



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Информационные технологии пластического
формоизменения»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям
по курсу

«Оптимизация технологиче- ских процессов обработки ме- таллов давлением»

Составители
Вовченко А.В.
Резников Ю.Н.

Ростов-на-Дону, 2013



Аннотация

Методические указания предназначены для магистрантов очной формы обучения направления 151000 – «Технологические машины и оборудование» программы «Технологии и машины обработки давлением».

Составители

доктор технических наук, профессор Резников Ю.Н.,

кандидат технических наук, доцент Вовченко А.В.





Оглавление

РАБОТА №1 Решение оптимизационных задач ОМД с использованием электронных таблиц Microsoft Excel4

Последовательность выполнения работы	4
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Условия задач линейной оптимизации процессов ОМД	6
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Пример постановки задачи о раскрое листового материала	8
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Пример решения поставленной задачи о планировании производства изделий, изготавливаемых штамповкой	10

Работа №2 Решение оптимизационных задач ОМД методом деформируемого многогранника12

Порядок выполнения работы	12
Характеристика решаемой задачи	13

Работа №3 Решение оптимизационных задач ОМД с применением средств машинной графики на основе языка программирования СИ++16

Последовательность выполнения работы.	16
Правила пользования программным продуктом.	17

ЛИТЕРАТУРА.....20



РАБОТА №1

РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ОМД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ MICROSOFT EXCEL

Цель работы. Изучить постановку технологических задач ОМД как оптимизационных и решение их на основе использования среды программируемых электронных таблиц Microsoft Excel.

Исходные данные. Условия задач: о планировании производства изделий, изготавливаемых штамповкой (2 неизвестных); о загрузке автоматизированного штамповочного оборудования (3 неизвестных); о раскрое листовых материалов (5 неизвестных) (приложение 1).

Последовательность выполнения работы [1]

1. Выполнить постановку каждой из технологических задач как оптимизационных задач линейного программирования (по образцу в приложении 2).

2. Запустить оболочку Microsoft Excel через панель **Пуск, Программы, Microsoft Excel**, Enter.

3. Создать новый файл (**Файл, Создать**) или выбрать новый лист электронных таблиц в уже существующем файле (**Вставка, Лист**). ВНИМАНИЕ: при первоначальном запуске программы Microsoft Excel создание нового листа производится автоматически.

4. На листе таблиц выбрать произвольные ячейки под значения переменных величин X1 и X2 (например, ячейки A3, B3, и т.д. (см. приложение 3)). При этом, над указанными ячейками желательно выполнить комментарии (например, A1 – **Переменные**, A2 – **X1**, B2 – **X2** и т.д.).

5. Выбрать под значение целевой функции ячейку (например, C4) и внести в неё имеющееся выражение с учётом замены переменных в нём на адреса ячеек, их определяющих (например, **=3000*A3+2000*B3**), согласно предшествующему пункту. Причём, знак равенства перед выражением определяет для среды Microsoft Excel ввод в ячейку формулы, а не определённого значения. Аналогично пункту 3.4, в ячейку A4 вносятся комментарии для ячейки C4 – **Функция цели**.

6. Выбрать и заполнить ячейки, определяющие комментарии и левые части ограничений в решаемой задаче (например, A6 – **Ограничения**, A7 – **=A3+2*B3**, A8 – **=2*A3+B3**, A9 – **=B3-**



Обработка металлов давлением

A3, A10 – =B3). Правые части ограничений заносятся в смежные ячейки (B7 – **6**, B8 – **8**, B9 – **1**, B10 – **2**).

7. Выполнить команды **Сервис, Поиск решения**. В окне **Поиск решения** набрать координату ячейки с выражением целевой функции и задать ей постоянный адрес нажатием кл. F4 (например, набор **C4** + кл.F4 = **\$C\$4**), условием (критерием) оптимизации – **Равной** (выбор метки среди предлагаемых вариантов: **min**, **max** или равенство константе – **значению**, определяемой тут же).

8. В поле **Изменяя ячейки** панели **Поиск решения** ввести адреса ячеек, содержащих переменные параметры X1 и X2 (**\$A\$3:\$B\$3**).

