

ФИНАНСОВАЯ АКАДЕМИЯ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РФ

Кафедра «Информационные технологии»

В.Л. Потапов

Решение оптимизационных задач в Excel

Методические указания и задания к изучению дисциплины

«Информатика»

(для студентов всех специальностей)

МОСКВА 2006

УДК 004.67:33(072) 096304

ББК 32.973.2

П 64

Потанов В.Л. Решение оптимизационных задач в Excel. Методические указания и задания к изучению дисциплины «Информатика». Учебное издание для студентов всех специальностей — М.: Финансовая академия при Правительстве РФ, кафедра «Информационные технологии», 2006. — 55 с.

Рецензент: В.А. Суханов, к.т. н., доцент

Настоящие методические указания являются методическим пособием для проведения практических занятий и самостоятельного решения оптимизационных задач в Excel. В работе рассматриваются основные возможности методики решения таких задач и прилагаются самостоятельные задания по практическому применению рассмотренных методов. Методическое пособие может быть рекомендовано для студентов дневного и вечернего отделения всех специальностей, изучающих дисциплину «Информатика», а также для магистрантов и слушателей ИПК преподавателей вузов.

© Финансовая академия при Правительстве РФ, 2006.

Содержание

Введение	4
1. Надстройка Поиск решения (Solver).....	5
1.1 Ограничения в задачах	6
1.2 Ограничения в сравнении с логическими формулами	6
1.3 Виды математических моделей	7
1.4 Установка надстройки Поиск решения (Solver)	7
2. Поиск решения на основе примера «Модель сбыта»	9
2.1 Структура рабочего листа примера.....	9
2.2 Поиск оптимального решения	11
2.3 Изменение ограничений	15
2.4 Виды ограничений	16
2.5 Изменение параметров работы	17
2.6 Если оптимальное решение не найдено.....	20
2.7 Создание отчетов по результатам поиска решения	21
2.8 Результаты поиска решения.....	22
2.9 Сохранение параметров модели	24
2.10 Загрузка параметров модели.....	28
2.11 Использование сценариев при решении оптимизационных задач	28
2.12 Способы создания сценариев.....	29
2.13 Использование списка Сценарий (Scenario).....	29
2.14 Диспетчер сценариев	35
2.15 Выбор сценария.....	37
3. Задача на оптимальное распределение ресурсов.....	39
4. Минимизация суммарной стоимости закупаемых изделий	45
5. Задания для самостоятельной работы.....	48
5.1 Поиск решения для модели реализации продукции.....	48
5.2 Расчет оптимального сочетания объемов производства изделий	49
5.3 Минимизация суммарной стоимости закупаемых изделий.....	50
5.4. Табель занятости персонала предприятия	52
5.5. Расчет оптимального соотношения числа местных и иностранных студентов, обучающихся в учебном заведении	53

Введение

Решение оптимизационных задач в рамках математического моделирования сложных систем и процессов называется математическим программированием. Предмет его составляют теория и методы решения задач отыскания экстремумов функций на множествах. Эти множества определяются линейными и нелинейными ограничениями в виде равенств и неравенств.

Решение оптимизационных задач – процесс выбора таких значений переменных x , которые обеспечивают оптимальное значение некоторой функции $f(x)$ в некотором диапазоне ее нахождения. Оптимальное значение функции – это ее экстремум, то есть ее максимальное или минимальное значение. Методы решения задач оптимизации имеют ограниченные возможности, поэтому на практике пользуются численными методами, основанными на вычислении значений функции $f(x)$ в каких-либо специально подбираемых точках.

После построения математической модели реального процесса или системы решается задача оптимизации в 3 этапа:

Этап 1. Выделение множества основных числовых характеристик реальных процесса или системы, интерпретируемых как функции, например, объем производства, номенклатура продукции, трудовые и материальные затраты, численность персонала и т.п. Функции определяются как критерии оптимальности и могут быть функциями одной или нескольких переменных.

Этап 2. Определение целевой функции, числовой характеристики объекта моделирования, определяющей ее соответствие своему целевому, экстремальному значению.

Этап 3. Формулировка задачи оптимизации. Частным случаем задачи оптимизации является задача на экстремум целевой функции нескольких переменных без дополнительных ограничений на другие характеристики.

1. Надстройка Поиск решения (Solver)

Для начала, хотелось бы привести примеры задач, которые обычно решаются с помощью надстройки **Поиск решения (Solver)**:

- Ассортимент продукции.

Цель: максимизация выпуска товаров при ограничениях на сырье (или другие ресурсы) для производства изделий.

- Штатное расписание.

Цель: составление штатного расписания для достижения наилучших результатов при наименьших расходах.

- Планирование перевозок.

Цель: минимизация затрат на транспортировку.

- Составление смеси.

Цель: получение заданного качества смеси при наименьших расходах.

- Оптимальный раскрой материалов.

Цель: получить ограничения на количество деталей различных форм и размеров.

- Оптимизация финансовых показателей. Например, с целью максимизация доходов за счет оптимизации средств на разные инвестиционные проекты.

Чаще всего, задачи, которые решаются данным средством, имеют три свойства:

1) единственная максимизируемая или минимизируемая цель (доход, ресурсы...);

2) ограничения, выражающиеся, как правило, в виде неравенств (например, объем используемого сырья не может превышать объем имеющегося сырья на складе, или время работы станка за сутки не должно быть больше 24 часов минус время на обслуживание);

3) набор входных значений-переменных, прямо или косвенно влияющих на ограничения и на оптимизируемые величины.

1.1 Ограничения в задачах

Под ограничениями подразумеваются такие соотношения такого типа, как: $A1 \geq C1$, $A1 = A5$, $A3 \geq 1000$.

По крайней мере, одна из ячеек в соотношении должна зависеть от переменных задачи, иначе это ограничение не сможет повлиять на процесс решения.

Бывает, что ограничения записываются сразу для групп ячеек, например:

$A13:A56 \leq B7:B10$ или

$A67:E81 \geq 0$.

Важная часть при формировании модели для поиска решения – это правильная формулировка ограничений.

Одни ограничения просты и очевидны (например, ограничение на количество сырья). Другие менее очевидны и могут быть указаны неверно или вообще оказаться пропущенными. Приведем некоторые примеры ограничений такого типа:

- если мы имеем модель с несколькими периодами времени, то величина материального ресурса на начало следующего периода должна равняться величине этого ресурса на конец предыдущего периода;
- если мы имеем модель поставок, то величина запаса на начало периода плюс количество полученного должна равняться величине запаса на конец периода плюс количество отправленного;
- многие величины в модели по своему физическому смыслу не могут быть отрицательными (например, количество полученных единиц товара).

1.2 Ограничения в сравнении с логическими формулами

Ограничения имеют тот же синтаксис, что и логические формулы, но воспринимаются надстройкой **Поиск решения** (Solver) по-разному. В найденном решении логические формулы будут выполнены точно, а ограничения — с некоторой возможной погрешностью. Величина этой погрешности задается параметром **Относительная погрешность** (Precision), по

умолчанию значение этого параметра равно 0,000001. По этой причине не используются ограничения типа $A1 > 0$, поскольку подобные ограничения из-за наличия погрешности неотличимы от $A1 \geq 0$

1.3 Виды математических моделей

При решении оптимизационных задач с помощью надстройки **Поиск решения** (Solver) различают линейные и нелинейные модели. Линейные – это модели, в которых связь между входными значениями переменных и результирующими значениями описывается линейными функциями.

Общий вид линейной функции:

$$Y = A * X1 + B * X2 + C * X3 \dots$$

A, B и C - константы,

X1, X2, X3 - переменные,

Y - результирующее значение

Быстрые и надежные методы поиска решения можно применять, если выражение для целевой величины и выражения для ограничений линейные.

Чтобы использовать линейные методы, следует установить параметр **Линейная модель** (Assume Linear Model) в окне **Параметры поиска решения** (Solver Options).

С помощью надстройки **Поиска решений** (Solver) также можно решить оптимизационные задачи, которые содержат нелинейные зависимости и ограничения.

Например, оптимизация графика поставок часто сталкивается с нелинейностью зависимости стоимости одного изделия от объема партии (при покупке до 500 шт. - одна цена, от 501 до 1000 - другая и т. д.).

1.4 Установка надстройки Поиск решения (Solver)

В том случае, если надстройка **Поиск решения** (Solver) не была установлена, то следует запустить процесс установки Excel (или MS Office) повторно и выбрать только эту надстройку.

Для того чтобы надстройка **Поиск решения** (Solver) загружалась сразу при запуске Excel:

- 1) выберите команду **Сервис, Надстройки** (Tools, Add-Ins);
- 2) в диалоговом окне Надстройки (Add-Ins) в списке надстроек установите флажок напротив надстройки **Поиск решения** (Solver Add-In) (рис. 1).

Если в этом списке нет элемента **Поиск решения** (Solver), то нажмите кнопку **Обзор** (Browse), чтобы самостоятельно найти файл **Solver.XLA**.

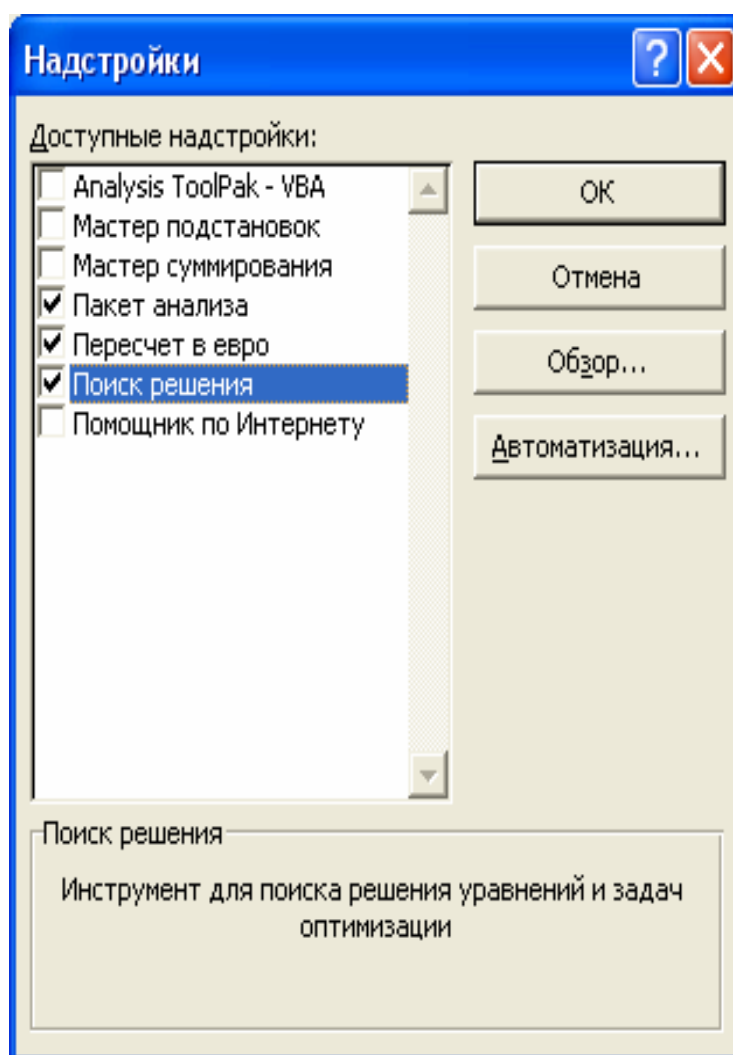


Рис. 1. Подключение надстройки **Поиск решения** (Solver Add-In)

Скорее всего, этот файл, в зависимости от версии Excel, находится в папке Library.

2. Поиск решения на основе примера «Модель сбыта»

В этом примере мы попытаемся подробно разобрать все пункты решения оптимизационных задач средствами надстройки **Поиск решения** (Solver).

2.1 Структура рабочего листа примера

Откройте файл **книга1.XLS** и перейдите на первый рабочий лист **Краткий обзор** (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Краткий обзор надстройки "Поиск решения"												
2	Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего							
3	Сезонность	0,9	1,1	0,8	1,2								
5	Число продаж	3591,55259	4389,675	3192,491	4788,737	15962,46							
6	Выручка от реализации	125 704р.	153 639р.	111 737р.	167 606р.	558 686р.							
7	Затраты на сбыт	71 831р.	87 794р.	63 850р.	95 775р.	319249,1							
8	Валоваяприбыль	53 873р.	65 845р.	47 887р.	71 831р.	239436,8							
10	Торговый персонал	7500	7500	8500	8500	32000							
11	Реклама	10000	10000	10000	10000	40000							
12	Косвенные затраты	18 856р.	23 046р.	16 761р.	25 141р.	83802,89							
13	Суммарные затраты	36356	40546	35261	43641	155802,9							
15	Произв. прибыль	17 518р.	25 299р.	12 627р.	28 190р.	83 634р.							
16	Нормы прибыли	20%	14%	9%	16%	59%							
18	Цена изделия	35р.											
19	Затраты на изделие	20р.											

Рис. 2. Рабочий лист задачи Модель сбыта (исходные данные)

В данном случае рассматривается модель сбыта. В ней мы видим типичную модель сбыта, которая отражает ожидаемое увеличение числа продаж от заданной величины (например, затраты на персонал) при увеличении затрат на рекламу и уменьшении прибыли.

Поиск решения (Solver) поможет определить необходимость увеличения рекламного бюджета или его перераспределения с учетом сезонной поправки.

Описание содержимого ячеек в данном примере в колонке В приведено в табл. 1. В колонках С, D, Е содержание аналогично. В колонке F находятся формулы подсчета сумм чисел в колонках В, С, D, Е по соответствующим строкам.

