

# Практическая работа № 1

## ОДНОИНДЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

### Постановка задачи

Мебельный комбинат выпускает книжные полки А из натурального дерева со стеклом, полки В<sub>1</sub> из полированной ДСП (древесно-стружечной плиты) без стекла и полки В<sub>2</sub> из полированной ДСП со стеклом. Габариты полок А, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> следующие: длина 1100 (d) мм, ширина 250 (w) мм, высота 300 (h) мм (рис.6.2). Размер листа ДСП 2×3 м.

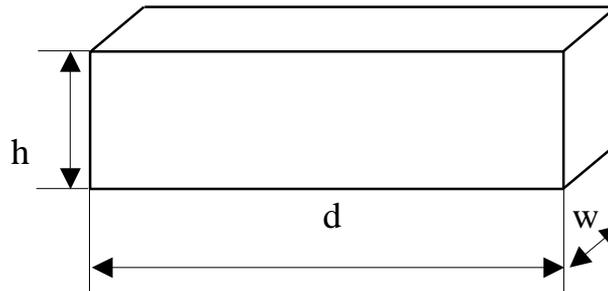


Рис.1. Габариты полок, выпускаемых мебельным комбинатом

При изготовлении полок А выполняются следующие работы: столярные, покрытие лаком, сушка, резка стекла, упаковка. Все операции, производимые в ходе столярных работ и упаковки, выполняются вручную. Полки В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> поставляются в торговую сеть в разобранном виде. За исключением операции упаковки, все остальные операции (производство комплектующих полки, резка стекла) при изготовлении полок В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, выполняются на специализированных автоматах.

Трудоемкость столярных работ по выпуску одной полки А составляет 4 (Тр<sub>1</sub>) ч. Производительность автомата, покрывающего полки А лаком – 10 (Пр<sub>1</sub>) полок в час, автомата, режущего стекло – 100 (Пр<sub>2</sub>) стекол в час. Сменный фонд времени автомата для покрытия лаком – 7 (ФВ<sub>1</sub>) ч, автомата для резки стекла – 7,5 (ФВ<sub>2</sub>) ч. Сушка полок, покрытых лаком, происходит в течение суток в специальных сушилках, вмещающих 50 (V<sub>1</sub>) полок. На упаковку полки А требуется 4 (Тр<sub>2</sub>) минуты. В производстве полок заняты 40 (Р<sub>1</sub>) столяров и 14 (Р<sub>2</sub>) упаковщиков.

Производительность автомата, производящего комплектующие полки В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, равна 3 (Пр<sub>3</sub>) полки в час, а его сменный фонд времени равен 7,4 (ФВ<sub>3</sub>) ч, трудоемкость упаковочных работ составляет 8 (Тр<sub>3</sub>) мин для полки В<sub>1</sub> и 10 (Тр<sub>4</sub>) мин для полки В<sub>2</sub>.

От поставщиков комбинат получает в месяц 400 (Z<sub>1</sub>) листов полированной ДСП, 230 (Z<sub>2</sub>) листов ДВП (древесно-волоконной плиты), а также 260 (Z<sub>3</sub>) листов стекла. Из каждого листа ДВП можно выкроить 14 (К<sub>1</sub>) задних стенок полок В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, а из каждого листа стекла – 10 (К<sub>2</sub>) стекол для полок А и В<sub>2</sub>.

Склад готовой продукции может разместить не более 350 ( $V_2$ ) полок и комплектов полок, причем ежедневно в торговую сеть вывозится в среднем 40 ( $N$ ) полок и комплектов. На начало текущего месяца на складе осталось 100 ( $O_{ст}$ ) полок, произведенных ранее. Себестоимость полки А равна 205 ( $C_1$ ) руб., полки В без стекла – 142 ( $C_2$ ) руб., со стеклом – 160 ( $C_3$ ) руб.

Маркетинговые исследования показали, что доля продаж полок обоих видов со стеклом составляет не менее 60% ( $D$ ) в общем объеме продаж, а емкость рынка полок производимого типа составляет около 5300 ( $V_3$ ) штук в месяц. Мебельный комбинат заключил договор на поставку заказчику 50 ( $Z$ ) полок типа  $B_2$  в текущем месяце.

Составьте план производства полок на текущий месяц. Известны цены реализации полок: полка А – 295 ( $\Pi_1$ ) руб., полка В без стекла – 182 ( $\Pi_2$ ) руб., полка В со стеклом – 220 ( $\Pi_3$ ) руб.

