RADC-TR-79-270
Final Technical Report
November 1979

A FEASIBILITY TEST OF THE GRAPHIX I OPTICAL CHARACTER RECOGNITION SYSTEM FOR THE CAPTURE OF PRINTED CYRILLIC TEXT

Information International, Inc.

A. K. Griffith
Russell Ham
Rich Schroeppel
Bruce D. Clayton

ROME AIR DEVELOPMENT CENTER
Air Force Systems Command
Griffiss Air Force Base, New York 13441

This report has been reviewed by the RADC Public Affairs Office (PA) and is releasable to the National Technical Information Service (NTIS). At NTIS it will be releasable to the general public, including foreign nations.

RADC-TR-79-270 has been reviewed and is approved for publication.

APPROVED: John A. Guillen

JOHN A. GUILLEN, 2Lt, USAF
Project Engineer

APPROVED: H. Davis

HOWARD DAVIS
Technical Director
Intelligence & Reconnaissance Division

FOR THE COMMANDER: John P. Huss

JOHN P. HUSS
Acting Chief, Plans Office

If your address has changed or if you wish to be removed from the RADC mailing list, or if the addressee is no longer employed by your organization, please notify RADC (IRDT), Griffiss AFB NY 13441. This will assist us in maintaining a current mailing list.

Do not return this copy. Retain or destroy.

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE *(When Data Entered)*

REPORT DOCUMENTATION PAGE

READ INSTRUCTIONS BEFORE COMPLETING FORM

1. REPORT NUMBER: RADC-TR-79-270	2. GOVT ACCESSION NO.
3. RECIPIENT'S CATALOG NUMBER	
4. TITLE (and Subtitle): A FEASIBILITY TEST OF THE GRAPHIX I OPTICAL CHARACTER RECOGNITION SYSTEM FOR THE CAPTURE OF PRINTED CYRILLIC TEXT.	5. TYPE OF REPORT & PERIOD COVERED: Final Technical Report, Oct 78 — May 79
	6. PERFORMING ORG. REPORT NUMBER: N/A
7. AUTHOR(s): A. K. Griffith, Bruce D. Clayton, Russell Ham, Rich Schroeppel	8. CONTRACT OR GRANT NUMBER(s): F30602-78-C-0331
9. PERFORMING ORGANIZATION NAME AND ADDRESS: Information International, Inc., 5933 Slauson Avenue, Culver City CA 90230	10. PROGRAM ELEMENT, PROJECT, TASK AREA & WORK UNIT NUMBERS: 31025F, 21830417
11. CONTROLLING OFFICE NAME AND ADDRESS: Rome Air Development Center (IRDT), Griffiss AFB NY 13441	12. REPORT DATE: Nov 79
	13. NUMBER OF PAGES: 98
14. MONITORING AGENCY NAME & ADDRESS *(if different from Controlling Office)*: Same	15. SECURITY CLASS. *(of this report)*: UNCLASSIFIED
	15a. DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE: N/A

16. DISTRIBUTION STATEMENT *(of this Report)*

Approved for public release; distribution unlimited.

17. DISTRIBUTION STATEMENT *(of the abstract entered in Block 20, if different from Report)*

Same

18 SUPPLEMENTARY NOTES

RADC Project Engineer: Lt John A. Guillen (IRDT)

19. KEY WORDS *(Continue on reverse side if necessary and identify by block number)*

Optical Character Reader
Cyrillic
Font Acquisition

20. ABSTRACT *(Continue on reverse side if necessary and identify by block number)*

The objective of this study was to test the feasibility of Graphix I to scan Cyrillic text. Twenty-seven pages of DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR No 3, 1976 supplied by Foreign Technology Division were scanned and digitized. The output from the optical character reader was formatted in accordance with the input requirements to FTD's SYSTRAN system. During the demonstration of Graphix I, the system throughput rate was determined to be 30 characters per second with a rejection rate of 10.3%. This report discusses the procedures used to scan the text, results, enhancements to the system and the cost for a production system.

DD FORM 1 JAN 73 1473

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE *(When Data Entered)*

411573 mt

SUMMARY

The Information International GRAFIX I optical character recognition (OCR) system was tested to determine its ability to read pages from a Russian technical journal and accurately capture their content in digital form.

The capability to rapidly capture Russian journal articles in digital form is required by the U.S. Air Force's Foreign Technology Division as part of their technical translation project using the SYSTRAN automated translating system. The SYSTRAN program translates the journal articles from Russian to English, but only after the information has been first converted from printed to digital form. This is currently done manually by specially trained typists, who copy the articles at computer terminals on a character-by-character basis. GRAFIX I was tested to determine if it could do the same job faster and more economically than the typists. (See chapter 1.)

The test was particularly challenging because of certain characteristics of the journal articles themselves which tended to impede the success of OCR. Most OCR systems, for instance, are incapable of reading the Cyrillic alphabet or proportionately spaced material at all. The Russian journals combine proportionately spaced Cyrillic text with poor quality paper, mathematical formulas, and a variety of poor printing practices which together present a major challenge even for a very sophisticated OCR system like GRAFIX I (see chapter 2.) GRAFIX I was selected for the test because of its proven ability to read proportionately spaced material, Cyrillic print, and poor quality printing. (See appendix E.)

SUMMARY

Twenty-seven actual Russian journal pages were put through the OCR process at Information International's GRAFIX I facility in Culver City, CA. The first step was to microfilm the pages. GRAFIX I uses microfilm as the input medium to avoid paper-handling problems which arise from torn edges, creases, and the varying sizes and weights of the papers used in the documents. The next step was the actual reading of the film by GRAFIX I. This and subsequent steps were performed under the direct supervision of representatives from FTD and RADC. After the OCR step was completed, a "reject conversion" operator examined and identified the small proportion of scanned images which the computer had been unable to recognize. The final step consisted of reformatting the output file to make it compatible with FTD's SYSTRAN computer program. Tapes and lineprinter listings of the output at various stages of processing were provided to the FTD representatives at the time of the demonstration (see chapter 3).

The results of the test indicate that a GRAFIX I production system designed for reading Russian journals of the quality tested could be expected to fully capture from 1000 to 1500 journal pages during each eight-hour shift. Such a system would identify about 95% of the Cyrillic characters, and would automatically route the remaining 5% to a reject conversion operator for manual identification. The test results indicate that the system would misidentify only a fraction of one percent of the characters read. Finally, such a system would reliably identify and preserve imbedded mathematical formulas and other special blocks of material for subsequent reinsertion into the translated text. (See chapters 4 and 5.)

To determine the exact performance parameters of GRAFIX I in a production system it would be necessary to conduct a further study in which the GRAFIX I reads a statistically valid random sample of the actual material which FTD plans to process. Such an assessment was beyond the scope of the present study, but is regarded as the logical next step in evaluating the GRAFIX I as a practical alternative to FTD's typists (see chapter 5).

In addition to the above, the report includes five appendices containing a description of the demonstration, facsimiles of the journal pages read for the test, the output tape specifications, the font encoding scheme, and a general discussion of GRAFIX I's capabilities and history.

TABLE OF CONTENTS

TABLE OF CONTENTS

TABLE OF CONTENTS

EVALUATION

The objective of this effort was to test the feasibility of Graphix I on scanning Cyrillic Text. This test involved the scanning of 27 pages of the Russian text DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR No 3, 1976 supplied by Foreign Technology Division. The resultant study demonstrated that the scanning of Cyrillic text is feasible, although there should be improvements made in the areas of error rate and system throughput rate. These areas are limited due to the recognition software and the difficulties inherent in the Cyrillic font. A production system would require significant enhancements to handle a wide variety of documents and fonts in order to be cost-effective.

John A. Guillen

JOHN A. GUILLEN, 2LT, USAF
Project Engineer

CHAPTER 1

INTRODUCTION

The Foreign Technology Division (FTD) of the U.S. Air Force is engaged in the translation of Russian technical journal articles, printed in Cyrillic characters, to a form accessable to analysts. Currently the FTD uses specially trained typists to key the Russian text directly into machine-readable computer files, after which the files are processed by a powerful machine translation system which converts the Russian text to its English equivalent.

FTD has discovered that manual keying of Cyrillic text is a slow and costly process which proceeds at a rate of only a few journal pages per typist per hour. Since FTD anticipates a substantial increase in its translation work load within the next few years, it is interested in finding a faster and more economical method of capturing Russian text in digital form.

The present study is an evaluation of Information International's GRAFIX I optical character recognition system in terms of its ability to read material from Russian technical journals. Actual printed journal pages were used in this test rather than monospace typed Cyrillic text as has been the case in some previous studies.

The GRAFIX I system was chosen for evaluation because of its proven ability to economically read large volumes of text in which the layout is too complex and the print quality too poor to be successfully captured by most other OCR systems. The GRAFIX I system has been used in commercial applications

material written in Cyrillic, Greek and other special characters. The system's flexibility when confronted by complex formats, proportionally spaced print, partial lines, closely leaded lines, and overlapping characters makes it a natural alternative to manual keying of the Russian journals.

material written in Cyrillic, Greek and other special characters. The system's flexibility when confronted by complex formats, proportionally spaced print, partial lines, closely leaded lines, and overlapping characters makes it a natural alternative to manual keying of the Russian journals.

CHAPTER 2

OPTICAL CHARACTER RECOGNITION OF RUSSIAN JOURNALS

2.1 OCR Problems Associated with Russian Text

Automated optical character recognition of Russian technical articles is a project which requires special abilities on the part of an OCR system due to the unusual material to be read. The Cyrillic alphabet and Soviet printing practices both exaggerate familiar character recognition difficulties and present new problems not encountered in other OCR applications. These problems fall into four categories: those concerned with the Cyrillic alphabet itself, those involving the typefaces used in the journals, those related to poor printing, and those which result from the poor condition of the paper.

2.1.1 UNIFORMITY OF THE CYRILLIC ALPHABET

An area of special difficulty in OCR processing of Russian text is the striking degree of similarity among many Cyrillic characters. The frequency of letters containing one, two or three vertical columns as major structural elements is an example. In addition there is a tendency for letters to be formed through minor elaborations of other letters. In the Roman alphabet this problem occurs relatively rarely, involving letter pairs such as "c" and "e", "O" and "Q", or "n" and "m". In the Cyrillic alphabet, however, similar letters are virtually the rule.

Figure 2-1 illustrates this point. In this figure the upper line of type is a segment of text from an actual Russian journal. The larger characters shown below are GRAFIX I

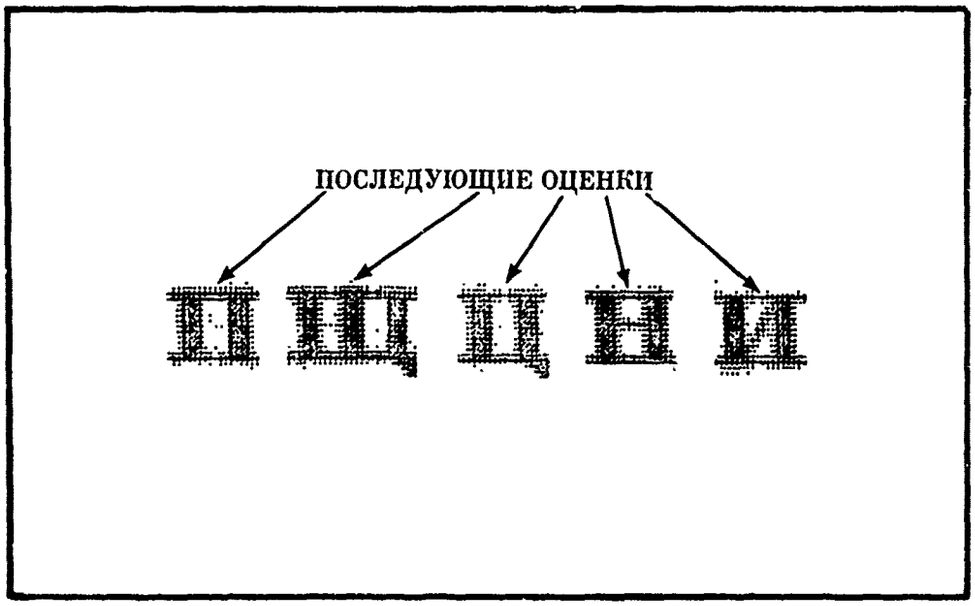


FIGURE 2-1

A line of Russian text shown with five actual scanner images of characters within the line. Note the characteristic uniformity of the letters.

scanner images of five of the characters in the preceding line. The dominant pattern of vertical columns differentiated by indistinct embellishments is readily apparent. Clearly this forces the OCR process to concentrate on minor differences between characters, and impedes the rapid elimination of characters from the set of possible correct identifications.

In lower case Roman letters, identification of an image is made easier by the many letters which extend either above or below the general line of print, and by the fact that in proportionately spaced type the letters occupy differing widths as well. Simply knowing the height and width of a letter cuts down the field of possible identifications. In Cyrillic, on the other hand, lower case characters tend to be smaller duplicates of upper case characters, and are extremely uniform with respect to width and height. Character dimensions are only rarely of assistance in identifying the letters.

2.1.2 PROBLEMS OF TYPEFACE DESIGN

In addition to the difficulties presented by the Cyrillic alphabet itself, the typefaces favored by Soviet editors tend to be intrinsically difficult to read using OCR. Frequently the typeface emphasizes bold vertical columns capped with wide serifs. The extremely important minor variations between similar letters appear as narrow, hair-like lines. From the point of view of the OCR scanner, this produces images in which the vertical columns appear to be linked at the top and bottom by serifs which almost touch. (Refer again to Figure 2-1.) At the same time the extremely thin horizontal or diagonal details tend to drop out of the image, producing serious recognition problems.

If one were to deliberately design an alphabet and typeface which would be difficult to read by OCR, the result might be very similar to Russian Cyrillic print.

2.1.3 PROBLEMS OF POOR PRINTING PRACTICES

The difficulty of reading Russian journal text is compounded by variations in printing quality. Cyrillic print is difficult enough to read without having individual characters printed out of line or rotated into a tilted position. Such degradations are fairly common in Soviet journals. Other common flaws are the appearance of hairlines between letters (in 1.2% of the articles), light

or incomplete printing of a letter (in 22% of the characters), letters which touch, and lines which are very closely leaded. Although one does not normally expect to encounter all of these problems on the same page, the OCR system must be able to deal with them when they do appear.

2.1.4 POOR PAPER QUALITY

Although some journal articles appear on high-quality, hard-surface, white, opaque paper, others are printed on varying grades of paper including some which can only be described as yellow, porous, and translucent (amounting to 33% of the material processed by FTD). Such paper allows characters to spread and smear as the ink flows into the paper, and minute bleed-throughs of ink from the other side of the page are common in 20% of the journal pages. These combine with irregularities in the paper itself to produce spurious images for the OCR scanner.

2.2 The Russian Journal Pages Read for this Study

FTD supplied 27 actual Russian journal pages for the GRAFIX I to read during the demonstration. These were drawn from the journal DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976. A table of the pages used and facsimiles of the actual pages are included in appendix B of this report.

The material supplied for the GRAFIX I demonstration represents the highest quality of Russian journal printing, but even so the material includes lines printed at a slant to the margins, hairlines between letters, and numerous characters which appear to touch or which are only partially printed. The material also included three different Cyrillic fonts as well as Latin, Greek, mathematical and other special characters in unpredictable sequences. This was especially true of the first few pages, which were drawn from an article on mathematics. This article contained many small formulas imbedded within the text as well as larger formulas which occupied large segments of each page. (See the first few page facsimilies in appendix B.)

In spite of these features the ability of GRAFIX I to read actual Russian journals was not fully tested by these pages. The DOKLADY AN SSSR is an unusually high quality journal, free from smudging, broken type, yellowed paper and other characteristics of typical Russian journal printing. In other applications GRAFIX I has successfully read material of much lower quality than the pages used in this study.

CHAPTER 3

PROCEDURES

Chapter 3 describes the methods and materials used in the GRAFIX I demonstration.

3.1 Filming

The 27 Russian journal pages were photographed with a Kodak MRD-2 Planetary Microfilm Camera using Kodak Recordak AHU Microfilm 5460, (a 35mm film in compliance with section 4.1.1.2 of RADC's Statement of Work). The images were reduced in size by a proportion of 6.5 to 1. A vacuum easel held the journal pages flat during filming, and strips of lithographer's tape were used on the easel as a guide to page placement. Filming proceeded at the rate of approximately 3-4 frames per minute. The film was developed using a Kodak Versamat processor. The film was labeled "AF5" and dated March 16, 1979.

The journal pages were filmed using two frames of film per page. Each frame contained the image of either the top or bottom half of a page. This procedure was followed to avoid making software modifications in the GRAFIX I page finding program. This approach would not be used in a production system, for which a suitable whole-page finding program would be provided. In production the manual filming procedure would incorporate registration guides on the easel for rapid page alignment. For very large volumes of material, manual filming could be replaced entirely by a semi-automatic camera system such as the Terminal Data Corporation Documate.

For the test the pages images were reduced by a ratio of 6.5 to one, a proportion which would accomodate the filming of blocks of print up to 7 1/2" by 10" (the standard area of print on an 8 1/2" by 11" page). Larger pages could be accomodated by filming at a reduction ratio of 8 to one, but there would be a penalty in terms of higher reject and substitution rates during OCR.

3.2 Font Acquisition

The three fonts read in the GRAFIX I demonstration (in compliance with section 4.1.1.1 of RADC's Statement of Work) were added to the computer's file of image masks using the "font acquisition procedure." This procedure consists of loading the film of Russian journal pages into the GRAFIX I scanner and attempting to read it with the OCR program. Each rejected (not yet identifiable) character is displayed on the operator's terminal as it is encountered. If the image is suitable to use as a mask, the operator keys the correct identification and stores the new mask in a disk file. After several such masks have been created, the operator stops the OCR program and adds the new masks to the OCR mask file. On subsequent runs, the OCR program is able to read these characters and therefore selects only characters for which no masks have been captured.

The iterative nature of this process greatly accelerates mask acquisition. After gathering masks for all characters in the font, the mask file may be edited using a separate program which displays each mask individually and allows the operator to adjust the alignment of the image and to correct inaccurate identifications.

The time spent in acquiring the initial set of masks for a particular font was usually about 20 minutes. (There are about 90 masks in such an initial set.)

Since GRAFIX I has the ability to acquire font masks directly from the material being read, the acquisition of new fonts does not represent a significant source of further expense to the user.

3.3 Data Tablet Operation

In a production system the "Data Tablet Descriptor Entry Procedure" is used to create digital files of page layout information. These files guide the scanner to blocks of text which are appropriate for optical character recognition

and away from blocks which would be inappropriate, such as graphs, line drawings, mathematical formulas, and photographs. Confining the scanning to blocks of text which are appropriate to OCR avoids wasting time on parts of the page which do not require reading.

The descriptor files are usually created using a coordinate digitizer, or data tablet, which allows an operator to enter the locations of text and illustrations by pointing to them rather than by measuring them. Even the layout of complex tables can be quickly recorded in this manner, leaving the details of bookkeeping to the computer. If desired, certain logical information such as font type or page numbers may be entered at the same time. In production this process requires less than one minute per page, even for pages of complex technical documentation. Note that data tablet operation is a step performed on actual pages prior to, not during, scanning by the OCR program.

The page descriptors used by the present film scanning program are in a new developmental format which is inconsistent with existing data tablet software. Since the format information needed for the demonstration was very limited, the descriptor files were created manually without using the data tablet. Data tablet software compatible with the new format is under development and would be available for a production system.

3.4 Text Reading and Optical Character Recognition

3.4.1 FINDING THE PAGE

Conceptually, the first task of the GRAFIX I in reading a given page is to locate the image of the page on the film. This is accomplished by scanning a series of widely spaced lines parallel to the edges of the film, and then scanning a second series of lines perpendicular to the first. These scans intercept and detect the edges of the page image as they appear on the film. From the points of intersection between the lines and the page edges GRAFIX I determines the location and orientation of the whole page within the frame.

Once the page image has been located within the frame, GRAFIX I uses the previously prepared page descriptor file as a guide to the blocks of text on the page which should be scanned.

3.4.2 FINDING LINES OF TEXT

Once the page descriptor file has directed the scanner to a block of text, the scanner begins to search for the actual lines of print within the block. The first step in line finding is to sweep the upper part of the block with scan lines parallel to the upper edge of the page. The ratio of black to white detected in each scan line is then digitally plotted against the location of the scan line on the page. This produces a graph with a peak corresponding to the location of the first line in the block. This technique is used to locate one line at a time as the scan progresses down the page. This technique automatically adjusts to any variations in line spacing and arrangement.

The next step after locating a line is to determine the slope of the line. Russian journals frequently contain lines which are skewed with respect to the rest of the page due to poor printing practices. The scanning software is able to adjust to such irregularities automatically by scanning the line in three segments to determine the location of the character bases on the left, right and middle thirds of the line. When this is established the slope of the line is calculated and OCR is allowed to proceed.

3.4.3 FINDING PRINTED CHARACTERS

Character finding is accomplished by the GRAFIX I in a manner uniquely suitable to reading Russian journals and other proportional-space print. Most other OCR systems are critically dependent on monospace print and clear separations between characters as an aid in character finding. GRAFIX I, however, uses finding techniques capable of locating proportionally spaced characters, and which can even separate characters which touch or overlap slightly. GRAFIX I accomplishes this task through the use of techniques such as "river finding," in which a white gap between two characters can be identified even though it may not form a clean vertical column perpendicular to the line of type. Italicized characters, for instance, overhang one another and do not leave neat columns of white between letters. To separate touching characters GRAFIX I may search for opposing "notches" in the upper and lower edges of the joined image as a cue to the proper point of separation.

PROCEDURES
Text Reading and OCR

The distinction between systems which read proportionally spaced type and those which do not is extremely important. Although a few OCR systems besides GRAFIX I may be capable of identifying Cyrillic letters when typed on a monospace typewriter, GRAFIX I is the only commercial system which routinely reads proportionally spaced text containing overlapping characters such as that found in Russian journals.

3.4.4 IDENTIFYING PRINTED CHARACTERS

Once a character has been scanned and located, the OCR program measures the character's maximum width and maximum height. The font recognition masks are grouped in five classes by height, ranging from the largest class (capital letters) through five descending steps to a class containing very small characters (such as punctuation marks). Within a height class the masks are arranged in order of increasing width. By using the height and width of the unknown character as a reference, the OCR program is able to immediately isolate a smali set of appropriate masks from the universe of all possibilities. During the demonstration this strategem typically selected about 20 possible masks out of a field of 300 for each unknown character. The 300 masks represent upper and lower case characters in Latin, Cyrillic, Greek, Special Symbols, and various italic forms of these alphabets. (In other applications, GRAFIX I has demonstrated the ability to read printed material containing as many as 27 intermixed fonts.)

In this demonstration the character recognition masks for all three fonts were stored as a single file, a procedure which lowered the overall character recognition rate. In a production system software would be used which explicitly recognizes fonts prior to recognition of the characters. This would speed up recognition of an unknown character by eliminating the masks which belong to inappropriate fonts. This procedure can be implemented by programming the GRAFIX I to recognize differences between upright Cyrillic, italic Cyrillic, bold Cyrillic, and a fourth set representing the relatively infrequent Latin, Greek and mathematical symbols. Such extensive software development was beyond the scope of the present study, although similar software has been successfully implemented on the GRAFIX I for other applications.