Таблица 1. Назначение ячеек в примере

Строка	Содержимое	Пояснение
3	Фиксированное знач.	Сезонная поправка: во 2 и 4 кварталах уровень продаж выше, чем в 1 и 3
5	$=35*B3*(B11+3000)^{0.5}$	Ожидаемое число продаж по кварталам: в строке — сезонная поправка; в строке 11 отражены затраты на рекламу
6	$=B5* \$B\18	Выручка от реализации: произведение числа продаж (5 строка) на цену изделия (ячейка B18)
7	$=B5* \$B\19	Затраты на сбыт: произведение числа продаж (5 строка) и затрат на изделие (ячейка B19)
8	$=B6-B7$	Валовая прибыль: разность выручки от реализации (строка 6) и затрат на сбыт (строка 7)
10	Фиксированное знач.	Расходы на торговый персонал
11	Фиксированное знач.	Средства на рекламу (около 6,3% от продаж)
12	$=0.15*B6$	Косвенные затраты в фонд корпорации: 15% выручки от реализации (строка 6)
13	$=SUM(B10:B12)$	Суммарные расходы: затраты на персонал (10 строка), рекламу (11 строка) и косвенные затраты (12 строка)
15	$=B8-B13$	Производственная прибыль: валовая прибыль (8 строка) за вычетом суммарных затрат (13 строка)
16	$=B15/B6$	Норма прибыли: отношение прибыли (15 строка) выручки от реализации (6 строка)
18	Фиксированное знач.	Цена изделия
19	Фиксированное знач.	Затраты на изделие

2.2 Поиск оптимального решения

Предположим, что нужно определить бюджет на рекламу по каждому кварталу, соответствующий наибольшей годовой прибыли. Поскольку сезонная поправка (строка 3) входит в расчет числа продаж (строка 5) в качестве сомножителя, надо увеличить затраты на рекламу в 4-м квартале, когда прибыль от продаж наибольшая, и уменьшить, соответственно, в 3-м квартале. **Поиск решения** (Solver) позволит найти наилучшее распределение затрат на рекламу по кварталам. Так как точно неизвестно, будет ли такая модель зависимости прибыли от затрат на рекламу работать и в следующем году, нужно ввести ограничение расходов на рекламу.

Чтобы найти наилучшее решение:

1. Выделите оптимизируемую ячейку. В данном примере это ячейка F15 (общая прибыль за год).
2. Выберите команду **Сервис, Поиск решения** (Tools, Solver). При этом появится незаполненное диалоговое окно **Поиск решения** (Solver Parameters) (рис. 3)

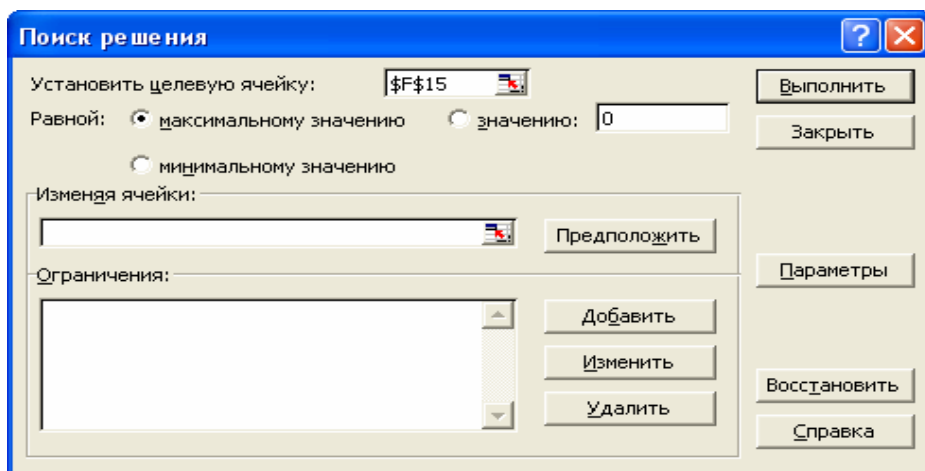


Рис. 3. Диалоговое окно **Поиск решения** (указана только целевая ячейка)

3. В поле **Установить целевую ячейку** (Set Target Cell) уже находится ссылка на выделенную на первом шаге ячейку. Эту ссылку можно изменить.
4. Установите тип взаимосвязи между целевой ячейкой и решением путем выбора переключателя в группе **Равной** (Equal To). Назначение этих

переключателей описано в табл.2. В данном случае нам требуется найти максимальное значение целевой ячейки.

Таблица 2. Переключатели группы **Равной** (Equal To)

Переключатель	Описание
Максимальному значению (Max)	Поиск максимального значения для целевой ячейки
Минимальному значению (Min)	Поиск минимального значения для целевой ячейки
Значению (Value Of)	Поиск заданного (фиксированного, рассчитываемого по формуле целевой ячейки) значения для целевой ячейки

5. В поле **Изменяя ячейки** (By changing cells) укажите ячейки-параметры, которые могут изменяться в процессе поиска решения. В данном примере это ячейки \$B\$11:\$E\$11 (расходы на рекламу в каждом квартале).

6. Нажмите кнопку **Добавить** (Add), чтобы ввести ограничения для задачи. При этом откроется диалоговое окно **Добавление ограничения** (Add Constraint) (рис. 4).

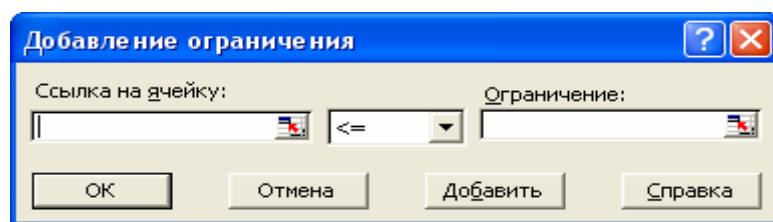


Рис. 4. Диалоговое окно Добавление ограничения

Введите первое ограничение. В данном примере значение в ячейке F11 (общие расходы на рекламу) не должно превышать 40 000.

7. В поле **Ссылка на ячейку** (Cell Reference) укажите ячейку F11, а в поле **Ограничение** (Constraint) введите число 40 000. Знак отношения \leq в данном случае можно не изменять (рис. 5).

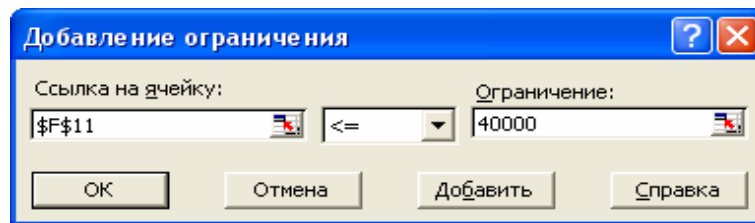


Рис. 5. Заполненное диалоговое окно Добавление ограничения

8. Нажмите кнопку **ОК**. В результате появится заполненное диалоговое окно **Поиск решения** (Solver Parameters) (рис.6).

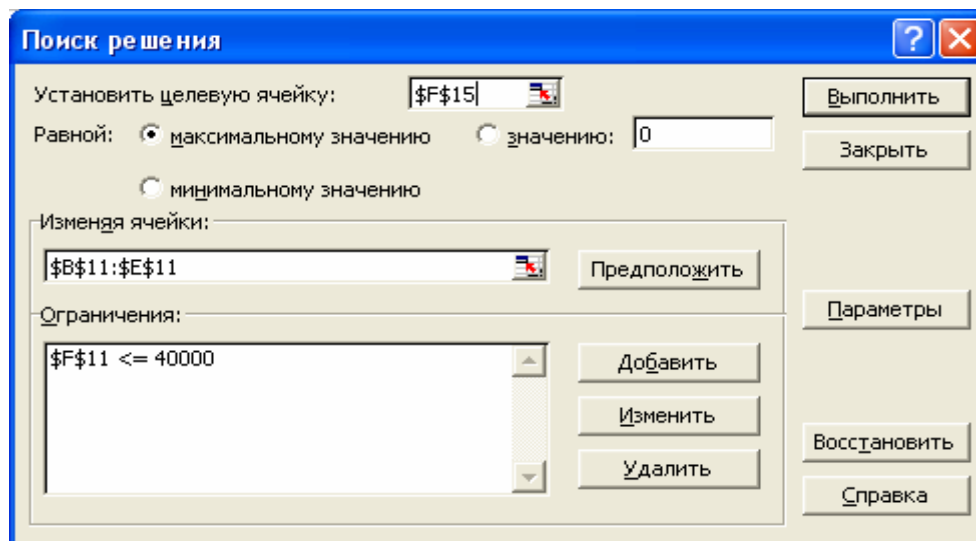


Рис. 6. Заполненное диалоговое окно Поиск решения

9. Нажмите кнопку **Выполнить** (Solve). По окончании поиска решения появится диалоговое окно **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис.7).

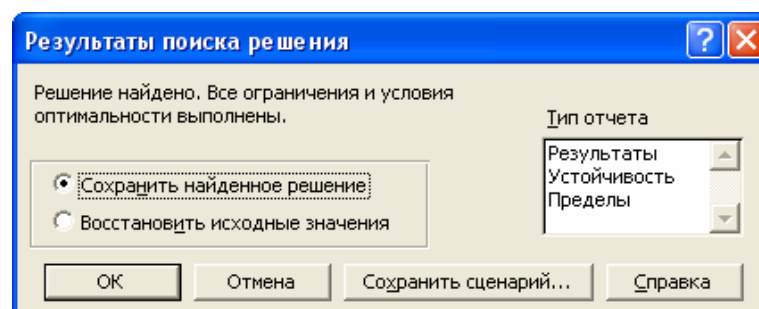


Рис. 7. Диалоговое окно Результаты поиска решения

10. Выберите переключатель **Сохранить найденное значение** (Keep Solver Solution), чтобы сохранить найденные значения, или переключатель **Восстановить исходные значения** (Restore Original Values), чтобы оставить значения, которые были на рабочем листе.

11. Нажмите кнопку **ОК**.

Решение, найденное с помощью средства **Поиск решения** (Solver), приведено в табл. 3.

Таблица 3. Найденное решение

Квартал	1	2	3	4
Расходы на рекламу	7273	12346	5117	15623

У нас произошло перераспределение расходов на рекламу по кварталам, в результате, прибыль увеличилась с 83634 до 85567 без увеличения общего (на год) бюджета на рекламу.

После нажатия кнопки ОК в окне **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис.7.) параметры модели автоматически сохраняются в именованных формулах на рабочем листе.

После того как мы нашли решение, можно сохранить ссылки на изменяемые ячейки, чтобы использовать их в составе сценария. Для этого нужно нажать кнопку **Сохранить сценарий** (Save Scenario) в диалоговом окне **Результат поиска решения** (Solver Results) (рис.7). В предъявленном диалоговом окне (рис. 8) необходимо ввести имя сценария и нажать кнопку **ОК**.

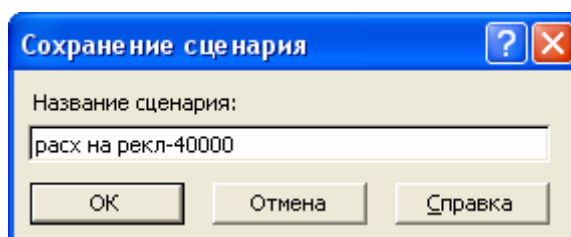


Рис. 8. Диалоговое окно Сохранение сценария

Под этим именем будут сохранены исходные значения, содержащиеся в изменяемых ячейках. Таким способом можно сохранить несколько вариантов решения, а потом с помощью диспетчера сценариев просмотреть и сравнить их.

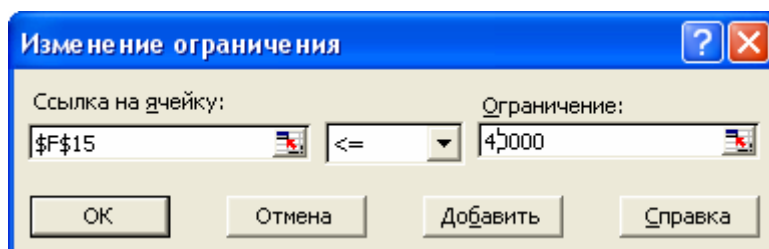
2.3 Изменение ограничений

Поиск решения (Solver) позволяет экспериментировать с различными параметрами задачи для определения лучшего варианта решения. Изменив ограничения, можно оценить изменение результата.

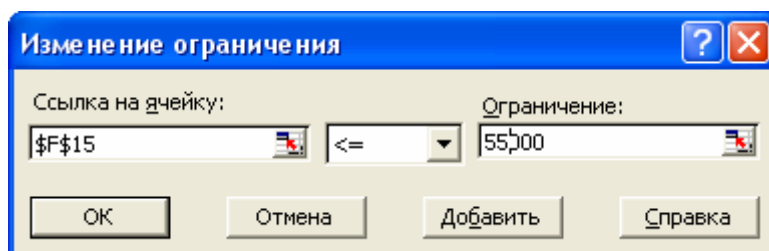
Как же изменится изменение ограничения годового рекламного бюджета с **40 000** на **55 000** на размере общей прибыли?

Чтобы ответить на этот вопрос нужно:

- Выбрать команду **Сервис, Поиск решения** (Tools, Solver).
- В диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters) в списке ограничений **Ограничения** (Subject to the Constraints) выделить нужное ограничение и нажать кнопку **Изменить** (Change).



- В предъявленном диалоговом окне **Изменение ограничения** (Change Constraint) изменить условия ограничения (в данном случае замените число 40 000 на 55 000) и нажать кнопку ОК.



- Нажать кнопку **Выполнить** (Solve).
- В предъявленном окне **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис. 7.) выбрать переключатель **Сохранить найденное значение** (Keep Solver Solution) и нажать кнопку ОК.

Результат представлен на рис.9. Сумма прибыли при новом ограничении выросла с 85567 до 91855.

