение ослабителя.

Анализ процесса горения образца ТЗМ заключался в измерении положения передней /верхней на рис. 2, 4, 6/ кромки его фотоизображения последовательно на 45 кадрах и построении графиков смещения этой кромки во времени. Эти графики строились для семи сечений, параллельных тепловому потоку и расположенных симметрично на кромке /на рис. 2, 4, 6 тепловой поток направлен сверху вниз/. Этой цели служила программа TEMP1, имеющая две версии. В качестве примера графики для трех сечений из семи представлены на рис. 13, где по оси абсцисс отложены порядковые номера обработанных кадров, а по оси ординат - величина смещения передней кромки в масштабе образца. Схематичный чертеж образца, сечений и направления теплового потока показаны в левой части рис. 13.

Следует отметить, что из обработки исключались кадры, на которых наблюдался выброс вещества навстречу тепловому потоку, как на рис. 4. Сравнение с ручной обработкой на этом этапе не проводилось.

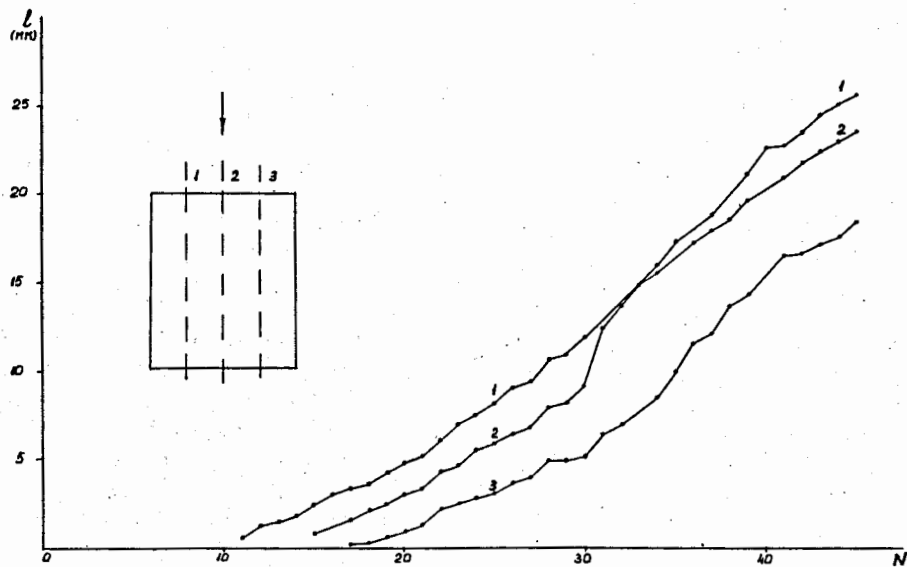


Рис.13. Смещение передней кромки образца во времени.

По другой версии программы TEMPL на негативе с АФН-21-М было измерено температурное распределение в шести выбранных сечениях и построены соответствующие графики. На рис.14 представлены два из них, схематичное расположение сечений помещено в нижней части рисунка. По оси абсцисс здесь отложено расстояние по пленке. График "а" относится к измерениям на АЭЛТ-2/160, график "б" - к ручным измерениям на микрофотометре МФ-2. В обоих случаях измерения велись с примерно одинаковой апертурой $0,2 \times 0,2 \text{ мм}^2$ по пленке. Температура в точках отсчета вычислялась методом линейной интерполяции.

Дополнительная трудность построения графиков заключалась в том, что на негативе видна только светящаяся часть образца. Поэтому за базу отсчета была принята линия нижнего среза на рис.6, что примерно соответствует задней кромке образца /примерно 30 мм на рис.14/. Отсутствие специальных реперных отметок и достаточно произвольное определение базовой линии привели к несоответствию масштабов при измерениях на АЭЛТ-2/160 и МФ-2, доходящие до 10%. Поэтому для сопоставления результатов линейные размеры, отсчитываемые на МФ-2, были скорректированы. Затем был проведен количественный анализ полученных результатов. Для этого были вычислены разности измеренных тем-

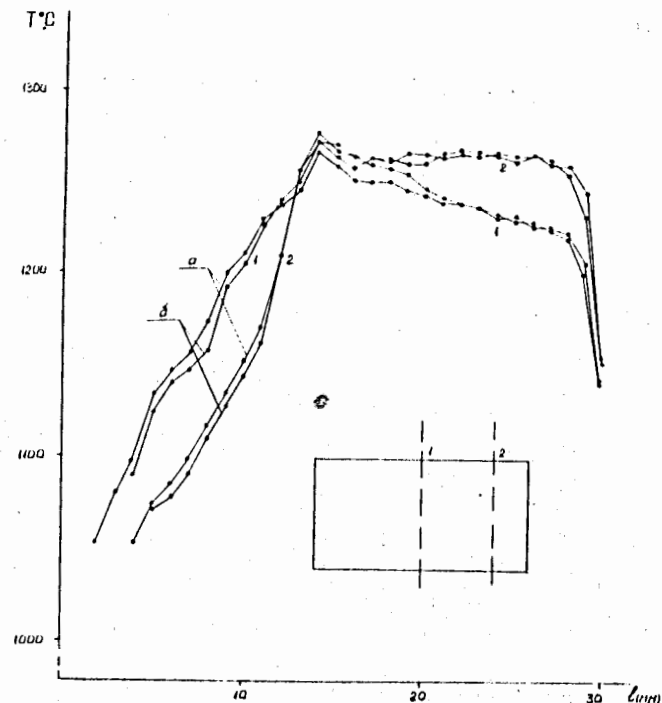


Рис.14. Распределение температуры в двух сечениях образца.