When several possible masks have been selected for the unknown character, a process of correlation is initiated. Masks are assigned scores based on their similarity to the unknown character. When the entire set of possible masks has been scored, the OCR program isolates the few scores which are high enough to be plausible matches. Of these, the best two are examined closely. Before determining that the highest scoring mask represents the true identity of the unknown, the OCR program checks the scores against two criteria:

1. The best mask must be very similar to the unknown.

2. There must be a significant difference between the score of the best mask and that of the second best mask.

The exact mathematical thresholds used in these rejection criteria can be adjusted to "fine tune" the reject behavior of the system. Typically the best mask must be about 90% similar to the unknown and its score should be more than 5% better than the second-best mask or GRAFIX I will reject the character. These figures differ from one application to another depending on the needs of the user.

If the mask scores meet both of these criteria, the unknown character is assigned the identity of the highest-scoring mask and the character code represented by that mask is placed in the OCR output file. If the mask scores fail to meet these criteria, the unknown character is classified as a reject and a digital image of the character is placed in the OCR output file, along with information about why the character was rejected and what the highest-scoring masks were.

3.4.5 ADDITIONAL OCR PROCESSING OPTIONS

When GRAFIX I has finished reading a line it performs one or more post-processing steps on the line as a whole. In the demonstration the only such step was to discard lines which had more than 25% rejects. Such lines were assumed to contain mathematical formulas or other unreadable material. When such a line was rejected GRAFIX I placed a short message in the OCR output file to alert subsequent users that the line was missing, (in compliance with section 4.1.1.2 of RADC's Statement of Work). In the demonstration the message was $$LN1.

In a production system other post-processing steps could be implemented, and a selection of more sophisticated page format information could be included in the output file. An example of an optional post-processing step would be to search the line for possible character separation errors. The computer can be programmed to identify suspicious rejects by their size and location, such as in the case of a large reject found in the center of a word. Such a reject could easily be a pair of touching characters which had not been separated properly at first. An appropriate procedure would be to reexamine such rejects and attempt to split them into recognizable characters before outputting the rejected image. GRAFIX I can also be programmed to include information on fonts, spacing between letters, size and extent of white areas, location of headings and captions, and size and extent of illustrations as an aid in recomposing the page following translation.

3.5 Reject Conversion

Those characters which were rejected during the OCR process were manually identified in the subsequent reject conversion step. (This is in compliance with section 4.1.1.4 of RADC's Statement of Work). In this part of the demonstration the gray-level images of unrecognized characters were displayed to a human operator, who recognized them and keyed their identities. In order to implement this process for the demonstration it was necessary to create a Cyrillic font for the reject conversion displays, (in compliance with section 4.1.1.3 of RADC's Statement of Work). This font is shown in Figure 3-1.

Figure 3-2 illustrates the reject conversion process. The figure shows four sequential steps in clearing rejected characters from a file generated during the GRAFIX I demonstration. The upper row of letters in each frame shows actual gray level images of the unrecognized characters in the context of other characters which were identified by the OCR program. The second row shows the same characters but with large empty squares below the rejected images. The solid white triangle is a "cursor." The cursor shows the operator which character will be affected by the next keystroke.

In the upper frame of Figure 3-2 the cursor is shown under the leading П. The operator presses the П key on the reject conversion keyboard to enter the identity of the image. At the instant the operator presses the appropriate

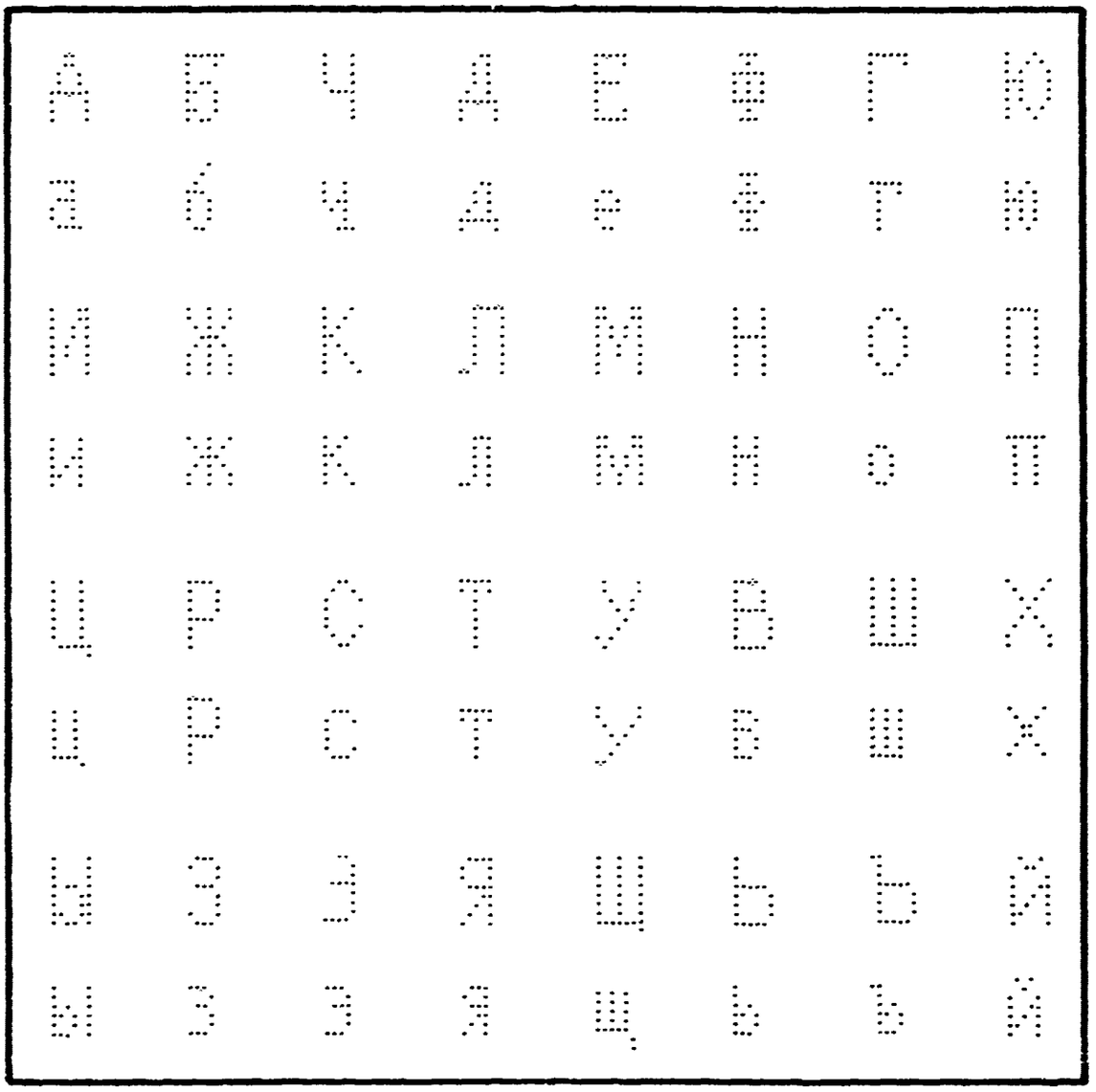


FIGURE 3-1

The video Cyrillic font used to display Russian text on GRAFIX I reject conversion terminals.

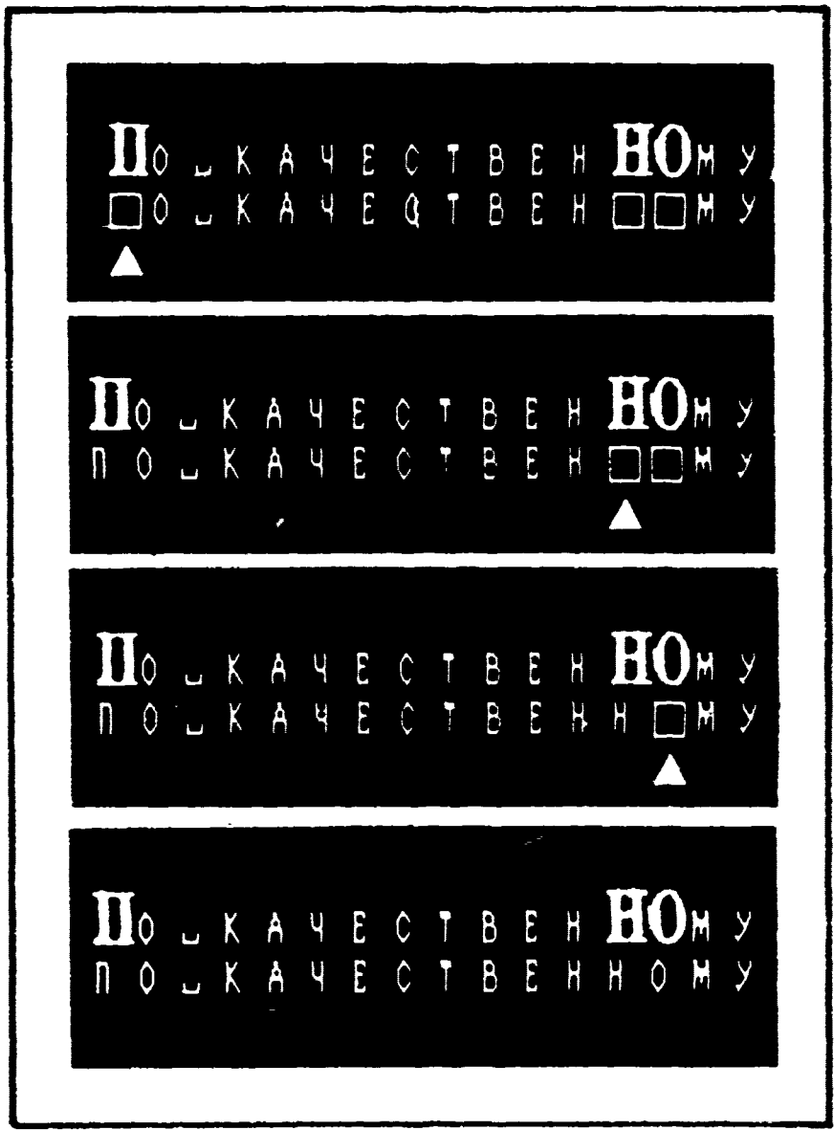


FIGURE 3-2

Four stages in the conversion of rejected characters (see text for discussion). These are actual gray level images from a reject conversion terminal.

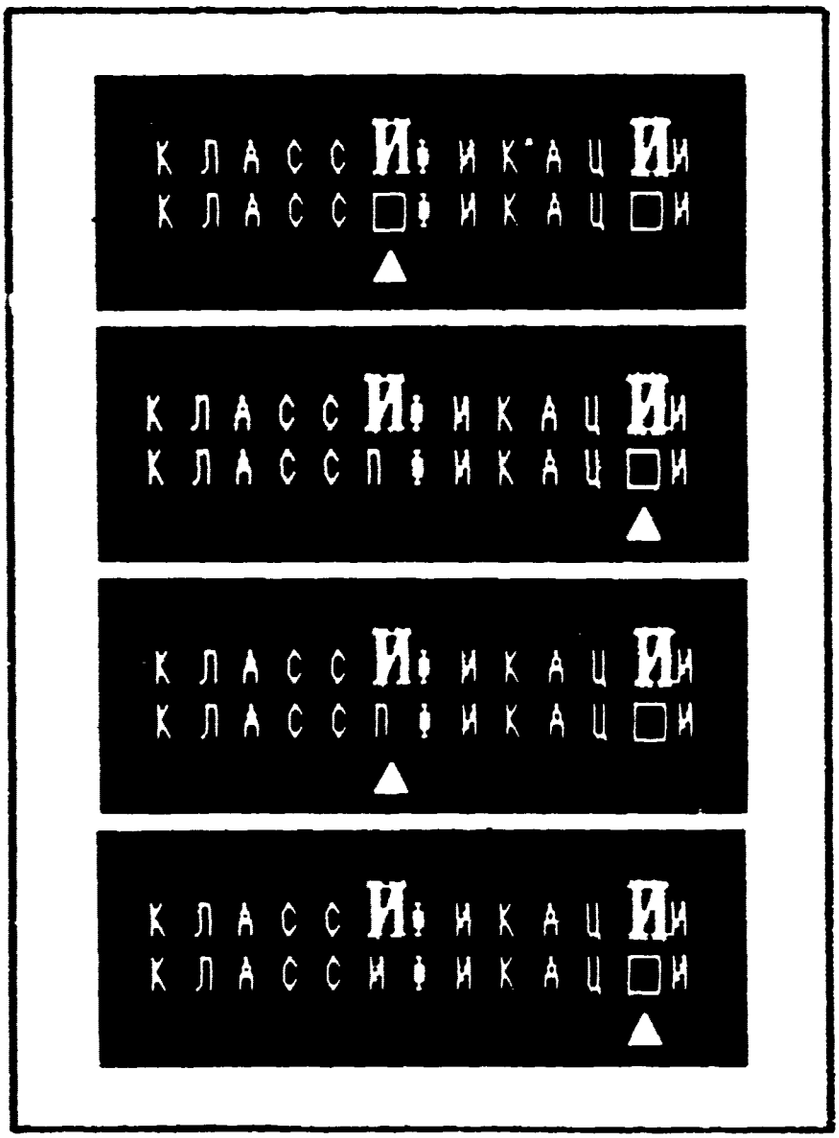


FIGURE 3-3

Error correction at the reject conversion terminal. In this sequence the reject operator keys an incorrect identification, then backspaces with a single keystroke and corrects the error. See text for further discussion.

key the symbol PI appears under the image and the cursor moves to a position beneath the next rejected character. The second unknown, an HH, is identified in the same manner and the cursor moves to the third unknown. When this line has been completely cleared of rejected characters the cursor moves automatically to another line.

Figure 3-3 shows a variation on this process intended to illustrate the flexibility of the reject conversion equipment. In this example the operator identifies the first unknown image as a PI. This identification is in error, since the character is actually NN. To correct the mistake, the operator presses a special backspace key and returns the cursor to its previous position (using only one keystroke). At this point the operator keys in the correct identification and goes on to the next reject image.

Note that the rejected characters shown in Figures 3-2 and 3-3 were typical of those which were difficult for GRAFIX I to identify. The PI and NN in Figure 3-2 are especially characteristic. These characters frequently appeared as shown here with their upper and lower serifs overlapping. This gave each character a very high degree of similarity to both the PI and NN masks, preventing the OCR program from identifying them (see section 3.4.4, above.)

The result of the reject conversion process is the creation of OCR output files which have been rewritten with character codes in place of the reject gray level images. The rewritten files were then ready for final formatting and tape output.

3.6 Tape Format

FTD requested a special set of file conventions in the final output tape in order to make the data intelligible to the SYSTRAN machine translation program, (in section 4.1.1.5 of RADC's Statement of Work). The final output tapes provided to FTD were written to these specifications. The memo containing the tape format instructions has been included in this report as appendix C.

CHAPTER 4

RESULTS

4.1 Page and Line Finding

Of the 1029 lines of text contained in the 27 Russian journal pages supplied by FTD:

Frames 2 and 48 of the film were omitted due to correctable errors in page finding. These frames contained 34 lines (3.3% of the total).

44 lines (4.3%) were not captured due to correctable problems in line finding. These lines were located in frames 4, 12 and 34.

40 lines and 4 half-lines (4.1%) were omitted from the test due to human error in writing the page descriptor files.

27 lines (2.6%) were portions of article titles and figure captions written in a font which GRAFIX I was not expected to capture. GRAFIX I correctly identified each of these lines and wrote the code "$$LN1" in place of each line in the output file.

24 lines (2.3%) contained mathematical formulas or other special symbols which GRAFIX I was not expected to capture. GRAFIX I correctly identified these lines and wrote the code "$$LN1" in place of each line in the output file.

11 lines (1.1%) were not read due to intrinsic problems with the material. GRAFIX I rejected these lines and entered the "$$LN1" code in place of each line in the output file. This category most closely reflects the spurious line-rejection

rate of a production system.

4.2 Reject Rates

A reject is a character which the OCR program encountered and could not reliably identify. The rejects which occured in the test material can be divided into six categories, which are described below (see Table 4-1). It is expected that in the development of a production system, procedures would be found to avoid most of the rejects falling into the first five categories.

The reject categories were:

1. BAD LINE SCANS. Some lines in the test were mistakenly scanned at an angle to the line of print producing partial character images which were rejected.

2. DIVIDED CHARACTERS. The OCR program sometimes encountered poorly printed characters which appeared to consist of two images. Such characters were output as a pair of rejects. The figures reported here reflect the number of characters which were divided, not the number of reject images produced.

3. SPURIOUS REJECTS. This category represents rejected images which consisted of small "shavings" from adjacent letters, such as detached ends of serifs. These images were counted as rejects but did not represent unidentified characters.

4. MERGED LETTERS. Occasionally the OCR program failed to separate two touching characters, and was unable to identify the resulting image.

5. NO APPROPRIATE MASK. During the test the OCR program encountered images for which it had no appropriate masks. These were output as rejects.

6. AMBIGUOUS CHARACTERS. This category contains look-alike characters, such as П, И, and Н. These rejects would be the most difficult to reduce in a production system.

RESULTS
Reject Rates

TABLE 4-1

CHARACTERS REJECTED OUT OF 44,504 READ

REJECT CATEGORY	CHARACTERS REJECTED	PERCENT OF TOTAL CHARACTERS
Bad Line Scans	210	0.5%
Divided Characters	170	0.4%
Spurious Rejects	420	0.9%
Merged Characters	800	1.8%
No Appropriate Mask	770	1.7%
*Ambiguous Characters	2220	5.0%

* Most nearly reflects the reject rate of a production system on the material used in the test.

4.3 Substitution Rates

A "substitution" is a character which which is incorrectly identified by GRAFIX I. Substitutions fell into three categories, only one of which (ambiguous characters) would contribute significantly to substitutions in a production system. See Table 4-2.

The three categories of substitutions were:

1. NO APPROPRIATE MASK. In some cases when confronted by a character for which it had no mask, GRAFIX I misidentified the unknown by matching it with a generally similar mask.

2. DIVIDED CHARACTERS. Occasionally GRAFIX I would split a character into two images, mistakenly identify one fragment and reject the other. In the case of a split "m," for instance, the computer might identify the first half of the image as an "n," and then reject the remaining fragment as unrecognizable.

3. AMBIGUOUS CHARACTERS. Certain letters, such as **II** and **H**, are so similar in appearance that variations in print quality can cause one to look like another.

RESULTS
Substitution Rates

TABLE 4-2

CHARACTERS INCORRECTLY IDENTIFIED OUT OF 44,504 READ

SUBSTITUTION CATEGORY	CHARACTERS SUBSTITUTED	PERCENT OF TOTAL CHARACTERS
No Appropriate Mask	60	0.13%
Divided Character	51	0.11%
*Ambiguous Characters	82	0.18%

* Most nearly reflects the reject rate of a production system on the material used in the test.

4.4 Throughput Rates

There are two throughput rates of interest, the instantaneous recognition rate and the total system throughput.

The instantaneous recognition rate is the speed at which the OCR program recognizes an individual letter. When reading the Russian journal pages supplied by FTD the GRAFIX I's instantaneous recognition rate is 65.0 characters per second. (This rate was measured subsequent to the demonstration.)

The total system throughput is the rate of conversion taking into account the time spent on film positioning, page finding, line finding, character finding, character recognition, file writing, reject conversion, and tape writing. The GRAFIX I's total system throughput for this demonstration was approximately 30 characters per second.

Total system throughput is a practical figure which can be converted to a realistic estimate of system productivity as follows:

Throughput (chars/sec) * 28,800 sec/shift =

Daily Rate (chars/day)

Using this formula, GRAFIX I demonstrated a daily throughput of 864,000 characters per 8-hour shift. This is the equivalent of approximately 500 Russian journal pages such as those read for this test.

CHAPTER 5

DISCUSSION

Information International's GRAFIX I optical character recognition system successfully read 27 actual Russian journal pages and converted them into digital files suitable for processing by FTD'S SYSTRAN translation program. This section presents a detailed discussion of the results of the test and some observations regarding further research.

5.1 Discussion of Page and Line Finding

In general the page and line finding software performed quite reliably. Several minor problems were encountered during the test, but these were felt to be artifacts of the demonstration itself. The various software packages used in the test were not exactly appropriate for reading Cyrillic journals, having originally been developed for other applications. This produced several annoying but minor difficulties, none of which would be present in a production system.

As an example, consider the 44 lines which were not read due to line finding problems. The line finding software used in the demonstration was adapted from a production system which reads narrow columns of text from catalogs. These columns frequently contain skewed lines of type. The program accomodates narrow, skewed lines by searching for each end of the line in order to establish the line's slope. It then makes its first pass at the following line by presuming it to be parallel to the first.

DISCUSSION
Page and Line Finding

When applied to the long, closely-spaced lines of Russian journal text, however, the line finding program occasionaly failed. In three cases (0.03% of all lines) the program found the beginning of one line and mistakenly matched it with the end of the next line. This led it into a chain of systematic errors which produced repeated tilted line scans until the end of the frame was reached. Software written specifically for Russian journal pages would not be subject to this kind of problem.

Similar difficulties account for the two frames of the film which were skipped by the page finding program and the 42 lines which were not read due to human error in making up the page descriptor files. Neither problem occurs in GRAFIX I production systems, and neither appeared to be related to any special feature of the Russian text. Therefore, these problems are not expected to occur in a production system when reading material similar to that used in the test.

In summary, although the slight mismatch between software and application proved to be a nuisance, no substantial page finding or line finding problems relating to the nature of the test material were encountered.

An important part of the test was for GRAFIX I to demonstrate its ability to recognize lines of text containing excessive numbers of mathematical symbols, and to output a special code indicating the location of the line within the article. This allows an editor to subsequently locate the difficult line in the original material and either key it in or paste it directly into place in the translated text. GRAFIX I correctly identified and noted 24 such lines.

GRAFIX I rejected 11 lines (1.1% of the total) for miscellaneous reasons which were intrinsic to the material. An examination of these lines suggests that they may have been rejected due to random effects resulting in their having more than 25% unidentifiable characters. Some of these lines were only one word long, for instance, and contained a high proportion of look-alike letters. In a four-letter line a single rejected image would cause the whole line to be discarded.

Rejected lines such as these are probably not avoidable. The criteria used to identify lines containing mathematical formulas will inevitably cause a few spurious rejections

based on randomly high proportions of unidentifiable images. Note, however, that all such rejected lines were replaced by a code in the output file which would call them to the attention of an editor. They are therefore not lost, and can be keyed into the data file manually at a later time.

5.2 Discussion of Reject Rates

About 5% of the characters in the material read were rejected for legitimate reasons. A production system reading this type of material would be expected to show a similar reject rate. As was the case with errors in page finding and line finding, a large proportion of the rejected images during the test were felt to be due to artifacts of the demonstration, and were not characteristic of a production system.

For instance, 210 rejected images were artifacts of skewed line scans. The bad line scans were a result of the line finding error discussed above. The rejects derived from such scans should not be considered part of the overall reject rate for this material. More appropriate line finding software is expected to eliminate this category of rejects.

The reject categories described as divided characters, spurious rejects, and merged characters could be greatly reduced by more sophisticated software in a production system. Routines which rejoin fragments of characters can be implemented, as well as procedures which split overlapping characters. It is felt that these categories would not contribute significantly to the reject rate of a production system.

Rejects caused by the lack of an appropriate mask represent a more complex situation. With the open-ended potential for the appearance of previously unused symbols, the rejection of novel character images is a proper function of the system. By rejecting these characters GRAFIX I assures that they will be brought to the attention of an editor. These "rejects" would be better considered as proper dispositions of novel characters rather than as errors or failures of identification. Clearly these characters do not properly belong in an estimate of the total "reject rate."

Finally there were the "hard" rejects, those which will be difficult to eliminate from a production system. These were rejects due to look-alike characters which could not be

reliably differentiated. It is felt that it will be difficult to improve very much on the 5.0% reject rate represented by this category. The Cyrillic characters П and И are frequently degraded to the point that the OCR program cannot distinguish between them. Considering the similarity of the letters and the poor quality of the Russian printing, it appears that a 5.0% reject rate is reasonable for these ambiguous characters.