9. В поле **Ограничения** панели **Поиск решения** ввести адреса ячеек, содержащих ограничения задачи (например, **\$A\$3:\$B\$3 >= 0** – все переменные параметры положительны и **\$A\$7:\$A\$10 <= \$B\$7:\$B\$10** – выражения в столбце A7-A10 ≤ значениям в столбце B7-B10, построчно соответственно).

10. В панели **Поиск решения** установить параметры поиска (клавиша **Параметры**: Максимальное время (**100** сек.), Предельное число итераций (**100**), Относительная погрешность (**0.000001**), Допустимое отклонение (**5** %), Сходимость (**0.001**), **Линейная модель**, Оценка: **Линейная**, Производные: **Прямые**, Метод: **Ньютона, ОК**).

11. Команда **Выполнить** панели **Поиск решения** запускает процедуру поиска оптимального решения поставленной задачи. По окончании поиска оптимума программой предлагается **Сохранить найденное решение** по трём типам отчёта: **Результаты, Устойчивость, Пределы**. В условиях данной работы достаточно сохранить **Результаты** – выделить соответствующую строку и нажать кл. **ОК** (доступ к сформированному **Отчёту по результатам** осуществляется выбором соответствующего названия в строке листов рабочего стола, которая располагается непосредственно под рабочим полем).

Сделать выводы по работе.

Порядок оформления отчёта. Протокол работы должен содержать: цель работы; постановку задач (Приложение 2), распечатки листов таблиц Microsoft Excel после операции поиска решения (Приложение 3) и распечатки отчётов по результатам для всех выполненных заданий (Приложение 1); выводы по работе.



ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Условия задач линейной оптимизации процессов ОМД [2]

1.1 Цех выпускает два вида изделий: изделие №1 (например, «чайник») и изделие №2 (например «кастрюля»). Для их производства используются два вида заготовок – А и Б (например, заготовки разной толщины для разных частей изделий). Максимально возможный суточный запас этих заготовок составляет: А – 6 т., Б – 8 т. Расход заготовок А и Б на 1 т. готовых изделий приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Исходная заготовка	Расход исходных заготовок на одно изделие		Максимально возможный запас, т.
	Изделие №1	Изделие №2	
А	1	2	6
Б	2	1	8

Спрос на изделие №2 никогда не превышает спроса на изделие №1 более чем на 1 т. в сутки. Спрос на изделие №2 никогда не превышает 2 т. в сутки. Оптовая цена 1 т. изделия №1 – 3000 р., а изделия №2 – 2000 р.

Спланировать объём производства изделий №1 и №2 цехом так, чтобы прибыль была максимальной.

1.2 Детали трех типов выпускают последовательным изготовлением на трёх видах автоматизированного оборудования. Сформулировать задачу получения наибольшей прибыли при данных, соответствующих таблице 2.

Таблица 2.

РТК	Стоимость работы единицы времени	Время обработки 1-го изд.			Допустим. время раб.
		Изд. 1	Изд. 2	Изд. 3	
1	2.5	5	6	14	280.0
2	3.5	3	7	11	350.0
3	2.8	2	9	12	300.0
	Цена изделия	120	250	200	

1.3 Полосы листового проката длиной 2000 мм необходимо разрезать на заготовки трёх типов: А, Б и В длиной соответственно 570, 820, 1010 мм для производства 50 изделий. На каждое изделие требуется по 4 заготовки типов А и Б и 5 заготовок типа В. Принято пять способов раскроя одной полосы (см. таблицу). Количество заготовок, нарезаемых из одной полосы при каждом способе раскроя, приведено в таблице 3.



Обработка металлов давлением

Таблица 3

Способ раскря	Количество заготовок типа		
	А	Б	В
I	3	–	–
II	2	1	–
III	1	–	1
IV	–	2	–
V	–	1	1

Определить какое количество полос проката нужно разрезать каждым способом для изготовления 50 изделий, чтобы отходы от раскря были наименьшими.



ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Пример постановки задачи о раскрое листового материала

(см. приложение 1.3)

Обозначим через X_j количество полос, раскраиваемых j -м способом ($j = \overline{1, 5}$).