### *Построение модели*

**I этап построения модели** заключается в определении (описании, задании, идентификации) переменных. В данной задаче искомыми неизвестными величинами является количество полок каждого вида, которые будут произведены в текущем месяце. Таким образом,  $x_A$  – количество полок А (шт./мес.);  $x_{B_1}$  – количество полок  $B_1$  (шт./мес.);  $x_{B_2}$  – количество полок  $B_2$  (шт./мес.).

**II этап построения модели** заключается в построении целевой функции, представляющей цель решения задачи. В данном случае цель – это максимизация прибыли, получаемой от продажи полок всех видов в течение месяца. Поскольку в этой задаче прибыль может быть определена как разность между ценой ( $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ ) и себестоимостью ( $C_1, C_2, C_3$ ), то ЦФ имеет вид

$L(X) = (295 - 205)x_A + (182 - 142)x_{B_1} + (220 - 160)x_{B_2} \rightarrow \max$	$\frac{\text{руб.}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} = \frac{\text{руб.}}{\text{мес.}}$
--	---

**III этап построения модели** заключается в задании ограничений, моделирующих условия задачи. Все ограничения рассматриваемой задачи можно разделить на несколько типов.

#### *Ограничения по фонду времени (с использованием трудоемкости работ)*

Левая часть ограничений по фонду времени представляет собой время, затрачиваемое на производство полок в течение месяца в количестве  $x_A, x_{B_1}, x_{B_2}$  штук. Правая часть ограничения – это фонд рабочего времени исполнителя работы (рабочего или автомата) за смену. Неравенство (6.2) описывает ограничение по фонду времени на выполнение столярных работ. Коэффициент 4 ч/шт. ( $Tr_1$ ) – это время, затрачиваемое на **столярные работы** при производстве одной полки типа А (трудоемкость); 40 чел. ( $P_1$ ) – это количество

столяров, участвующих в производстве; 8 ч/(чел.·см.) – количество часов работы одного человека в течение смены; 1 см./дн. – количество смен в одном рабочем дне; 22 дн./мес. – количество рабочих дней в месяце (табл.6.1):

$4x_A \leq 40 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 22$	$\frac{\text{ч}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч}}{\text{мес.}}$	(6.2)
$\frac{\text{ч}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \text{чел.} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{чел.} \cdot \text{см.}} \cdot \frac{\text{см.}}{\text{дн.}} \cdot \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}}$		

**Примечание 6.2.** Важным моментом проверки правильности составления ограничений является проверка совпадения единиц измерения левой и правой частей ограничения. В ограничении (6.2) левая и правая части измеряются в часах, потраченных на выпуск продукции в течение месяца.

Аналогично записывается ограничение (6.3) по фонду времени на **упаковочные работы**, в котором 14 чел. ( $P_2$ ) – это количество упаковщиков:

$\frac{4}{60}x_A + \frac{8}{60}x_{B_1} + \frac{10}{60}x_{B_2} \leq 14 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 22$	$\frac{\text{ч}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч}}{\text{мес.}}$	(6.3)
$\frac{\text{мин}/\text{шт.}}{\text{мин}/\text{ч}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \text{чел.} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{чел.} \cdot \text{см.}} \cdot \frac{\text{см.}}{\text{дн.}} \cdot \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}}$		

*Ограничения по фонду времени (с использованием производительности работ)*

Неравенство (6.4) описывает ограничение по фонду времени на покрытие лаком полок типа А. Отличие ограничений, учитывающих данные о **производительности** работ, от ограничений, учитывающих данные о **трудоемкости** работ, состоит в том, что производительность необходимо преобразовать в трудоемкость. Трудоемкость является величиной, обратной производительности. Коэффициент  $\frac{1}{10}$  ( $\frac{1}{Pr_1}$ ) при  $x_A$  в (6.4) – это количество часов, приходящихся на покрытие лаком одной полки типа А. При записи правой части ограничения учитываем, что автомат, выполняющий покрытие лаком, работает не полную смену (8 ч), а в течение сменного фонда времени 7 ч ( $ФВ_1$ ). Это связано с необходимостью подготовки автомата к работе и обслуживанием его после окончания работы.