5.3 Discussion of Substitution Rates

Less than one-half of one percent of the 44,504 characters read by GRAFIX I were misidentified. The low number of substitutions is in part explained by the 5.0% reject rate for ambiguous characters. GRAFIX I was programmed to reject all doubtful characters specifically to keep the substitution rate as low as possible. It was felt that the rejected characters could be more easily converted for SYSTRAN input than substituted characters could be. Even though the substitution rate was gratifyingly low, it is felt that two of the three categories of substitutions could be greatly reduced in a production system.

For instance, one third of the substitutions were due to attempts by GRAFIX I to identify characters for which it possessed no appropriate masks. The operator in charge of font acquisition for the demonstration did not make a lower-case Latin "m" mask due to an oversight. GRAFIX I subsequently identified Latin "m's" by matching them with the mask for the lower-case Cyrillic Ш. In a production system the operator would simply have made another mask after discovering the substitution, and the problem would have been solved. This option was not available during the demonstration since the substitution was not detected until several days later.

A quarter of the substitutions were due to the misidentification of a letter fragment. These substitutions were in every case associated with a small reject image representing the remaining fragment of the true character. In the case of a split "m," for instance, the computer might initially identify the first half of the image as an "n," and then reject the remaining fragment as unrecognizable. This problem is accentuated in the Cyrillic alphabet by the presence of the two-part letter Ы, the first half of which is identical with Ь, the Cyrillic "soft sign." In a production system GRAFIX I would be programmed to recognize a variety of characteristic substitution-fragment combi-

nations and automatically correct them. A post-production routine, for instance, could instruct GRAFIX I to reexamine any character within a word which happened to be followed by a small reject image. Such a routine could substantially reduce this category of substitutions.

There remain the "ambiguous character" substitutions, representing only 0.2% of the characters read. The ambiguous letters П and И are so similar in appearance that variations in print quality will cause a small incidence of substitutions between them in spite of the best efforts to the contrary. This category is considered to be the primary source of substitutions which would be encountered in a production system.

5.4 Discussion of Throughput Rates

GRAFIX I demonstrated an instantaneous character recognition rate of 65.0 characters per second during the Russian journal OCR demonstration. This rate is not regarded as being representative of a production system because the masks used in the test were not subdivided by font. The software for a production system would be designed to recognize special fonts and restrict the selection of masks to those within the correct font. This approach has been implemented on the GRAFIX I successfully, and results in a substantial increase in the character recognition rate. A production system with an instantaneous character recognition rate in the vicinity of 200 characters per second is a distinct possibility using font recognition techniques.

GRAFIX I's total system throughput during the demonstration was approximately 30 characters per second. This figure reflects the rate at which the material is actually processed by the whole system. This figure is partially limited by the instantaneous character recognition rate, and could be expected to improve by a factor of two or three in a production system.

Even using the rates demonstrated by GRAFIX I during the demonstration, the system appears to be the equal of approximately 15 trained typists. In addition, GRAFIX I runs continually (no coffee breaks), and can be operated on a 24-hour basis if necessary. At maximum utilization the system could transcribe Russian journal pages at a daily (3-shift) rate equivalent to a staff of 50 trained Cyrillic typists.

5.5 Indications for Further Study

Although the results of this test and demonstration have been enlightening, Information International feels that this study was limited in scope and should be regarded as an indicative but not definitive evaluation of the usefulness which an OCR system may have to FTD. The present study concentrated on a small sample of Russian pages from a single journal, and did not properly evaluate GRAFIX I's ability to process the full range of material handled by FTD's technical translation division.

The practical ability of GRAFIX I to capture Russian technical text will not be accurately determined until a study is performed in which GRAFIX I reads a large, statistically valid random sample of the actual material FTD proposes to capture for SYSTRAN processing. A sample of 500 randomly selected pages from the last year's production might be satisfactory for this purpose. Until such a study is performed the true production reject rate, substitution rate, and total system throughput cannot be convincingly determined.

APPENDIX A

DESCRIPTION OF THE DEMONSTRATION: APRIL 18, 1979

A.1 Participants from Information International

A. K. Griffith, Ph.D., Manager of OCR Development
Russell Ham, Project Leader
Rich Schroeppel, Senior Development Programmer
Jeremy Schwartz, Junior Programmer
Dian Sweeney, Reject Conversion Operator
Bruce D. Clayton, Ph.D., Corporate Communications Specialist

A.2 Participants from FTD/RADC

Lt. Col. Russell C. Hagberg, Technical Translation Division, FTD/NIT
Robert M. Wallace, Technical Advisor, Technical Translation Division, FTD/NIT
Lt. John A. Guillen, Project Engineer, S&T Systems Development Section, RADC

A.3 Schedule of Events

10:00 Briefing of demonstration to follow.

11:00 Reading (OCR) of 27 pages supplied for the demonstration.

Each page was filmed on two successive frames of film, with the top of a page on one frame and the bottom of the page on the next frame. The output from each frame of film was put in a separate "OCR Output file." Therefore, 54 OCR output files were created. Each file consisted of a succession of digital codes, one for each recognized character, together with a gray-level image of each unrecognized or "rejected" character.

These files were named CR0020.001 [33,110] through CR0020.054 [33,110].

11:30 Creation of "mock reject" files.

Each OCR output file was run through a program which replaced the reject images with question marks. These files were named MK0020.001 [33,110] through MK0020.054 [33,110]

12:00 Conversion of mock reject file to FTD format.

All files output from mock reject conversion were converted to FTD tape format. This tape was supplied to FTD as "tape 1."

12:30 Lunch

2:00 Reject conversion.

Ten of the OCR output files created during the morning session were put through the reject conversion cycle. Each reject image in each file was displayed at a CRT terminal, together with the textual context, in Cyrillic. The operator keyed the correct identity of each rejected character. An encoded version of the keyed character replaced the gray-level image in the output file. The selection of these files was the option of FTD. The files were named RJ0021.001 [33,110] through RJ0021.010 [33,110]

2:30 Creation of mock reject printouts.

The MK0020 files were printed on the lineprinter by a program which gave Roman transliterations of the Cyrillic characters, and indicated the fonts and character sizes. A file called PJ0021.000 was created from files MK0020.001 [33,100] through MK0020.054 [33,100] and was supplied to FTD.

3:00 Writing output tape of reject converted files.

The ten files put through reject conversion were formatted according to the FTD specification, in 710-byte blocks, and were written onto a magnetic tape. This tape was supplied to FTD as "tape 2." A hex lineprinter dump of this tape was also supplied.

3:30 Summary and discussion of test.

APPENDIX B

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY

B.1 List of Pages Read

RADC provided Information International with 27 pages of Russian technical journal material for GRAFIX I to read in this demonstration. These pages are reproduced in this appendix. Table B-1 contains a summary of the pages read, all of which were drawn from the journal DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976.

TABLE B-1

LIST OF PAGES READ

Pages Read	No. of Pages
521-524	4
529-530	2
603-606	4
611-613	3
615-618	4
622-628	7
750-751	2
756	1
Total:	27

B.2 Actual Journal Pages

The following 27 pages contain facsimiles of the actual journal pages which the GRAFIX I read during the demonstration. The facsimiles have been reduced to 65% of their original dimensions.

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 521 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 519.21 *МАТЕМАТИКА*

Ю. К. БЕЛЯЕВ

ПОСЛЕДУЮЩИЕ ОЦЕНКИ ПРИ ВЫБОРОЧНОМ КОНТРОЛЕ ПО КАЧЕСТВЕННОМУ ПРИЗНАКУ С ОШИБКАМИ КЛАССИФИКАЦИИ

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 22 VI 1976)

При планировании выборочного контроля и анализе его результатов часто исходят из предположения об отсутствии ошибок классификации. Однако при построении математических моделей, соответствующих выборочному или сплошному обследованию с использованием средств диагностики заболеваний в медицине, а также при прогнозе надежности элементов на основе результатов неразрушающего контроля более реалистично учитывать возможность ошибочной классификации. При анализе данных о ходе контроля и оценке его эффективности можно в условиях безошибочной классификации использовать последующие оценки, предложенные А. Н. Колмогоровым (1). В настоящей работе развивается подход к построению последующих оценок для контроля с ошибками, обобщающий соответствующие результаты для контроля без ошибок (2).

Пусть $\mathfrak{P}=\{O_1,\dots,O_N\}$ — конечная совокупность N объектов, каждый из которых принадлежит одному из r возможных классов $\mathcal{K}_0,\dots,\mathcal{K}_{r-1}$, а N_i — число объектов $O_i\in\mathfrak{P}$, принадлежащих классу $\mathcal{K}_i$, $\mathbf{N}=(N_0,\dots,N_{r-1})'$, $N=N_0+\dots+N_{r-1}$. При контроле объекты классифицируются, т. е. относятся к одному из r классов. Случай $r=2$ соответствует так называемому контролю по альтернативному признаку. Результаты классификации будем рассматривать как взаимно независимые случайные события, причем вероятность того, что объект $O_i\in\mathcal{K}_i$ будет классифицирован как объект, принадлежащий классу $\mathcal{K}_k$, равна p_{ik}, $k=1,\dots,N$, $i,j=0,\dots,r-1$. Числа p_{ii} задают вероятности правильной классификации, а $1-p_{ii}=\sum_{j\neq i}p_{ij}$ — вероятности ошибочной классификации. Пусть $\mathbf{p}_i=(p_{i0},\dots,p_{i,r-1})'$ — вектор-столбец, а $\mathbf{P}=\{\mathbf{p}_0,\dots,\mathbf{p}_{r-1}\}$ — матрица вероятностей классификации, образованная векторами $\mathbf{p}_i$, $i=0,\dots,r-1$. Случай $\mathbf{P}=\mathbf{I}$, т. е. $p_{ii}=1$, $p_{ij}=0$, $i\neq j$, $i,j=0,\dots,r-1$, соответствует контролю без ошибок. Результаты контроля объектов $O_{i_1},\dots,O_{i_m}$ представим последовательностью векторов $(\mathbf{e}_1,\dots,\mathbf{e}_m)$, где $\mathbf{e}_k=(e_{k1},\dots,e_{k,r-1})'$. Если на k-ом шаге контроля объект классифицируется как принадлежащий классу $\mathcal{K}_j$, то все $e_{ki}=0$, $j\neq i$, $e_{kj}=1$. Компоненты вектора $\mathbf{x}=\sum_{i=1}^{m}\mathbf{e}_i=(x_1,\dots,x_{r-1})'$ равны числам объектов, отнесенным по результатам контроля $\mathbf{e}_1,\dots,\mathbf{e}_m$ к классам $\mathcal{K}_1,\dots,\mathcal{K}_{r-1}$, т. е. $x_j=\sum_{k=1}^{m}e_{kj}$. Всюду ниже предполагается, что используется случайный выбор объектов на контроль без возвращения и контроль проводится по плану первого вхождения $\Pi(\Gamma)$ с границей точек остановки Γ (3). Последовательность $\alpha=(\mathbf{x}_1,\dots,\mathbf{x}_k,\dots)$, $\mathbf{x}_k=\sum_{i=1}^{k}\mathbf{e}_i$, $k=1,2,\dots$ образует путь (траекторию) контроля по точкам r-мерной целочисленной решетки

$$\mathfrak{R}^r=\{\mathbf{x}\},\quad \operatorname{ind}\mathbf{x}=x_1+\dots+x_{r-1};\quad \mathbf{x}=(x_1,\dots,x_{r-1})'.$$

Пусть

$$G_\Gamma(\mathbf{x})=\{\alpha=(\mathbf{x}_1,\dots,\mathbf{x}_m):\ \mathbf{x}_m=\mathbf{x},\ m=\operatorname{ind}\mathbf{x},\ \mathbf{x}_k\notin\Gamma,\ k<m\}$$

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 522 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

— множество путей, достигающих точки x, которая в общем случае может быть граничной,

$G_\Gamma(z, x) = \{\alpha = (x_k, \ldots, x_m): x_k = z, x_m = x, k = \mathrm{ind}\, x_k < m = \mathrm{ind}\, x_m, x_i \notin \Gamma, i < m\}$ — множество путей, проходящих через z и достигающих x, $|J|$ — число элементов множества J, $a^{(b)} = a(a-1)\ldots(a-b+1)$, b — целое число. Для получения статистических выводов используются вероятности $p_N(\alpha(x))$ регистрации при контроле пути $\alpha(x) \in G_\Gamma(x)$.

Теорема 1. *При контроле со случайным выбором без возвращения и матрицей вероятностей классификации* P *вероятность пути контроля* $\alpha(x) = (x_1, \ldots, x_m)$, $x_m = x$, *задается следующей формулой:*

$$p_N(\alpha(x)) = \sum_{m_0 + \ldots + m_{r-1} = m} \frac{N_0^{(m_0)} \ldots N_{r-1}^{(m_{r-1})}}{N^{(m)}} f_m(x), \qquad (1)$$

$$f_m(x) = \sum_{i \in \mathcal{J}(m)} \prod_{k, j = 0}^{r-1} (p_{kj})^{s_{kj}(i)}, \qquad (2)$$

где $m = \mathrm{ind}\, x$, $\mathbf{m} = (m_0, \ldots, m_{r-1})'$, $m_i = 0, 1, \ldots$, $i = 0, \ldots, r-1$, $\mathbf{i} = (i_1, \ldots, i_m)'$, $i_l = 0, \ldots, r-1$, $l = 1, \ldots, m$, $\mathcal{T}_k(\mathbf{i}) = \{l: i_l = k, l = 1, \ldots, m\}$, $\mathcal{J}(\mathbf{m}) = \{\mathbf{i}: |\mathcal{T}_k(\mathbf{i})| = m_k, k = 0, \ldots, r-1\}$, $s_{kj} := \sum_{l \in \mathcal{T}_k(\mathbf{i})} e_{jl}$, $\sum_i e_{ji} = x_j$, $j = 0, \ldots, r-1$, $x = (x_0, \ldots, x_{r-1})'$.

При доказательстве (1), (2) вектору $\mathbf{i} = (i_1, \ldots, i_m)'$ сопоставляем событие, состоящее в том, что l-й отобранный на контроль объект принадлежит классу i ($i_l = 0, \ldots, r-1$), $l = 1, \ldots, m$. При случайном выборе без возвращения вероятность вектора $\mathbf{i}$ равна

$$N_0^{(m_0)} \ldots N_{r-1}^{(m_{r-1})} / N^{(m)}, \quad m_k = |\mathcal{T}_k(\mathbf{i})|, \quad m = m_0 + \ldots + m_{r-1}.$$

Следствие 1. *Вероятности всех путей множества* $G_\Gamma(x)$ *одинаковы.*

Следствие 2. *При контроле по плану* $\Pi(\Gamma)$ *и случайном выборе объектов на контроль без возвращения достаточной статистикой для вектора параметров* $\mathbf{N} = (N_0, \ldots, N_{r-1})'$ *являются координаты точки остановки контроля, когда путь впервые достигает границы* Γ.

Этот факт для одно(двух)ступенчатых планов и $r = 2$ был получен Н. М. Кузьминой.

Следствие 3. *Пусть* $P_N(x, \Gamma)$ — *вероятность достижения граничной точки* $x \in \Gamma$, *а* $P_N(z, x, \Gamma)$ — *вероятность прохождения из точки z и достижения затем точки* $x \in \Gamma$. *Тогда имеем*

$$P_N(x, \Gamma) = L_\Gamma(x) p_N(\alpha(x)), \quad P_N(z, x, \Gamma) = L_\Gamma(z, x) p_N(\alpha(z, x));$$
$$\alpha(x) \in G_\Gamma(x), \ \alpha(z, x) \in G_\Gamma(z, x), \ L_\Gamma(x) = |G_\Gamma(x)|, \ L_\Gamma(z, x) = |G_\Gamma(z, x)|.$$

Рассмотрим на Γ семейство вероятностных мер $\{P_N(A, \Gamma)\}$, $A \subseteq \Gamma$, задаваемое вероятностями выхода $P_N(x, \Gamma)$ в граничные точки $x \in \Gamma$, N играет роль параметра, $N_i = 0, 1, \ldots$, $i = 0, \ldots, r-1$,

$$N > \mathrm{ind}\, \Gamma = \max_{x \in \Gamma} \mathrm{ind}\, x, \quad P_N(A, \Gamma) = \sum_{x \in A} P_N(x, \Gamma).$$

План $\Pi(\Gamma)$ будем называть полным, если соответствующее ему семейство $\{P_N(\cdot, \Gamma)\}$ является полным ([2], [3]).

Теорема 2. *Пусть план* $\Pi(\Gamma)$ *полный при контроле без ошибок* ($P = I$) *при случайном выборе без возвращения. Тогда план* $\Pi(\Gamma)$ *полный и при контроле с ошибками, если* $\det P \neq 0$.

Доказательство основано на следующих фактах. Будем считать, что состав N совокупности $\mathfrak{P}$ является случайной величиной $\mathbf{N}_*$. В качестве априорного распределения возьмем полиномиальное

$$P(\mathbf{N}_* = \mathbf{N}) = \frac{N!}{N_0! \ldots N_{r-1}!} q_0^{N_0} \ldots q_{r-1}^{N_{r-1}}, \qquad (3)$$

522

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 523 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

где $0 \leqslant q_i \leqslant 1$, $\sum_{i=0}^{r-1} q_i = 1$. Пусть $e_{ij} = (\delta_{i,j}, \ldots, \delta_{i-1,j})$ — векторы, у которых $\delta_{k,j} = 0$, $k \neq j$,

$$\delta_{j,j} = 1, \quad p_i = \sum_{k=0}^{r-1} q_k p_{k,i}, \quad i = 0, \ldots, r-1.$$

Лемма 1. *Если априорное распределение N_x является полиномиальным с вероятностями значений (3), то путь контроля с матрицей вероятностей классификации P соответствует полиномиальному блужданию ξ_t по точкам решетки $\mathcal{Z}^r$, причем $P(\xi_{t+1} - \xi_t = e_{ij}) = p_j$, $t = 1, 2, \ldots$, — номера шагов контроля, $j = 0, \ldots, r-1$.*

При условии $\det P \neq 0$ отображение $(q_0 \ldots q_{r-1}) \to (p_0, \ldots, p_{r-1})$, $p_i = \sum_{k=0}^{r-1} q_k p_{k,i}$, переводит симплекс $S_r^1 = \{(q_0, \ldots, q_{r-1}): 0 \leqslant q_i \leqslant 1, \sum_i q_i = 1\}$ в $\mathcal{M}_r$ — выпуклый многогранник размерности $r-1$, $\mathcal{M}_r \subset S_r^1$, с вершинами в точках $A = (p_{i,0} \ldots p_{i,r-1})$, $i = 0, \ldots, r-1$. Свойство полноты плана $\Pi(\Gamma)$ при полиномиальном блуждании, когда $(q_0, \ldots, q_{r-1}) \in S_r^1$, эквивалентно свойству полноты при сужении множества параметров до $\mathcal{M}_r \subset S_r^1$.

Следствие 4. *При контроле по альтернативному признаку с вероятностями классификации $p_{i,j}$, $i, j = 0, 1$, $p_{i,0} \neq p_{i,1}$ ($p_{i,1} \neq p_{i+1,1}$) план первого вложения будет полным тогда и только тогда, когда он простой.*

(Определение простоты см. [2], стр. 133.)

Замечание. Если при $r = 3$ $p_{i,j} \geqslant p_{i,i}$, $i \neq i$, $i, j = 0, 1, 2$, то $\det P \neq 0$.

Пусть $l(x) = (l_0(x), \ldots, l_{r-1}(x))'$ — вектор-столбец, компоненты которого равны $l_i(x) = L_r(e_{i,0}, x)/L_r(x)$.

Теорема 3. *Если $\det P \neq 0$, то при контроле по плану $\Pi(\Gamma)$ со случайным выбором без возвращения вектор $(N)^\wedge = (N_0^\wedge, \ldots, N_{r-1}^\wedge)'$ несмещенных оценок компонент вектора состава $N = (N_0, \ldots, N_{r-1})'$ совокупности Φ определяется соотношением*

$$(N)^\wedge = NP^{-1}l(x). \tag{4}$$

Следствие 5. *Если план $\Pi(\Gamma)$ полный, то в условиях теоремы 3 несмещенная оценка (4) единственная в классе несмещенных оценок, зависящих от достаточной статистики x.*

Следствие 6. *В случае $r = 2$ и $p_{0,0} \neq p_{1,1}$*

$$(N_1)' = N\{[L_r((0,1)', x)/L_r(x)] - p_{0,1}\}(p_{1,1} - p_{0,1})^{-1}. \tag{5}$$

Замечание. Если контроль одноступенчатый объема n, а d — число объектов, отнесенных к классу $\mathcal{X}_1$ ($r = 2$), то из (5) имеем $(N_1)^\wedge = N(d/n - p_{0,1})(p_{1,1} - p_{0,1})^{-1}$.

Рассмотрим систему уравнений

$$E\delta_{\alpha,\beta} = \sum_{i,j} \frac{N_i N_j (1 - \delta_{ij}) + N_i^{(2)} \delta_{ij}}{N^{(2)}} p_{i,\alpha} p_{j,\beta}, \quad \beta = \sum_{j=0}^{r-1} j\varepsilon_j. \tag{6}$$

Пусть P_2 — матрица коэффициентов при неизвестных $\{N_i N_j, N_i^{(2)}\}$, упорядоченных в виде вектора $N_2 = (N_0^{(2)}, N_0 N_1, N_0 N_2, \ldots, N_{r-2} N_{r-1}, N_{r-1}^{(2)})'$, строки которой соответствуют последовательности номеров (k, l), имеющей вид $(0\,0), (0,1), (0,2), \ldots, (r-1, r-2), (r-1, r-1)$. Каждой граничной точке $x \in \Gamma$ в предположении $\min_{x \in \Gamma} \operatorname{ind} x \geqslant 2$ сопоставим вектор $l_2(x) = \{L_r(e_{i,0} + e_{i,0}, x)/L_r(x), L_r(e_{i,0} + e_{i,1}, x)/L_r(x), \ldots, L_r(e_{i,r-1} + e_{i,r-1}, x)/L_r(x)\}'$.

Теорема 4. *Пусть все точки x, $\operatorname{ind} x = 2$ являются достижимыми и выполнены условия теоремы 3. Тогда $\det P_2 \neq 0$ и вектор $(N_2)^\wedge$ несмещенных оценок N_2 имеет вид*

$$(N_2)^\wedge = N^{(2)} P_2^{-1} l_2(x). \tag{7}$$

523

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 524 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Пусть $C(N^\wedge)=\{E(N)^\wedge(N)^\wedge{}'-NN'\}$ — матрица ковариаций несмещенных оценок (4). Сопоставим матрице $\Lambda=(N,\Lambda_i(1-\delta_{i,j})+N_i^2\delta_{i,j})$ матрицу $(M)^\wedge=((N,N_j)'(1-\delta_{i,j})+(N_i^2)^\wedge\delta_{i,j})$, элементы которой образованы по основе компонент вектора оценок $(N_i)^\wedge$, определяемого (7).