Microsoft Excel - Книга1

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

F15 fx =СУММ(B15:E15)

1	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М
2	Краткий обзор надстройки "Поиск решения"												
3	Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего							
4	Сезонность	0,9	1,1	0,8	1,2								
5	Число продаж	3624,08638	5413,759	2863,476	6442,82	18344,14							
6	Выручка от реализации	126 843р.	189 482р.	100 222р.	225 499р.	642 045р.							
7	Затраты на сбыт	72 482р.	108 275р.	57 270р.	128 856р.	366882,8							
8	Валоваяприбыль	54 361р.	81 206р.	42 952р.	96 642р.	275162,1							
9													
10	Торговый персонал	7500	7500	8500	8500	32000							
11	Реклама	10237	16773	7459	20532	55000							
12	Косвенные затраты	19 026р.	28 422р.	15 033р.	33 825р.	96306,74							
13	Суммарные затраты	36763	52695	30992	62857	183306,7							
14													
15	Произв. прибыль	17 598р.	28 511р.	11 960р.	33 786р.	91 855р.							
16	Нормы прибыли	20%	14%	9%	16%	59%							
17													
18	Цена изделия	35р.											
19	Затраты на изделие	20р.											
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Цветовые обозначения

- ☐ Результат
- ☐ Изменяемые данные
- ☐ Ограничения

Краткий обзор Структура производства Транспортная задача график занятости

Готово NUM

Рис. 9. Результат решения задачи при новом ограничении

Ограничения можно удалить. Для этого в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters) надо выделить ненужное неравенство и нажать кнопку **Удалить** (Delete). Чтобы сбросить все параметры в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters), нажмите кнопку **Восстановить** (Reset All).

2.4 Виды ограничений

Кроме ограничений, представимых в виде равенств и неравенств (с помощью знаков \geq , \leq и $=$), можно использовать условие целых чисел.

Очевидно, что очень часто при решении оптимизационных задач изменяемые данные должны быть целочисленными.

Чтобы в расчетах участвовали целочисленные значения, выберем команду Сервис, Шнек решения (Tools, Solver), введем условие целочисленности и

запустим поиск снова. Чтобы добавить условие целочисленности для затрат на рекламу:

- В диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters) нажмите кнопку **Добавить** (Add).
- В поле **Ссылка на ячейку** (Cell Reference) укажите ячейки $\$B\$11:\$E\11 .
- **Выберите цел (int) в качестве операции сравнения** (рис.10.).
- Нажмите кнопку ОК. В результате в списке **Ограничения** (Subject to the Constraint) диалогового окна **Поиск решения** (Solver Parameters) появится строчка $\$B\$11:\$E\$11=\text{целое}$.
- Нажмите кнопку **Выполнить** (Solve). Начнется поиск решения (из-за условия целочисленности процесс поиска может заметно замедлиться).

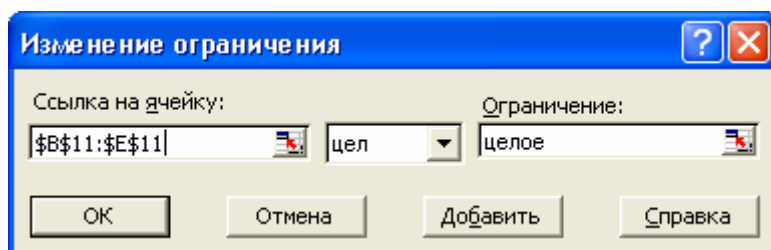


Рис. 10. Добавление условия целочисленности

Можно убедиться, что полученные результаты действительно целые, причем это не просто округленные значения предыдущего решения.

2.5 Изменение параметров работы

Настройка **Поиск решения** (Solver) позволяет изменить многие параметры работы при поиске решения, например, поменять метод поиска ответа, ограничить время поиска, задать другую точность вычислений. При нажатии в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters) кнопки **Параметры** (Options) появляется диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Options) (рис.11). Установки по умолчанию подходят для решения большинства типов оптимизационных задач. В табл. 4 приведены параметры надстройки **Поиск решения** (Solver) и их описание.

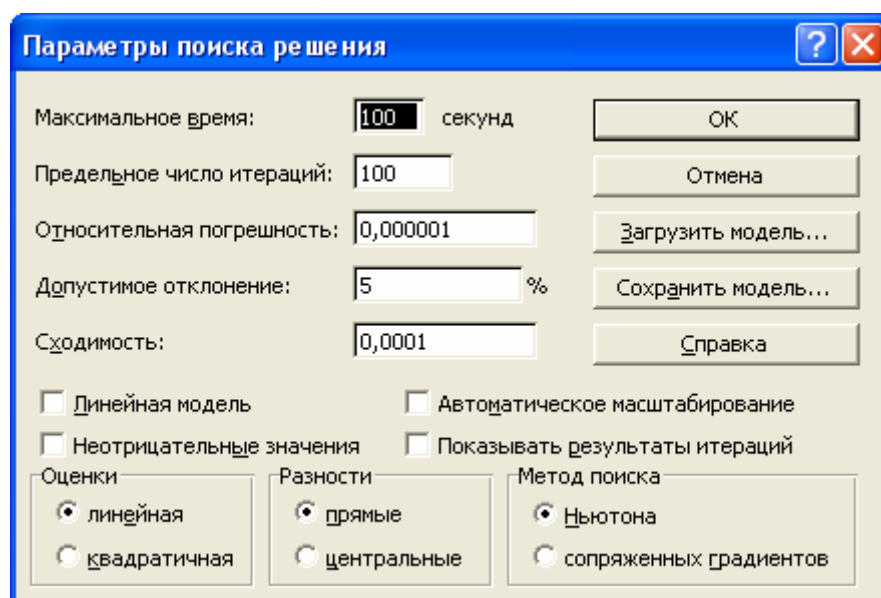


Рис. 11. Диалоговое окно **Параметры поиска решения**

Таблица 4. Параметры надстройки **Поиск решения (Solver)**

Параметр	Действие
Максимальное время (Max Time)	Максимальное время в секундах (не превышающее 32 767), которое может быть затрачено на поиск решения
Предельное число итераций (Iterations)	Максимальное число итераций, которые могут быть сделаны. Каждая итерация заключается в вычислении очередного значения (приближения) и проверке, насколько это значение подходит в качестве ответа
Относительная погрешность (Precision)	Задаёт точность выполнения ограничений. Поле должно содержать число из интервала от нуля до единицы
Допустимое отклонение (Tolerance)	В случае целочисленных ограничений задаёт, насколько близко в процентном отношении должен быть ответ к возможному наилучшему решению. При работе со сложными целочисленными задачами увеличение допустимого отклонения может привести к значительному ускорению работы. Используется только для целочисленных задач

Сходимость (Convergence)	Когда относительное изменение значения в целевой ячейке за последние пять итераций становится меньше числа, указанного в этом поле, поиск прекращается. Сходимость применяется только к нелинейным задачам (когда снят флажок Линейная модель (Assume Linear Model)). Поле должно содержать число из интервала от нуля до единицы
Линейная модель (Assume Linear Model)	Служит для ускорения поиска решения линейной задачи оптимизации или линейной аппроксимации нелинейной задачи путем использования методов линейного программирования. Если рабочий лист содержит нелинейную модель, при запуске средства Поиск решения (Solver) будет появляться предупреждение
Неотрицательные значения (Assume Non-Negative)	Устанавливает неотрицательность всех переменных, для которых не заданы явные ограничения в виде неравенств
Показывать результаты итераций (Show Iteration Results)	Выводит промежуточный результат и делает паузу при каждой итерации. Для продолжения поиска решения необходимо каждый раз нажимать кнопку Продолжить (Continue). С помощью кнопки Стоп (Stop) можно остановить процесс
Автоматическое масштабирование (Use Automatic Scaling)	Служит для включения автоматической нормализации входных и выходных значений, качественно различающихся по порядку величины, например максимизация прибыли в процентах по отношению к вложениям, исчисляемым в млн р.
Оценки (Estimates)	Выбор линейного (Tangent) или квадратичного (Quadratic) метода оценки. Квадратичный метод имеет смысл использовать, если зависимости в модели сильно отличаются от линейных
Разности (Derivatives)	Служит для указания метода численного дифференцирования (прямые (Forward) или центральные (Central) производные), который используется для вычисления частных производных целевых и ограничивающих функций. Прямые производные предназначены для гладких непрерывных функций. Центральные

	производные — для функций, имеющих разрывную производную
Метод поиска (Search)	Служит для выбора алгоритма оптимизации (метод Ньютона (Newton) или сопряженных градиентов (Conjugate)) для указания направления поиска. При методе Ньютона запрашивается больше памяти, но выполняется меньше итераций, чем в методе сопряженных градиентов. Метод сопряженных градиентов следует использовать, если задача достаточно велика и необходимо экономить память, а также если итерации дают слишком малое отличие в последовательных приближениях

2.6 Если оптимальное решение не найдено

Причины прекращения работы надстройки **Поиск решения** (Solver) без нахождения оптимального решения:

- при решении нелинейной задачи в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) установлен флажок **Линейная модель** (Assume Linear Model);
- **процесс поиска решения** был прерван пользователем;
- пользователь нажал кнопку **Стоп** (Stop) в режиме пошагового выполнения итераций;
- модель включает переменные, значения которых отличаются на несколько порядков, и при этом флажок **Автоматическое масштабирование** (Use Automatic Scaling) в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) не включен.
- количество итераций или время поиска решения превысило максимально допустимое;
- значение целевой ячейки неограниченно возрастало или убывало;

- при использовании условия целочисленности задано слишком маленькое **Допустимое отклонение** (Tolerance) (параметр в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options));
- в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) установлен флажок **Показывать результаты итераций** (Show Iteration Results);
- при решении нелинейной задачи с медленной сходимостью параметр **Сходимость** (Convergence) в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) имеет слишком большое значение;

2.7 Создание отчетов по результатам поиска решения

По найденным результатам можно создавать отчеты. Такие отчеты полезны для сравнения влияния на решение различных ограничений или исходных данных. Отчеты бывают трех типов: **Результаты** (Answer), **Устойчивость** (Sensitivity), **Пределы** (Limit). Тип выбирается по окончании поиска решения в диалоговом окне **Результаты поиска решения** (Solver Results) в списке **Отчеты** (Reports) (рис. 12.). Можно выбрать сразу два или три типа с помощью мыши при нажатой клавише <Ctrl>. Каждый отчет будет создан на отдельном рабочем листе. Содержание отчетов кратко описано в табл. 5.

Рассмотрим подробнее процесс создания отчетов и их содержание.

Таблица 5. Содержание отчетов

Тип отчета	Содержание
Результаты (Answer)	Отчет состоит из целевой ячейки и списка влияющих ячеек модели, их исходных и конечных значений, а также формул ограничений и дополнительных сведений о наложенных ограничениях
Устойчивость (Sensitivity)	Отчет содержит сведения о чувствительности решения к малым изменениям в формуле модели или в формулах ограничений. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел. В случае нелинейных

	моделей отчет содержит данные для градиентов и множителей Лагранжа. В отчет по нелинейным моделям включаются ограниченные затраты, фиктивные цены, объективный коэффициент (с некоторым допуском), а также диапазоны ограничений справа
Пределы (Limit)	Отчет состоит из целевой ячейки и списка влияющих ячеек модели, их значений, а также нижних и верхних границ. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел. Нижним пределом является наименьшее значение, которое может содержать влияющая ячейка, в то время как значения остальных влияющих ячеек фиксированы и удовлетворяют наложенным ограничениям. Соответственно верхним пределом называется наибольшее значение

Для рассматриваемой задачи (на рабочем листе **Краткий обзор**) запустим решение задачи, как описано выше (например, с последним значением целевой ячейки и последними установленными ограничениями; однако ограничения по целочисленности следует удалить).

После предъявления окна **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис. 12) в списке **Тип отчета** (Reports), удерживая клавишу <Ctrl>, щелчками мыши выберите все три типа отчетов (рис. 12) и нажмите кнопку ОК.

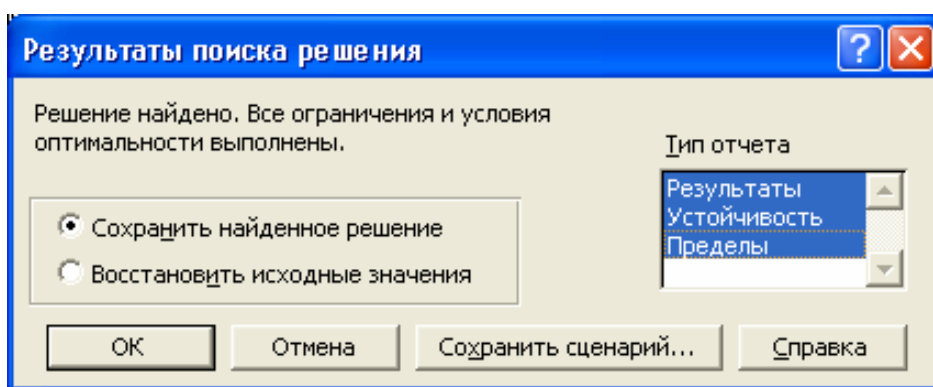


Рис. 12. Указание необходимых отчетов в диалоговом окне

2.8 Результаты поиска решения

При этом перед рабочим листом, на котором размещена модель оптимизационной задачи, будут автоматически вставлены рабочие листы с

соответствующими названиями (отчет по....). Если в рабочей книге уже есть лист с таким названием, то в конце названия рабочего листа будет изменен номер.

Примеры отчетов для рассматриваемой задачи представлены на рис. 13-15.

Microsoft Excel 10.0 Отчет по результатам

Рабочий лист: [Книга1.xls]Краткий обзор

Отчет создан: 28.03.2006 22:39:28

Целевая ячейка (Максимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$F\$15	Произв. прибыль Всего	91 855р.	85 567р.

Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
\$B\$11	Реклама 1 квартал	10237	7273
\$C\$11	Реклама 2 квартал	16773	12346
\$D\$11	Реклама 3 квартал	7459	5117
\$E\$11	Реклама 4 квартал	20532	15263

Ограничения

Ячейка	Имя	Значение	Формула	Статус	Разница
\$F\$11	Реклама Всего	40000	\$F\$11<=40000	связанное	0

Рис. 13. Пример отчета по результатам решения оптимизационной задачи

Microsoft Excel 10.0 Отчет по устойчивости

Рабочий лист: [Книга1.xls]

Отчет создан: 28.03.2006

Целевая ячейка (Максимум)

Рис. 14. Пример отчета по устойчивости

Целевое		
Ячейка	Имя	Значение
\$F\$15	Произв. прибыль Всего	85 567р.

Изменяемое			Нижний Целевой предел результат		Верхний Целевой предел результат	
Ячейка	Имя	Значение				
\$B\$11	Реклама 1 квартал	7273	#И/Д	#И/Д	7273	85567
\$C\$11	Реклама 2 квартал	12346	#И/Д	#И/Д	12346	85567
\$D\$11	Реклама 3 квартал	5117	#И/Д	#И/Д	5117	85567
\$E\$11	Реклама 4 квартал	15263	#И/Д	#И/Д	15263	85567

Рис. 15. Пример отчета по пределам

2.9 Сохранение параметров модели

Для того чтобы сохранить на рабочем листе последние использованные параметры модели, следует применить именованные формулы. При последующих открытиях рабочего листа и запуске средства **Поиск решения** (Solver) должно появиться диалоговое окно с теми же параметрами, установленными при предыдущем запуске.

Сохранить параметры модели можно с помощью кнопки **Сохранить модель** (Save Model) в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options), для этого необходимо:

- Указать необходимые ограничения, как описано выше (рис.16.), и щелкнуть кнопку **Параметры** (Options), после чего появится диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Options).

- Заполнить поля в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) значениями, которые следует сохранить (рис.17.).

- Нажать кнопку **Сохранить модель** (Save Model) — при этом появится окно для указания диапазона ячеек, в которых будут сохранены параметры модели (рис.18.).

- На рабочем листе выделить диапазон ячеек, задающих область модели. Число выделенных ячеек должно равняться числу ограничений модели плюс три.

- Если выделена одна ячейка, диапазон будет выбран автоматически. В нашем случае щелкнем ячейку K21.

- Нажмите кнопку ОК, чтобы принять предлагаемый диапазон размещения модели (поле **Задайте область модели** (Select Model)), либо укажите другой (в нашем случае модель будет сохранена в диапазоне K21:K25).

Снова нажмите кнопку ОК во вновь появившемся диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options).

- Нажать кнопку **Заккрыть** (Close) в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters).

- Выбранный диапазон ячеек будет заполнен параметрами модели.

На рис. 19. показан пример сохраненной модели, где хранятся параметры модели.

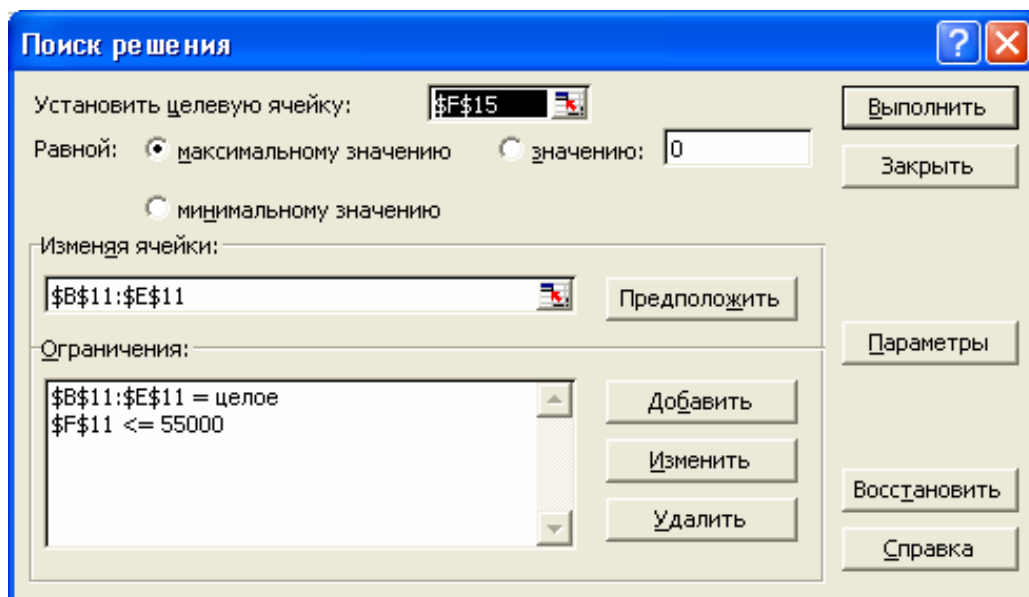


Рис. 16. Сохраняемые ограничения и ссылка на диапазон изменяемых ячеек

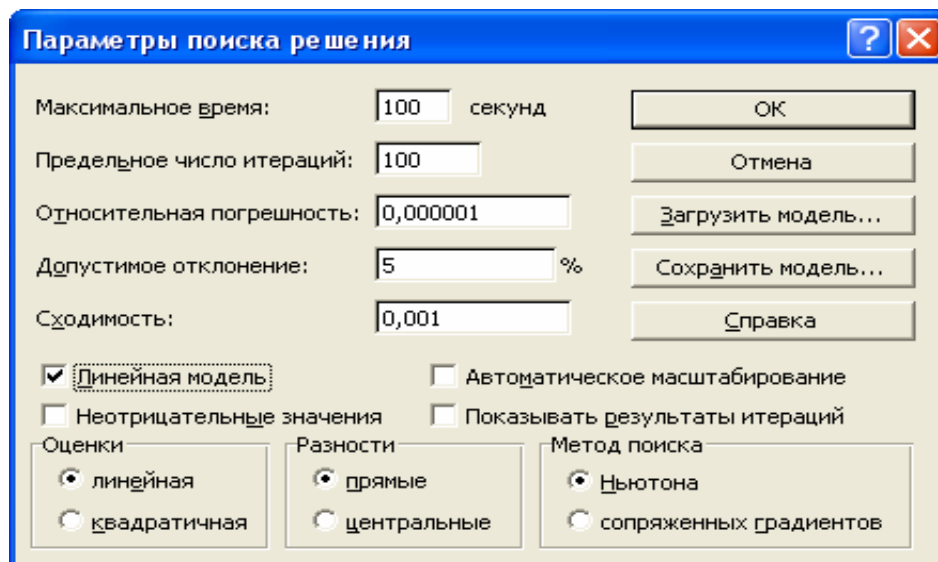


Рис.17. Сохраняемые параметры решения

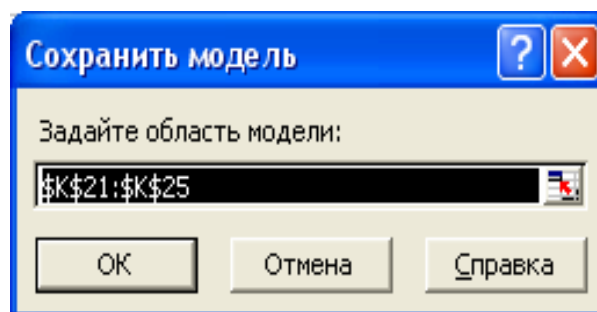


Рис. 18. Указание диапазона ячеек для сохранения параметров решения

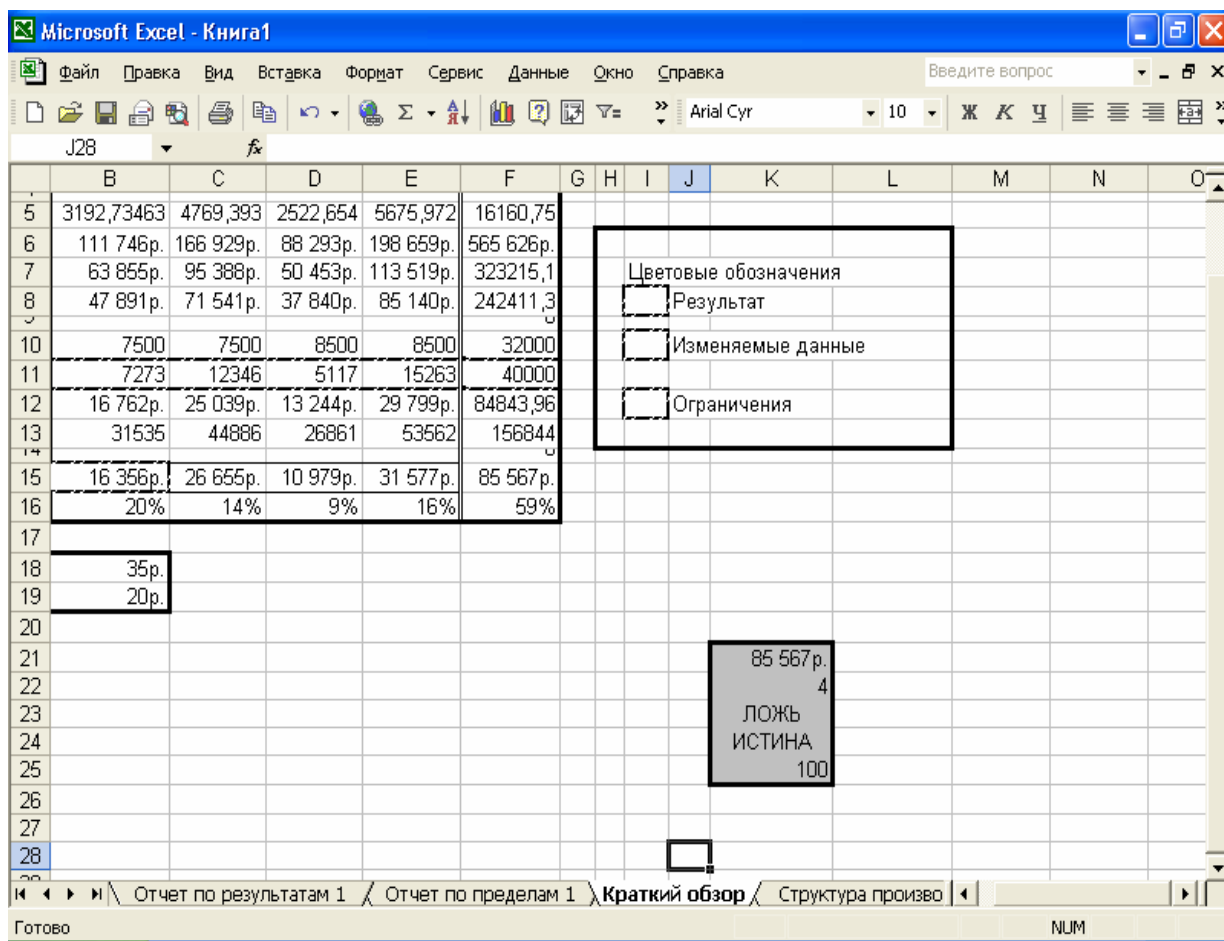


Рис.19. Диапазон ячеек K21:K25, в которых сохранены параметры модели

Рассмотрим на этом примере, в каком виде надстройка **Поиск решения** (Solver) сохраняет в ячейках параметры модели.

Таблица 6. Ячейки, в которых сохранены параметры модели

Ячейка	Отображаемое значение	Формула	Назначение
K21	76 097р.	=МАКС(\$F\$15)	Этой формулой указана целевая ячейка и указано, что решение предназначено для достижения максимального значения
K22	4	=СЧЁТ(\$B\$11:\$E\$11)	Этой формулой указывается диапазон изменяемых ячеек
K23	ИСТИНА	=F\$11<=55000	Этой формулой указано первое ограничение

K24	ИСТИНА	=B\$11:\$E\$11=ЦЕЛОЕ (B\$11:\$E\$11)	Этой формулой указано второе ограничение — целочисленность значений изменяемых ячеек
K25	100	= {100:100:0,000001:0,05:ИСТИНА:ЛОЖЬ:ЛОЖЬ:1:1:1:0,001:ЛОЖЬ}	В этой формуле зафиксированы параметры поиска решения (табл. 12.4), устанавливаемые в соответствующем окне

2.10 Загрузка параметров модели

Для загрузки сохраненных параметров модели:

- выберите команду **Сервис, Поиск решения** (Tools, Solver);
- нажмите кнопку **Параметры** (Options);
- нажмите кнопку **Загрузить модель** (Load Model);
- выделите диапазон ячеек, содержащий параметры модели (в нашем случае это диапазон K21:K25), и нажмите кнопку ОК;
- если какие-либо значения были изменены, появится окно с предупреждением. Нажмите кнопку ОК;
- в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) нажмите кнопку **ОК**;
- нажмите кнопку **Выполнить** (Solve), чтобы запустить процесс поиска, или кнопку **Заккрыть** (Close), чтобы запустить этот процесс позднее с выбранными параметрами.

2.11 Использование сценариев при решении оптимизационных задач

Часто возникает необходимость сохранить варианты решения, имеющие множество исходных данных, при этом нужно четко представлять, как изменения исходных данных первых влияют на результат.

Помощь в анализе таких задач могут оказать сценарии Excel.

Сценарий Excel — это инструмент, позволяющий моделировать различные физические, экономические, математические и другие задачи. Он представляет собой зафиксированный в памяти компьютера набор значений ячеек рабочего листа. Используя сценарии, можно сохранить в памяти компьютера несколько наборов исходных данных так, чтобы их можно было быстро загрузить.

Создав сценарий, пользователь может узнать, что будет с результатом, если поменять значения в исходном документе. Кроме того, в случае необходимости всегда можно вернуться к варианту, рассмотренному ранее.