$\frac{1}{10}x_A \leq 7 \cdot 1 \cdot 22$	$\frac{\text{ч}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч}}{\text{мес.}}$	(6.4)
$\frac{\text{ч}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч}}{\text{см.}} \cdot \frac{\text{см.}}{\text{дн.}} \cdot \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}}$		

Неравенство (6.5) описывает ограничение по фонду времени на резку стекла для полок типа А и В<sub>2</sub>:

$\frac{2}{100}x_A + \frac{2}{100}x_{B_2} \leq 7,5 \cdot 1 \cdot 22$	$\frac{\text{ч}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч}}{\text{мес.}}$	(6.5)
$\frac{\text{ч}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч}}{\text{см.}} \cdot \frac{\text{см.}}{\text{дн.}} \cdot \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}}$		

Неравенство (6.6) описывает ограничение по фонду времени на производство комплектующих полок типа В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>:

$\frac{1}{3}x_{B_1} + \frac{1}{3}x_{B_2} \leq 7,4 \cdot 1 \cdot 22$	$\frac{\text{ч.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч.}}{\text{мес.}}$	(6.6)
$\frac{\text{ч.}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{ч}}{\text{см.}} \cdot \frac{\text{см.}}{\text{дн.}} \cdot \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}}$		

*Ограничения по запасу расходуемых в производстве материалов  
(по запасу используемых для производства полок деталей)*

Неравенство (6.7) описывает ограничение по запасу листов ДСП, поставляемых на комбинат ежемесячно. При этом следует учесть, что из листа ДСП надо выкраивать комплекты (верхнюю и нижнюю стороны полок, 2 боковые стороны) для производства полок. Поэтому при задании ограничения имеет смысл ориентироваться не на количество листов ДСП, а на количество комплектов для полок [правая часть (6.7)], которые можно получить из имеющегося запаса ДСП. Но поскольку листы ДСП можно раскраивать различными способами и получать при этом различное количество деталей и комплектов, то обозначим месячный запас комплектов в правой части (6.7) как Y<sub>компл</sub> и рассмотрим способ его численного определения позже. В левой части ограничения (6.7) задается количество комплектов (по одному на полку), необходимых на производство полок в течение месяца в объеме x<sub>B<sub>1</sub></sub>, x<sub>B<sub>2</sub></sub>:

$1x_{B_1} + 1x_{B_2} \leq Y_{\text{компл}}$	$\frac{\text{КОМПЛ.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{КОМПЛ.}}{\text{мес.}}$	(6.7)
$\frac{\text{КОМПЛ.}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{КОМПЛ.}}{\text{мес.}}$		

Аналогично ограничению по ДСП неравенство (6.8.) – это ограничение по запасу задних стенок из ДВП для полок В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, а неравенство (6.9) – ограничение по запасу стекол для полок А и В<sub>2</sub>. В отличие от ДСП листы ДВП и листы стекла кроются стандартным способом, и из каждого листа ДВП получается 14 (K<sub>1</sub>) задних стенок полок, а из каждого листа стекла получается

10 ( $K_2$ ) стекол. Ежемесячный запас листов ДВП и стекла составляет соответственно 230 ( $Z_2$ ) и 260 ( $Z_3$ ). При составлении левых частей ограничений (6.8) и (6.9) следует учесть, что на каждую полку  $B_1$  и  $B_2$  приходится по одной задней стенке, а на каждую полку  $A$  и  $B_2$  – по 2 стекла:

$1x_{B_1} + 1x_{B_2} \leq 230 \cdot 14$	$\frac{\text{задняя стенка}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{задняя стенка}}{\text{мес.}}$	(6.8)
$\frac{\text{задняя стенка}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{лист ДВП}}{\text{мес.}} \cdot \frac{\text{задняя стенка}}{\text{лист ДВП}}$		

$2x_A + 2x_{B_2} \leq 260 \cdot 10$	$\frac{\text{стекло}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{стекло}}{\text{мес.}}$	(6.9)
$\frac{\text{стекло}}{\text{шт.}} \cdot \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{лист стекла}}{\text{мес.}} \cdot \frac{\text{стекло}}{\text{лист стекла}}$		

*Ограничения по емкости вспомогательных помещений и рынка*

Неравенство (6.10) является ограничением по количеству полок  $A$ , которые может вместить сушилка. В правой части (6.10) представлено количество полок, которые могут быть просушены в течение месяца (в день может быть просушено 50 ( $V_1$ ) полок):

$x_A \leq 50 \cdot 22$	$\frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}}$	(6.10)
$\frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{шт.}}{\text{дн.}} \cdot \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}}$		

Неравенство (6.11) описывает ограничение по количеству полок всех видов, которые может вместить склад готовой продукции. При этом правая часть (6.11) учитывает, что общая емкость склада уменьшена на 100 (Ост) полок, которые остались невывезенными с прошлого месяца. Кроме того, в течение месяца каждый день будет освобождаться по 40 ( $N$ ) мест для полок:

$x_A + x_{B_1} + x_{B_2} \leq 350 - 100 + 40 \cdot 22$	$\frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}}$	(6.11)
$\frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} - \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} + \frac{\text{шт.}}{\text{дн.}} \cdot \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}}$		

Неравенство (6.12) описывает ограничение по примерной емкости рынка, равной 5300 ( $V_3$ ) полкам всех видов:

$x_A + x_{B_1} + x_{B_2} \leq 5300$	$\frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}}$	(6.12)
-------------------------------------	--	--------

*Ограничения по гарантированному заказу*

Неравенство (6.13) показывает, что необходимо произвести как минимум 50 (3) заказанных полок  $B_2$ , а возможно, и большее количество, но уже для свободной продажи:

$x_{B_2} \geq 50$	$\frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}}$	(6.13)
-------------------	--	--------

*Ограничения по соотношению объемов продаж различных товаров*

Неравенство (6.14) показывает, что доля полок А и  $B_2$  в общем объеме полок, производимых для свободной продажи, должна составлять не менее 60% (Д). К такому выводу приводят результаты маркетинговых исследований. Поскольку из всех полок  $B_2$  в свободную продажу поступит лишь  $(x_{B_2} - 50)$ , то это учитывается при составлении ограничения (6.14), которое после алгебраических преобразований принимает вид (6.15).

$x_A + (x_{B_2} - 50) \geq 0,6[x_A + x_{B_1} + (x_{B_2} - 50)]$	$\frac{\text{шт.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{шт.}}{\text{мес.}}$	(6.14)
---	--	--------

$0,4x_A - 0,6x_{B_1} + 0,4x_{B_2} \geq 20$	(6.15)
--	--------

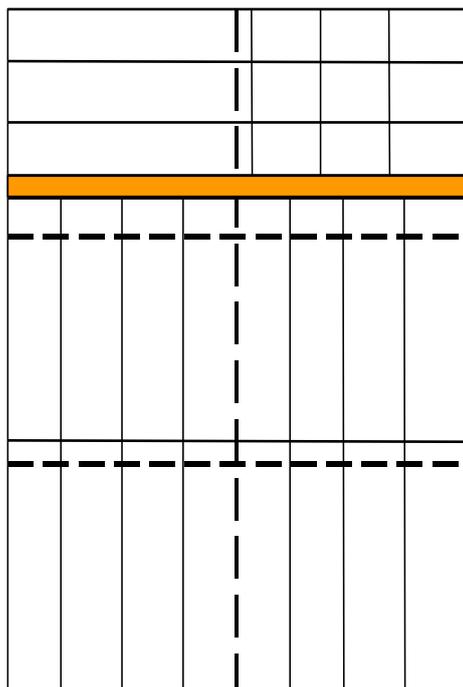
*Определение количества комплектов для полок  $B_1$  и  $B_2$*

Рассмотрим подробно вопрос определения максимально возможного количества комплектов для полок  $B_1$  и  $B_2$ , которое можно произвести из ежемесячного запаса ДСП. В зависимости от размеров листов ДСП ( $2000 \times 3000$  мм) и габаритов полок ( $1100 \times 250 \times 300$  мм) детали полок  $B_1$  и  $B_2$  можно выкроить различными способами. Рассмотрим три возможных варианта такого раскроя, представленные на рис.6.3 (затемненные участки – это неиспользованная площадь ДСП).

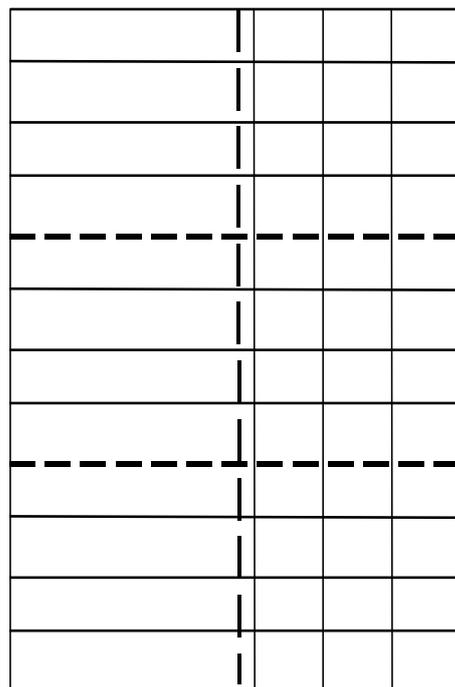
Согласно 1-му варианту из одного листа ДСП для полок  $B_1$  и  $B_2$  можно выкроить 19 деталей верхней или нижней стенок, а также 9 деталей боковых стенок. По 2-му варианту раскроя получаем 12 деталей верхней или нижней стенок и 36 деталей боковых стенок. По 3-му варианту раскроя получаем 16 деталей верхней или нижней стенок и 18 деталей боковых стенок. Обозначим количество листов ДСП, раскроенных в течение месяца: по 1-му варианту через  $y_1$  (лист./мес.); по 2-му варианту -  $y_2$  (лист./мес.); по 3-му варианту –  $y_3$  (лист./мес.). При производстве полок нам выгодно стремиться к такому раскрою листов ДСП, при котором из полученных деталей можно укомплектовать максимальное количество полок. Количество комплектов, получаемых из раскроенных деталей, мы ранее обозначили через  $Y_{\text{компл}}$ . Таким образом, наша цель описывается целевой функцией