Следствие 7. *В условиях теоремы 4 матрица* $(C(N^\wedge)\}^\wedge$, *образованная несмещенными оценками элементов матрицы* $C(N^\wedge)$, *имеет вид*

$$(C(N^\wedge))^\wedge=(N)^\wedge(N)^\wedge{}'-(M)^\wedge. \tag{8}$$

Пусть $\Gamma_1=\Gamma_{11}\cup\Gamma_{12}$ — границы замкнутых планов $\Pi(\Gamma_i)$, $i=1, 2$, $\Gamma_{11}=\Gamma_{21}=\Gamma_1\cap\Gamma_2$, причем все точки Γ_1 достижимы при контроле по плану $\Pi(\Gamma_2)$. Вектор $N(x)=(N_0-m_0, \ldots, N_{r-1}-m_{r-1})'$ для $x=(x_0, \ldots, x_{r-1})'\in\Gamma_1$ при контроле по плану $\Pi(\Gamma_1)$ можно интерпретировать как вектор состава непроконтролированной части $\mathfrak{P}$.

Теорема 5. *Пусть контроль проводится по плану* $\Pi(\Gamma_1)$, $\det P\neq 0$, *а путь контроля проходит через точки* $x^{(1)}\in\Gamma_{11}$, $x^{(2)}\in\Gamma_{12}$, *причем* $x^{(2)}$ *достижим из точек* $x^{(1)}+e_{i_0}$, $i=0, \ldots, r-1$. *Тогда вектор, несмещенно оценивающий* $N(x^{(1)})$, *имеет вид*

$$(N(x^{(1)}))^\wedge=P^{-1}I(x^{(1)}, x^{(2)})(N-\mathrm{ind}\,x^{(1)}), \tag{9}$$

где $I(x^{(1)}, x^{(2)})=L_{r_0}^{-1}(x^{(1)}, x^{(2)})(L_{r_0}(x^{(1)}+e_{i_0}, x^{(2)}), \ldots, L_{r_{r-1}}(x^{(1)}+e_{i_{r-1}}, x^{(2)}))'$.

Последующие оценки (9) можно использовать для оценивания ожидаемой эффективности при переходе к контролю по плану $\Pi(\Gamma_2)$, для оценивания принятого брака (*) и т. д. Аналогично выводу (7), (8) можно получить несмещенные оценки матрицы ковариации компонент вектора (9).

Планирование выборочного контроля можно проводить на основе байесовского подхода (**). Пусть результаты сплошного контроля совокупностей $\mathfrak{P}$ представимы векторами $\tilde{N}_i=(\tilde{N}_{i,0}, \ldots, \tilde{N}_{i,r-1})'$, где $\tilde{N}_{i,j}$ — число объектов $\mathfrak{P}_i$, отнесенных к $\mathcal{K}_j$, $j=0, \ldots, r-1$. $\sum_{j=0}^{r-1}\tilde{N}_{i,j}=N$, $i=1, \ldots, m$. Рассмотрим последовательность $(\tilde{N}_1, \ldots, \tilde{N}_m, \ldots)$ всех возможных значений векторов состава N совокупностей из N объектов. $\tilde{p}_{\tilde{N}_i,\tilde{N}_m}=P\{\tilde{N}_i|N_m\}$ — вероятности при сплошном контроле $\mathfrak{P}$ с вектором состава N_m получить вектор $\tilde{N}_i$. $\tilde{\mathcal{P}}=(\tilde{p}_{\tilde{N}_i,\tilde{N}_m})$ — матрица с элементами $\tilde{p}_{\tilde{N}_i,\tilde{N}_m}=m^{-1}\sum_{i=1}^{m}\chi_{\tilde{N}_i}(\tilde{N}_i)$, где $\chi_{\tilde{N}}(\tilde{N})=1$ при $N=\tilde{N}$ и $\chi_{\tilde{N}}(\tilde{N})=0$ при $N\neq\tilde{N}$; $\tilde{p}=(\tilde{p}_{\tilde{N}_1}, \ldots, \tilde{p}_{\tilde{N}_m}, \ldots)'$, $\pi=(\pi(N_1), \ldots, \pi(N_m), \ldots)$ — вектор априорных вероятностей значений $N_1, \ldots, N_m, \ldots$

Теорема 6. *Пусть проводится сплошной контроль* $\mathfrak{P}_1, \ldots, \mathfrak{P}_m$ *с матрицей вероятностей классификации* P, $\det P\neq 0$, *результаты которого* $\tilde{N}_1, \ldots, \tilde{N}_m$. *Тогда* $\det\tilde{\mathcal{P}}\neq 0$ *и вектор* π, *несмещенно оценивающий вектор* π *априорных вероятностей, имеет вид*

$$\hat{\pi}=\tilde{\mathcal{P}}^{-1}\tilde{p}. \tag{10}$$

Замечание. Число компонент вектора π быстро растет с ростом N, поэтому нужно исследовать точность оценки (10) в условиях роста N и m.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
3 VI 1976

ЛИТЕРАТУРА

[1] *А. Н. Колмогоров.* Изв. АН СССР, сер. матем., т. 14, в. 4, 303 (1950). [2] *Ю. К. Беляев.* Вероятностные методы выборочного контроля. «Наука», 1975. [3] *Ю. В. Линник, И. Н. Романовский.* ДАН, т. 191, № 2, 270 (1970). [4] *В. Н. Рожкин.* Научн. зап. Ташкентск. пед. сельскохоз. института, в. 45, 112 (1970). [5] *A. Hald.* Technometrics, v. 2, 5, 275, 290 (1960). [6] *Л. Н. Большев.* В сб. Международн. конгр. математиков в Ницце, 1970. «Наука», 1972, стр. 43. [7] *Н. Д. Лумельский.* Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, в. 1, 80 (1973).

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 529 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3. 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 517.51

МАТЕМАТИКА

Е. М. ДЫНЬКИН

СКОРОСТЬ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ В $E^p(G)$

(Представлено академиком С. М. Никольским 29 VI 1976)

Пусть G – плоская область, ограниченная простой спрямляемой кривой ∂G. Предположим, что как G, так и ее внешность $\mathbb{C}\setminus\bar{G}$ входит в класс В. И. Смирнова ([1], стр. 250). Класс $E^p(G)$, $1<p\leq\infty$, состоит из аналитических в G функций f, граничные значения которых суммируемы в степени p на ∂G (точные определения см. ([1], стр. 203) с нормой

$$\|f\|_{E^p(G)}=\left(\int_{\partial G}|f(z)|^p|dz|\right)^{1/p}$$

с обычной модификацией при $p=\infty$. Если область G – единичный круг $\Delta=\{z:\ |z|<1\}$, то $E^p(\Delta)=H^p$ – обычный класс Харди ([1], стр. 78).

Пусть $s>0$; рассмотрим класс $K_s^p(G)$ всех функций f из $E^p(G)$ со следующим свойством: при любом n найдется многочлен P_n степени n такой, что

$$\|f-P_n\|_{E^p(G)}\leq C_f n^{-s},$$

где C_f не зависит от n.

Целью настоящей работы является прямое структурное описание класса $K_s^p(G)$. При $p=\infty$ класс $K_s^\infty(G)=C^s(\bar{G})$ и мы получим задачу об описании функций с заданной скоростью равномерного приближения (ср. [2-4]).

1. Обозначения и определения. 1. φ – конформное отображение внешности $\mathbb{C}\setminus\bar{G}$ области G на внешность $\mathbb{C}\setminus\bar{\Delta}$ единичного круга, $\varphi(\infty)=\infty$, $\varphi'(\infty)>0$; ψ – обратное отображение; $L_r=\{z:\ |\varphi(z)|=1+r\}$ – линии уровня; длина контура Γ обозначается $|\Gamma|$;

$$\partial/\partial\bar{z}=1/2(\partial/\partial x+i\,\partial/\partial y).$$

2. Пусть ∂G – квазиконформная кривая ([1], стр. 71). Тогда существует почти всюду дифференцируемое квазиконформное отражение $z\to z^*$ относительно ∂G. Пусть L_r^* – образ L_r при этом отражении.

3. Если $I\subset\partial G$ – некоторая дуга и $f\in E^p(G)$, то через $F_m(f,I)_p$ будет обозначаться наилучшее приближение f на I многочленами степени m в метрике $L^p(I)$.

Конформным модулем гладкости порядка m функции f из $E^p(G)$ назовем функцию от $\delta>0$

$$\Lambda_m(f,\delta)_p=\sup\left(\sum_{k=1}^{n}E_m(f,I_k)_p^p\right)^{1/p},$$

где sup берется по всевозможным разбиениям ∂G, $\partial G=\bigcup_{k=1}^{n}I_k$, на непересекающиеся дуги I_k такие, что

$$\delta/2\leq|\varphi(I_k)|\leq\delta.$$

При $p=\infty$ эквивалентное определение получим, взяв

$$\Lambda_m(f,\delta)_\infty=\sup\{E_m(f,I)_\infty:\ |\varphi(I)|=\delta\}.$$

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 530 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

4 Следуя [3], назовем область G кусочно-гладкой, если ее граница состоит из конечного числа гладких дуг с непрерывной кривизной, образующих в вершинах z_j, $j=1, 2, \dots N$, внешние к области G углы $\pi\alpha_j$, $0<\alpha_j\leqslant 2$, причем вблизи z_j

$$\varphi(z)=\varphi(z_j)-A_j(z)(z-z_j)^{\alpha_j},\quad A_j(z_j)\neq 0,$$

где A_j – дважды непрерывно дифференцируемая функция. Граница такой области квазиконформна (*).

II. *Основная теорема.* Пусть G – кусочно-гладкая область и $f\in E^p(G)$.

Теорема 1. *Каждое из следующих двух условий необходимо и достаточно для того, чтобы* $f\in K_p^m(G)$:

A) $\int\limits_{L_\delta}\left|f^{(m)}(z)/\varphi'(z)^m\right|^p|dz|)^{1/p}=O(\delta^{1-m})$, $\delta\to 0$ *при некотором* m;

B) $\lambda_m(f,\delta)_p=O(\delta^m)$, $\delta\to 0$ *при некотором* m.

III. Замечания. 1. Достаточность условий A) и B) можно доказать и для более общих областей, например для областей с ограниченным вращением и невыпуклыми внешними углами.

2. Необходимость условия A) доказывается при любом $m>\max([s], [s\alpha_j])$, условия B) – при любом $m\geqslant m_{\max}([s], [s/\alpha_j])$.

3. Условие A) можно рассматривать как естественное обобщение классической теоремы Харди – Литтлвуда (*), связывающей граничную гладкость функции в круге с ростом ее старших производных вблизи границы.

4. При $p=\infty$ и $m=0$ условие B) превращается в известное условие В. К. Дядина (*): $f\in\varphi$ удовлетворяет на окружности условию Гельдера порядка s. При $0<s<\min(1, \alpha)$ значение $m=0$ в B) допустимо и условие В. К. Дядина оказывается необходимым и достаточным для $f\in K_\infty^0(G)$. Но при $s\geqslant\min(1, \alpha)$ в теореме 1 брать $m=0$ уже нельзя и условие B) расходится с условием В. К. Дядина. При $p<\infty$ и $m=0$ достаточность условия B) для областей Ресса в иных терминах установлена в работе (*).

5 При $p=\infty$ описание класса $\Lambda_\infty^s(G)$ в кусочно-гладких областях в иных терминах содержится в (*, *) для s с нецелыми $s'\alpha$ и в (*) для всех s. При $s>\min(1, \alpha)$ в эти описания явно входят вершины z_j и углы α_j при них.

Напротив, так как никакие специальные свойства области G не входят явно в формулировки A) и B), теорема 1, вероятно, справедлива для значительно более общего класса областей.

IV. Схема доказательства 1. Рассмотрим оператор T_φ, который функции g из H^1 сопоставляет аналитическую в G функцию $f=T_\varphi g$ по правилу

$$f(z)=\frac{1}{2\pi i}\int\limits_{\partial G}\varphi'(\zeta)^{1/p}g[\varphi(\zeta)](\zeta-z)^{-1}d\zeta,\quad z\in G.$$

Область G назовем p-фаберовой, если для любого многочлена Q

$$\|T_\varphi Q\|_{E^p(G)}\leqslant C\|Q\|_{E^p}.$$

Кусочно-гладкие области всегда p-фаберовы.

Теорема 2. *Пусть* $f\in E^p(G)$. *Всегда* $C\to D=E$, *а в* p-*фаберовой области* $E\to C$, *здесь*

C) $f\in K_p^1(G)$;

D) f *допускает продолжение* F *на всю плоскость, непрерывно дифференцируемое в* $\mathbb{C}\setminus\bar{G}$ *и такое, что*

$$\left(\int\limits_{L_\delta}\left|\frac{1}{\varphi'(z)}\frac{\partial F}{\partial\bar z}\right|^p|dz|\right)^{1/p}=O(\delta^{1-1}),\quad \delta\to 0;$$

E) $f=T_\varphi g$, $g\in K_p^1(\Delta)$.

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 603 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 539.378.001.57:531.781.2 *ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА*

Академик АН УССР В. К. МОССАКОВСКИЙ, В. В. ПЕТРОВ

О ВЛИЯНИИ ТРЕНИЯ НА МИКРОСКОЛЬЖЕНИЕ

Открытое О. Рейнольдсом в 1875 г. (1) явление микроскольжения, протекающее на площадке контакта взаимодействующих тел, в последнее время интенсивно исследуется при помощи различных методов измерения напряжений и деформаций (2-4). Существующие методики выявления зон проскальзывания и сцепления обладают рядом недостатков, значительно снижающих возможность четкого выявления границ зон и определения напряженно-деформированного состояния самой поверхности контакта, что в свою очередь затрудняет исследование природы явления. Одна из лучших работ в этой области (2) представляет собой способ получения визуально различимых зон в процессе эксперимента, возникающих в результате взаимодействия упругого тела и стеклянной плоскопараллельной пластинки, на которую нанесен тонкий слой красящего вещества. Микроскольжение при сухом трении, как основа явления, в этом случае моделируется грубо.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования процесса зарождения зоны сцепления и ее изменение в соответствии с изменением коэффициента трения покоя.

1. Методика исследования. Эксперименты проводились по разработанной авторами методике определения границ зон скольжения, основанной на одном из способов оптического метода измерения деформированного состояния — голографической интерферометрии. При этом использовалась схема получения голограмм в скрещенных пучках, методы двух экспозиций и реального масштаба времени. Нагружающее устройство представляло собой систему рычагов, сжимающих упругий образец двумя жесткими плоскопараллельными пластинами и передающих образец относительно пластин, одна из которых стеклянная. Предметный пучок света сквозь прозрачную пластинку освещает площадку контакта деформируемого образца и, отражаясь от него, интерферирует с опорным пучком. Полученные интерферограммы исследуемой поверхности образца несут информацию о механизме контактного взаимодействия. Сущность разработанного способа определения количества, размеров и формы зон сцепления, величин перемещения в зонах скольжения состоит в следующем. Интерферограммы контактной поверхности четко указывают зону сцепления, ограниченную интерференционной полосой первого порядка. Зоны проскальзывания характеризуются наличием интерференционных полос, указывающих на относительное перемещение точек этой части контактной поверхности. Количественная оценка величин смещения точек производилась обычным способом (4). Такая методика впервые позволила непосредственно наблюдать явления микроскольжения в процессе эксперимента.

Выяснение процесса появления и развития зон микроскольжения проводилось по экспериментальной схеме, предложенной О. Рейнольдсом (1), исследовавшим наличие зон при сжатии упругих прямоугольных брусьев жесткими плитами. На интерферограмме сжатого упругого параллелепипеда параллельно границам квадратной контактной площадки наблюдаются полосы, указывающие на перемещение пограничных участков. Центральная часть, представляющая собой квадрат с округленными углами, является зоной сцепления.

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 604 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

2. Выбор материала образцов. Материал образцов должен обладать следующими существенными признаками: иметь диффузно-отражающую поверхность, линейные упругие свойства и сравнительно низкий модуль упругости ($E \leq 400$ кг/мм²). Из материалов, обладающих перечисленными свойствами, можно выделить фторопласт-4 ($E_c = 400$ кг/мм²) и пенопласт ПС-4-40 ($E_c = 0,5$ кг/мм²). Коэффициент трения покоя пар фторопласт — стекло определялся по известной методике, т. е. измерялось тангенциальное (сдвигающее) T и нормальное (прижимающее) P усилия в момент страгивания образца; отношение их T/P принималось за коэффициент трения f. Перед каждым замером поверхность обезжиривалась, что позволило получать вполне воспроизводимые результаты.

При проведении измерений обнаружено, что коэффициент трения фторопласта практически не зависит от степени прижатия в довольно боль-

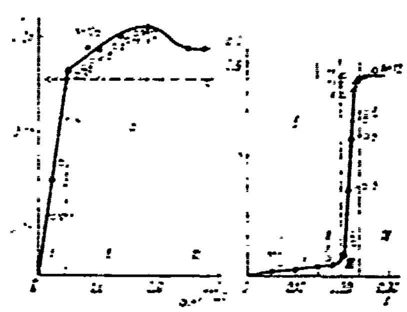


Рис. 1. Характерные кривые процесса возникновения и развития зон микроскольжения: а — зависимость коэффициента трения покоя f от нормальной нагрузки (пунктирная кривая — фторопласт-4, сплошная кривая — пенопласт ПС-4-40), б — зависимость отношения величины зоны сцепления ко всей площади контакта (c/l) от f. (Положение пронумерованных кружков № 1 — № 12 указывает, при каких параметрах были получены интерферограммы (соответственно № 1 — № 2 и т. д.))

шом диапазоне нагрузок (рис. 1, а). (Этим обеспечивалась стабильность условий при исследовании зон микроскольжения.) Коэффициент трения пенопласта в значительной степени зависит от нормальной нагрузки (рис. 1, а). При постепенном увеличении сжатия коэффициент трения в начальный период интенсивно растет (что было впервые отмечено Л. Лекорню (5)), затем происходит резкое замедление роста f и, после достижения максимума, плавное уменьшение его при больших нагрузках до относительно стабильного состояния. (Подобные зависимости указаны в (6).) В процессе исследования было замечено, что образцы, вырезанные из различных участков пенопластового листа, имеют идентичные по форме, но количественно отличающиеся кривые $f(P)$. Это свойство позволило определенным образом подготовить поверхность исследуемых образцов и получить нужную зависимость коэффициента трения от нагрузки, имеющую достаточно большие начальные участки, необходимые для выяснения закона возникновения зон скольжения.

3. Результаты эксперимента. Серия интерферограмм, полученная при увеличении и уменьшении сжимающей нагрузки на материале с линейными свойствами и постоянным коэффициентом трения — фторо-

604

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 605 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

пласте, указывает на неизменность границ зоны сцепления и на соответствующее изменение зоны проскальзывания, связанное с увеличением всей площади касания.

Серия интерферограмм, полученных при аналогичных испытаниях образца из полиэтилена, характеризуется изменением фактической площади касания (ФПК) и зоны сцепления в зависимости от прикладываемой нагрузки (рис. 2). Используя эти результаты и график зависимости коэффициента трения от степени сжатия, можно построить зависимость коэффициента трения f от отношения величины зоны сцепления c ко всей площади контакта l (рис. 1, б). Анализируемая кривая качественно совпадает с результатами, полученными Л. А. Галиным при решении задачи о вдавливании плоского штампа, контактная площадка которого разбита на центральную зону сцепления и две зоны проскальзывания [7]. Аналогичные результаты были получены при решении этой задачи с применением уравнения класса Фукса В. Н. Моссаковским и А. Г. Гискун [8].

Рассматривая интерферограммы, соответствующие различным коэффициентам трения, можно разбить кривую зависимости f от c/l (рис. 1, б) на четыре участка.

Участок I (рис. 2, *а*) представляет собой смятие хаотически расположенных крупных микронеровностей, образующих ФПК, которая обеспечивает величину сдвигающей силы, т. е. нормальная нагрузка увеличивает ФПК и тем самым увеличивает коэффициент трения покоя f_0.

Участок II (рис. 2, *б*) характеризуется регулярной микронеровностей вокруг выступающей части поверхности (проявление «волнистости» поверхности), т. е. от выступающей части поверхности, связанной с жестким основанием, как от центра в разные стороны перемещаются все остальные точки области контакта вследствие деформации образца. На более высоком участке микронеровности уже полностью сдеформировались, а на других участках это явление еще протекает. С увеличением сжимающей нагрузки происходит выравнивание контактирующей поверхности. Трение покоя f_0 продолжает увеличиваться в связи с увеличением ФПК из-за смятия микронеровностей и выборки волнистости.

Участок III (рис. 2, *в*) образуется при появлении площадки сцепления в центре испытуемого образца, форма которой зависит от геометрии контактной области и уже не зависит от неровностей поверхности (поверхность выравнялась полностью, все микронеровности сдеформировались). На этом участке происходит резкий рост величины зоны сцепления. Очевидно, сдеформированные микронеровности образуют довольно однородную поверхность, еще имеющую резерв пустоты между неровностями. Эти пустоты быстро заполняются при дальнейшем сжатии, увеличивая зону сцепления, что соответственно повышает коэффициент трения, т. е. сдавленные микронеровности теперь имеют достаточно большую контактную поверхность и им легче, деформируясь от увеличения нагрузки, раздаться в стороны, заполняя микропустоты, чем сдвинуться с места. Вся контактная поверхность ведет себя как единое целое.

Зона сцепления при сжатии параллелепипеда включает те точки, которые легко сдвигаются в привычном направлении от приложения маленького сжимающего дополнительного усилия, т. е. эти точки как бы «запомнили» движение. Поэтому величину зоны сцепления сжатого образца легко выявить, прикладывая небольшую нагрузку ΔP. Все точки, ранее сдвигаемые, переместятся и дадут интерферограмму с картиной полос в зоне проскальзывания.

Участок IV (рис. 2, *г*) — это область насыщения микропустот прекращение роста зоны сцепления и увеличения адгезионных свойств контактирующей поверхности, что можно объяснить появлением пластической деформации в поверхностном слое. Кривая может не достигнуть значения $c/l=1$.

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 606 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 197.:

Таким образом, на первых двух участках следует отдать предпочтение теории фактической площади, на участках III и IV справедливы решения контактных задач теории упругости и пластичности.

Величина зон сцепления зависит от коэффициента трения покоя, упругих свойств материалов и состояния поверхности. Можно предположить, что для различных материалов и различных микрогеометрий контактирующих поверхностей кривые $f(t/l)$ индивидуальны, но подобны по форме и сохраняют четыре характерных участка. (Для металлов участок I сравнительно мал.) Поэтому, проведенные исследования вполне могут объяснить механизм появления зон макроскольжения. Так как кривая $f(l/\ldots)$ для любых контактирующих тел имеет участок интенсивного роста, то при сжатии реальных деталей контактная поверхность проходит три участка кривой (рис. 1, б), постепенно образуя зону сцепления, стабилизирующуюся на участке IV.

Методика наблюдения механизма контактного взаимодействия, предложенная в данной статье, кроме обнаружения зон макроскольжения может быть использована для определения фактической площадки касания, волнистости поверхности и ввиду полноты получаемой информации имеет преимущество перед используемыми методами, такими как окрашивание поверхности, растровый способ и др.

Днепропетровский государственный университет

Поступило 27 I 1976

ЛИТЕРАТУРА

[1] O. Reynolds, Phil. Trans. Roy. Soc. London, v. 166 (1876). [2] S. Y. Poon, Wear, v. [illegible] 1962. [3] E. L. Jensen, J. Appl. Mech., v. 25 (1958). [4] R. D. Mindlin, W. P. Mason et al., Proc. 1st Nat. Congress of Appl. Mech., 1952. [5] E. Olleson, P. Pierre, J. Strain Anal., v. 5, № 3 (1970). [6] I. L. Александрова, А. М. Бенн Берген, [illegible], т. 32, в. 2 (1962). [7] L. [illegible], C. R., v. 169, [illegible] (1920); II. [illegible]. Деталь в трении [illegible] II. Л. [illegible], М., ГИТТЛ, 1954. [8] И. В. Крагельский, Е. В. Виноградова, Коэффициенты трения, М., Машгиз, 1962. [9] Л. А. Галин, Контактные задачи теории упругости, М., Гостехиздат, 1953. [10] Б. И. Костецкий, [illegible] Г. Бадачэ, ДАН, т. 206, № 5 (1972).