Для производства 50 изделий необходимо $4 \times 50 = 200$ заготовок типа А, 200-типа Б и 250-типа В. Если использовать все способы раскроя, то общее количество заготовок типа А при условии, что I способом раскроено X_1 полос, II – X_2 полос и т.д., можно выразить суммой $3 \times X_1 + 2 \times X_2 + 1 \times X_3 + 0 \times X_4 + 0 \times X_5$. По условию эта сумма должна равняться 200:

$$3 \times X_1 + 2 \times X_2 + 1 \times X_3 = 200 \quad (1).$$

Аналогично должны выполняться задания по другим типам заготовок:

$$X_2 + 2 \times X_4 + X_5 = 200 \quad (2),$$

$$X_3 + X_5 = 250 \quad (3).$$

По смыслу задачи

$$X_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, 5}) \quad (4).$$

Чтобы составить целевую функцию, выражающую суммарную величину отходов, подсчитаем сначала величины отходов при раскрое одной полосы по каждому из способов. При I способе отходы от каждой полосы составят $2000 - 570 \times 3 = 290$ мм; при II способе: $2000 - (570 \times 2 + 820) = 40$ мм; при II, IV и V соответственно: 420, 360, и 170 (мм) (см. рис. 1).

Суммарную величину отходов можно выразить в виде

$$f = 290 \times X_1 + 40 \times X_2 + 420 \times X_3 + 360 \times X_4 + 170 \times X_5 \quad (5).$$

Итак, поставленная оптимизационная задача состоит из целевой функции (5) стремящейся к минимуму ($f \rightarrow \min$) при имеющихся ограничениях выражениями (1)-(4).



Обработка металлов давлением

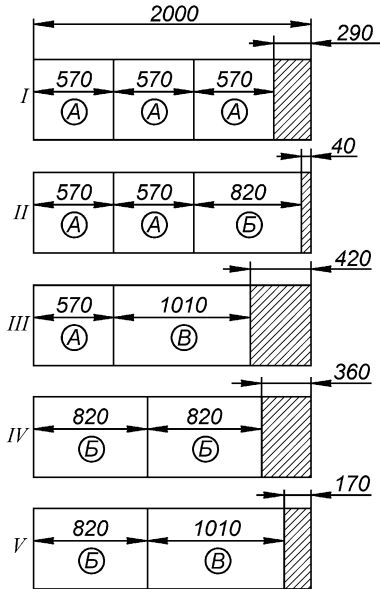


Рис. 1 – Способы раскроя полосы



ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Пример решения поставленной задачи о планировании производства изделий, изготавливаемых штамповкой

(см. приложение 1.1)

$$f = 3000 \times X_1 + 2000 \times X_2, \quad f \rightarrow \max$$

$$\left. \begin{aligned} X_1 + 2 \times X_2 &\leq 6 \\ 2 \times X_1 + X_2 &\leq 8 \\ X_2 - X_1 &\leq 1 \\ X_2 &\leq 2 \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned} \right\}$$

Форма заполнения листа электронных таблиц Microsoft Excel

	А	В	С
1	Переменные		
2	X1	X2	
3			
4	Функция цели		=3000*А3+2000*В3
5			
6	Ограничения		
7	=А3+2*В3	6	
8	=2*А3+В3	8	
9	=В3-А3	1	
10	=В3	2	



Обработка металлов давлением

Отчёт по результатам решения оптимизационной задачи

Microsoft Excel 8.0e Отчет по результатам

Рабочий лист: [2wr.xls]Лист1

Отчет создан: 12.04.13

13:38:06

Целевая ячейка (Максимум)

Ячейка	Имя	Исходно	Результат
\$C\$4	Функция цели:	0	12666,66667

Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Исходно	Результат
\$A\$3	X1	0	3,333333333
\$B\$3	X2	0	1,333333333

Ограничения

Ячейка	Имя	Значение	формула	Статус	Разница
\$A\$7	Ограничения:	6	\$A\$7<=\$B\$7	связанное	0
\$A\$8	Ограничения:	8	\$A\$8<=\$B\$8	связанное	0
\$A\$9	Ограничения:	-2	\$A\$9<=\$B\$9	не связан.	3
\$A\$10	Ограничения:	1,3333333	\$A\$10<=\$B\$10	не связан.	0,666667
\$A\$3	X1	3,3333333	\$A\$3>=0	не связан.	3,333333
\$B\$3	X2	1,3333333	\$B\$3>=0	не связан.	1,333333



РАБОТА №2

РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ОМД МЕТОДОМ ДЕФОРМИРУЕМОГО МНОГОГРАННИКА

Цель работы: Изучить методику постановки и решения оптимизационных задач ОМД методом деформируемого многогранника. Решить практическую задачу о характере заполнения полости штампа.