$L(Y) = Y_{\text{компл}} \rightarrow \max$	компл./мес.
--	-------------

19 верхних и нижних стенок,  
9 боковых стенок



12 верхних и нижних стенок,  
36 боковых стенок



16 верхних и нижних стенок,  
18 боковых стенок

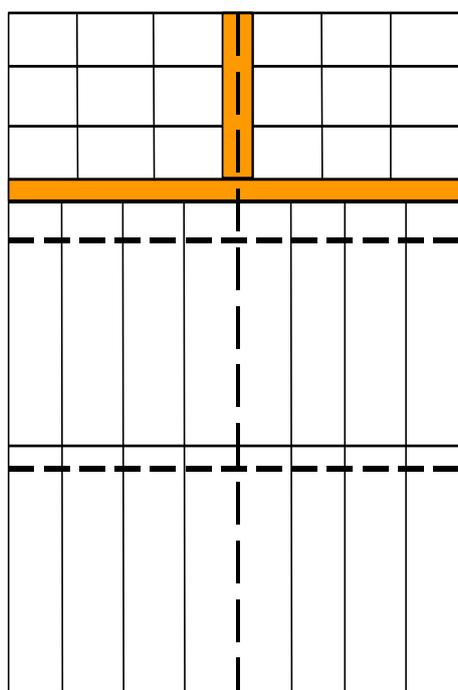


Рис.6.3. Возможные варианты раскроя листов ДСП

Количество всех раскrojенных листов ДСП не должно превышать 400 ( $Z_1$ ), то есть ежемесечный запас их на складе:

$y_1 + y_2 + y_3 \leq 400$	лист./мес.
----------------------------	------------

При этом, поскольку в каждый комплект входит одна верхняя и одна нижняя стенки, количество нижних и верхних стенок, получаемых при раскrojе всех листов ДСП [левая часть (6.16)], должно быть не меньше чем  $2Y_{\text{компл}}$ :

$19y_1 + 12y_2 + 16y_3 \geq 2Y_{\text{компл}}$	$\frac{\text{дет.}}{\text{мес.}} \geq \frac{\text{дет.}}{\text{мес.}}$	(6.16)
$\frac{\text{дет.}}{\text{лист.}} \cdot \frac{\text{лист.}}{\text{мес.}} \leq \frac{\text{дет.}}{\text{компл.}} \cdot \frac{\text{компл.}}{\text{мес.}}$		

Аналогичный смысл имеет ограничение (6.17), которое задает нижнюю границу количества боковых стенок полок:

$9y_1 + 36y_2 + 18y_3 \geq 2Y_{\text{компл.}}$	$\frac{\text{дет.}}{\text{мес.}} \geq \frac{\text{дет.}}{\text{мес.}}$	(6.17)

После преобразования описанных неравенств получим модель задачи (6.18), позволяющую раскrojить максимальное количество комплектов:

$$L(Y) = Y_{\text{компл}} \rightarrow \max ;$$

$$\begin{cases} y_1 + y_2 + y_3 \leq 400, \\ 19y_1 + 12y_2 + 16y_3 - 2Y_{\text{компл}} \geq 0, \\ 9y_1 + 36y_2 + 18y_3 - 2Y_{\text{компл}} \geq 0, \\ y_1, y_2, y_3, Y_{\text{компл}} \geq 0. \end{cases} \quad (6.18)$$