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 611 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 535.34

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Н. М. ПЛЮСНИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНФРАКРАСНЫХ СПЕКТРОВ ПЛАГИОКЛАЗОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И СТРУКТУРНОЙ УПОРЯДОЧЕННОСТИ

(Представлено академиком И. В. Беловым 1 VII 1976)

В настоящее время полевые шпаты, относящиеся к важнейшей группе породообразующих минералов, привлекают внимание многих исследователей. Развитие прецизионных рентгеноструктурных исследований позволило отнести их к разряду упорядочивающихся твердых растворов. Эти свойства обусловливают особое к ним отношение, так как определение термодинамических условий образования представителей группы полевых шпатов может принести пользу и исследованию пород различного генезиса.

Исследование упорядоченных форм плагиоклазов, стабильных при низких температурах, и неупорядоченных форм, стабильных при высоких температурах, представляет в последнее время значительный интерес. Особенно результативным является исследование альбита, для которого процессы Si–Al-упорядочения протекают относительно быстро. Кроме того, альбит может рассматриваться как исходный минерал для серии полевых шпатов более сложного состава, обычно представленных в природе и в условиях синтеза сложными многофазными образованиями.

Одним из методов, весьма чувствительных к изменению состава и структурного состояния силикатов, является метод инфракрасной спектроскопии. В работах (1) и (2) впервые было показано, что существует определенная корреляция между положением полос в инфракрасном спектре и составом полевых шпатов альбит-анортитовой серии. В серии работ (3–5) и др.) были рассмотрены инфракрасные спектры природных и синтетических плагиоклазов в широком интервале составов и была обнаружена зависимость положения полос спектра не только от состава полевых шпатов, но и от изменения Si–Al-упорядоченности в них. В этих работах, а также более поздних исследованиях (7, 8) было установлено, что наиболее чувствительными к изменению состава и структурного состояния являются полосы в области 650–620 и 550–530 см$^{-1}$, относимые к колебаниям O–Si(Al)–O и O–Si–O.

В данной работе инфракрасные спектры альбит-анортитового ряда для составов 0–100% An природных и синтетических образцов были записаны в области 1500–400 см$^{-1}$ на инфракрасном спектрофотометре UR-10 по методике пасты и тонкодисперсных пленок на подложке из KBr. На рис. 1 показана диаграмма, построенная автором по этим данным и отражающая зависимость между составом – номером плагиоклаза – и положением полос поглощения в области 650–620 см$^{-1}$ (ν_1) и 550–530 см$^{-1}$ (ν_2). Диаграмма показывает разделение на две ветви, смыкающиеся в области составов 90–100% An. Верхняя ветвь – Ab низкий – 100%-ный An, характерный для природных низкотемпературных плагиоклазов. Нижняя ветвь – Ab высокий – 100%-ный An, типичный для синтетических высокотемпературных плагиоклазов. Условия синтеза и экспериментальные результаты по диагностике образцов плагиоклазов приведены в работах (6, 8).

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 612 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Мы видим, что диаграмма рис. 1, демонстрирующая резкое разделение, в особенности в области составов 0–80% An, ветвей высоких и низких плагиоклазов дает принципиальную возможность получить сведения не только о составе, но также о структурной упорядоченности ряда $NaAlSi_3O_8$–$CaAl_2Si_2O_8$ без привлечения данных традиционных методов. В связи с относительно небольшим количеством экспериментальных точек диаграммы, в особенности в области «переломных» составов, таких, например, как № 30, 50 и др., вероятно, что при дальнейших исследованиях ветви могут приобрести несколько иной вид.

Для получения корректного спектрохимического критерия структурной упорядоченности плагиоклазов целесообразным представлялось исследование ряда плагиоклазов с постоянным составом и меняющейся в широких пределах структурной упорядоченностью. Отвечающим этим условиям являются нулевые альбиты 0% An, для которых синтез гарантирует воз-

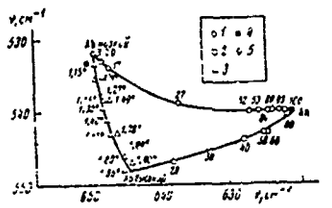


Рис. 1

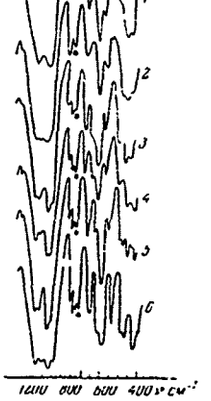


Рис. 2

Рис. 1. Диаграмма зависимости частоты полос поглощения в области 650–620 и 550–530 $см^{-1}$ от состава и степени упорядоченности плагиоклазов: *1* — низкотемпературные природные плагиоклазы, *2* — высокотемпературные синтетические плагиоклазы, *3* — синтетические альбиты, *4* — природный низкий альбит (Ab-01), *5* — природный низкий альбит

Рис. 2. Инфракрасные спектры ряда высокий — низкий альбит: *1–5* — синтетические, *6* — природный альбит. Степень триклинности: *1* — 1,90°; *2* — 1,61°; *3* — 1,49°; *4* — 1,40°; *5* — 1,18°, *6* — 1,10°. Звездочкой обозначена полоса масла

можность получения однофазных образцов, что трудно достижимо для плагиоклазов других номеров. Для этой цели Щекиной [11] были синтезированы 16 образцов плагиоклазов непрерывного ряда высокий — низкий альбит гидротермальным методом из гелеобразной шихты состава $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 8SiO_2$ в присутствии 0,02 и 0,2 N растворов NaOH при температуре 350–870° С и давлении 300–1000 атм. Структурное состояние оценивалось по степени триклинности (угол ψ) по угловому расщеплению рефлексов 131 и 131 (CoK_α-излучение) [12]. Степень триклинности полученных образцов менялась в пределах $\psi = \Delta(2\theta_{131} - 2\theta_{131}) = 1,90° - 1,10°$, т. е. от почти полностью упорядоченного до неупорядоченного состояния кристаллической структуры.

Корреляция между результатами инфракрасных и рентгеновских исследований (рис. 2, таблица) позволила установить зависимость между частотами ν_1 и ν_2 и структурным состоянием нулевого альбита. Аналити-

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 613 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

ческая зависимость степени структурной упорядоченности ψ° и разности частот $\Delta\nu=\nu_1-\nu_2$ имеет вид

$$\psi^\circ=1+0{,}011(119-\Delta\nu)$$

(см. рис 3) Смещение частот ν_1 и ν_2 с изменением структурной упорядоченности описывается выражением (рис. 4)

$$\nu_2=530+2{,}57(651-\nu_1).$$

Область наибольшего расхождения верхней и нижней ветви диаграммы занимает непрерывный ряд Ab низкий – Ab высокий.

Добавление графика непрерывного ряда альбитов с последовательно меняющейся упорядоченностью позволяет обнаружить тенденцию поло-

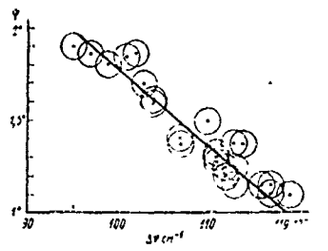


Рис. 3

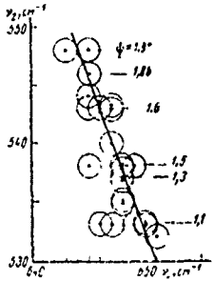


Рис. 4

Рис. 3. Зависимость разности частот $\Delta\nu=\nu_1-\nu_2$ от структурного состояния нулевого альбита (ψ)

Рис. 4. Зависимость частот ν_1 от ν_2 для различного структурного состояния нулевого альбита (ψ)

жения на диаграмме рис 1 линий равного состава и разной степени структурной упорядоченности плагиоклазов 0–100% An На основании полученной диаграммы может быть получен таким образом, характер распределения Si и Al по тетраэдрическим позициям в зависимости от условий образования плагиоклазов

Отличительными особенностями инфракрасных спектров высокотемпературных плагиоклазов с неупорядоченным распределением Si и Al является усложнение тонкой структуры полос в области основных Si–O-коле-

Таблица 1

Положение частот ν_1 и ν_2 в инфракрасном спектре нулевого альбита в зависимости от степени триклинности

ν_1, см$^{-1}$	ν_2, см$^{-1}$	ψ, град	ν_1, см$^{-1}$	ν_2, см$^{-1}$	ψ град	ν_1 см$^{-1}$	ν_2, см$^{-1}$	ψ град
643	548	1 9	647	543	1 61	643	537	1,30
645	548	1 86	647	543	1 56	648	537	1,27
645	544	1 84	648	538	1 49	649	537	1,24
645	546	1 80	647	540	1 50	648	538	1,18
646	543	1 70	645	536	1 47	649	535	1,15
637	638	1 68	648	537	1,32	651	532	1,1

61

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 615 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 548.736(5)

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

П. А. САНДОМИРСКИЙ, М. А. СИМОНОВ, академик Н. В. БЕЛОВ

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БАРАТОВИТА $KLi_3Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}]_2F_2$

Кристаллы нового поликатионного силиката баратовита получены из Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана АН СССР. Снятые с пластинчатого монокристального обломка параметры моноклинной ячейки, определенные и уточненные на автодифрактометре $P\bar{1}$ «Синтекс»: $a=16,953(5)$, $b=20,916(6)$, $c=9,752(3)$ Å; $\gamma=112,46(2)°$; $V=3195,8(2)$ Å^3, — удовлетворительно согласуются с литературными данными (¹). Анализ комплекса векторов прямой решетки, полученного на автодифрактометре, подтвердил B центрировку, а также подсказывал возможность псевдогексагональной ячейки с параметрами $a=9,774(4)$, $b=9,752(3)$, $c=2\times19,736(6)$ Å; $\alpha=89,98(3)°$, $\beta=89,97(3)°$, $\gamma=119,85(2)°$. При формуле $KLi_3Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}]_2F_2$, уточненной в ходе расшифровки структуры, и $d_{выч}=2,92$ г/см³ в моноклинной ячейке содержится $Z=4$ формульных единиц ($d_{эксп}=2,85$ г/см³).

Экспериментальный набор 2265 независимых ненулевых ($I>1,96\sigma I$) рефлексов зарегистрирован на том же автодифрактометре методом $2\theta:\theta$ с переменной скоростью сканирования 4–24 град/мин (K_α Mo-излучение, плоский графитовый монохроматор, max $(\sin\theta/\lambda)=0,9$ Å^{-1}). Систематика погасаний подтвердила дифракционный класс $B-\,-b$, включающий две федоровских группы (ф.г.) C_s^4-Bb и C_{2h}^6-B2/b. Вытекающие из функции Патерсона $P(uvw)$ сильные пики с координатами $uv0$ позволили начать расшифровку в центросимметричном аспекте. Всем более тяжелым атомам (Ti, Ca, K, Si) на первых этапах приписывались f-кривые Ca (²). Методом ромбов пиков (³) удалось локализовать пять атомов, фактор расходимости при этом составил 51%. Дальнейшие неудачные попытки расшифровки в рамках группы $B2/b$ вынудили перейти к расчетам в гемиморфной группе Bb. В ацентричном варианте по син-

Таблица 1

Координаты базисных атомов и изотропные тепловые факторы

Атом	x	y	z	B_j
Ti	0,1655(1)	0,2382(1)	0,4295(2)	1,09(2)
Ca_1	0,0726(1)	[illegible]	0,3616(2)	0,67(3)
Ca_2	0	0	0	0,64(4)
Ca_3	0,2797(1)	0,4260(1)	[illegible]276(2)	0,71(3)
Ca_4	0,1952(1)	[illegible]	[illegible]2830(2)	0,69(3)
K	0,5	[illegible]	[illegible]4289(4)	1,92(6)
Li_1	0,2557(10)	[illegible](8)	[illegible]1814(17)	1,17(25)
Li_2	0	[illegible]	[illegible](23)	1,00(36)
Si_1	[illegible]4914(2)	[illegible]	[illegible]	0,60(4)
Si_2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,56(4)
Si_3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,58(4)
Si_4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,62(4)
Si_5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,59(4)
Si_6	[illegible]	[illegible]	[illegible]1763(3)	0,55(4)
O_1	[illegible]792(4)	[illegible](3)	0,3495(5)	0,87(10)
O_2	[illegible]95(4)	[illegible](3)	0,5009(6)	0,84(10)
O_3	0,2716(4)	[illegible]	[illegible]473(6)	0,92(11)
O_4	0,5472(4)	[illegible](3)	[illegible]	0,84(10)
O_5	[illegible]	[illegible]412(3)	[illegible]	0,90(10)
O_6	[illegible]	[illegible]	0,0800([illegible])	[illegible]
O_7	[illegible]15(4)	[illegible](3)	[illegible]	0,74(10)
O_8	[illegible]	[illegible](3)	[illegible]	[illegible]
O_9	[illegible]78(4)	[illegible]	[illegible]330(6)	[illegible](11)
O_{10}	[illegible]	[illegible]	[illegible](6)	[illegible](10)
O_{11}	[illegible]278(4)	[illegible]	[illegible]769(6)	[illegible](11)
O_{12}	[illegible]	[illegible]	[illegible]557(6)	0,83(10)
O_{13}	[illegible]	[illegible]	[illegible]3164(6)	1,06(11)
O_{14}	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,01(11)
O_{15}	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible](10)
O_{16}	[illegible]96(4)	[illegible]	[illegible]	1,26(11)
O_{17}	0,1576(4)	0,2442([illegible])	[illegible]973(6)	1,16(11)
O_{18}	0,0145(4)	[illegible](4)	[illegible](6)	1,05(11)
F	0,3584(3)	0,0412(3)	[illegible]4311(6)	1,77(11)

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 616 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Таблица 2

Межатомные расстояния в структуре баратовита в Å

Ti-октаэдр	Ca₁-октаэдр	Ca₂-октаэдр	Ca₃-октаэдр
Ti–O 1.94[illegible](6) O 1.933(6) O 1.944(6) O 1.936(6) O 1.9[illegible]0(6) O 1.944(6)	Ca₁–O 2.400(6) O 2.426(6) O 2.410(6) O 2.405(7) O₄ 2.[illegible]50(6) O′ 2.415(7)	Ca₂–2O 2.[illegible]8(6) 2O 2.42[illegible](6) 2F 2.[illegible]1(6)	Ca₃–O 2.393(7) O 2.461(6) O 2.383(6) O 2.403(6) O′ 2.464(6) F 2.344(6)
Среднее Ti–O 1.949 O–O 2.7[illegible]	Ca–O 2.418 O–O 3.402	Ca₂–(O,F) 2.[illegible] O–(O,F) [illegible]	Ca₃–(O,F) 2.406 O–(O,F) 3.383
Ca₄-октаэдр	**K-полиэдр**	**Li-тетраэдр**	**Li₂-тетраэдр**
Ca₄–O 2.392(6) O 2.458(6) O′ 2.402(6) O 2.42[illegible](7) O 2.4[illegible]6(6) F 2.344(6)	K–2O 3.200(6) 2O 3.055(7) 2O [illegible] 2O 3.1[illegible](6) 2O 3.114(6) 2O 3.121(6)	Li–O 1.880(18) O 1.9[illegible](17) O 1.8[illegible](17) O 1.930(18)	Li₂–2O 1.926(11) 2O 1.933(9)
Средние Ca₄–(O,F) 2.[illegible] O–(O,F) 3.[illegible]	K–O 3.137 O–O 3.201	Li–O 1.9[illegible]6 O–O 3.0[illegible]	Li₂–O 1.930 O–O 3.121
[illegible]-тетраэдр	**Si-тетраэдр**	**Si₃-тетраэдр**	**Si₄-тетраэдр**
Si–O 1.616(6) O 1.6[illegible](7) O 1.625(7) O [illegible](7)	Si₂–O 1.610(6) O 1.602(6) O 1.6[illegible](7) O 1.630(7)	Si₃–O 1.613(6) O 1.627(7) O 1.6[illegible](7) O 1.6[illegible](7)	Si₄–O 1.606(6) O 1.603(6) O 1.622(7) O 1.639(7)
Средние Si–O 1.62[illegible] O–O 1.6[illegible]	Si₂–O 1.618 O–O 2.[illegible]	Si₃–O 1.621 O–O 2.645	Si₄–O 1.618 O–O 2.639
Si-тетраэдр	**Si-тетраэдр**		
Si–O 1.594(6) O 1.606(7) O 1.624(7) O 1.637(7)	Si–O 1.598(6) O 1.607(6) O 1.635(7) O 1.630(7)		
Si–O 1.616 O–O 2.640	Si–O 1.618 O–O 2.638		

тезам электронной плотности $\rho(xyz)$ были локализованы 22 «тяжелых» атома (R_A=27.7%). На последующем трехмерном синтезе $\rho(xyz)$ выявилось кислородное окружение найденных атомов, которое позволило разделить их по сортности, а также выступили атомы Li. Значение R_A-фактора, равное на этом этапе 15.9%, при уточнении методом наименьших квадратов (МНК) в изотропном приближении снизилось до 5,6%. Построенная модель структуры баратовита соответствует формуле $KLi_3Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}]_2F_2$ вместо $KLi_4Ca_4Ti_2Si_{12}O_{..}F$ из (¹). В связи с центросимметрич-

616

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 617 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

ностью полученной структуры было проведено уточнение МНК в полноматричном изотропном приближении в рамках голоэдрической группы $B2/b$ до $R_{ан}$=5,6% При этом уменьшились стандартные отклонения и разброс в межатомных расстояниях Первоначальные затруднения с анализом $P(uvw)$ были результатом псевдосимметричного расположения более «тяжелых» Ca, Ti и Si. Заключительные координаты в рамках группы $B2/b$ с изотропными тепловыми факторами и межатомные расстояния приведены в табл. 1 и 2. Все расчеты выполнены на специализированной системе XTL «Синтекс».

Координационные полиэдры вокруг более крупных атомов Ca — уплощенные октаэдры, уложенные в плотнейший слой $[Ca_{2,5}O_4F]_\infty$ (рис 1, 2). В окружении $Ca_{2,5}$ участвуют атомы F. Общие ребра Ca-октаэдров укорочены в среднем до 3,08 Å. У Ca_2 кроме ближайших шести атомов O еще два удалены на 2,897 Å; они достраивают октаэдр до восьмивершинника с общими, укороченными до 2,61 Å ребрами с Si-тетраэдрами У изолированных Ti-октаэдров углы O—Ti—O равны 85,0°–93,5° (90°) *. Координационные полиэдры вокруг Li — уплощенные тетраэдры с разбросом углов O—Li—O 85,6°–136,7° (113,6°) — сильно искажены за счет общих с Ti-октаэдрами ребер, которые укорочены в среднем до 2,63 Å. Кремнекислородные тетраэдры почти правильные с углами O—Si—O, равными 101,9°–115,1° (109,4°) Небольшое их искажение — следствие общих с K полиэдром ребер, укороченных до 2,53–2,58 Å Si-тетраэдры связаны в шестерные кольца $[Si_6O_{18}]$ с углами Si—O—Si 150,3°–158,8° (153,4°) Четыре атома K в позициях 4e (0 ¼ z) на поворотных осях 2-го порядка размещаются в пустотах между двумя асимметрично-симметричными кольцами $[Si_6O_{18}]$ и координированы по тексагональной антипризме со средними ребрами основания 2,56 Å и наклонными 3,84 Å

Рис 1 Баратовит. Проекция xy. Ca-октаэдры выделены краем, Ti — штриховкой, K — черными шарами, Li — белыми Перекрывающиеся K и Li симметрично смещены из истинных позиций

Как ясно из рис. 1, 2, структура баратовита подобна биотитовой с «сердечником» из плотноупакованных Ca-октаэдров $(Ca_{2,5}O_4F)_\infty$, которые одеты с двух сторон кремнекислородными полосами. Последние, однако, разорваны и дискретные шестерные кольца $[Si_6O_{18}]$ противоположной полярности (свободными вершинами Si-тетраэдров к Ca-сердечнику) В связи с этой особенностью в промежуточном этаже между трехслойными пакетами Si — Ca — Si, кроме крупных катионов K (между «кольчугами», как в биотите), располагаются, окружая K, еще кольца, в которых чередуются Ti-октаэдры с Li-тетраэдрами совершенно аналогично Al — Be(Li)-кольцами (между двумя Si-кольцами) в берилле или Ca — Be-кольцам в миларите Так и в берилле-миларите кольца Si_6O_{18} ($Si_{12}O_{30}$) за счет находящихся между ними Ti-октаэдров (Al в берилле. Ca в миларите) взаимно повернуты на ~30°.

* Среднее значение

617

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 618 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Баратовит близок к слоистым титаносиликатам — бафертиситу $BaFe_2 \cdot TiOSi_2O_7(OH)_2$ и астрофиллиту $(K,Na)_3(Fe,Mn)_7(Ti,Zr)_2[Si_4O_{12}]_2 \cdot (O,OH,F)_7$, в структурах которых выделяются плотнейшие октаэдрические слои, аналогичные биотитовым и лепидолитовым (Mg, Fe)-сердечникам и окруженные анионными сетками-«кольчугами» из Si- и Ti-полиэдров (⁴). Но в них Ti-октаэдры располагаются осью 4-го порядка перпендикулярно слоям в «кольчуге» (⁵), тогда как в баратовите у Ti-октаэдров

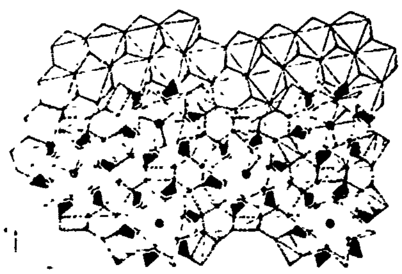


Рис. 2. Фрагмент структуры баратовита в проекции xz. Li-тетраэдры выделены штриховкой

перпендикулярной является «поворачивающая» тройная ось. Разорванность колец определяет увеличение числа октаэдров в сердечнике, 7(3,5) вместо 6(3).

При сопоставлении структуры баратовита со структурами миларит-осумилитового типа ($a=10,2$, $c=14,3$ Å, $P6/mcc$ (⁴)) выявляется их значительное сходство. Как видно из рис. 2, трехслойный K, Ti, Li, Si-пакет — типичные фрагмент осумилитоподобных структур. Но в баратовите полярные миларитовые двухэтажные кольца $[Si_{12}O_{30}]$ размыкаются и между этажами вставляется слой из Ca-октаэдров. При этом параметр c увеличивается на два октаэдрических Ca-слоя шириной 2,[illegible] Å и становится равным 19,[illegible] (биотит 20,11 Å, см. выше параметры псевдогексагональной ячейки баратовита). Формально такой «переход» можно представить следующим образом:

$$KLi_3Ti_2[Si_{12}O_{30}]^* + 2(Ca_3 \cdot O_{6-x}F) = KLi_3Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}]_2F_2.$$

Полученная структура баратовита хорошо объясняет пластинчатый габитус кристаллов, их спайность и оптические свойства.