2.12 Способы создания сценариев

Сценарий можно создать следующими способами:

- используя раскрывающийся список **Сценарий** (Scenario) на панели инструментов;
- при помощи средства **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager);
- нажатием кнопки **Сохранить сценарий** (Save Scenario) в диалоговом окне **Результат поиска решения** (Solver Results) (рис.7). При этом в предъявленном диалоговом окне (рис.8.) необходимо ввести имя сценария и нажать кнопку ОК.

2.13 Использование списка Сценарий (Scenario)

Два этапа установки списка **Сценария** (Scenario):

- создание новой панели инструментов;
- перетаскивание на нее списка **Сценарий** (Scenario).
- для создания новой панели команд необходимо:
- дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на любом свободном месте панели команд или
- один раз щелкнуть правой кнопкой мыши на любом свободном месте панели команд и в появившемся меню выбрать пункт **Настройка** (Customize) (рис. 20.) или один раз щелкнуть правой кнопкой мыши на любом элементе

любой панели и в появившемся меню выбрать пункт **Настройка** (Customize) (рис. 20.) или

- выполнить команду **Вид, Панели инструментов, Настройка** (View, Toolbars, Customize).

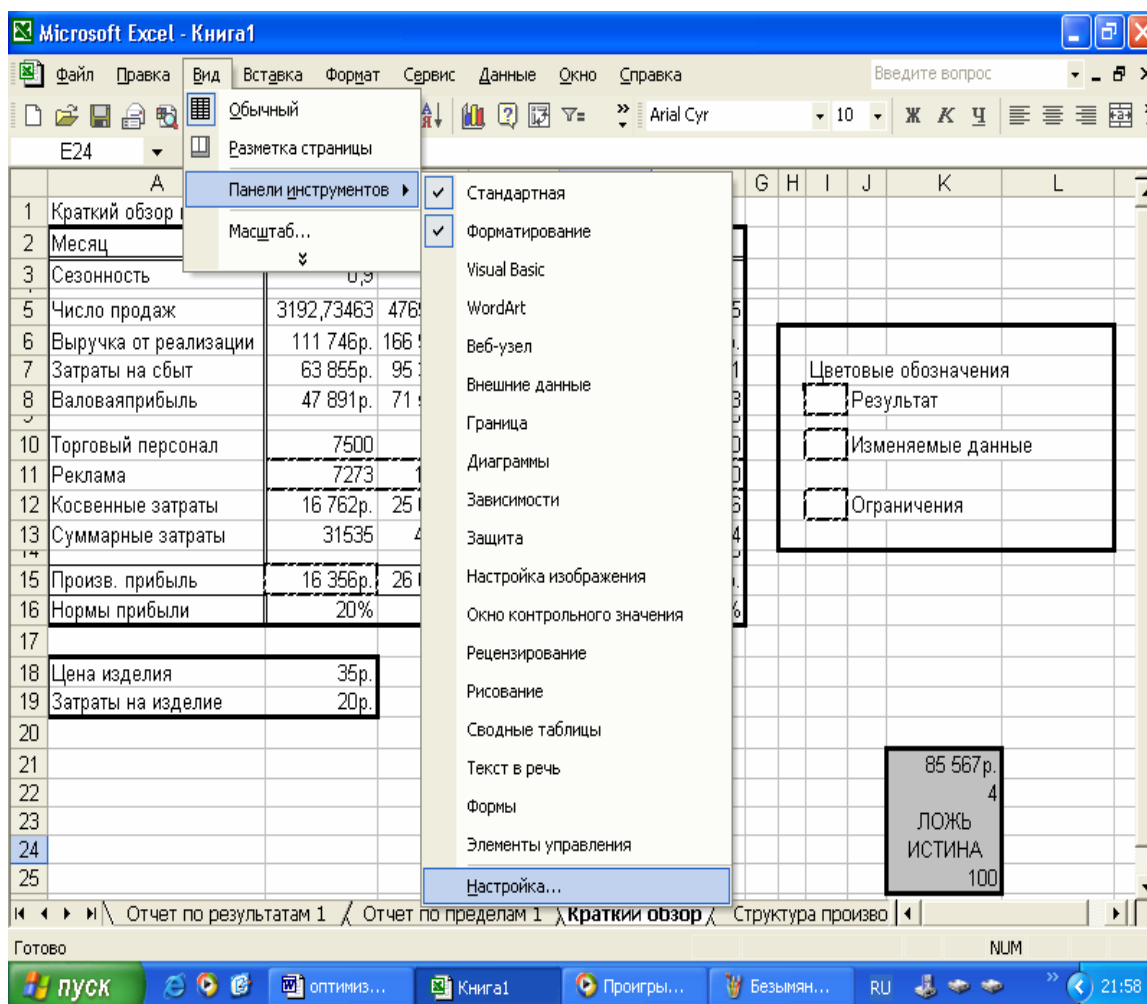


Рис. 20. Меню для вызова диалогового окна **Настройка** (Customize)

В предъявленном диалоговом окне **Настройка** (Customize) необходимо перейти на вкладку **Панели инструментов** (Toolbars) и нажать кнопку **Создать** (New)(рис.21.).

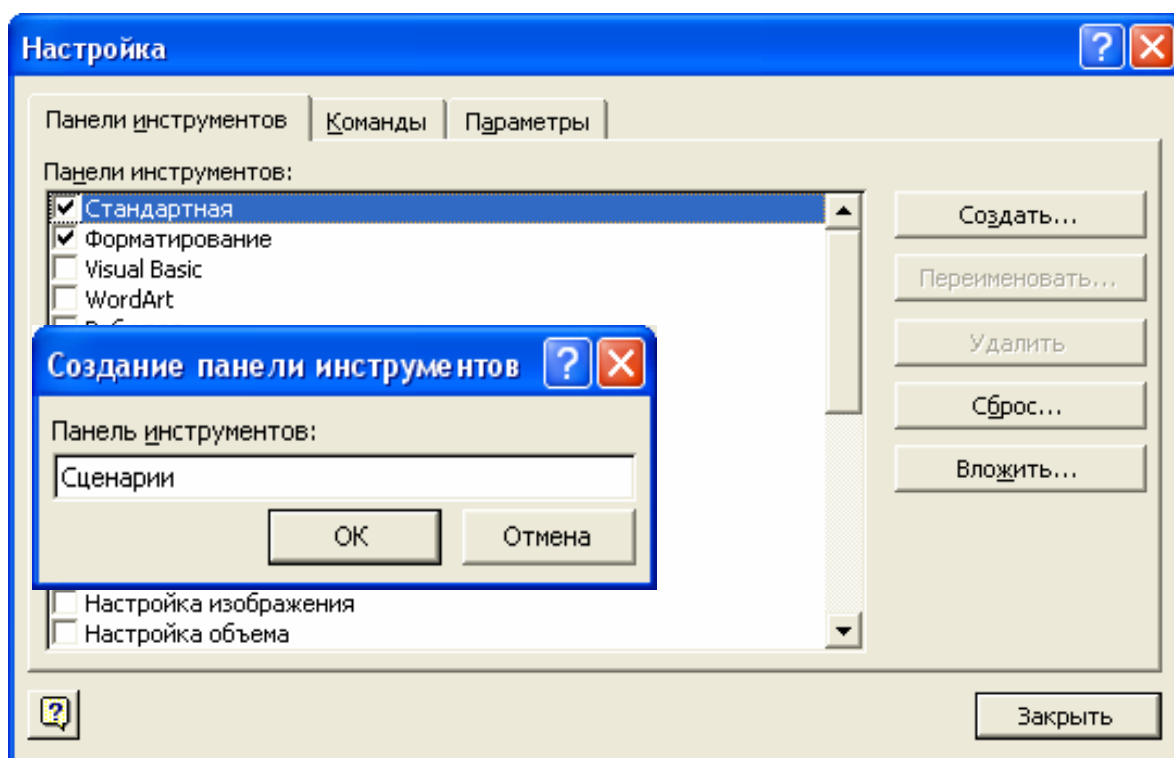


Рис.21. Указание имени новой панели

В предъявленном диалоговом окне **Создание панели инструментов** (New Toolbar) введите в поле **Панель инструментов** (Toolbar Name) название новой панели (в нашем случае — «Сценарии») (рис.21.).

Название может содержать от 1 до 256 символов, включая пробелы.

Нажмите кнопку **ОК**, чтобы создать новую панель инструментов с присвоенным вами именем.

В окне документа появится новая панель шириной в одну кнопку (рис.22.).
Окно **Настройка** (Customize) закрывать не нужно.

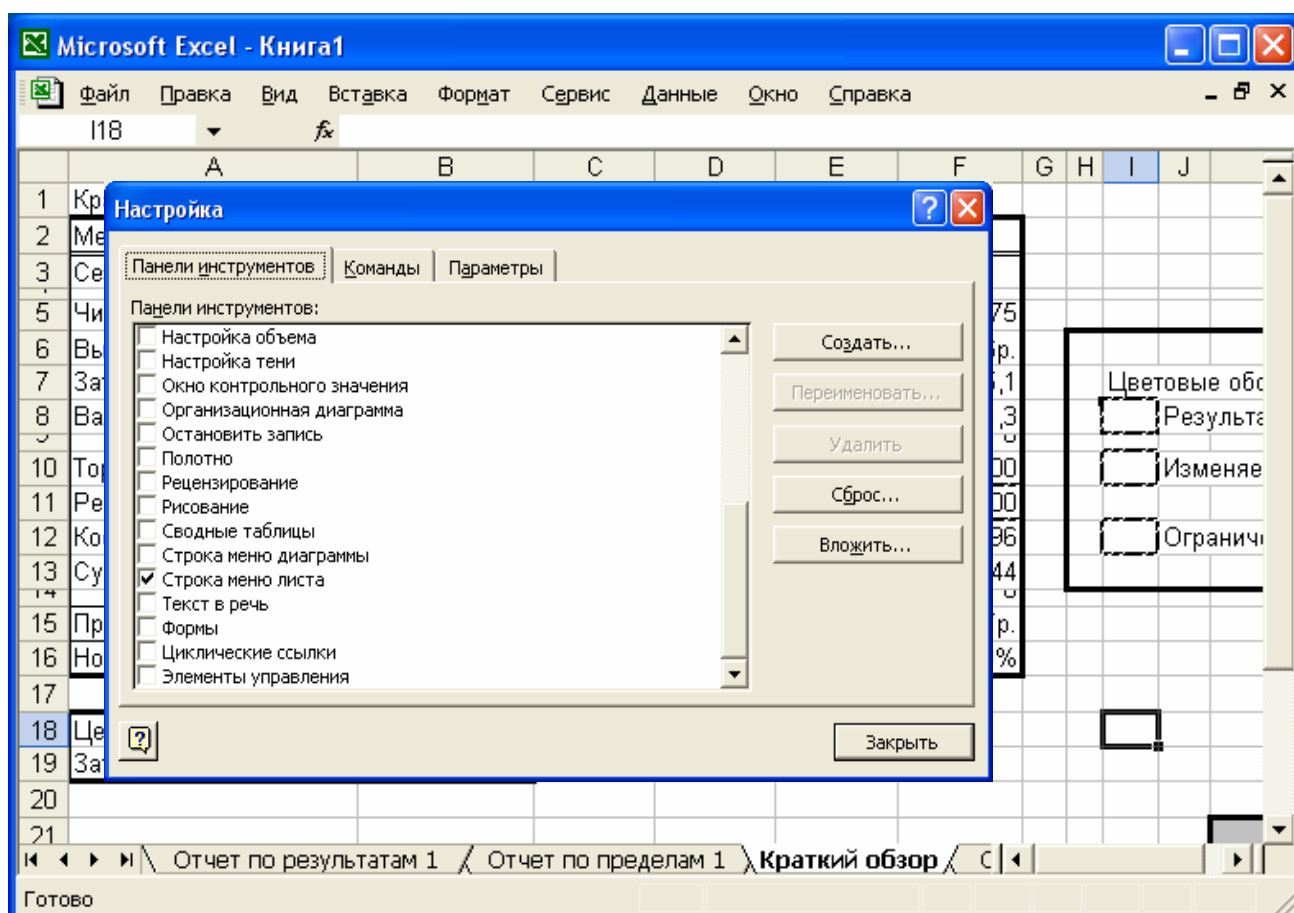


Рис.22. Новая панель создана

(она имеет ширину в одну кнопку, поэтому в заголовке панели отображаются

только две первых буквы названия Сценарии).

Новая панель создана. Теперь необходимо перетащить на нее список **Сценарий** (Scenario).

Перейдем на вкладку **Команды** (Commands) диалогового окна **Настройка** (Customize) и выберем в левом списке элемент **Сервис** (Tools).

Найдем в правом списке пиктограмму **Сценарий** (Scenario) (рис. 23.).

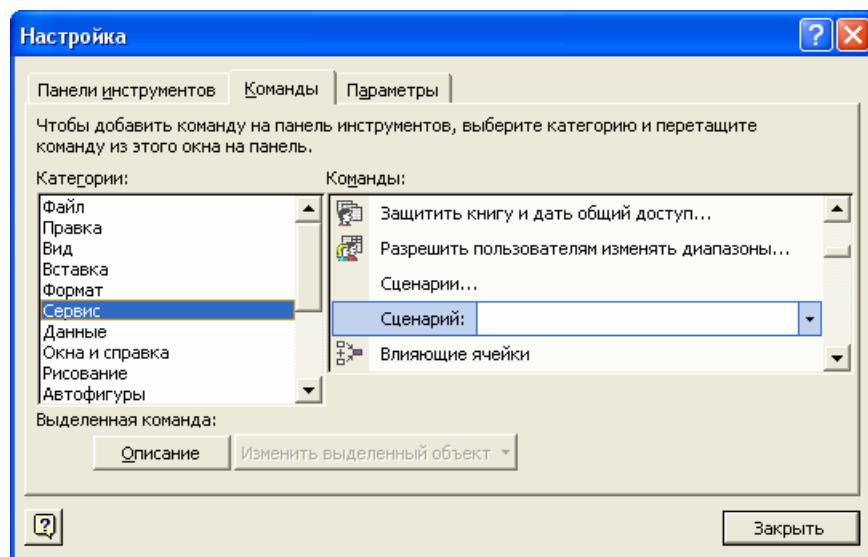


Рис. 23. Пиктограмма Сценарий

Один раз щелкните пиктограмму **Сценарий** левой кнопкой мыши и, удерживая кнопку мыши нажатой, перетащите пиктограмму на новую панель (в нашем случае — на панель **Сценарии**). Результат представлен на рис.24., в данном случае список сценариев пустой.