Таким образом, при решении задачи (6.18) симплекс-методом (например, в MS Excel) переменная  $Y_{\text{компл}}$  **непосредственно** определяет значение ЦФ, а переменные  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$  влияют на изменение значения ЦФ **косвенно**, через ограничения. Решив задачу (6.18) для варианта 0, мы получим значение правой части ограничения (6.7)  $Y=3387$  компл, после чего сможем решить исходную задачу, модель которой имеет вид:

$$\begin{aligned}
L(X) &= 90x_A + 40x_{B_1} + 60x_{B_2} \rightarrow \max ; \\
\left\{ \begin{array}{l}
4x_A \leq 7040; \\
0,067x_A + 0,133x_{B_1} + 0,167x_{B_2} \leq 2464; \\
0,1x_A \leq 154; \\
0,02x_A + 0,02x_{B_2} \leq 165; \\
0,333x_{B_1} + 0,333x_{B_2} \leq 162,8; \\
x_{B_1} + x_{B_2} \leq 3387; \\
x_{B_1} + x_{B_2} \leq 3220; \\
2x_A + 2x_{B_2} \leq 2600; \\
x_A \leq 1100; \\
x_A + x_{B_1} + x_{B_2} \leq 1220; \\
x_A + x_{B_1} + x_{B_2} \leq 5300; \\
x_{B_2} \geq 50; \\
0,4x_A - 0,6x_{B_1} + 0,4x_{B_2} \geq 20; \\
x_A, x_{B_1}, x_{B_2} \geq 0.
\end{array} \right. \quad (6.19)
\end{aligned}$$

Решив задачу (6.19), получаем

$$\begin{aligned}
x_A &= 1100 \text{ шт./мес.}, \quad x_{B_1} = 0 \text{ шт./мес.}, \quad x_{B_2} = 120 \text{ шт./мес.}, \\
L(X) &= 106\,200 \text{ руб./мес.}, \quad (6.20)
\end{aligned}$$

то есть в текущем месяце необходимо произвести 1100 полок А и 120 полок В<sub>2</sub>, а производство полок В<sub>1</sub> нецелесообразно. После реализации всех произведенных полок комбинат получит прибыль в размере 106 200 рублей.

Таблица 6.1

## Исходные данные вариантов задач к лабораторной работе №2

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>D</b>	1100	1070	1140	1030	1180	990	1220	950	1260	910	1300	870	1340
<b>w</b>	250	240	260	230	270	240	260	230	270	240	260	230	270
<b>h</b>	300	290	280	270	260	250	240	310	320	330	340	350	360
<b>Тр<sub>1</sub></b>	4	4,4	3,6	4,8	3,2	5,2	2,8	5,6	2,4	6	2	6,4	1,6
<b>Тр<sub>2</sub></b>	4	10	5	9	6	8	7	5	8	6	9	7	10
<b>Тр<sub>3</sub></b>	8	15	10	13	9	13	10	8	11	10	15	14	16
<b>Тр<sub>4</sub></b>	10	16	12	14	10	14	11	9	14	13	18	16	20
<b>P<sub>1</sub></b>	40	22	19	6	27	16	9	25	11	8	30	14	7
<b>P<sub>2</sub></b>	14	16	12	11	7	5	13	3	6	8	10	2	9
<b>Пр<sub>1</sub></b>	10	4	9	5	2	6	4	7	4	3	5	8	6
<b>Пр<sub>2</sub></b>	100	150	170	250	180	130	190	120	200	110	210	140	220
<b>Пр<sub>3</sub></b>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>ФВ<sub>1</sub></b>	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,1	7,2	7,0	7,3	7,4
<b>ФВ<sub>2</sub></b>	7,5	7,6	7,7	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,1	7,2
<b>ФВ<sub>3</sub></b>	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,4	7,5	7,6
<b>Z<sub>1</sub></b>	400	390	365	380	415	370	405	350	395	410	385	420	375
<b>Z<sub>2</sub></b>	230	240	235	220	215	200	195	180	205	160	175	140	155
<b>Z<sub>3</sub></b>	260	200	250	190	240	180	230	290	220	230	210	270	200
<b>K<sub>1</sub></b>	14	15	5	16	6	17	7	12	8	13	18	11	9
<b>K<sub>2</sub></b>	10	11	12	5	13	6	14	7	15	8	16	9	17
<b>V<sub>1</sub></b>	50	20	65	40	55	75	45	60	35	70	25	30	80
<b>V<sub>2</sub></b>	350	400	360	300	370	310	380	320	390	330	410	340	420
<b>V<sub>3</sub></b>	5300	2000	3700	3000	1100	4000	2500	1500	1400	2700	4300	3100	1900
<b>N</b>	40	45	67	50	72	55	44	60	38	65	30	70	35
<b>Ост</b>	100	110	90	170	80	160	70	150	60	140	50	120	40