В заключение авторы выражают свою признательность Ю. Л. Орлову и М. А. Смирновой за предоставленные образцы, Е. Н. Железину и Е. Л. Белоконевой за помощь при получении и обсчете эксперимента.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
31 VIII 1976

ЛИТЕРАТУРА

[1] *В. Д. Дусматов, Е. И. Семенов и др.*, Зап. Всесоюзн. мин. общ., т. 104, 5 (1975). [2] Int. Tables for X-Ray Crystallography, v. 3, Birmingham, 196[illegible]. [3] В сб. Прямые и паттерсоновские методы расшифровки кристаллических структур, Кишинев, «Штиинца», 1972. [4] *Н. В. Белов*, Минералогич. сб. Львовск. гос. ун-та, в. 17 (1963). [5] *Ю. А. Пятенко, А. А. Воронков, З. В. Пудовкина*, Минералогическая кристаллохимия титана, М., «Наука», 1976. [6] *А. А. Khan, W. H. Baur*, [illegible] Acta crystallogr., B 28, 1 (1972). [7] *Н. В. Белякин, Н. Н. Белов, Л. Н. Соловьева*, Кристаллография, т. 19, 4 (1974).

* Гипотетическое соединение миларитового структурного типа, родственное согдианиту $(K,Na)_2(Zr,Ti,Fe)_2(Li,Al)_3Si_{12}O_{30}$ (⁷).

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 622 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231. № 3

УДК 541.49+546.94+546.95

ХИМИЯ

А. Б. НИКОЛЬСКИЙ, А. М. ПОПОВ, Н. Б. БАТАЛОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕКСАЦИАНОКОМПЛЕКСОВ РУТЕНИЯ И ОСМИЯ С АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ

(Представлено академиком В. И. Спицыным 2 VI 1976)

Согласно Манхоту (1) и Барану с соавторами (2), при взаимодействии гексацианокомплексов рутения и осмия $K_4[M(CN)_6]$ с азотной кислотой получаются нерастворимые в воде соединения $K_2[MNO(CN)_5]\cdot 2H_2O$, идентифицированные указанными авторами по составу и наличию в и.-к. спектрах интенсивной полосы валентного колебания NO. Мы обнаружили, что в синтезированных таким образом нерастворимых продуктах содержание металла не отвечает указанному составу; само же взаимодействие гексацианокомплексов с азотной кислотой является сложным многостадийным процессом.

Настоящая работа предпринята с целью изучения основных стадий этого процесса и природы промежуточных и конечных продуктов. Исходными веществами служили $K_4[Ru(CN)_6]$ и $K_4[Os(CN)_6]$, синтезированные по методике (3, 4). Концентрация каждого из них варьировалась в пределах от $6{,}90\cdot10^{-4}$ до $1{,}54\cdot10^{-2}$, азотной кислоты — от 0,35 до 11,7 *М*, температура — от 16 до 100° С.

Спектрофотометрически были зафиксированы следующие стадии процесса

1. Окисление $[M(CN)_6]^{4-}$ до $[M(CN)_6]^{3-}$ с образованием двуокиси азота:

$$[M(CN)_6]^{4-}+2H^++NO_3^-\rightarrow[M(CN)_6]^{3-}+NO_2+H_2O.$$

Например, для M=Os этой стадии соответствует переход от кривых *1* к кривым *2* на рис. 1*а*, *б*. Полосы поглощения 280, 308, 355, 380, 415 нм принадлежат иону $[Os(CN)_6]^{3-}$ (5).

При введении на этой стадии в систему катионов тяжелых металлов образуются характерные осадки с $[M(CN)_6]^{3-}$.

2. Для M=Os второй стадии отвечает переход к кривой *3* (рис. 1*а*), причем дальнейший процесс идет лишь при нагревании до 85—100° С. В случае M=Ru реакция идет значительно быстрее и эта стадия не фиксируется спектрофотометрически. На этой стадии выделение газов не обнаружено. Ионами Ag^+ из раствора может быть осаждено бесцветное соединение осмия, разлагающееся при высушивании, поэтому нам не удалось снять его и.-к. спектр и определить состав. В и.-к. спектре продукта разложения этого соединения наблюдаются полосы в области 1900 и 2050—2170 $см^{-1}$, свидетельствующие о наличии координированных NO- и CN-групп. По-видимому, на этой стадии происходит окисление одного из цианидных лигандов без выхода из внутренней сферы комплекса:

$$[M(CN)_6]^{3-}\xrightarrow{HNO_2,\ NO_2}[M(CN)_5(CNX)]^{n-},$$

где X представляет собой Н или иначе присоединенную двуокись азота.

3. На этой стадии (переход к кривым *4*, *5* на рис. 1*б* и *1*—*3*, рис. 1*в*) происходит выделение приблизительно 1 моля CO_2 с малой примесью HCN и образование соединений аналогичных нитропруссиду:

$$[M(CN)_5(CNX)]^{n-}\rightarrow[M(CN)_5NO]^{2-}+CNO^-,$$
$$CNO^-+2H^++H_2O\rightarrow CO_2+NH_4^+,\ CN^-+H^+\rightarrow HCN.$$

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 623 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

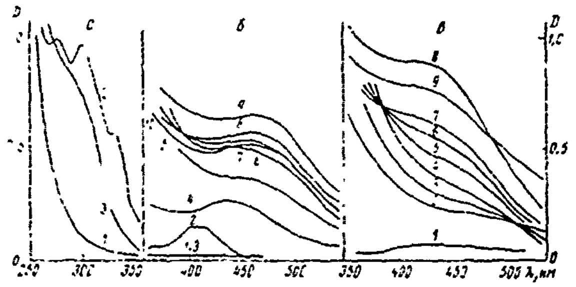


Рис. [illegible] Изменение электронных спектров систем $[M(CN)_6]^{4-}+HNO_3$ во времени, где M=Os (а, б) и M=Ru (в). Для а: [illegible] $=1,17\cdot10^{-3}$ М, $C_{HNO_3}=0,35$ М, $T=50°$ C, [illegible] 1 — исходная система, 2 — через 10 мин, 3 — 60 мин. Для б: [illegible] $=0,25$ М (1–4) и 11,7 М (5–10), $T=20°$ C (1–3) и 100° C (4–10), [illegible] (4–10): 1 — исходная система, 2 — 15 мин, 3 — 60, 4 — 115, 5 — 20, 6 — 50, 7 — [illegible], 8 — 90, 9 — 140, 10 — 270 мин. Для в: [illegible] $=0,76\cdot10^{-4}$ М, [illegible] 11,7 М, $T=$ [illegible] C, [illegible] 1 — исходная система, 2 — 10 мин, 3 — 25, 4 — 40, 5 — [illegible], 6 — 110, 7 — [illegible], 8 — 600, 9 — 1000 мин

Если в осмиевой системе на этой стадии нейтрализовать раствор и высушить его в эксикаторе, то из твердого остатка можно экстрагировать метанолом коричневую соль состава $K[OsNO(CN)_4]\cdot2H_2O$ с конечным выходом около [illegible]. Результаты анализа этого соединения приведены в табл. 1, и.-к. спектр – в табл. 2.

В случае рутения из-за высокой скорости дальнейшего процесса трудно выделить в чистом виде аналогичное промежуточное соединение. Поэтому мы попытались нитрозировать $K_4[Ru(CN)_6]$ в более мягких условиях, а именно [illegible] кислотой при комнатной температуре. Однако и в этом случае не удается выделить чистый $K_2[RuNO(CN)_5]$, поскольку в процессе [illegible] кристаллизации продукт нитрозирова-

Таблица 1

Результаты элементного анализа соединений (%), выделенных на различных стадиях процесса
([illegible] формулам соединений соответствует рассчитанный состав)

Соединение	M (Ru, Os)	C	N	H_2O
$K_2[RuNO(CN)_5]\cdot2H_2O$	26.9	16.0	22.4	9.6
Стадия 2, соль K^+	29.3	14.2	22.5	8.5
$Ag_2[RuNO(CN)_5]\cdot2H_2O$	19.7	11.7	16.4	–
Стадия 3, соль Ag^+	19.9	10.9	16.6	–
$Ag_2[Ru_2(NO)_2(CN)_8]\cdot2H_2O$	24.6	11.8	16.8	–
Стадия 4, соль Ag^+	23.7	11.7	17.9	–
$Ag[Ru(NO)_2(CN)_4]\cdot2H_2O$	29.4	14.0	20.4	–
Стадия 5, соль Ag^+	32.5	12.0	19.9	–
$RuNO(CN)_3\cdot2H_2O$	41.4	15.7	22.8	14.7
Стадия 6	41.7	11.5	19.5	13.6
$K_2[OsNO(CN)_5]\cdot2H_2O$	40.9	12.9	18.1	7.8
Стадия 2, соль K^+	40.5	12.1	18.9	7.0
$Ag_2[OsNO(CN)_5]\cdot2H_2O$	31.6	10.0	13.3	–
Стадия 3, соль Ag^+	32.2	11.8	13.9	–
$OsNO(CN)_3\cdot2H_2O$	57.0	10.8	16.8	10.7
Стадия 6	56.0	10.8	16.8	9.1

Примечание. Среднее отклонение составляет 1,5% для M, 0,5% для C, N, H_2O.

623

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 624 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Таблица 2

И.-к. спектры нитрозосоединений Ru и Os

Соединение	ν_{NO}, см$^{-1}$	ν_{CN}, см$^{-1}$	Другие полосы см$^{-1}$
$K_2[RuNO(CN)_5]\cdot 2H_2O$	1935 с.	2207 с., 2152 с., 2115 сл., 2065 ср	1625 с., 637 ср., 567 сл., 430 сл.
$RuNO(CN)_3\cdot 2H_2O$	1927 ш	2210 с., 2160 с., 2088 с.	1630 с., 635 ср., 555 пл., 515 ср., 425 ср
$K_2[OsNO(CN)_5]\cdot 2H_2O$	1915 с.	2210 с., 2155 с.	1620 с., 640 ср., 520 сл
$OsNO(CN)_3\cdot 2H_2O$	1900 ш	2220 с., 2170 с.	1630 с., 635 ср. 560 сл., 525 сл., 425 ср.

ния захватывает ионы NO_3^-, образующиеся в результате окисления на воздухе HNO_2 до HNO_3. Об этом свидетельствует наличие в и.-к. спектре твердого продукта интенсивной полосы в области 1390 см$^{-1}$.

Далее, на стадии 4, происходит окисление второго цианидного лиганда с выделением еще 0,5 моля CO_2+HCN, что формально может быть записано в виде *

$$2[M(CN)_5NO]^{2-} \xrightarrow{HNO_2} \{M_2(CN)_8(NO)_2\}^{2-} + CNO^-.$$

Для рутения эта стадия характеризуется кривыми *4–7* (рис. 1*в*) с изобестической точкой при 387 нм, для осмия *6–8* (рис. 1*б*) с изобестической точкой при 390 нм. Из рутениевой системы, где в разбавленной кислоте дальнейший процесс протекает довольно медленно, можно осадить соль состава, близкого к $Ag_2[Ru(NO)_2(CN)_4]\cdot 2H_2O$ (*табл. 1*). Образование аналогичного соединения предполагается для железа (*, 1).

5. Заканчивается окисление второго цианидного лиганда с выделением еще 0.5 моля CO_2+HCN на 1 г-атом М:

$$\{M_2(NO)_2(CN)_8\}^{2-} \xrightarrow{HNO_2} \{M_2(NO_2)(CN)_8\}^{2-} + CNO^-.$$

Спектрофотометрически эта стадия характеризуется увеличением поглощения при 410 нм для рутения (рис. 1*г*, 5) и 455 нм для осмия (рис. 1*б*, *9*). Выделением темно-коричневой серебряной соли рутения имеет состав, приведенный в табл. 1.

6. На этой последней стадии происходит образование нерастворимых осадков, которые протекают очень быстро и сопровождаются выделением третьего моля CO_2+HCN. Этот процесс особенно легко идет в концентрированной (11, 7*М*) HNO_2, он характеризуется общим снижением светопоглощения (кривые *10* на рис. 1*б* и *9* на рис. 1*в*).

Как видно из данных табл. 1, состав нерастворимого осмиевого соединения отвечает формуле $Os(CN)_3NO\cdot 2H_2O$, а в рутениевом продукте несколько занижено содержание углерода и азота, однако стехиометрия суммарной реакции подтверждает образование $Ru(CN)_3NO\cdot 2H_2O$ по схеме

$$K_2[Ru(CN)_5] \xrightarrow{HNO_2} Ru(CN)_3NO + 2KNO_3 + 3NH_4NO_3.$$

Из 0.6989 г $K_2[Ru(CN)_5]$ получено 0.0548 г $Ru(CN)_3NO\cdot 2H_2O$ (рассчитано 0.0594 г) и 0.1337 г нитратов калия и аммония (рассчитано 0.1488 г). Наличие характерных полос в и. к. спектрах этих соединений

* Здесь и далее фигурные скобки означают, что наши данные не позволяют определить строение продукта.

624

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 625 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

(табл. 2), наряду с трудностями анализа ([1]), по-видимому, и заставляли исследователей долгое время считать их аналогами нитропруссида.

В отличие от указанных соединений, полученные нами пентацианонитрозокомплексы рутения и осмия очень близки по свойствам к нитропруссиду. Они гигроскопичны, хорошо растворимы в воде, метаноле, диметилформамиде, диметилсульфоксиде и других растворителях; титруются двумя эквивалентами Ag^+ и Cu^{2+}, образуя коричневые осадки. Их молекулярные массы, измеренные нами на осмометре Хьюлет – Паркет составляют 337±20 (рассчитано для $K_2[RuNO(CN)_5]$ 339,5) и 448±±20 (рассчитано для $K_2[OsNO(CN)_5]$, 428,5 у.е.).

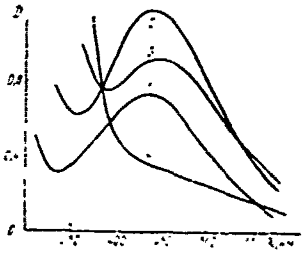


Рис. 2. Электронный спектр системы $K_2[RuNO(CN)_5]$ (5,0·10⁻³ M) + KOH $C_{K_2[RuNO(CN)_5]}/C_{KOH}$: 1 – 1:0, 2 – 1:1, 3 – 1:1,5, 4 – 1:2

В и.-к. спектрах этих соединений в твердом виде и в растворах полосы ν_{NO} узкие и симметричные, как и у $Na_2[Fe(CN)_5NO]$, у нерастворимых же конечных продуктов они широкие и сильно искаженные. Частоты ν_{NO} у пентацианонитрозокомплексов выше, чем у нитрозотрицианидов (табл. 2). Подобные различия полос ν_{NO} наблюдаются и у соответствующих хлоридных нитрозосоединений рутения: $K[RuNOCl_5]$ обладает симметричной [illegible] полосой при 1905 см⁻¹, а для $RuNOCl_3 \cdot 3H_2O$ характерна широкая искаженная полоса при 1890 см⁻¹ ([4]).

Оба полученных пентацианонитрозокомплекса взаимодействуют с основаниями, например с OH^-, образуя $[M(CN)_5NO_2]^{4-}$, и с S^{2-}, образуя $[MNOS(CN)_5]^{4-}$, которые выделяются из метанола в виде осадков; в их и.-к. спектрах отсутствуют полосы ν_{NO} и имеются характерные полосы координированных NO_2- и NOS-групп.

Отличительной особенностью иона $[RuNO(CN)_5]^{2-}$ является способность присоединять сначала один OH^--ион, по-видимому, с образованием нитрокислотного комплекса $[Ru(CN)_5NO_2H]^{3-}$ (рис. 2, 2) и лишь затем – второй ион OH^- с образованием нитрокомплекса (рис. 2, 4).

Наличие изобестической точки при 352 нм свидетельствует о превращении только нитрокислотного комплекса в нитросоединение и об отсутствии в растворе формы $[RuNO(CN)_5]^{2-}$.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
[illegible] V 1976

ЛИТЕРАТУРА

[1] W. Manchot, J. Dusing, Ber., B, 63, 1266 (1930). [2] E. J. Baran, A. Muller, Zs. anorg. u. allgem. Chem., B [illegible] (19[illegible]). [3] J. L. Ho[illegible], J. Am. Chem. Soc., v. 15, [illegible] (19[illegible]). [4] [illegible] М., 19[illegible]. [5] J. J. Alexander, H. B. Gray, J. Am. Chem. Soc., v. [illegible] (1968). [6] K. M. Davies, G. Stedman, J. Chem. Soc., Dalton Trans., v. 20, 2176 (1974). [7] J. C. Be[illegible], G. Stedman, J. Chem. Soc., Dalton Trans., v. [illegible] (19[illegible]). [8] J. Lewis, R. J. Irving, G. Wilkinson, J. Inorg. and Nucl. Chem., v. 7, 32 (1958).

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 626 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 547.1'13:546.881 *ХИМИЯ*

Академик Г. А. РАЗУВАЕВ, В. Н. МАРЬИН, С. П. КОРНЕВА,
Л. Н. ВЫШИНСКАЯ, В. К. ЧЕРКАСОВ, О. Н. ДРУЖКОВ

РЕАКЦИИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА ДИЦИКЛОПЕНТАДИЕНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ВАНАДИЯ

Ранее нами был изучен термолиз бициклопентадиенильных производных титана и циркония общей формулы $(C_5H_5)_2MR_2$ (R=Me, Ph, CH_2Ph). Установлено, что распад сопровождается гомолитическим расщеплением σ-связей металл – углерод и разрушением $(C_5H_5)_2M$ структуры (1, 2). Недавние исследования по термическому разложению бициклопентадиенильных производных ванадия показали, что при распаде $(C_5H_5)_2VAr$ сохраняется $(C_5H_5)_2V$-структура. Основными продуктами распада являются ArH ванадоцен и замещенные ванадоцены (3). Интересно было проследить, изменится ли характер распада ванадийорганических соединений при замене арильного заместителя у атома ванадия на метильный. Настоящая работа посвящена исследованию термолиза бициклопентадиенильных производных ванадия $(C_5H_5)_2VMe$ и $(C_5H_5)_2VMe_2$ в твердом виде и в растворах.

Температурные интервалы разложения $(C_5H_5)_2VMe$ и $(C_5H_5)_2VMe_2$ определены методом дифференциально-термического анализа (д.т.а.). Кривая д.т.а. $(C_5H_5)_2VMe$ характеризуется двумя обратимыми эндотермическими эффектами при 65° и 80° и необратимым экзотермическим эффектом, начинающимся при 125° с максимумом при 150°. Первые два эффекта не связаны с разложением вещества и выделением газообразных продуктов. Разложение соединения имеет место в области экзотермического эффекта. По данным д.т.а. четырехвалентное производное $(C_5H_5)_2VMe_2$ обычно по своей стабильности к $(C_5H_5)_2VMe$ и разлагается без плавления с экзотермическим эффектом при температуре выше 122° с максимумом при 155°.

Реакции термического распада $(C_5H_5)_2VMe$ в твердом виде и растворах проводились в вакуумированных запаянных ампулах. Для установления влияния среды на процесс распада были использованы толуол, гексан, тетрагидрофуран, диоксан. С помощью метода э.п.р. изучена кинетика разложения $(C_5H_5)_2VMe_2$ в толуоле, который удовлетворительно описывается уравнением первого порядка. Приводим зависимость константы скорости распада от температуры ($E_{акт}$=28,0±1,5 ккал/моль):

T °C	80	85	90	95	100
$k \cdot 10^5$, сек$^{-1}$	0,66	1,02	2,00	3,36	5,52

Основным газообразным продуктом распада $(C_5H_5)_2VMe$ и $(C_5H_5)_2VMe_2$ во всех случаях является метан, и выход его составляет порядка 0,6 и 1,0 моля соответственно в расчете на 1 моль исходного соединения (табл. 1). При повышении температуры распада до 250° количество метана практически не увеличивается. Кроме метана, в газообразных продуктах обнаружены циклопентадиен (до 0,5%), водород (до 0,1%), а также следы метилциклопентадиена. Продукт димеризации метильных радикалов, этан, не обнаружен.

Для выяснения вопроса об источниках атомов водорода при образовании метана был изучен термический распад $(C_5D_5)_2VMe$ и $(C_5D_5)_2VMe_2$. Методом д.т.а. показано, что дейтерирование циклопентадиенильного ли-

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 627 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

ганда существенно не изменяет стабильности этих соединений, и кривые для практически совпадают. На основании данных по изотопному составу метана (табл. 2) можно заключить, что независимо от природы центрального атома производных типа $(C_5H_5)_2MR_n$ (M=Ti, Zr, V, n=1, 2) в разложении принимают участие как π-C_5H_5, так и σ-связанные лиганды [illegible].

Сравнение состава продуктов разложения $(C_5H_5)_2VMe_2$ в твердой фазе и в растворах (толуола, гексана, тетрагидрофурана, диоксана) показывает,

Таблица 1

Термическое разложение метильных производных ванадия

Соединение	Условия разложения	[illegible] в молях на 1 моль исходного соединения: CH_4	[illegible] дициклопентадиенильные соединения ванадия
$(C_5H_5)_2VMe$	Вакуум, 150°, 1 час	0,57	0,64
$(C_5H_5)_2VMe_2$	Вакуум, 140°, 1 час	0,90	0,63
$(C_5H_5)_2VMe_2$	Толуол, 135°, 7 час	0,99	0,73
	Гексан, 135°, 7 час	0,96	0,79
	Тетрагидрофуран, 135°, 7 час	0,95	0,74
	Диоксан, 135°, 7 час	0,97	0,75

Таблица 2

Термическое разложение дейтерированных соединений ванадия *

Соединение	Условия разложения	Изотопный состав метана, %: CH_4	CH_3D	CH_2D_2
$(C_5D_5)_2VMe$	Вакуум, 150°, 1 час	32,9	65,1	1,0
$(C_5D_5)_2VMe_2$	Вакуум, 150°, 1 час	28,1	69,9	1,0
$(C_5D_5)_2VMe_2$	Толуол, 135°, 7 час	46,3	52,6	1,1
$(C_5D_5)_2V$ ** + $(C_5H_5)_2VMe$	Вакуум, 150°, 1 час	52,7	[illegible]	3,8
$(C_5D_5)_2V$ ** + $(C_5H_5)_2VMe$	Вакуум, 140°, 1 час	64,9	34,0	1,1

* Степень замещения водорода на дейтерий в циклопентадиенильном лиганде не [illegible].
** [illegible] смесь.

ет, что растворитель не оказывает существенного влияния на направление распада. Отсутствие дибензила в продуктах распада в толуоле указывает на то, что растворитель не участвует в разложении.

Нами показано, что основными ванадийсодержащими продуктами разложения являются бисциклопентадиенильные соединения. Разделить эти соединения фракционной сублимацией не удалось, поэтому их состав был определен с помощью масс-спектрометрического анализа. По данным анализа они представляют собой в основном ванадоцен, моно- и диметилзамещенные ванадоцены (табл. 1 и 3).