Исходные данные: выбираются в зависимости от индивидуального варианта задания по таблице 3.

Таблица 3

Параметры задачи	ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ				
	1	2	3	4	5
μ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
α , град.	45°	40°	35°	30°	25°
Размеры заготовки, мм.	25x25	25x25	25x25	25x25	25x25

Порядок выполнения работы [3]

1. Выполнить постановку задачи:
 - 1.1. Сформулировать физическую сущность задачи;
 - 1.2. Составить целевую функцию;
 - 1.3. Определить варьируемые параметры и их диапазон.
2. Составить исходный симплекс:
 - 2.1. Составить исходный симплекс в кодированных величинах (исходный и приведенный);
 - 2.2. Составить исходный симплекс в именованных величинах;

Выполнить расчёт целевой функции для опытов исходного симплекса при заданном значении коэффициента трения $\mu=0$ для конкретного значения α .

3. Выполнить перемещение исходного симплекса в фазовом пространстве:

- 3.1. Определить «отбрасываемую» вершину симплекса;
- 3.2. Отбросить определенную вершину и рассчитать параметры новой вершины симплекса, а также соответствующее значение целевой функции.

Сделать выводы по работе.



Характеристика решаемой задачи

Решается задача о характере заполнения металлом полости штампа (течением вверх или вбок). Оптимизационной эта задача является потому, что выполняется оптимизация целевой функции $q/2k$. Типовое кинематически возможное поле скоростей (КВПС) представлено на рис.2.

Целевая функция в общем случае определяется выражением

$$\frac{q}{2k} = 0.5(\sum l_i v_i + 2\mu \sum l_j v_j) \rightarrow \min \quad (6)$$

или для условий рассматриваемой задачи

$$q/2k = 0.5(AO \times 02 + BO \times 23 + CO \times 34 + DO \times 04 + 2 \times \mu \times CB \times 13) \rightarrow \min. (7)$$

Параметры исходного симплекса в кодированных величинах определяются по правилам метода деформируемого многогранника (рис.3 и табл.1).

Таблица 4

Вариант поля	Значения варьируемых параметров в кодированных величинах					
	Не приведенные			Приведенные		
	X1	X2	X3	X1	X2	X3
1	-0.5	-0.289	-0.204	-0.818	-0.473	-0.334
2	0.5	-0.289	-0.204	0.818	-0.473	-0.334
3	0	0.578	-0.204	0	0.943	-0.334
4	0	0	0.612	0	0	1

Расчёт исходного симплекса в именованных величинах выполняется по уравнению

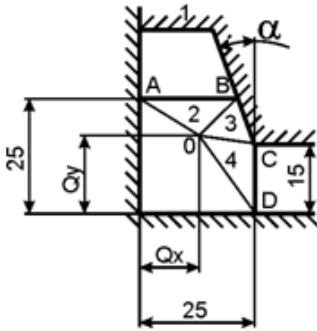
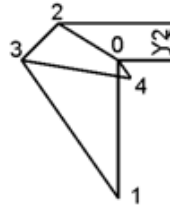


Рис. 2 – КВПС в физической плоскости и в плоскости годографа



X1	-1	0	1
Qx	0	12	24
X2	-1	0	1
Qy	0	12	24
X3	-1	0	1
Y2	1.8	4	6.2

Рис.3 – Рекомендуемые диапазоны изменения варьируемых параметров (ВП)

$$X_i = \frac{C_i - C_0}{\varepsilon}, \quad (8)$$

где X_i –кодированное значение фактора; C_i –натуральное значение фактора в i -том опыте; C_0 –натуральное значение фактора на нулевом уровне; ε –натуральное значение интервала варьирования.

Данные расчётов занести в таблицу 5 с данными исходного симплекса (данные для $\alpha=20^\circ$, для двух значений μ).

Таблица 5

№ опыта	Q_x	Q_y	Y_2	$q/2k$	
				$\mu=0$	$\mu=0.5$
1	2.184	6.324	3.265	377.3	517.9
2	21.8	6.324	3.265	399.6	449.7
3	12	23.316	3.265	403.8	602
4	12	12	6.2	223.6	389.6

Аналогичные расчёты выполняются для $\alpha=25^\circ...45^\circ$, но при конкретном значении коэффициента трения μ (см. табл.3).