Продолжение табл.6.1

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Д</b>	60(A,B2)	15A	10B1	15(B1,B2)	43(A,B1)	72A	12B2	16(B1,B2)	23(A,B2)	46A	59B1	13(B1,B2)	9(A,B1)
<b>З</b>	50B2	30A	15B1	10A, 18B1	5A, 12B2	40B1, 3B2	60B2	24A	80B1	14A, 21B1	38A, 62B2	23B1, 20B2	84B2
<b>С<sub>1</sub></b>	205	210	145	200	150	215	170	220	165	225	180	230	195
<b>С<sub>2</sub></b>	142	150	125	164	120	187	125	176	129	195	143	207	126
<b>С<sub>3</sub></b>	160	170	133	178	134	205	148	197	142	210	162	214	146
<b>Ц<sub>1</sub></b>	295	256	213	284	192	243	198	274	203	281	224	276	249
<b>Ц<sub>2</sub></b>	182	202	149	190	154	230	175	246	194	263	214	287	186
<b>Ц<sub>3</sub></b>	220	224	158	206	147	243	180	242	167	267	202	246	187
<b>3 варианта раскроя листов ДСП; 8 ч в смене; работа в 1 смену; 22 рабочих дня в месяце</b>													

# ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ Microsoft Excel для РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛП

## Ввод исходных данных

Создание экранной формы и ввод в нее условия задачи

Рассмотрим пример нахождения решения для следующей одноиндексной задачи ЛП:

$$\begin{cases} L(X) = 130,5x_1 + 20x_2 + 56x_3 + 87,8x_4 \rightarrow \max; \\ -1,8x_1 + 2x_2 + x_3 - 4x_4 = 756, \\ -6x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 \geq 450, \\ 4x_1 - 1,5x_2 + 10,4x_3 + 13x_4 \leq 89, \\ x_j \geq 0; j = \overline{1,4}. \end{cases} \quad (1.1)$$

Экранная форма для ввода условий задачи вместе с введенными в нее исходными данными представлена на рис.1.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1				ПЕРЕМЕННЫЕ				
2	Имя	X1	X2	X3	X4			
3	Значение							
4	Нижн. гр.	0	0	0	0	ЦФ		
5						Значение	Направл.	
6	Коеф. ЦФ	130,5	20	56	87,8		max	
7								
8				ОГРАНИЧЕНИЯ				
9	Вид					Лев. часть	Знак	Прав. часть
10	Огран.1	-1,8	2	1	-4	=		756
11	Огран.2	-6	2	4	-1	>=		450
12	Огран.3	4	-1,5	10,4	13	<=		89
13								

Рис.1.1. Экранная форма задачи (1.1) (курсор в ячейке F6)  
Ввод зависимостей из математической модели в экранную форму

### Зависимость для ЦФ

В ячейку F6, в которой будет отображаться значение ЦФ, необходимо ввести **формулу**, по которой это значение будет рассчитано. Согласно (1.1) значение ЦФ определяется выражением

$$130,5x_1 + 20x_2 + 56x_3 + 87,8x_4. \quad (1.2)$$

Используя обозначения соответствующих ячеек в Excel (см. рис.1.1), формулу для расчета ЦФ (1.2) можно записать как **сумму произведений** каждой из

ячеек, отведенных для значений переменных задачи (**B3, C3, D3, E3**), на соответствующую ячейку, отведенную для коэффициентов ЦФ (**B6, C6, D6, E6**), то есть

$$B6 \cdot B3 + C6 \cdot C3 + D6 \cdot D3 + E6 \cdot E3. \quad (1.3)$$

Чтобы задать формулу (1.3) необходимо в ячейку **F6** ввести следующее выражение и нажать клавишу "**Enter**"

$$=СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B6:E6), \quad (1.4)$$

После этого в целевой ячейке появится 0 (нулевое значение) (рис.1.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1				ПЕРЕМЕННЫЕ					
2	Имя	X1	X2	X3	X4				
3	Значение								
4	Нижн.гр.	0	0	0	0	ЦФ			
5						Значение	Направл.		
6	Коеф. ЦФ	130,5	20	56	87,8	0	max		
7									
8		ОГРАНИЧЕНИЯ							
9	Вид					Лев. часть	Знак	Прав. часть	
10	Огран.1	-1,8	2	1	-4	0	=	756	
11	Огран.2	-6	2	4	-1	0	>=	450	
12	Огран.3	4	-1,5	10,4	13	0	<=	89	
13									

Рис.1.2. Экранная форма задачи (1.1) после ввода всех необходимых формул (курсор в ячейке F6)

### Зависимости для левых частей ограничений

Левые части ограничений задачи (1.1) представляют собой *сумму произведений* каждой из ячеек, отведенных для значений переменных задачи (**B3, C3, D3, E3**), на соответствующую ячейку, отведенную для коэффициентов конкретного ограничения (**B10, C10, D10, E10** – 1-е ограничение; **B11, C11, D11, E11** – 2-е ограничение и **B12, C12, D12, E12** – 3-е ограничение). Формулы, соответствующие левым частям ограничений, представлены в табл.1.1.