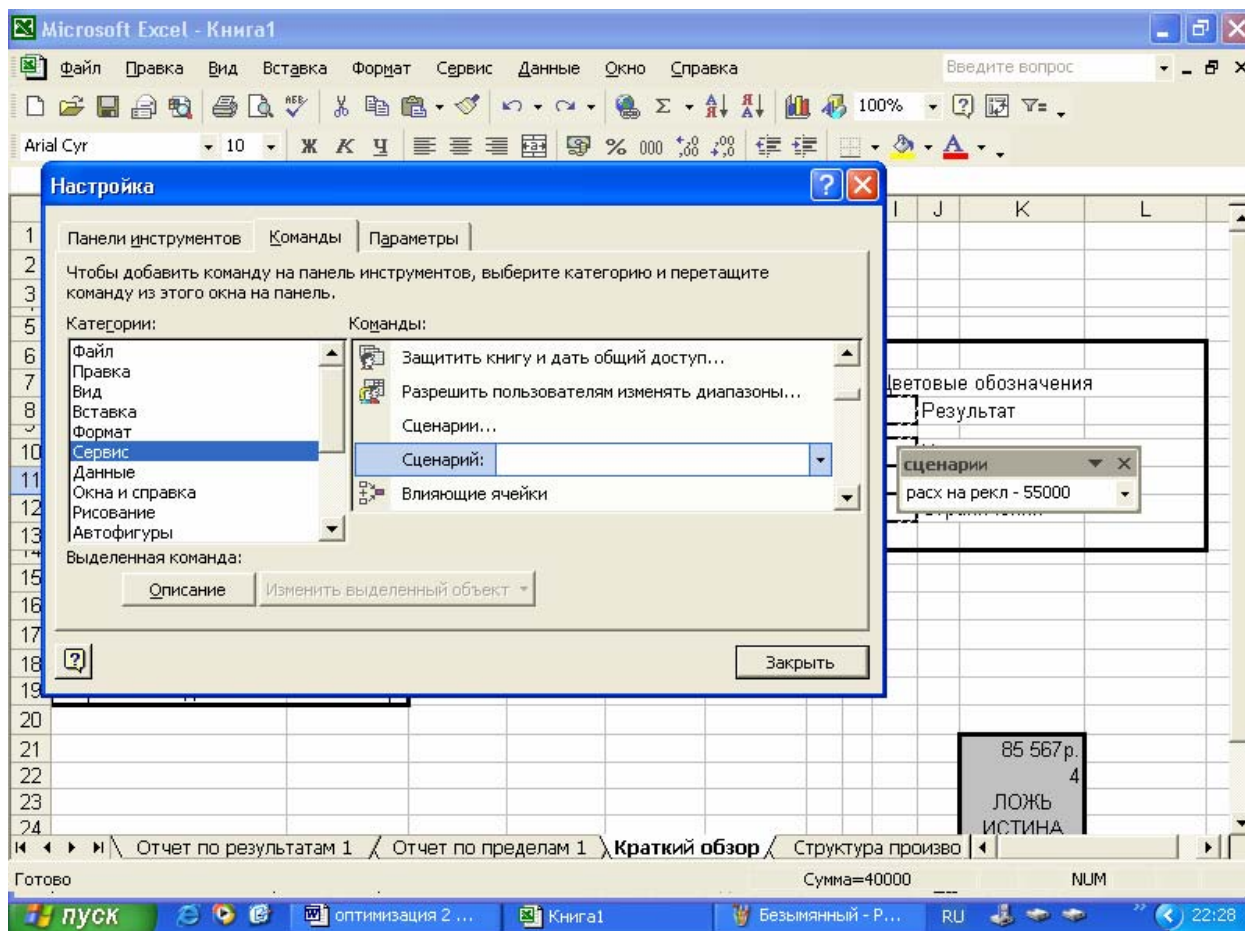


Рис.24. Список Сценарий (Scenario) помещен на новую панель Сценарии

Теперь диалоговое окно **Настройка** (Customize) можно закрыть, а панель **Сценарии** убрать в удобную для вас область экрана.

Решите нашу оптимизационную задачу, как было описано выше, с ограничением суммы, выделяемой на рекламу, в 40 тыс. р.

Выделите ячейки B11:E11 (они содержат изменяемые данные, теперь подобранные для решения задачи с заданным нами ограничением).

Щелкните область списка **Сценарий** (Scenario) и введите имя сценария — в нашем случае «Расх на рекл — 40 000» (рис.25.).

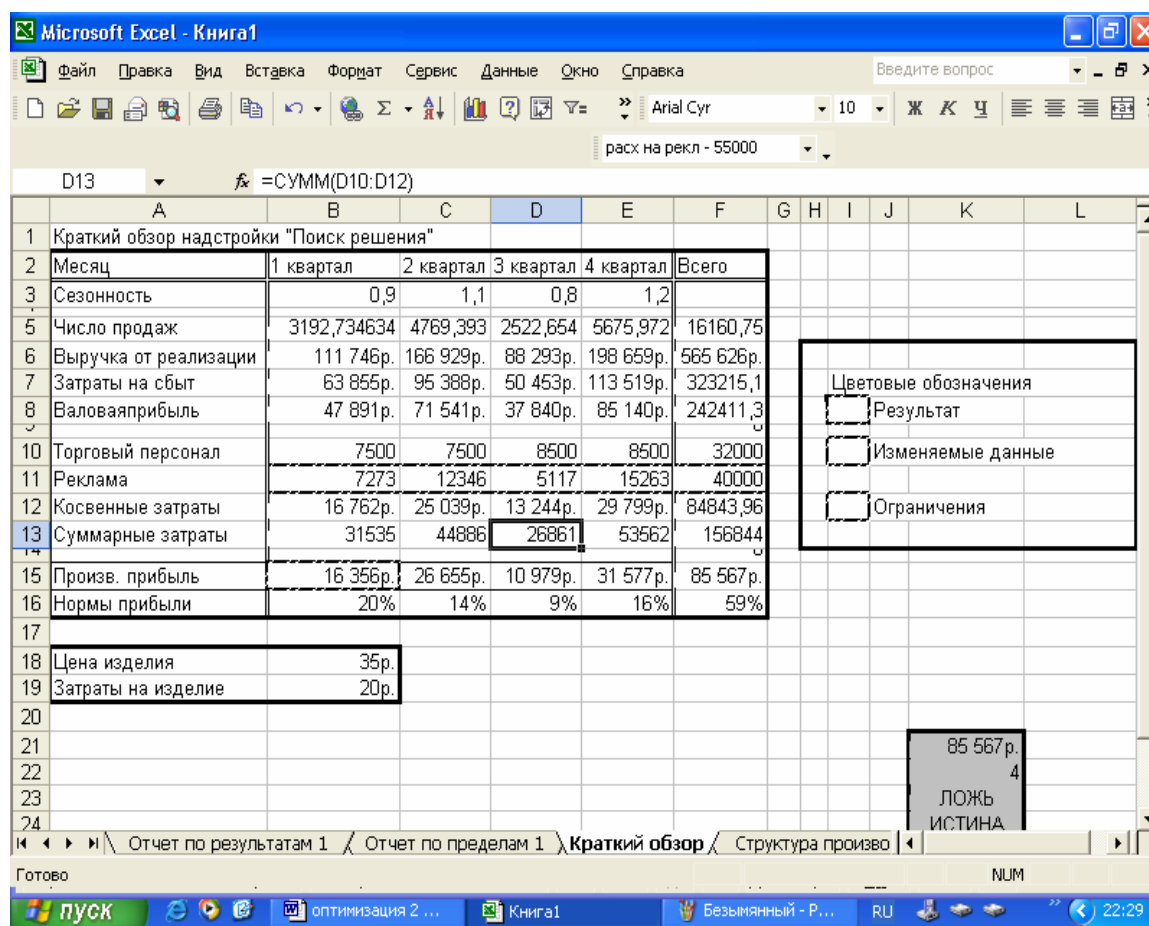


Рис.25. Указание имени сценария в списке **Сценарий** (Scenario)

Сценарий создан. Чтобы создать новый сценарий, следует изменить значения ячеек исходных данных, выделить эти ячейки и указать имя нового сценария.

Однако мы рассмотрим второй способ создания сценариев - с помощью **Диспетчера сценариев** (Scenario Manager).

2.14 Диспетчер сценариев

Для создания сценария с помощью диспетчера сценариев:

- Решите нашу оптимизационную задачу, как было описано выше, с ограничением суммы, выделяемой на рекламу, в 55 тыс. р. и с целочисленным ограничением.
- Выделите ячейки исходных данных (в нашем случае это ячейки B11:E11).
- Выполните команду **Сервис, Сценарии** (Tools, Scenarios). При этом будет предъявлено диалоговое окно **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) (рис.26.), в окне отображается созданный ранее сценарий с именем «Расх на рекл — 40 000»).

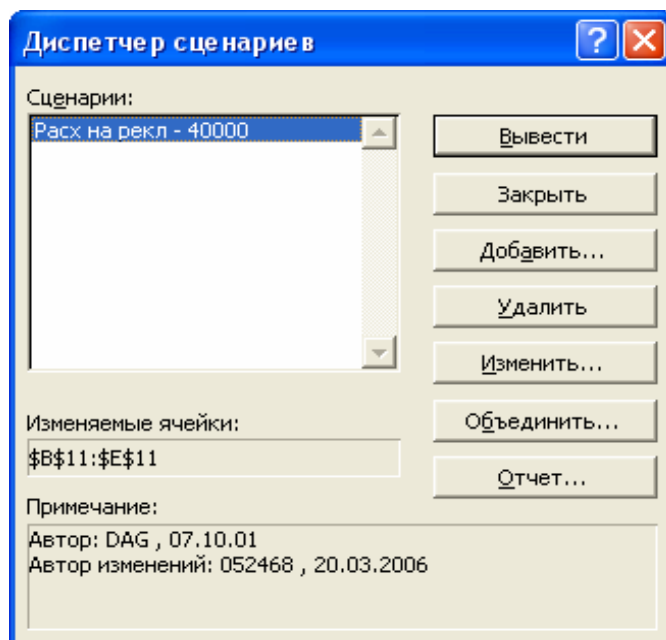


Рис.26. Диалоговое окно Диспетчер сценариев

- Нажмите кнопку **Добавить** (Add). Появится диалоговое окно **Добавление сценария** (Add Scenario) (рис.27.).

- В поле Название сценария (Scenario name) введите имя создаваемого сценария (в нашем случае — «Расх на рекл — 55 000»).
- Если необходимо, измените диапазон изменяемых ячеек в поле Изменяемые ячейки (Changing cells). Для этого необходимо щелкнуть это поле и на рабочем листе выделить необходимые ячейки.
- Нажмите кнопку ОК.
- Появится диалоговое окно **Значения ячеек сценария** (Scenario Values) (рис.28.). Здесь можно изменить значения выбранных ячеек (эти значения будут сохранены в сценарии).
- На экран снова будет выведено диалоговое окно **Диспетчер сценариев**, в списке появится имя только что созданного сценария (рис.29.).

Нажмите кнопку **Заккрыть**.

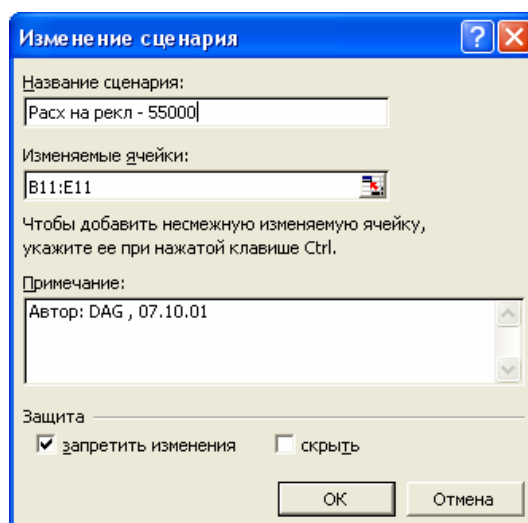


Рис.27. Диалоговое окно Добавления сценария

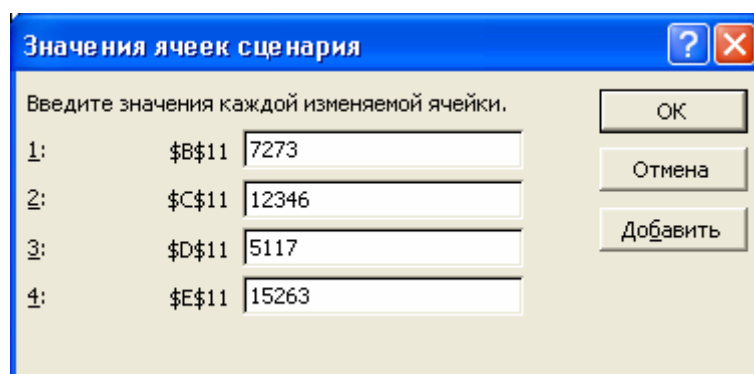


Рис.28. Диалоговое окно Значения ячеек сценария

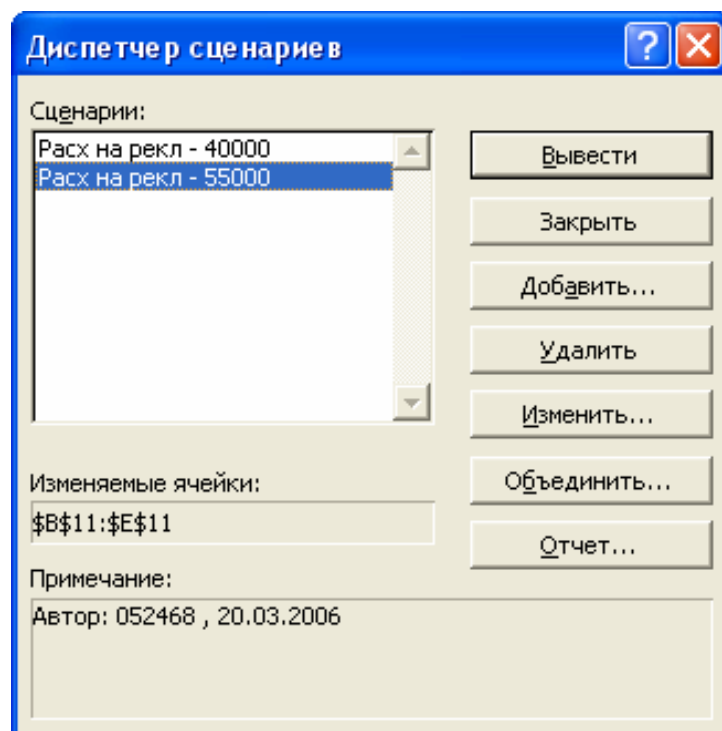


Рис.29. Новый сценарий добавлен с помощью диспетчера сценариев

2.15 Выбор сценария

Переключение между сценариями можно выполнять как при помощи раскрывающегося списка **Сценарий** (Scenario), так и с помощью диспетчера сценариев.