Перемещение исходного симплекса в фазовом пространстве.

1. «Отбросить» наихудший (с наибольшим значением $q/2k$) опыт.

2. Рассчитать значение следующего опыта (взамен «отброшенного») посредством перемещения исходного симплекса в фазовом пространстве, по формуле



Обработка металлов давлением

$$X_{ij}^n = \frac{2}{n} \sum X_{ij} - X^{n_{\text{лор}}}, \quad (9)$$

где n —число рассматриваемых опытов; $\sum X_{ij}$ —сумма значений факторов всех опытов, кроме отбрасываемого; $X^{n_{\text{лор}}}$ —значение отбрасываемого опыта.

3. Заполнить таблицу данных движения симплекса после 1-го расчётного шага (таблица 6, в которой опыт 3 «отброшен» как худший) предварительно рассчитав для новой вершины симплекса (опыт 5) значение функции (7).

Таблица 6

№ опыта	Q_x	Q_y	Y_2	$q/2k$	
				$\mu=0$	$\mu=0.5$
1	2.184	6.324	3.265	377.3	517.9
2	21.8	6.324	3.265	399.6	449.7
4	12	12	6.2	223.6	389.6
5

4. Проверить, выполняется ли перемещение симплекса в нужном направлении (то есть уменьшается ли значение целевой функции $q/2k$ в сравнении с «отброшенной» его вершиной и оставшимися от прошлого шага).

Действия по п. 1÷4 при окончательном расчёте выполняют до тех пор, пока значения симплекса не повторятся N раз:

$$N = 1.65 \times n + 0.05 \times n^2. \quad (10)$$

Сделать выводы по работе.



РАБОТА №3

РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ОМД С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ МАШИННОЙ ГРАФИКИ НА ОСНОВЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ СИ++

Цель работы. Изучить методику постановки и решения оптимизационных задач ОМД с применением средств машинной графики на основе языка программирования СИ++; решить задачу, соответствующую заданному варианту [4].

Исходные данные. Форма и размеры однощелевого штампа; размер исходной заготовки; величины коэффициентов контактного трения, соответствующие заданному варианту (см. ранее табл.3).

Последовательность выполнения работы.

1.1 Изучить технологическую сущность оптимизационной задачи

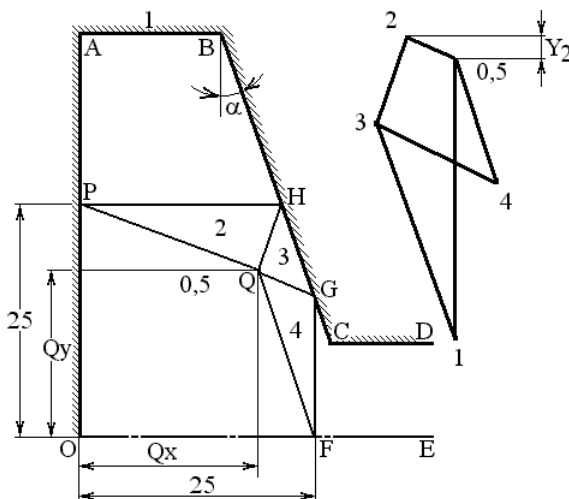


Рис.3 - КВПС в задаче о заполнении полости штампа определения истинных значений варьируемых параметров (ВП) кинематически возможных полей скоростей (КВПС) в обозначениях, принятых по рис.3 – Q_x , Q_y , y_2 .

Примечание. Допускается изменение диапазонов значений ВП (рис.2), если это требуется построением КВПС.

1.2 Изучить изменения, вносимые в блок исходных данных при



Обработка металлов давлением

замене угла наклона штампа и коэффициента трения.

Изучить порядок применения программы **NEW** с целью решения оптимизационной задачи.

1.3 Выполнить с помощью среды СИ++ и программы **NEW** процедуру симплекс – планирования, состоящую из:

1.3.1 Расчёта параметров исходного симплекса (4 опыта – пример – таблица 5, где значение $q/2k$ обозначено переменной **K**).