ператур на АЭЛТ-2/160 и МФ-2 в 82 и 79 точках /расстояниях от базы/ в сечениях "1", "2" соответственно и их среднеквадратичные отклонения. Математическое ожидание разности /оценка смещения/ оказалось равным $0,73^\circ\text{C}$ и $1,44^\circ\text{C}$, а среднеквадратичное отклонение - $8,71^\circ\text{C}$ и $5,79^\circ\text{C}$ в сечениях "2" и "1" соответственно.

Для проверки гипотезы об отсутствии смещения применялся двусторонний t-критерий и таблица распределения Стьюдента^{4/}. Для сечения "2" вычисленное значение $t = 0,760$ незначимо, а для сечения "1" $t = 2,215$ значимо, и в этом случае гипотеза должна быть отвергнута, а "наилучшей" оценкой смещения следует считать величину $1,44 \pm 0,65^\circ\text{C}$. Для аналогичных вычислений по обоим сечениям значение $t = 1,850$ незначимо /уровень значимости везде полагался равным 0,05/.

Если учесть, что пороговое значение $t = 1,960$, то обнаруженное смещение в сечении "1" нельзя признать существенно значимым. Кроме того, его величина значительно меньше погрешностей измерений фотопирометра, составляющей ~ 2% в диапазоне температур $900-2000^\circ\text{C}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- применение автомата АЭЛТ-2/160 для обработки фильмов, полученных в тепловом эксперименте ЦАГИ, значительно повышает информативность эксперимента при существенном сокращении затрат времени на его обработку;

- в области температур $\leq 1250^{\circ}\text{C}$ изотермы температурных полей воспроизводятся с точностью до шага измерений;

- в области более высоких температур наблюдается снижение разрешающей способности автомата, что приводит к необходимости расширения его динамического диапазона;

- измерения температуры поверхности образца, проведенные на автомате АЭЛТ-2/160 и традиционными методами, хорошо согласуются между собой, особенно в области $D \leq 1,0$;

- необходимо дополнить кадры фильмового материала реперными отметками /например, крестами/, жестко связанными с положением образца в пространстве, а также получить специальные кадры с изображением образца, поскольку их отсутствие препятствует повышению точности измерений геометрических параметров образца.

В целом следует признать, что автомат АЭЛТ-2/160 может с успехом применяться для обработки фильмов в тепловых экспериментах ЦАГИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчук М.К. и др. ОИЯИ, P10-8861, Дубна, 1975.
2. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применение. М.: Наука, 1968.
3. Уилкс С. Математическая статистика. М.: Наука, 1967.
4. 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

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избраным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Иванов В.В. и др.

P10-87-80

Обработка фильмов в тепловом эксперименте ЦАГИ на автомате АЭЛТ-2/160

Рассмотрено применение сканирующего автомата АЭЛТ-2/160 /ЛВТА ОИЯИ/ для обработки фильмов с полутоновой информацией, получаемых в тепловом эксперименте ЦАГИ. Излагается методика получения фильмового материала при измерении температуры с помощью пирометра с фоторегистрацией, а также методика градуировки оптической плотности кадров по температуре. Приводятся результаты измерения температурных полей, анализ горения образца в тепловом потоке и распределения температуры в некоторых его сечениях. Обсуждаются результаты количественного сравнения данных обработки на автомате с ручными измерениями на микрофотометре с визуальным отсчетом. Отмечается, что применение АЭЛТ-2/160 сокращает время на обработку фильмов более чем на два порядка. Делается вывод о перспективности применения сканирующих автоматов на электронно-лучевых трубках для обработки фильмов в подобных экспериментах.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Ivanov V.V. et al.

P10-87-80

Processing of Films from CAGI Thermal Experiment by AELT-2/160 CRT Scanning Device

The use of AELT-2/160 CRT Scanning Device for semitone film information received in CaGI thermal experiment is presented. Techniques of receiving film material by temperature measuring with photopirometer and methods of temperature graduation of film optical density are described. The results of temperature field measurement, analysis of specimen burning in air stream and of temperature distribution in its cross sections are given. The quantitative comparison of computer processing results with hand measurements by microphotometer having visual reading is discussed. It is noted that the use of AELT-2/160 decreases processing time by a factor of two. The conclusion about the prospects of application of CRT Scanning Device for film processing in such experiments 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