В первом случае необходимо установить указатель на стрелку справа от списка **Сценарий** (Scenario) на панели инструментов и щелкнуть левой кнопкой мыши для его раскрытия (рис.30.).

Из списка следует выбрать нужный сценарий. При этом значения изменяемых ячеек будут отредактированы, а рабочий лист пересчитан.

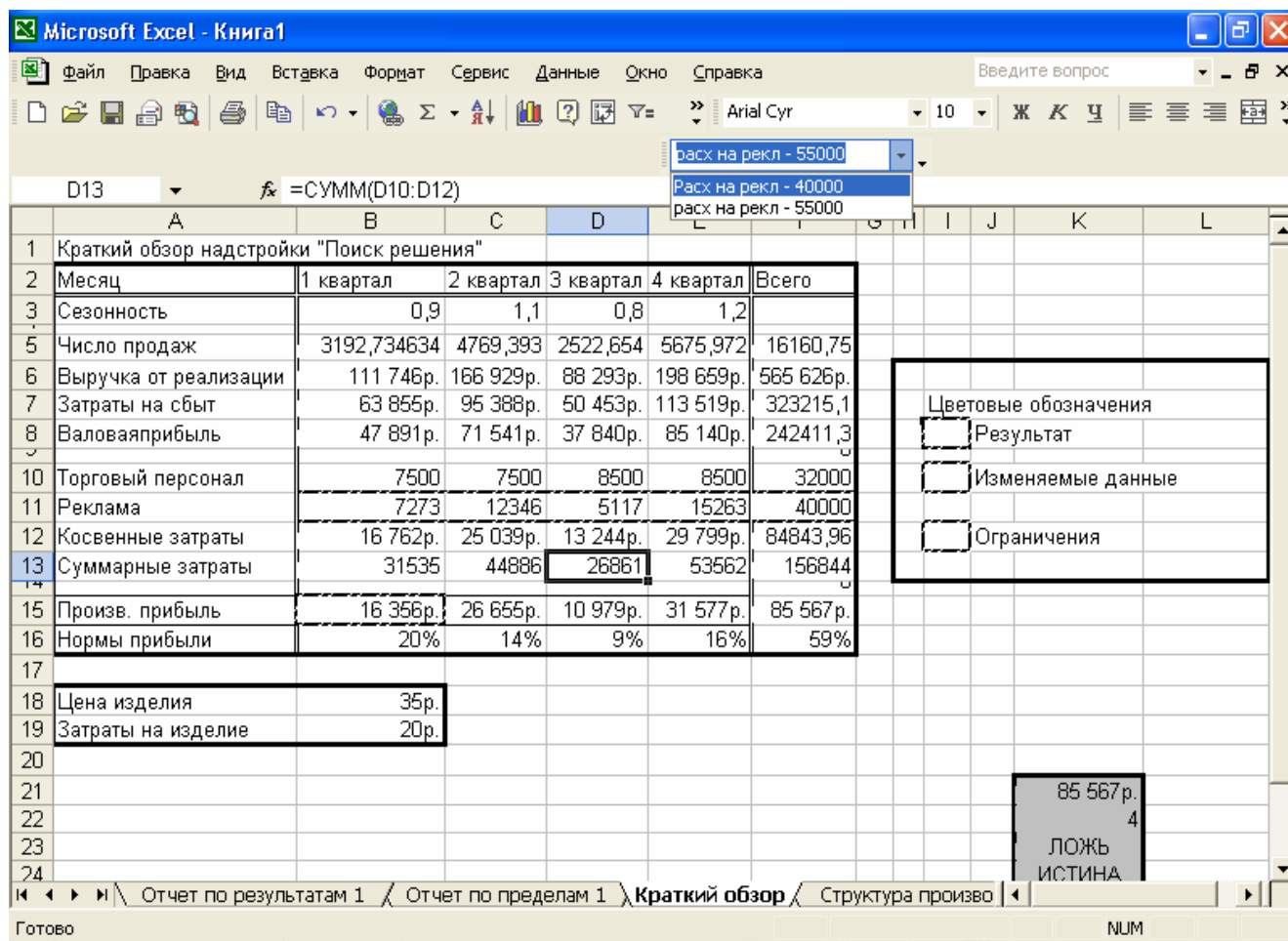


Рис.30. Выбор сценария из раскрывающегося списка Сценарий (Scenario)

Во втором случае необходимо:

- выполнить команду **Сервис, Сценарии** (Tools, Scenarios);
- в списке диалогового окна **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) выбрать имя нужного сценария и дважды щелкнуть по нему левой кнопкой мыши. Excel подставит значения ячеек из сценария и пересчитает рабочий лист;
- нажать кнопку **Заккрыть** (Close).

3. Задача на оптимальное распределение ресурсов

Задача находится на рабочем листе Структура производства (рис. 31.). В этой задаче оптимальное сочетание объемов производства телевизоров, видеомагнитофонов и музыкальных центров в условиях ограничений по числу комплектующих. Необходимо найти такие объемы производства изделий, чтобы комплектующие использовались наиболее оптимально. Целевой функцией является максимизация прибыли (ячейка D18).

Изменяемые данные (количество выпускаемых изделий каждого вида) находятся в ячейках D9:F9.

Количество использованных комплектующих не должно превышать их запаса на складе (значения ячеек C11:C15 должны быть меньше значений соответствующих ячеек B11:B15; это одно из ограничений задачи).

В ячейках D11:F15 указано, сколько комплектующих каждого типа необходимо для выпуска единицы продукции соответствующего вида.

Сценарии доступны с помощью списка или диспетчера сценариев. Вот перечень сценариев для различных вариантов исходных данных (табл. 7.).

Таблица 7. Сценарии исходных данных.

Имя сценария	Диапазон ячеек	Примечания
Исходные данные	D4:F4	Изменяемые данные (объемы производства). Этот сценарий задает для каждой из ячеек значение 100 (хотя можно использовать любые другие значения).
Склад 1	B4:B8	Первый вариант состояния склада.
Комплектация 1	D4:D8	Первый вариант комплектации изделий различных видов комплектующими различных типов.
Склад 2	B4:B8	Второй вариант состояния склада.

		Здесь всех комплектующих на 20 – 30% больше, чем в сценарии «Склад 1».
Комплектация 2	D4:D8	В отличие от сценария «Комплектация 1» здесь в телевизоре требуется одна колонка (вместо двух), однако в видеомагнитофоне требуется две платы (вместо одной).

На рис. 31 рабочий лист представлен с данными, соответствующими комбинации следующих сценариев:

- Исходные данные;
- Склад1;
- Комплектация 1;

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1				Телевизор	Видеомагн.	Муз. Центр					
2		Количество		100	100	100					
3	Наим. Изд	Склад	Использ.								
4	Корпус	450	200	1	1	0					
5	Монитор	250	100	1	0	0					
6	Колонка	800	500	2	2	1					
7	Блок пит.	450	200	1	1	0					
8	Элек. Пла	600	400	2	1	1					
9											
10				Прибыль:							
11		По всем видам изде.		4732	3155	2208					
12		Всего:		10095							
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

Рис. 31. Рабочий лист задачи Структура производства (исходные данные).

Попробуем решить эту задачу с этими исходными данными. Для этого командой **Сервис, Поиск** решения вызовем диалоговое окно **Поиск решения** и заполним его так, как показано на рис. 32.

Рис. 32. Условия и ограничения задачи.

После указания целевой и изменяемых ячеек и ввода ограничений запустите и сохраните значения.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1				Телевизор	Видеомагн.	Муз. Центр					
2		Количество		160	200	80					
3	Наим. Изд	Склад	Использ.								
4	Корпус	450	360	1	1	0					
5	Монитор	250	160	1	0	0					
6	Колонка	800	800	2	2	1					
7	Блок пит.	450	360	1	1	0					
8	Элек. Пла	600	600	2	1	1					
9											
10			Прибыль:								
11		По всем видам изде.		7220	5887	1811					
12		Всего:		14917							
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

Уменьшение коэф. отдачи 0,9

Рис.33. Результат Сценария 1.

Из рис. 33 очевидно, что полученные значения объемов производства не являются целочисленными (значения ячейки D2). Это связано с тем, что в ограничениях задачи даны ограничения по объему выпуска продукции (обязательно должна быть выпущена хотя бы единица каждого вида продукции) и ограничения по числу комплектующих в изделии каждого вида, но не ограничение по целочисленности. Во всех остальных решениях это ограничение введено (поэтому диапазоны, в которых сохранены параметры этих моделей, содержат на одну ячейку больше).

В табл. 8 представлены характеристики решений. При этом в сценариях «Сценарий 1» - «Сценарий 4» описаны значения ячеек исходных данных по объемам выпуска, состоянию склада и комплектации, поэтому для изучения этих решений не нужно с помощью списка **Сценарий** отдельно устанавливать значения ячеек состояния склада, комплектации, объемов выпуска и коэффициента отдачи. Все эти значения для каждого отдельного решения устанавливаются выбором соответствующего сценария «Сценарий N».

Таблица 8. Решения задачи

Номер Сценария	Диапазон ячеек, в котором сохранены параметры модели	Имена сценариев состояния склада и комплектации	Коэффициент отдачи	Номер рисунка
Сценарий 1	K13:K17	Склад 1, Комплектация 1	0,9 (нелинейная модель)	33
Сценарий 2	L13:L18	Склад 1, Комплектация 1	1 (линейная модель)	34
Сценарий 3	M13:M18	Склад 1, Комплектация 2	0,9 (нелинейная модель)	35
Сценарий 4	N13:N18	Склад 2, Комплектация 1	-"-	36
Сценарий 5	O13:O18	Склад 2, Комплектация 2	-"-	37

Microsoft Excel - Книга2

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

Аrial Cyr 10 Ж К Ч

H13

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1				Телевизор	Видеомаг	Муз. Центр					
2		Количество		200	200	0					
3	Наим. Изд	Склад	Использ.								
4	Корпус	450	400	1	1	0					
5	Монитор	250	200	1	0	0					
6	Колонка	800	800	2	2	1					
7	Блок пит.	450	400	1	1	0					
8	Элек. Пла	600	600	2	1	1					
9											
10				Прибыль:							
11		По всем видам изде.		15000	10000	0					
12		Всего:		25000							
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

Уменьшение коэф. отдачи 1

Краткий обзор Структура производства Транспортная задача

Готово

Рис.34. Результат Сценария 2.

Microsoft Excel - Книга2

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

Аrial Cyr 10 Ж К Ч

H13

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1				Телевизор	Видеомаг	Муз. Центр					
2		Количество		236	5	118					
3	Наим. Изд	Склад	Использ.								
4	Корпус	450	241	1	1	0					
5	Монитор	250	236	1	0	0					
6	Колонка	800	364	2	2	1					
7	Блок пит.	450	241	1	1	0					
8	Элек. Пла	600	600	2	1	1					
9											
10				Прибыль:							
11		По всем видам изде.		10249	213	2563					
12		Всего:		13025							
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

Уменьшение коэф. отдачи 0,9

Краткий обзор Структура производства Транспортная задача

Готово

Рис.35. Результат Сценария 3.

Microsoft Excel - Книга2

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

Н14

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1				Телевизор	Видеомагн.	Муз. Центр					
2		Количество		232	220	116					
3	Наим. Изд	Склад	Использ.								
4	Корпус	530	452	1	1	0					
5	Монитор	360	232	1	0	0					
6	Колонка	1020	1020	2	2	1					
7	Блок пит.	570	452	1	1	0					
8	Элек. Пла	800	800	2	1	1					
9											
10			Прибыль:					Уменьшение коэф. отдачи 0,9			
11		По всем видам изде.		10093	6414	2524					
12		Всего:		19031							
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

Краткий обзор Структура производства Транспортная задача

Готово

Рис.36. Результат Сценария 4.