1.3.2 Определения параметров Q_x , Q_y , y_2 в опытах №5 и последующих – пример – таблица 6.

1.3.3 Остановить расчет при заиклировании симплекса или повторении его заданное количество раз (см. выр. (10)).

Значения целевой функции **K** выводятся на монитор по окончании работы каждого программного цикла.

1.4 Сохранить в протоколе лабораторной работы КВПС, соответствующее характеру течения металла при заданных условиях. Сравнить результаты оптимизационного расчёта с результатами выполненной работы 2 (см. стр. 8) и оценить погрешность графоаналитического и программного подходов.

1.5 Сделать выводы по работе.

Правила пользования программным продуктом.

2.1 Найти в корневом каталоге ПК папку с именем NEW и открыть её содержимое:

```
EGAVGA.BGI
INPUT
NEW.CPP
NEW.EXE
REPORT.TXT
```

Файл EGAVGA.BGI определяет параметры настройки выводимых программой **NEW** изображений на экран монитора при её запуске через файл NEW.EXE.

Файл NEW.CPP содержит текст программы (листинг), выполненной на языке СИ++.

2.2 Удалить файл регистрации результатов ранее выполненных расчётов REPORT.TXT.

2.3 Открыть файл данных INPUT, содержащий информацию, принимаемую программой по умолчанию при запуске:

l_{OE} l_{OF} l_{OP} l_{FG} l_{OA} l_{ED} , α – параметры, определяющие геометрические размеры задачи и КВПС в физической плоскости (см.



Обработка металлов давлением

табл.3 и рис.3); Q_x , Q_y , y_2 – варьируемые параметры; $L1$ – параметр (отрезок 0-1), задающий масштаб КВПС в плоскости годографа; μ – коэффициент трения (табл.3).

Произвести корректировку значений величин μ и y_2 соответствующих условиям поиска решения и сохранить исправления.

2.4 Произвести запуск программы посредством активации файла NEW.EXE.

При этом происходит построение КВПС по данным принятым по умолчанию (пп. 2.3), а после нажатия клавиши **Enter** производится выбор режима ввода величины угла α и значений варьируемых параметров Q_x и Q_y (при заданных ранее значениях μ и y_2).

Отказ от диалога и прерывание работы программы осуществляется клавишей **Esc** (при этом программа выгружается из оперативной памяти ПК).

2.5 Порядок распечатки численных и графических результатов расчёта программы.

2.5.1 В режиме работы программы NEW загрузить графической образ в буфер ПК посредством клавиш **Alt+PrintScreen** и закрыть программу (**Esc**).

2.5.2 Произвести запуск графического редактора **Paint** (ПУСК → Программы → Стандартные).

2.5.3 Произвести корректировку размеров рабочего листа (Рисунок → Атрибуты → 17×13 см. → Ок).

2.5.4 Произвести вставку графического образа на рабочий лист редактора **Paint** (Правка → Вставить).

2.5.5 Произвести цветовую корректировку образа (Рисунок → Обратить цвета).

2.5.6 Произвести распечатку образа (Файл → Печать→Ок).

2.6 Распечатать файл REPORT.TXT (в редакторах «Блокнот», **VC** или **NC** клав. **F5+PRM+ Enter**) и по данным, содержащимся в этом файле построить реализующийся вариант КВПС.

Следует обратить внимание на то, что в файле REPORT.TXT регистрируются последовательно результаты всех выполненных расчётов, включая результаты, полученные по ис-



Обработка металлов давлением

ходным данным, принятым по умолчанию.



ЛИТЕРАТУРА.

1. Гарнаев А.Ю. Использование MS Excel и VBA в экономике и финансах. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 1999.
2. Канторович Л.В., Залгаллер В.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Новосибирск: Наука, 1971.
3. Резников, Ю.Н. Оптимизация технологических процессов обработки металлов давлением: учеб. пособие / Ю.Н. Резников, Б.С. Мороз, А.В. Вовченко. – Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002. – 94с.
4. Резников Ю.Н. Решение оптимизационных задач ОМД с применением средств машинной графики на основе языка программирования СИ++: Метод. ук. / Ю.Н. Резников, Э.С. Муродьян, А.В. Вовченко. – Ростов-на-Дону: ДГТУ: Изд. центр ДГТУ, 2004.–5с.