Известно, что разложение $(C_5H_5)_2MR_2$ (M=Ti, Zr) проходит внутримолекулярным путем и сопровождается разрушением бисциклопентадиенильной структуры [illegible]. Образование больших количеств ванадоцена и его замещенных предполагает, что распад $(C_5H_5)_2VR_n$ протекает по другим направлениям. Отличие в механизмах распада связано, по всей вероятности, с различием электронной структуры аналогичных производных Ti, Zr и V. Для ванадийорганических соединений типа $(C_5H_5)_2VR_n$ возможно

627

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 628 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

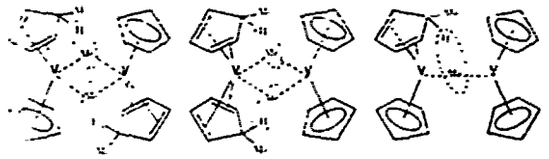
Таблица 2

Летучие V содержащие продукты термического разложения *

Продукты распада	m/e молекулярного иона	Содержание в смеси при распаде, %			
		$(C_5H_5)_2V$ + $(C_5H_5)_2VMe$, вакуум	$(C_5H_5)_2V$ + $(C_5D_5)_2VMe$, вакуум	$(C_5D_5)_2V$ + $(C_5H_5)_2VMe$, вакуум	$(C_5D_5)_2V$ + $(C_5H_5)_2VMe$, ** вакуум
$(C_5H_5)_2V$	181	25.3	26.9	27.2	7.6
$(C_5H_5)(C_5D_5)V$	186				16.2
$(C_5D_5)_2V$	191				9.0
$(CH_3C_5H_4)(C_5H_5)V$	195	54.3	46.8	58.4	16.5
$(CH_3C_5D_4)(C_5H_5)V$	199				9.6
$(CH_3C_5H_4)(C_5D_5)V$	200				18.0
$(CH_3C_5D_4)(C_5D_5)V$	205				10.8
$(CH_3C_5H_4)_2V$	209	17.6	21.8	12.0	5.0
$(CH_3C_5H_4)(C_5D_4CH_3)V$	213				4.8
$(C_5D_4CH_3)_2V$	217				1.9
$[(CH_3C_5H_4)][C_5H_4CH_3]V$	223	2.7	4.2	1.3	0.6
$[(CH_3C_5H_4)][C_5D_4CH_3]V$	227				0.3
$[(CH_3C_5D_4)][C_5D_4CH_3]V$	230				0.1
$[(CH_3C_5H_4)_2]V$	237	0.1	0.3	0.1	0.1

* Анализ продуктов распада осуществлялся масс-спектрометрически без учета чувствительности по отдельным из компонентов смеси. ** Эквимолярная смесь.

взаимодействие несвязывающей орбитали атома ванадия одной молекулы с одноэлектронным заместителем другой которое приводит к образованию промежуточных реакционноспособных комплексов Начальной, определяющей скорость всего процесса разложения стадией для всех соединений $(C_5H_5)_2VR_n$ является гомолитический разрыв σ-связей металл – углерод. Однако благодаря способности к комплексообразованию у ванадийорганических соединений гомолиз связи ванадий – углерод может осуществляться как внутри-, так и межмолекулярным путем. Существование таких путей распада подтверждается выделением дейтерометана при термолизе эквимолярных смесей $(C_5D_5)_2V+(C_5H_5)_2VMe$ и $(C_5D_5)_2V+(C_5H_5)_2VMe_2$ (табл. 3). Выделение серии замещенных ванадоценов при разложении $(C_5H_5)_2VMe$ и $(C_5H_5)_2VMe_2$ указывает на то, что одновременно с координацией металлсодержащих групп на атом ванадия происходит миграция другой металлсодержащей группы в C_5H_5-кольцо с образованием переходных состояний I, II (для $(C_5H_5)_2VMe_2$) и III (для $(C_5H_5)_2VMe$).



(I) (II) (III)

Распад таких промежуточных комплексов приводит к элиминированию метана и образованию ванадоцена, моно- и дизамещенных ванадоценов. Кроме того, разложение может протекать и через промежуточные комплексы, включающие исходное соединение и образующийся ванадоцен или его замещенные. Это подтверждается анализом состава ванадиевых продуктов, которые образуются при распаде эквимолярной смеси $(C_5D_5)_2V+(C_5H_5)_2VMe_2$ (табл. 3, $4m/e$=204, 217, 230). Наличие в смеси веществ с m/e=186, 199, 200, 213, 227 указывает на то, что в промежуточных комп-

628

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 750 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 577.15.02

БИОХИМИЯ

Л. Н. МАТВЕЕВА, Д. Г. МИКЕЛАДЗЕ

МЕХАНИЗМ РЕАКЦИИ СУКЦИНИЛ-КоА-СИНТЕТАЗЫ ГРУДНОЙ МЫШЦЫ ГОЛУБЯ

[illegible]

[illegible]

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 751 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

зование сукцинил-КоА и неорганического фосфата (табл 2, проба 4). Эти данные указывают на активность СКС–Ф в общей каталитической реакции. Иная картина наблюдалась при взаимодействии этого комплекса с ^{14}C-сукцинатом. В этом случае происходит замена меченым по углероду (^{14}C) сукцинатом содержащегося на белке фосфата примерно на 50% (табл 2, проба 3).

Помимо высоковольтного электрофореза инкубационную среду, содержащую СКС–Ф (^{32}P), ^{14}C-сукцинат и Mg^{++} подвергали хроматографированию на колонке G-50. Было найдено, что в белковую фракцию включается

Таблица 1

Взаимодействие комплекса СКС – АТФ с компонентами реакции

№ пробы	Среда инкубации	Радиоактивные соединения на электрофореграмме, имп/мин *			
		^{32}P-СКС	^{32}P-АТФ	$^{32}P_н$	^{14}C-сукцинил-КоА
1	СКС–АТФ+Mg^{2+}	3,12 *	1,62	0,10	–
2	СКС–АТФ+Mg^{2+}+КоА	2,96	1,60	0,31	–
3	СКС–АТФ+Mg^{2+}+ +^{14}C-сукцинат	2,95	1,54	0,43	0,02
4	СКС–АТФ+Mg^{2+}+ +КоА–^{14}C-сукцинат	0,24	0,42	4,15	4,03
5	СКС–АТФ+Mg^{2+}+АДФ	0,23	4,12	0,45	–

* Меньшее количество связанного с белком ^{32}P можно объяснить нестабильностью комплекса СКС – АТФ, который в условиях электрофореза частично распадается на СКС и γ-^{32}P-АТФ

Таблица 2

Взаимодействие комплекса СКС – Ф с компонентами реакции

№ пробы	Среда инкубации	Радиоактивные соединения на электрофореграмме, имп/мин			
		^{32}P-СКС	^{32}P-АТФ	$^{32}P_н$	^{14}C-сукцинил-КоА
1	СКС–Ф–Mg^{2+}	4,52	0,05	0,11	–
2	СКС–Ф–Mg^{2+}+КоА	4,07	0,03	0,56	–
3	СКС–Ф–Mg^{2+}+ +^{14}C-сукцинат	2,13	0,03	2,51	0,03
4	СКС–Ф–Mg^{2+}+КоА+ +^{14}C-сукцинат	0,09	0,03	4,53	4,05
5	СКС–Ф–Mg^{2+}+АДФ	0,08	4,51	0,10	–

радиоактивная метка ^{14}C-сукцината, в то время как радиоактивная метка ^{32}P-фосфата в этих же белковых фракциях убывает, причем количество включенной радиоактивной метки ^{14}C было пропорционально количеству освободившейся радиоактивной мет ^{32}P. Эти данные указывают на то, что сукцинат взаимодействует с С[illegible] Ф, связываясь с белком в количестве, эквимолярном освобождающемуся ф [illegible]у.

Таким обра ом, оба комплекса, образованные ферментом в виде СКС–Ф и СКС–АТФ, активны в общей каталитической реакции и являются по-видимому, промежуточными продуктами обратимого действия сукцинил-КоА-синтетазы. Комплекс СКС–АТФ непрочен, может легко переходить в СКС–Ф, который способен обменивать фосфорильный остаток на сукцинат.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
20 VII 1976

ЛИТЕРАТУРА

[1] *С. Е. Северин, Н. Н. Мешкова и др.*, ДАН, т. 227, 1010 (1976). [2] *Н. Н. Мешкова, Л. Н. Матвеева*, Биохимия, т. 35, 374 (19[illegible]

751

JOURNAL PAGES READ FOR THIS STUDY
Actual Journal Pages

Page 756 from DOKLADY AKADEMII NAUK SSSR, No. 3, 1976:

Доклады Академии наук СССР
1976. Том 231, № 3

УДК 612.23

ФИЗИОЛОГИЯ

Л. И. ИРЖАК, Н. Н. ВОРОНОВА

СРОДСТВО ГЕМОГЛОБИНА ЧЕЛОВЕКА К КИСЛОРОДУ В УСЛОВИЯХ ТРАВМАТИЧЕСКОГО СТРЕССА

(Представлено академиком Е. М. Крепсом 14 VII 1976)

Функциональные свойства гемоглобина в значительной степени зависят от интенсивности гликолиза в эритроцитах; связь реализуется через 2,3-дифосфоглицерат (ДФГ) и АТФ, которые являются естественными компонентами энергетического обмена и способны присоединяться к гемоглобину снижая его сродство к кислороду [1, 2]. Благодаря этому факторы, меняющие гликолиз, могут быть эффективными в отношении дыхательной функции крови. В поисках таких факторов мы обратились к клиническим ситуациям, связанным с возникновением стресса, когда увеличивается гликолиз в тканях, возникает гипергликемия [3] и ряд изменений в эритроцитах: устойчивость к гемолитикам [4], содержание в них карбоангидразы [5].

Исследовали гемоглобин человека в норме ($n=25$) и в течение первых часов после тяжелых травм, как переломы, ушибы, ожог ($n=28$). Кровь стабилизировали гепарином, травмы отмывали 0,85% NaCl, после чего гемолизировали в Na-фосфатном буфере pH 7,4. Величину сродства гемоглобина к кислороду определяли спектрофотометрическим методом [6] при 37°, p_{CO} 40 мм рт. ст., длине волны 560 нм, концентрации гемоглобина в растворе $11 \cdot 5 \cdot 10^{-5}$ М. Каждый образец крови делили на три части, из которых одна, служившая контролем, использовалась сразу для приготовления гемолизата и состав которой был наименее изменен. Две другие части инкубации и диализа освобождали от органических фосфатов. Инкубированные кровь проводили в термостате при 37° в течение 2 час. Диализ растворов гемоглобина вели двое суток, вначале против 0,2 М NaCl, затем против 0,1 М Na фосфатного буфера [7]. Константу Хилла определяли методом построения касательной к кривой диссоциации оксигемоглобина [8].

Основные результаты исследования сводятся к трем пунктам.

1. У людей в состоянии травматического стресса сродство гемоглобина к кислороду снижено по сравнению с нормой в среднем на 15%, величина P_{50} составляет 30,4±0,4 мм рт. ст. против 25,9±0,3 мм рт.ст. в норме (табл. 1). Разница высоко достоверна ($P<0,001$).

В норме величина P_{50} у разных доноров варьирует от 24,0 до 28,0 мм рт. ст., в условиях стресса – от 28,5 до 35,0 мм рт. ст. У 2 пациентов из 28 (женщины с закрытым переломом бедра и мальчика 9 мес. с ожогом 2-й степени) сродство оставалось в пределах нормы (26,0 и 26,5 мм рт.ст.).

Судя по величине константы Хилла (табл. 1), кооперативный эффект гемоглобина существенно не меняется, несмотря на снижение сродства.

2. Сродство уменьшается быстро и во многих случаях, по-видимому, столь же быстро достигает предельно низких значений. У 6 пациентов из 28 кровь для исследования была взята в течение 0,5–1 часа после несчастного случая. Значения P_{50} оказались следующими: 29 мм рт.ст. ($n=2$), 32 мм рт.ст. ($n=1$) и 35 мм рт. ст. ($n=3$).

APPENDIX C

OUTPUT TAPE SPECIFICATIONS

Appendix C contains the text of a memo furnished by the FTD to specify output tape batch sizes for the tapes produced during the GRAFIX I demonstration. The memo is reproduced verbatim.

TAPE INPUT TO MT SYSTEM - GENERAL CHARACTERISTICS

1. The tape contains two files: ASCII label and data. Density = 800 bpi. LRECL = 71, BLKSIZE = 710, RECFM = FB, short final block permitted but last ten records must be all X'FF's.

2. The first data record must be 71 X'00's.

3. Second and succeeding records will be a table of contents of the data file until a record of 71 X'01's is encountered, indicating start of the first document. Each index record begins with a blank, followed by a name of 11 characters, followed by blanks.

4. Each document is separated from the next document by a record of 71 X'01's.

5. Each document record must begin with a blank. If a textword will overflow from one record to another, current record must instead be padded out with blanks and the textword placed on the next record following the initial blank.

APPENDIX D

FONT ENCODING SCHEME

D.1 Explanation of Tables

The FTD output character set is a special eight-bit allocation roughly based on the ASCII and EBCDIC codes. For files internal to the GRAFIX I, Irformation International has used a previously adopted encoding scheme, in which each recognized graphic symbol is represented by a two-character sequence. The first character of the sequence identifies a group (or font, or overlay) of related graphic symbols, and the second character identifies a particular member of the group.

Throughout the tables in this appendix, the two-character Information International code appears in the first column. For simplicity, this code is expressed in ANSI column/row notation. To convert the ANSI notation to the actual seven-bit binary code for each character use the formula

Binary Code = b + (a x 16)

where (a/b) is the ANSI representation.

The second column in each table contains the FTD ASCII code which corresponds to the Information International code in column one.

The third column of the table contains the description of the letter or symbol specified by the codes.

The FTD code and the character descriptions were derived from "SYSTRAN:EDIP," by LATSEC, Inc., dated 10 September 1976, which was furnished to Information International by FTD.

FONT ENCODING SCHEME
Explanation of Tables

As an example of how to read these tables, consider the symbol SPACE from the Latin (Roman) character set (Table D-1). This symbol is designated in Information International code as the two-character sequence (3/0) (2/0) where (3/0) specifies the Latin character set and (2/0) indicates the character SPACE within that set. This character is represented in FTD ASCII code as 20.

The graphic symbols are grouped in tables according to the layout specified by the FTD for their existing keyboards, and are identified successively as "Latin," "Cyrillic," "Special Symbols," and "Greek" character sets. See Figure D-1 for an illustration of the current FTD keyboard arrangement and character set.

FONT ENCODING SCHEME
Explanation of Tables

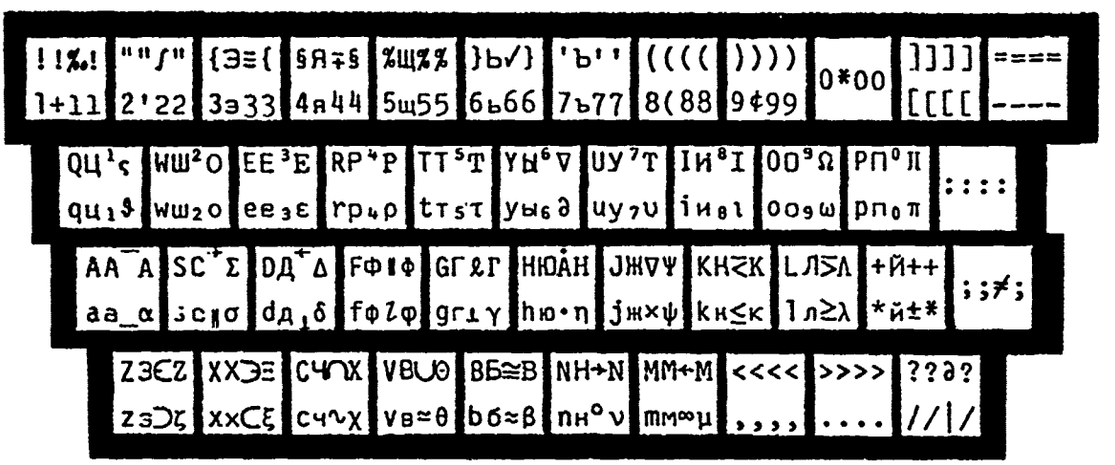


FIGURE D-1

The FTD character set displayed in keyboard format.

D.2 Font Encoding Tables

The following tables show the Information International and FTD codes for the four character sets used by FTD.

FONT ENCODING SCHEME
Latin (Roman) Alphabet

TABLE D-1

LATIN (ROMAN) ALPHABET

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/0) (2/0)	20	Space
(3/0) (2/1)	21	Exclamation Point
(3/0) (2/2)	22	Quotation Mark
(3/0) (2/3)	23	Paragraph Mark (* Not ASCII *)
(3/0) (2/4)	24	Cent sign (* = ASCII $ *)
(3/0) (2/5)	25	Percent
(3/0) (2/6)	--	
(3/0) (2/7)	27	Apostrophe
(3/0) (2/8)	28	Left Parenthesis
(3/0) (2/9)	29	Right Parenthesis
(3/0) (2/10)	2A	Asterisk
(3/0) (2/11)	2B	Plus
(3/0) (2/12)	2C	Comma
(3/0) (2/13)	2D	Hyphen, Minus
(3/0) (2/14)	2E	Period
(3/0) (2/15)	2F	Slash
(3/0) (3/0)	30	Zero
(3/0) (3/1)	31	One
(3/0) (3/2)	32	Two
(3/0) (3/3)	33	Three
(3/0) (3/4)	34	Four
(3/0) (3/5)	35	Five
(3/0) (3/6)	36	Six
(3/0) (3/7)	37	Seven
(3/0) (3/8)	38	Eight
(3/0) (3/9)	39	Nine
(3/0) (3/10)	3A	Colon
(3/0) (3/11)	3B	Semicolon
(3/0) (3/12)	3C	Less Than
(3/0) (3/13)	3D	Equal
(3/0) (3/14)	3E	Greater Than
(3/0) (3/15)	3F	Question Mark

FONT ENCODING SCHEME
Latin (Roman) Alphabet

TABLE D-1 (cont.)

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/0) (4/0)	--	
(3/0) (4/1)	41	A
(3/0) (4/2)	42	B
(3/0) (4/3)	43	C
(3/0) (4/4)	44	D
(3/0) (4/5)	45	E
(3/0) (4/6)	46	F
(3/0) (4/7)	47	G
(3/0) (4/8)	48	H
(3/0) (4/9)	49	I
(3/0) (4/10)	4A	J
(3/0) (4/11)	4B	K
(3/0) (4/12)	4C	L
(3/0) (4/13)	4D	M
(3/0) (4/14)	4E	N
(3/0) (4/15)	4F	O
(3/0) (5/0)	50	P
(3/0) (5/1)	51	Q
(3/0) (5/2)	52	R
(3/0) (5/3)	53	S
(3/0) (5/4)	54	T
(3/0) (5/5)	55	U
(3/0) (5/6)	56	V
(3/0) (5/7)	57	W
(3/0) (5/8)	58	X
(3/0) (5/9)	59	Y
(3/0) (5/10)	5A	Z
(3/0) (5/11)	5B	Left Bracket
(3/0) (5/12)	--	
(3/0) (5/13)	5D	Right Bracket
(3/0) (5/14)	--	
(3/0) (5/15)	--	

TABLE D-1 (cont.)

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/0) (6/0)	--	
(3/0) (6/1)	61	a
(3/0) (6/2)	62	b
(3/0) (6/3)	63	c
(3/0) (6/4)	64	d
(3/0) (6/5)	65	e
(3/0) (6/6)	66	f
(3/0) (6/7)	67	g
(3/0) (6/8)	68	h
(3/0) (6/9)	69	i
(3/0) (6/10)	6A	j
(3/0) (6/11)	6B	k
(3/0) (6/12)	6C	l
(3/0) (6/13)	6D	m
(3/0) (6/14)	6E	n
(3/0) (6/15)	6F	o
(3/0) (7/0)	70	p
(3/0) (7/1)	71	q
(3/0) (7/2)	72	r
(3/0) (7/3)	73	s
(3/0) (7/4)	74	t
(3/0) (7/5)	75	u
(3/0) (7/6)	76	v
(3/0) (7/7)	77	w
(3/0) (7/8)	78	x
(3/0) (7/9)	79	y
(3/0) (7/10)	7A	z
(3/0) (7/11)	7B	Left Brace
(3/0) (7/12)	7C	Vertical Bar
(3/0) (7/13)	7D	Right Brace
(3/0) (7/14)	--	
(3/0) (7/15)	--	

FONT ENCODING SCHEME
Cyrillic (Russian) Alphabet

TABLE D-2

CYRILLIC (RUSSIAN) ALPHABET

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/1) (2/0)	20	Space (* = ASCII *)
(3/1) (2/1)	--	
(3/1) (2/2)	--	
(3/1) (2/3)	BB	Uppercase 'E'
(3/1) (2/4)	BC	Uppercase 'YA'
(3/1) (2/5)	BD	Uppercase 'SHCH'
(3/1) (2/6)	BE	Uppercase Soft Sign
(3/1) (2/7)	BF	Uppercase Hard Sign
(3/1) (2/8)	--	
(3/1) (2/9)	--	
(3/1) (2/10)	E0	Lowercase 'i kratkoya' ('yy')
(3/1) (2/11)	C0	Uppercase 'I Kratkoya' ('YY')
(3/1) (2/12)	2C	Comma (* = ASCII *)
(3/1) (2/13)	2D	Hyphen, Minus (* = ASCII *)
(3/1) (2/14)	2E	Period (* = ASCII *)
(3/1) (2/15)	2F	Slash (* = ASCII *)
(3/1) (3/0)	--	
(3/1) (3/1)	--	
(3/1) (3/2)	--	
(3/1) (3/3)	DB	Lowercase 'e'
(3/1) (3/4)	DC	Lowercase 'ya'
(3/1) (3/5)	DD	Lowercase 'shch'
(3/1) (3/6)	DE	Lowercase soft sign
(3/1) (3/7)	DF	Lowercase hard sign
(3/1) (3/8)	--	
(3/1) (3/9)	--	
(3/1) (3/10)	3A	Colon (* = ASCII *)
(3/1) (3/11)	3B	Semicolon (* = ASCII *)
(3/1) (3/12)	3C	Less Than (* = ASCII *)
(3/1) (3/13)	3D	Equal (* = ASCII *)
(3/1) (3/14)	3E	Greater Than (* = ASCII *)
(3/1) (3/15)	3F	Question Mark (* = ASCII *)

FONT ENCODING SCHEME
Cyrillic (Russian) Alphabet

TABLE D-2 (cont.)

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/1) (4/0)	--	
(3/1) (4/1)	C1	Uppercase 'A'
(3/1) (4/2)	C2	Uppercase 'B'
(3/1) (4/3)	C3	Uppercase 'CH'
(3/1) (4/4)	C4	Uppercase 'D'
(3/1) (4/5)	C5	Uppercase 'YE'
(3/1) (4/6)	C6	Uppercase 'F'
(3/1) (4/7)	C7	Uppercase 'G'
(3/1) (4/8)	C8	Uppercase 'YU'
(3/1) (4/9)	C9	Uppercase 'YI'
(3/1) (4/10)	CA	Uppercase 'ZH'
(3/1) (4/11)	CB	Uppercase 'K'
(3/1) (4/12)	CC	Uppercase 'L'
(3/1) (4/13)	CD	Uppercase 'M'
(3/1) (4/14)	CE	Uppercase 'N'
(3/1) (4/15)	CF	Uppercase 'O'
(3/1) (5/0)	D0	Uppercase 'P'
(3/1) (5/1)	D1	Uppercase 'TS'
(3/1) (5/2)	D2	Uppercase 'R'
(3/1) (5/3)	D3	Uppercase 'S'
(3/1) (5/4)	D4	Uppercase 'T'
(3/1) (5/5)	D5	Uppercase 'U'
(3/1) (5/6)	D6	Uppercase 'V'
(3/1) (5/7)	D7	Uppercase 'SH'
(3/1) (5/8)	D8	Uppercase 'X'
(3/1) (5/9)	D9	Uppercase 'I'
(3/1) (5/10)	DA	Uppercase 'Z'
(3/1) (5/11)	5B	Left Bracket (* = ASCII *)
(3/1) (5/12)	--	
(3/1) (5/13)	5D	Right Bracket (* = ASCII *)
(3/1) (5/14)	--	
(3/1) (5/15)	--	

FONT ENCODING SCHEME
Cyrillic (Russian) Alphabet

TABLE D-2 (cont.)