Microsoft Excel - Книга2

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

F15

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1				Телевизор	Видеомагн.	Муз. Центр					
2		Количество		316	5	158					
3	Наим. Изд	Склад	Использ.								
4	Корпус	530	321	1	1	0					
5	Монитор	360	316	1	0	0					
6	Колонка	1020	484	2	2	1					
7	Блок пит.	570	321	1	1	0					
8	Элек. Пла	800	800	2	1	1					
9											
10			Прибыль:					Уменьшение коэф. отдачи 0,9			
11		По всем видам изде.		13328	213	3333					
12		Всего:		16874							
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											

Краткий обзор Структура производства Транспортная задача

Готово

Рис.37. Результат Сценария 5.

The screenshot shows a Microsoft Excel window titled "Книга2". The active cell is K13, containing the formula $\text{=МАКС}(\$D\$18)$. The spreadsheet contains several tables and highlighted areas:

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1											
2			цветовые обозначения								
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12			Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5				
13			16874	16874	16874	16874	16874				
14			3	3	3	3	3				
15			ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА				
16			ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА				
17			100	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА				
18				100	100	100	100				
19											
20											
21											
22											

At the bottom, the task sheet "Структура производства" is selected. The status bar shows "Готово" and "CAPS".

Рис.38. Диапазоны ячеек, в которых сохранены параметры решений.

4. Минимизация суммарной стоимости закупаемых изделий

Найдем оптимальное соотношение числа изделий, закупаемых у трех поставщиков.

Постановка задачи:

- каждый из трех поставщиков изготавливает изделия всех трех типоразмеров;
- нет существенных отличий в качестве и характеристиках изделий любых типоразмеров, изготовленных любым поставщиком;
- разница в стоимости изделий одного и того же типоразмера от разных поставщиков незначительна;
- для каждого отдельного поставщика **НЕТ** ограничения по максимальному количеству выпускаемых изделий одного типоразмера, но **ЕСТЬ**

ограничение по суммарному количеству выпускаемых изделий всех трех типоразмеров.

Рабочий лист представлен на рис.39.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data in the worksheet:

	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K
1		Стоимость одного изделия			Фирма может поставить					
2	Фирма	S1	S2	S3	всего изделий					
3	F1	120	125	126	1500					
4	F2	110	115	130	2000					
5	F3	105	105	116	3000					
6	требуется	1000	1500	1200						
7										
8	решение:									
9	фирма	количество изделий			итого от поставщика					
10		S1	S2	S3	(количество)					
11	F1	0	0	200	200					
12	F2	1000	0	0	1000					
13	F3	0	2000	1200	3200					
14	итого	1000	2000	1400	4400					
15										
16	стоимость									
17	фирма	количество изделий			итого от поставщика					
18		S1	S2	S3	(количество)					
19	F1	0	0	25200	25200					
20	F2	110000	0	0	110000					
21	F3	0	210000	139200	349200					
22	итого	110000	210000	164400	484400					
23										

Рис. 39. Рабочий лист задачи.

	A	B	C	D	F	G	H
1		Стоимость одного			Фирма может поставить		
2	Фирма	S1	S2	S3	всего изделий		
3	F1	120	125	126	1500		
4	F2	110	115	130	2000		
5	F3	105	105	116	3000		
6	требуется	1000	1500	1200			
7							
8	решение:						
9	фирма		количество изделий		итого от поставщика		
10		S1	S2	S3	(количество)		
11	F1	0	0	200	=СУММ(B11:D11)		
12	F2	1000	0	0	=СУММ(B12:D12)		
13	F3	0	2000	1200	=СУММ(B13:D13)		
14	итого	=СУММ(B11:B13)	=СУММ(C11:C13)	=СУММ(D11:D13)	=СУММ(B14:D14)		
15							
16	стоимость						
17	фирма		количество изделий		итого от поставщика		
18		S1	S2	S3	(количество)		
19	F1	=B3*B11	=C3*C11	=D3*D11	=СУММ(B19:D19)		
20	F2	=B4*B12	=C4*C12	=D4*D12	=СУММ(B20:D20)		
21	F3	=B5*B13	=C5*C13	=D5*D13	=СУММ(B21:D21)		
22	итого	=СУММ(B19:B21)	=СУММ(C19:C21)	=СУММ(D19:D21)	=СУММ(F19:F21)		
23							

Рис. 40. Рабочий лист задачи в режиме просмотра формул. Диалоговое окно поиска решения представлено на рис.41.

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☒ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

-
-
-

Buttons: Выполнить, Закрывать, Параметры, Добавить, Изменить, Удалить, Восстановить, Справка

Рис. 41. Диалоговое окно поиск решения.

Рассмотрим ограничения в том порядке, в котором они представлены в списке ограничений на рис.41.

- Первое ограничение указывает, что изменяемые ячейки (количество изделий каждого типоразмера от каждого из поставщиков) должны быть целыми числами;

- Второе ограничение указывает, что суммарное количество закупаемых изделий каждого типоразмера должно быть точно равно потребности;

- Третье ограничение указывает, что общее количество изделий, закупаемых у каждого отдельного поставщика, не может превышать производственные возможности этого поставщика

5. Задания для самостоятельной работы

5.1 Поиск решения для модели реализации продукции

Определить структуру рабочего листа.

Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего
Сезонность	0,9	1,1	0,8	1,2	
Число продаж	3692	5342	4192	4797	
Выручка от реализации	144552	186456	123600	186556	
Затраты на сбыт	79876	106567	78813	120876	
Валовая прибыль	54875	66987	37644	72631	
Торговый персонал	8500	8500	9500	9500	
Реклама	15000	15000	15000	15000	
Косвенные затраты	22456	32544	22432	29864	
Суммарные затраты	41247	45357	39654	49694	
Прозв. прибыль					
Норма прибыли					

Осуществить поиск оптимального решения:

- 1) выделить оптимизируемую ячейку (прибыль за год);
- 2) выбрать команду **Сервис**, затем **Поиск решения**;
- 3) установить целевую ячейку;
- 4) установить тип взаимосвязи между целевой ячейкой и решением путем выбора переключателя в группе **Равной**;
- 5) в поле Изменения ячейки указать параметры, которые изменяются в процессе поиска решения;
- 6) нажать кнопку **Добавить** для ввода ограничений для задачи;
- 7) в поле **Ссылка** на ячейку указав соответствующую ячейку, а в поле **Ограничение** ввести нужное число;
- 8) в результате появится заполненное диалоговое окно **Поиск решения**;

- 9) после нажатия кнопки **Выполнить** получить диалоговое окно **Результаты поиска решения**.
- 10) с помощью этого окна сформировать отчет по результатам поиска решения;
- 11) сохранить ссылки на изменяемые ячейки для использования их в составе сценария, нажав кнопку **Сохранить сценарий** в диалоговом окне **Результат поиска решения**;
- 12) изменить ограничения для определения оптимальности варианта решения; изменить параметры поиска решения: метод поиска ответа, ограничить время поиска, задать другую точность вычислений;
- 13) сохранить параметры модели;
- 14) загрузить параметры модели, используя кнопки **Параметры** и **Загрузить модель**;
- 15) использовать список **Сценарий**:
- создать новую модель инструментов;
 - перетащить на нее список **Сценарий**.
- 16) создать другой сценарий, используя **Диспетчер сценариев**;
- 17) обеспечить переключение между сценариями с помощью списка **Сценарий** и **Диспетчером сценариев**;
- 18) изменить исходные данные, получив оптимальное решение при новых значениях коэффициентов сезонности.

5.2 Расчет оптимального сочетания объемов производства изделий

Необходимо найти такие объемы производства, чтобы комплектующие использовались наиболее оптимально.

Цель: максимизация прибыли.

Комплекующие			A	B	C
Количество			150	150	150
Изделия	Склад	Использовано	1	1	0
1	600	250	1	0	0
2	300	150	2	2	1
3	700	480	1	1	1
4	550	300	2	1	1
5	650	350	1	2	1

Прибыль:

По видам изделий			
Всего			

Требования к расчету следующие:

- изменяемые данные – качество выпускаемых изделий каждого вида;
- количество использованных комплектующих не должно превысить их запаса на складе;
- дано количество комплектующих каждого типа для выпуска единицы продукции соответствующего вида (A, B, C);
- количество выпускаемых единиц продукции любого типа больше или равно 0.

5.3 Минимизация суммарной стоимости закупаемых изделий

В этом примере необходимо найти оптимальное соотношение числа изделий (пяти типоразмеров), закупаемых у пяти поставщиков. Постановка задачи определяется следующими условиями:

- каждый из пяти поставщиков изготавливает изделия всех пяти типоразмеров;

- нет существенных отличий в качестве и характеристиках изделий любых типоразмеров, изготовленных любым поставщиком;
- разница в стоимости изделий одного и того типоразмера от разных поставщиков незначительна;
- для каждого отдельного поставщика НЕТ ограничения по максимальному количеству выпускаемых изделий одного типоразмера, но ЕСТЬ ограничение по суммарному количеству выпускаемых изделий всех пяти типоразмеров.

фирма	Стоимость одного изделия					Фирма может поставить всего изделий
	M1	M2	M3	M4	M5	
O1	120	115	126	124	112	1000
O2	105	117	123	105	114	1500
O3	100	113	100	120	156	2500
O4	106	108	102	122	145	2000
O5	118	124	120	135	178	1700
требуется	1500	1700	1000	1400	1200	

Решение:

фирма	Количество изделий					Итого от поставщика
	M1	M2	M3	M4	M5	
O1	0	100	0	105	200	
O2	120	0	100	0	0	
O3	0	100	45	0	200	
O4	150	120	98	100	103	
O5	100	109	120	123	106	
Итого						

Стоимость:

фирма	Стоимость всех изделий					Итого от поставщика
	M1	M2	M3	M4	M5	
O1						
O2						
O3						
O4						
O5						
Итого						

Известные условия:

- Первое условие указывает, что изменяемые ячейки (количество изделий каждого типоразмера от каждого из поставщиков) должны быть целыми числами;
- Второе условие указывает, что суммарное количество закупаемых изделий каждого типоразмера должно быть точно равно потребности;
- Третье условие указывает, что общее количество изделий, закупаемых у каждого отдельного поставщика, не может превышать производственные возможности этого поставщика

5.4. Табель занятости персонала предприятия

Необходимо решить задачу, связанную с формированием Табеля занятости персонала. Пример представлен на рабочем листе Табель занятости.

Парк предприятия обслуживается семью группами сотрудников (группы обозначены 1, 2...7). Признак разделения на группы – разные выходные дни. Выходных дней для каждой группы – не менее двух, выходные дни следуют подряд. Один сотрудник входит только в одну группу. Известна потребность в сотрудниках в каждый из дней.

Группа	Выходные дни	Работники	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
1	Воскрес., понед	6	0	1	1	1	1	1	0
2	Понед., вторник	6	0	0	1	1	1	1	1
3	Вторник, среда	4	1	0	0	1	1	1	1
4	Среда, четверг	5	1	1	0	0	1	1	1
5	Четверг, пятница	4	1	1	1	0	0	1	1
6	Пятница, суббота	6	1	1	1	1	0	0	1
7	Суббота, воскрес.	6	1	1	1	1	1	0	0

	ВСЕГО:								
	Всего требуется								

Дневная оплата работника: 1000р.

Общая недельная зарплата: 5000р.

Все сотрудники имеют одинаковый размер недельной оплаты, который не зависит от графика работы.

Необходимо подобрать такую численность сотрудников в каждой группе, чтобы добиться минимизации затрат на оплату труда при выполнении требования по числу сотрудников на каждый день.

5.5. Расчет оптимального соотношения числа местных и иностранных студентов, обучающихся в учебном заведении

В этом примере необходимо найти оптимальное соотношение числа местных и иностранных студентов, обучающихся в учебном заведении. При этом предполагается, что перед университетом не стоит никакой иной задачи, кроме получения максимального дохода. Количество местных и иностранных студентов определяется следующими правилами:

- дано максимальное число студентов, которые могут одновременно учиться в университете (не более, может быть и меньше, если обеспечивать полную загрузку университета не требуется);
- дано максимальное число местных студентов, которые могут одновременно учиться в университете (не более, может быть и меньше);
- число иностранных студентов не ограничено (но, напомним, ограничено общее число студентов);
- дано общее число преподавателей (не более, может потребоваться и меньше, если обеспечивать полную загрузку преподавателей не требуется);

- для расчета требуемого числа преподавателей используется правило, что один конкретный преподаватель обучает либо только местных студентов, либо только иностранных студентов;
- дано максимальное число местных студентов, которое приходится на одного преподавателя;
- дано максимальное число иностранных студентов, которое приходится на одного преподавателя;
- дано максимальное число мест в общежитии (число студентов, которые могут проживать в общежитии (не более, может быть меньше));
- дана доля студентов (от общего числа местных студентов), которые могут проживать в общежитии;
- дана доля студентов (от общего числа иностранных студентов), которые могут проживать в общежитии;
- даны стоимости обучения одного местного и одного иностранного студента.

Расчет оптимального соотношения числа местных и иностранных студентов, обучающихся в учебном заведении.

Общее количество студентов, не более	4500
Количество местных студентов, не более	3200
Количество преподавателей	500
Один преподаватель обучает только местных студентов, не более	15
Один преподаватель обучает только иностранных студентов, не более	12
Доля студентов (от общего числа местных студентов), живущих в общежитии, не более	0,5
Доля студентов (от общего числа иностранных студентов), живущих в общежитии, не более	0,9

Количество мест в общежитии	3000
Плата за обучение одного студента своей страны	2150
Плата за обучение одного иностранного студента	3200

Ограничения:

- первое ограничение указывает, что число местных студентов не может быть больше определенного заданного значения;
- второе ограничение указывает, что изменяемые данные должны быть целыми числами;
- третье ограничение указывает, что общее число студентов не может быть больше определенного заданного значения;
- четвертое ограничение указывает, что требующееся число преподавателей не может быть больше определенного заданного значения
- пятое ограничение указывает, что общее число студентов не может быть больше числа мест в общежитии.