**Формулы, описывающие ограничения модели (1.1)**

Левая часть ограничения	Формула Excel
$-1,8x_1 + 2x_2 + x_3 - 4x_4$ или $B10 \cdot B3 + C10 \cdot C3 + D10 \cdot D3 + E10 \cdot E3$	=СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B10:E10)
$-6x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4$ или $B11 \cdot B3 + C11 \cdot C3 + D11 \cdot D3 + E11 \cdot E3$	=СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B11:E11)
$4x_1 - 1,5x_2 + 10,4x_3 + 13x_4$ или $B12 \cdot B3 + C12 \cdot C3 + D12 \cdot D3 + E12 \cdot E3$	=СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B12:E12)

**Задание ЦФ**

Дальнейшие действия производятся в окне "Поиск решения", которое вызывается из меню "Сервис" (рис.1.3):

- поставьте курсор в поле "Установить целевую ячейку";
- введите адрес целевой ячейки **\$F\$6** или сделайте одно нажатие левой клавиши мыши на целевую ячейку в экранной форме — это будет равносильно вводу адреса с клавиатуры;
- введите направление оптимизации ЦФ, щелкнув один раз левой клавишей мыши по селекторной кнопке "максимальному значению".

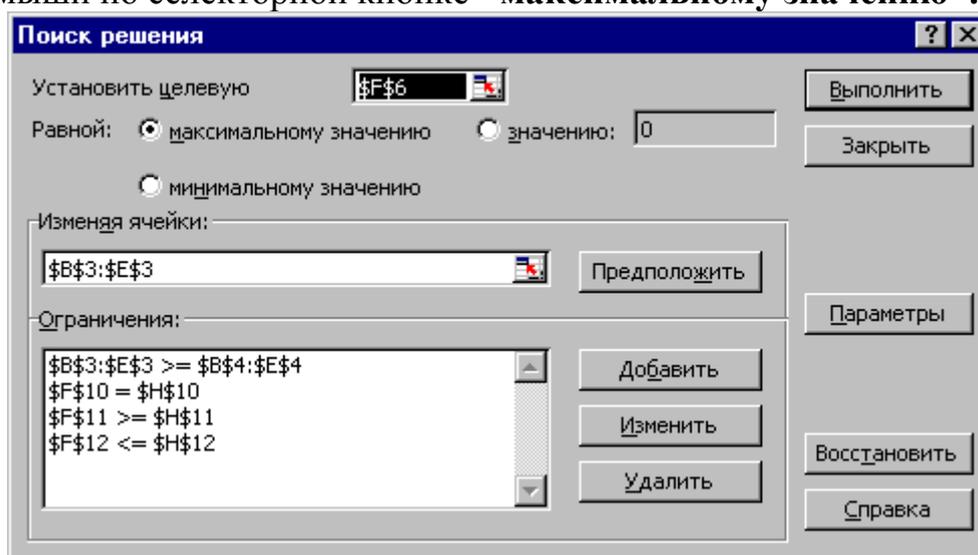


Рис.1.3. Окно "Поиск решения" задачи (1.1)

Microsoft Excel - Пример\_1.xls

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно ?

F6 = =СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B6:E6)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1				<b>ПЕРЕМЕННЫЕ</b>				
2	Имя	X1	X2	X3	X4			
3	Значение	100,661	546,444	0	38,925			
4	Нижн. гр.	0	0	0	0	<b>ЦФ</b>		
5						Значение	Направл.	
6	Козф. ЦФ	130,5	20	56	87,8	27482,714	max	
7								
8				<b>ОГРАНИЧЕНИЯ</b>				
9	Вид					Лев. часть	Знак	Прав. часть
10	Огран.1	-1,8	2	1	-4	756	=	756
11	Огран.2	-6	2	4	-1	450	>=	450
12	Огран.3	4	-1,5	10,4	13	89	<=	89
13								

Лист1 / Лист3

Рис.1.4. Экранная форма задачи (1.1) после получения решения