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/1) (6/0)	--	
(3/1) (6/1)	E1	Lowercase 'a'
(3/1) (6/2)	E2	Lowercase 'b'
(3/1) (6/3)	E3	Lowercase 'ch'
(3/1) (6/4)	E4	Lowercase 'd'
(3/1) (6/5)	E5	Lowercase 'ye'
(3/1) (6/6)	E6	Lowercase 'f'
(3/1) (6/7)	E7	Lowercase 'g'
(3/1) (6/8)	E8	Lowercase 'yu'
(3/1) (6/9)	E9	Lowercase 'yi'
(3/1) (6/10)	EA	Lowercase 'zh'
(3/1) (6/11)	EB	Lowercase 'k'
(3/1) (6/12)	EC	Lowercase 'l'
(3/1) (6/13)	ED	Lowercase 'm'
(3/1) (6/14)	EE	Lowercase 'n'
(3/1) (6/15)	EF	Lowercase 'o'
(3/1) (7/0)	F0	Lowercase 'p'
(3/1) (7/1)	F1	Lowercase 'ts'
(3/1) (7/2)	F2	Lowercase 'r'
(3/1) (7/3)	F3	Lowercase 's'
(3/1) (7/4)	F4	Lowercase 't'
(3/1) (7/5)	F5	Lowercase 'u'
(3/1) (7/6)	F6	Lowercase 'v'
(3/1) (7/7)	F7	Lowercase 'sh'
(3/1) (7/8)	F8	Lowercase 'x'
(3/1) (7/9)	F9	Lowercase 'i'
(3/1) (7/10)	FA	Lowercase 'z'
(3/1) (7/11)	--	
(3/1) (7/12)	--	
(3/1) (7/13)	--	
(3/1) (7/14)	--	
(3/1) (7/15)	--	

TABLE D-3

SPECIAL SYMBOLS

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL	
(3/2) (2/0)	20	Space	(* = ASCII *)
(3/2) (2/1)	1B	Percentile	
(3/2) (2/2)	1C	Integral	
(3/2) (2/3)	1D	Defined Equal	
(3/2) (2/4)	1E	Minus or Plus	
(3/2) (2/5)	25	Percent	(* = ASCII *)
(3/2) (2/6)	1F	Radical	
(3/2) (2/7)	27	Apostrophe	(* = ASCII *)
(3/2) (2/8)	28	Left Parenthesis	(* = ASCII *)
(3/2) (2/9)	29	Right Parenthesis	(* = ASCII *)
(3/2) (2/10)	FC	Plus or Minus	
(3/2) (2/11)	2B	Plus	(* = ASCII *)
(3/2) (2/12)	2C	Comma	(* = ASCII *)
(3/2) (2/13)	2D	Hyphen, Minus	(* = ASCII *)
(3/2) (2/14)	2E	Period	(* = ASCII *)
(3/2) (2/15)	7C	Vertical Bar	(* Redundant *)
(3/2) (3/0)	30	Zero	(* = ASCII *)
(3/2) (3/1)	31	One	(* = ASCII *)
(3/2) (3/2)	32	Two	(* = ASCII *)
(3/2) (3/3)	33	Three	(* = ASCII *)
(3/2) (3/4)	34	Four	(* = ASCII *)
(3/2) (3/5)	35	Five	(* = ASCII *)
(3/2) (3/6)	36	Six	(* = ASCII *)
(3/2) (3/7)	37	Seven	(* = ASCII *)
(3/2) (3/8)	38	Eight	(* = ASCII *)
(3/2) (3/9)	39	Nine	(* = ASCII *)
(3/2) (3/10)	3A	Colon	(* = ASCII *)
(3/2) (3/11)	FE	Not Equal	
(3/2) (3/12)	3C	Less Than	(* = ASCII *)
(3/2) (3/13)	3D	Equal	(* = ASCII *)
(3/2) (3/14)	3E	Greater Than	(* = ASCII *)
(3/2) (3/15)	B9	Partial Derivative	

FONT ENCODING SCHEME
Special Symbols

TABLE D-3 (cont.)

INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/2) (4/0)	--	
(3/2) (4/1)	01	Superior Dash
(3/2) (4/2)	02	Equivalent Identity
(3/2) (4/3)	03	Boolean Intersection
(3/2) (4/4)	04	Superior Left Arrow
(3/2) (4/5)	05	Superior '3'
(3/2) (4/6)	06	Parallel
(3/2) (4/7)	07	Script 'l'
(3/2) (4/8)	08	Danish 'A' (Angstrom unit)
(3/2) (4/9)	09	Superior '8'
(3/2) (4/10)	0A	Inverted Delta ('DEL' operator)
(3/2) (4/11)	0B	Equal To or Less Than
(3/2) (4/12)	0C	Equal To or Greater Than
(3/2) (4/13)	40	Left Arrow
(3/2) (4/14)	0E	Right Arrow
(3/2) (4/15)	0F	Superior '9'
(3/2) (5/0)	10	Superior '0'
(3/2) (5/1)	1'	Superior '1'
(3/2) (5/2)	12	Superior '4'
(3/2) (5/3)	13	Superior Right Arrow
(3/2) (5/4)	14	Superior '5'
(3/2) (5/5)	15	Superior '7'
(3/2) (5/6)	16	Boolean Union
(3/2) (5/7)	17	Superior '2'
(3/2) (5/8)	18	Boolean Such-That
(3/2) (5/9)	19	Superior '6'
(3/2) (5/10)	1A	Boolean Element-Of
(3/2) (5/11)	5B	Left Bracket (* = ASCII *)
(3/2) (5/12)	--	
(3/2) (5/13)	5D	Right Bracket (* = ASCII *)
(3/2) (5/14)	--	
(3/2) (5/15)	--	

FONT ENCODING SCHEME
Special Symbols

TABLE D-3 (cont.)

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/2) (6/0)	--	
(3/2) (6/1)	81	Inferior Dash
(3/2) (6/2)	82	Congruent To
(3/2) (6/3)	83	Similar To
(3/2) (6/4)	84	Inferior Perpendicular
(3/2) (6/5)	85	Inferior '3'
(3/2) (6/6)	86	Alternate Script '1'
(3/2) (6/7)	87	Perpendicular
(3/2) (6/8)	88	Dot Product
(3/2) (6/9)	89	Inferior '8'
(3/2) (6/10)	8A	Cross Product
(3/2) (6/11)	8B	Less Than or Equal To
(3/2) (6/12)	8C	Greater Than or Equal To
(3/2) (6/13)	8D	Infinity
(3/2) (6/14)	8E	Degree
(3/2) (6/15)	8F	Inferior '9'
(3/2) (7/0)	90	Inferior '0'
(3/2) (7/1)	91	Inferior '1'
(3/2) (7/2)	92	Inferior '4'
(3/2) (7/3)	93	Inferior Parallel
(3/2) (7/4)	94	Inferior '5'
(3/2) (7/5)	95	Inferior '7'
(3/2) (7/6)	96	Approximately Equal To
(3/2) (7/7)	97	Inferior '2'
(3/2) (7/8)	98	Boolean Contains
(3/2) (7/9)	99	Inferior '6'
(3/2) (7/10)	9A	Boolean Is-Contained-In
(3/2) (7/11)	--	
(3/2) (7/12)	--	
(3/2) (7/13)	--	
(3/2) (7/14)	--	
(3/2) (7/15)	--	

TABLE D-4

GREEK ALPHABET

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL	
(3/3) (2/0)	20	Space	(* = ASCII *)
(3/3) (2/1)	21	Exclamation Point	(* = ASCII *)
(3/3) (2/2)	22	Quotation Mark	(* = ASCII *)
(3/3) (2/3)	--		
(3/3) (2/4)	--		
(3/3) (2/5)	25	Percent	(* = ASCII *)
(3/3) (2/6)	--		
(3/3) (2/7)	27	Apostrophe	(* = ASCII *)
(3/3) (2/8)	28	Left Parenthesis	(* = ASCII *)
(3/3) (2/9)	29	Right Parenthesis	(* = ASCII *)
(3/3) (2/10)	2A	Asterisk	(* = ASCII *)
(3/3) (2/11)	2B	Plus	(* = ASCII *)
(3/3) (2/12)	2C	Comma	(* = ASCII *)
(3/3) (2/13)	2D	Hyphen, Minus	(* = ASCII *)
(3/3) (2/14)	2E	Period	(* = ASCII *)
(3/3) (2/15)	2F	Slash	(* = ASCII *)
(3/3) (3/0)	30	Zero	(* = ASCII *)
(3/3) (3/1)	31	One	(* = ASCII *)
(3/3) (3/2)	32	Two	(* = ASCII *)
(3/3) (3/3)	33	Three	(* = ASCII *)
(3/3) (3/4)	34	Four	(* = ASCII *)
(3/3) (3/5)	35	Five	(* = ASCII *)
(3/3) (3/6)	36	Six	(* = ASCII *)
(3/3) (3/7)	37	Seven	(* = ASCII *)
(3/3) (3/8)	38	Eight	(* = ASCII *)
(3/3) (3/9)	39	Nine	(* = ASCII *)
(3/3) (3/10)	3A	Colon	(* = ASCII *)
(3/3) (3/11)	3B	Semicolon	(* = ASCII *)
(3/3) (3/12)	3C	Less Than	(* = ASCII *)
(3/3) (3/13)	3D	Equal	(* = ASCII *)
(3/3) (3/14)	3E	Greater Than	(* = ASCII *)
(3/3) (3/15)	3F	Question Mark	(* = ASCII *)

FONT ENCODING SCHEME
Greek Alphabet

TABLE D-4 (cont.)

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/3) (4/0)	--	
(3/3) (4/1)	41	Uppercase ALPHA (* = ASCII A *)
(3/3) (4/2)	42	Uppercase BETA (* = ASCII B *)
(3/3) (4/3)	58	Uppercase CHI (* = ASCII X *)
(3/3) (4/4)	5C	Uppercase DELTA
(3/3) (4/5)	45	Uppercase EPSILON (* = ASCII E *)
(3/3) (4/6)	5E	Uppercase PHI
(3/3) (4/7)	5F	Uppercase GAMMA
(3/3) (4/8)	48	Uppercase ETA (* = ASCII H *)
(3/3) (4/9)	49	Uppercase IOTA (* = ASCII I *)
(3/3) (4/10)	60	Uppercase PSI
(3/3) (4/11)	4B	Uppercase KAPPA (* = ASCII K *)
(3/3) (4/12)	7E	Uppercase LAMBDA
(3/3) (4/13)	4D	Uppercase MU (* = ASCII M *)
(3/3) (4/14)	4E	Uppercase NU (* = ASCII N *)
(3/3) (4/15)	7F	Uppercase OMEGA
(3/3) (5/0)	9B	Uppercase PI
(3/3) (5/1)	FD	Lowercase terminal sigma
(3/3) (5/2)	50	Uppercase RHO (* = ASCII P *)
(3/3) (5/3)	9C	Uppercase SIGMA
(3/3) (5/4)	54	Uppercase TAU (* = ASCII T *)
(3/3) (5/5)	9D	Uppercase UPSILON
(3/3) (5/6)	9E	Uppercase THETA
(3/3) (5/7)	4F	Uppercase OMICRON (* = ASCII O *)
(3/3) (5/8)	9F	Uppercase XI
(3/3) (5/9)	--	
(3/3) (5/10)	5A	Uppercase ZETA (* = ASCII Z *)
(3/3) (5/11)	5B	Left Bracket (* = ASCII *)
(3/3) (5/12)	--	
(3/3) (5/13)	5D	Right Bracket (* = ASCII *)
(3/3) (5/14)	--	
(3/3) (5/15)	--	

FONT ENCODING SCHEME
Greek Alphabet

TABLE D-4 (cont.)

INF. INTER. CODE (1st) (2nd)	FTD CODE	LETTER OR SYMBOL
(3/3) (6/0)	--	
(3/3) (6/1)	A1	Lowercase alpha
(3/3) (6/2)	A2	Lowercase beta
(3/3) (6/3)	A3	Lowercase chi
(3/3) (6/4)	A4	Lowercase delta
(3/3) (6/5)	A5	Lowercase epsilon
(3/3) (6/6)	A6	Lowercase phi
(3/3) (6/7)	A7	Lowercase gamma
(3/3) (6/8)	A8	Lowercase eta
(3/3) (6/9)	A9	Lowercase iota
(3/3) (6/10)	AA	Lowercase psi
(3/3) (6/11)	AB	Lowercase kappa
(3/3) (6/12)	AC	Lowercase lambda
(3/3) (6/13)	AD	Lowercase mu
(3/3) (6/14)	AE	Lowercase nu
(3/3) (6/15)	AF	Lowercase omega
(3/3) (7/0)	B0	Lowercase pi
(3/3) (7/1)	B1	Lowercase cursive theta
(3/3) (7/2)	B2	Lowercase rho
(3/3) (7/3)	B3	Lowercase sigma
(3/3) (7/4)	B4	Lowercase tau
(3/3) (7/5)	B5	Lowercase upsilon
(3/3) (7/6)	B6	Lowercase theta
(3/3) (7/7)	B7	Lowercase omicron
(3/3) (7/8)	B8	Lowercase xi
(3/3) (7/9)	--	
(3/3) (7/10)	BA	Lowercase zeta
(3/3) (7/11)	--	
(3/3) (7/12)	--	
(3/3) (7/13)	--	
(3/3) (7/14)	--	
(3/3) (7/15)	--	

APPENDIX E

GRAFIX I

The GRAFIX I system is designed to automatically read hand-printed documents or printed pages and convert the information into a form which can be read, manipulated and accessed within a high-speed computer. GRAFIX I is especially well suited to reading large volumes of material quickly and economically, bypassing the lengthy and costly process of entering the information by hand.

In its simplest form this process is accomplished by photographing the written or printed material on microfilm and loading the microfilm into the GRAFIX I scanner. The scanner electronically examines the film and produces a digital "picture" of the printed page. Within the GRAFIX I computer this digital image is closely examined. Each individual letter is isolated and identified by the computer software, and the recognized letter is written into a data file. This is the process of optical character recognition, which converts the digital image of a page of print into a digital file of letters within the computer.

Of course GRAFIX I is not infallible. When reading hand-written material the computer has difficulty with one to five letters out of every hundred and needs the help of a human operator. Many times on hand-written forms we humans get careless, writing B's that look like 8's, G's that resemble 6's, 5's which look like S's, and D's that are hard to distinguish from O's. It takes another human to sort out these confusing images. Even on printed pages GRAFIX I occasionally sees images it doesn't recognize, such as smudged, broken or lightly printed letters, flyspecs, tea stains, and flaws in the paper. GRAFIX I asks for human help on 5% or fewer of the letters from a printed page. On especially clear print the reject rate can be below 1%.

GRAFIX I

GRAFIX I obtains human assistance in recognizing difficult characters through the reject conversion system. The computer displays the actual picture of the image it cannot identify to a human operator (using a computer terminal TV screen). One of the significant advantages of the GRAFIX I system is that this image is displayed in various shades of gray, a feature which adds more fine detail to the image than was the case with earlier binary (black/white) displays. The operator reads the line of print in which the troublesome letter appears, examines the TV image of the letter itself, and types in the correct identification of the letter. (To double-check, GRAFIX I can be instructed to display the same difficult letter to two operators in succession to see if they identify the image the same way.)

When all troublesome letters on the page have been correctly identified, GRAFIX I writes the completed data file on a reel of magnetic tape for permanent storage. GRAFIX I writes the output tape in a code which can be read by other computers, making the recorded information available for general distribution and use.

In feasibility studies, Information International has demonstrated the GRAFIX I's ability to read a very wide range of material including technical manuals, telephone directories, legal documents, typewritten or hand-lettered forms, and materials written in foreign languages.

The GRAFIX I is currently in use by the US Navy and by the British Department of Health and Social Security (DHSS). The US Navy uses GRAFIX I in combination with Information International's COMp80 system to scan, update, reformat and republish technical manuals for naval aircraft. The Navy has about 17,000 such manuals which must be continually kept up to date. Prior to the use of GRAFIX I, revision and republication of a manual usually required 6 to 18 months of effort. With GRAFIX I and COMp80, however, the time required to process an average manual has been cut to 60 days. In the case of a critical revision, the Navy can revise, republish and distribute several hundred copies of a manual in as little as 48 hours.

The British Department of Health and Social Security uses GRAFIX I to read handprinted forms written by the Department's 1400 clerks. GRAFIX I reads the forms exceptionally well, rejecting less than 1% of the characters. This is particularly significant because the forms are filled out using mixed alphanumeric characters

which do not require special training or strict quality control on the part of the clerks

An upgrade of the DHSS GRAFIX I system is in progress which will give the system the capability of reading pages from the British Library's General Katalog III (GK3). The GK3 is an index to approximately six million books dating back to the 15th century. The GK3 index represents a special example of the abilities of the GRAFIX I because it involves optical character recognition of 25 different fonts, including Roman, Cyrillic, Greek and italicized letters.

In the future, Information International expects the GRAFIX I to prove capable of reading engineering and architectural drawings, biomedical cell counting and chromosome analysis, automatic inspection of industrial X-rays, automated analysis and matching of fingerprints, and many other tasks. The versatility of the GRAFIX I system has only begun to be realized.

APPENDIX F

ESTIMATED COST FOR A COMPLETE PRODUCTION SYSTEM

F.1 HARDWARE

A complete production GRAFIX I hardware configuration which is functionally equivalent to the one demonstrated is outlined below, with prices. The actual differences between the listed hardware and the demonstrated hardware are:

1. The proposed system has two disc drives (as opposed to three on the system used in the demonstration). The demonstration required significantly less disc capacity than was present on the system.

2. The proposed system would contain a single scanner, a single CPU, and a single binary image processor. The system demonstrated had two of each. During the demonstration, only one of each was actually in use.

3. The proposed system would include two tape drives, capable of writing 710-byte records. The system demonstrated had tape drives which were incapable of writing 710-byte records. An additional off-line tape drive was used to convert the tape off-loaded from the GRAFIX I into the 710-byte format required by FTD. In the proposed system, a single tape drive capable of writing 710-byte records would be sufficient for this off-loading. The second drive is useful for backup and tape copying.

ESTIMATED COSTS
Hardware

4. The proposed system would contain only two model 1070 time-sharing terminals for operation of the system versus six on the system demonstrated. A large number of terminals on the demonstrated system are used for in-house development. Only two were used during the demonstration.

5. The proposed system will have slightly different, but functionally identical, keyboards for reject re-entry. The new keyboards are more durable and more attractively packaged.

6. The proposed system will have five reject conversion CRT's which display images identical to those demonstrated, but which are capable of displaying 24 lines of text (as opposed to 20 lines in the demonstration equipment). Also, the proposed CRT's will be mounted on stands, making them more durable and convenient than those used in the demonstration.

The cost estimate for this hardware is as follows:

1. Model 7001 GRAFIX I Basic System $1,750,000

   Includes:

   a. Central processor with 128K words of core memory (1 u-sec)

   b. Magnetic Tape Control plus two (2) 1600 bpi 240KC drives

   c. Binary Information Processing Subsystem

   d. Optical/Mechanical Subsystem including 35mm Film Transport and Signal Processing Subsystem

   e. Teleprinter

ESTIMATED COSTS
Hardware

2.	Model 7031 Disc System Controller	$62,500
3.	Model 7032 Disc Drive 10 mil, 36-bit words, Two (2) at $30,500	61,000
4.	Model 1070 Display Terminal, Two (2) at $9,500	19,000
5.	Model 1060B Reject Processing System Controller	107,000
6.	Model 1061B Reject Terminal, Five (5) at $11,500	57,000
7.	Model 7002 Time Shared System including additional 64K core memory	225,000
8.	(No model No.) Line Printer, 600 LPM, 96 Characters, with Controller	59,500
	TOTAL =	$2,341,000

F.2 SOFTWARE

The cost of the applications software, as described in this study and as demonstrated, is included in the actual hardware price.

F.3 MANPOWER REQUIREMENTS

Five reject conversion operators will be required if reject conversion and reading were to take place one shift per day at the actual demonstrated throughput and total reject rate. The demonstrated throughput was 864,000 characters per 8-hour shift. Of the 44,504 characters actually read during the demonstration, 4,590 were rejected for various reasons. In actual production, reject conversion operators typically

key 2,400 characters per hour. From this it may be derived that 4.6 operators would be required operating one shift to clear all rejects generated by one shift of GRAFIX I operation.

In addition to the reject conversion operators, one system operator would be required full time for each shift of operation of the GRAFIX I, and a microfilm camera operator would be required one-fourth time for each shift of operation.

F.4 ENHANCEMENTS

Ongoing development of the GRAFIX I system is likely to result in throughput of Cyrillic text being increased by a factor of three to approximately 100 characters per second. There will be no additional charge for this increased performance as it would be a feature of the standard software. In the event that recognition software had three times the throughput realized in the April 18, 1979 demonstration, then three times as many reject conversion terminals and three times as much reject conversion and filming manpower would be required.

Ongoing development may also lower the system's reject and substitution rates on Cyrillic material. Again, there would be no additional charge for this increased performance. A reduction of the reject rate by a given percentage would result in the reduction of the necessary reject conversion personnel by the same percentage.

Software created to more fully address a broader range of Cyrillic text reading applications would be available subject to a detailed specification of expected performance on a broad sample of representative material. The cost for such software development will be dependent on this performance specification.

BIBLIOGRAPHY

1. D. Bantz, W. Clarkson, A. Schapira, "Automatic Typeset Input Technique Evaluation," Compuscan Inc., Teterboro, N.J., December 1971.

2. D.M. Forsyth, "Automatic Typeset Input Techniques Evaluation," Information International Inc., Los Angeles, CA., February 1972.

3. S.B. Gray, "Local Properties of Binary Images in Two Dimensions," IEEE Transactions on Computers, May 1971, pp. 551-561.

4. S.B. Gray, "The Binary Image Processor and its Applications," Document 90365, Information International Inc., Los Angeles, CA., January 1972.

5. A.K. Griffith, "The GRAFIX I Image Processing System," AFIPS Proc. 1974 National Computer Conference, May 6-10, 1974, Chicago, pp. 267-272.

6. A.K. Griffith, "The GRAFIX I System and Its Application To Optical Character Recognition," Proceedings of the Third International Joint Conference On Pattern Recognition, San Diego, 1976, pp. 650-652.

7. A.K. Griffith, "The AIDUS System - The Automatic Capture, Update and Republication of Maintenance Manuals," AFIPS Proceedings 1976 National Computer Conf., pp. 639-642.

8. A.K. Griffith, "Handprint Recognition on the GRAFIX I: A Commercial Application of Heuristic Programming," Proc A.C.M. Annual Conference, San Diego, Nov. 1974, pp. 368-372.

9. A.K. Griffith, "Handprint Recognition on the GRAFIX I: Recent Progress," Proc. 1976 Milwaukee Symposium on Automatic Computation and Control, pp. 149-150.

10. A.K. Griffith, "Recognition of a General Population of Typewriter and Lineprinter Fonts Using a General Purpose Array Processor," Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Pattern Recognition, Kyoto, Japan, 1978.

BIBLIOGRAPHY

11. A.K. Griffith, "From Gutenberg to GRAFIX I - New Dimensions in OCR," Journal of Micrographics, Vol. 9, No. 2, November/ December 1975, pp. 81-89

12. W.R. McHargue, "An Algorithm for Recognition of Russian Characters Using Correl--Etc.," Air Force Institute of Technology, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, December 1976.

13. J.E. Smyth, "Solid State C.C.R. Scanner Development Program," Litton Systems (Canada) Ltd., Rexdale, Ontario, March 1973.

INDEX

MISSION
of
Rome Air Development Center

RADC plans and executes research, development, test and selected acquisition programs in support of Command, Control Communications and Intelligence (C^3I) activities. Technical and engineering support within areas of technical competence is provided to ESD Program Offices (POs) and other ESD elements. The principal technical mission areas are communications, electromagnetic guidance and control, surveillance of ground and aerospace objects, intelligence data collection and handling, information system technology, ionospheric propagation, solid state sciences, microwave physics and electronic reliability, maintainability and compatibility.