

Как автор продавал программы (быль)

У Михаила Жванецкого часто спрашивают, откуда он берет темы для своих миниатюр. "Выглядываю в окно и прислушиваюсь к разговорам на улице", — таков ответ великого сатирика. "А как Вы все это запоминаете?" — следует новый вопрос. "Да я рад бы, да забыть не могу!"

Житейские сюжеты стоит коллекционировать и для написания *компьютерных этюдов*, что является хобби автора этой книги.

По профессии автор — преподаватель вуза (Московского энергетического института — www.mpei.ru), где он читает курс лекций по информатике (см. программы курса <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/Potoki.htm>) и смежным учебным дисциплинам (http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/Potoki_MOpt.htm), а также руководит группой технологов и программистов, разрабатывающих обучающие программы, сетевые открытые расчеты и компьютерные тренажеры для ТЭС и АЭС, формирующие "Электронную энциклопедию энергетикиTM" (www.trie.ru). Электростанциям и энергообъединениям нужны наши программы, но их приобретению мешает¹ пресловутый кризис неплатежей. Вот какой компьютерный *этиод* имел место в марте 1997 г.

Акционерное общество "Тамбовэнерго", не имея свободных денег, тем не менее, изъявило желание приобрести наши программы. Котовскому лакокрасочному заводу (ЛКЗ, Тамбовская обл.) для производства нужна электроэнергия. Московскому энергетическому институту для ремонта аудиторий требуется краска. Научной группе автора необходимо новое компьютерное "железо", инструментальные средства и, естественно, зарплата. Для решения подобных проблем человечество еще на заре цивилизации придумало *деньги*. Переход же нашей страны от непонятно чего к рынку возродил натуральный обмен — *бартер*. В вышеописанной товарной цепочке не хватало одного звена, чтобы она замкнулась. К счастью, в МЭИ поступила партия компьютеров, парочку которых мы договорились обменять на краску. В этой комбинации заключалась только *часть* описываемого *компьютерного этюда*, если вспомнить шахматное толкование слова "этиод" — решение головоломки путем составления цепочки ходов.

Вторая часть данного *компьютерного этюда* имела место уже в Тамбове и в Котовске — на ЛКЗ. В "Тамбовэнерго" мне (автор переходит к рассказу от первого лица) после сдачи программ выдали доверенность на получение лакокрасочной продукции на 14 млн., естественно, старых рублей² в счет задолженности завода за электроэнергию и отправили в Котовск. Краска, которая мне подходила, стоила 14 600 рублей за литр и разливалась в тару (в *барабаны*, если следовать москательному жаргону, которого я нахватался в Котовске) объемом 15 и 55 литров. Пустые барабаны стоили 24

¹ Автор тут хотел написать не "мешает", а "мешал", но воздержался. Какие еще последствия будут у теперешнего кризиса?!

² В Mathcad-документе, решающем эту задачу я три нуля отрезал — новый, деноминированный рубль стоит 1000 старых.

и 30 тыс. рублей соответственно. Работница отдела сбыта ЛКЗ (ее звали Оля), выписывая на *компьютере* накладную, спросила, в каких емкостях я возьму краску. Чутье давнего собирателя компьютерных этюдов сразу подсказало, что тут кроется типичная и, главное, реальная задача³ *линейного программирования*, где *целевая функция*, которую нужно максимизировать, — суммарный объем краски (или стоимость краски), *переменные* — количество наполненных краской барабанов по 15 и 55 литров, которые необходимо забрать, и три *ограничения*:

- стоимость краски не должна превышать оговоренных с Тамбовэнерго 14 млн. рублей;
- нельзя брать неполную банку (ограничение на *целочисленность* переменных);
- количества банок разной вместимости не должно быть отрицательными числами.

Оля вызвалась помочь решить эту *оптимизационную задачу* и тут же с помощью калькулятора прикинула, что мне нужно взять 16 больших и 2 маленьких барабана, вмещающих 910 литров краски на сумму 13 млн. 814 тыс. рублей. Вспомнив, как я отчаянно торговался в "Тамбовэнерго" и все-таки увеличил цену программ с 12 до 14 млн. руб., я спросил у Оли, а можно ли не терять 186 тысяч — не оставлять их "Тамбовэнерго". Она сказала, что нет, поскольку такие задачи решает чуть ли не каждый день, оптимизируя не только стоимость краски, но и ее загрузку в контейнеры различной вместимости, и что она "собаку съела" на решении таких проблем.

Наблюдая за "танцем" Олиных пальцев на кнопках калькулятора и за числами на его дисплее, я понял, что Оля использует простейший алгоритм решения задачи: сначала выбирается краска в большой таре, а затем остаток денег "заполняется" краской в маленькой таре. Примерно так мы пакуем чемодан, отправляясь в поездку, — сначала кладем в него крупные вещи, а потом напихиваем в пустые пространства всякую мелочь. Я спросил у Оли, почему она не использует для решения таких задач компьютер и табличный процессор Excel, рабочий лист которого как будто специально был выведен на экран ее компьютера. Я тут же вызвался показать, как это делается. В среде Excel есть так называемая процедура поиска решений (Solver), диалоговое окно которой вызывается командой **Найти решение...** из меню **Сервис**. В этом окне пользователь указывает ячейку, хранящую целевую функцию, значение которой нужно максимизировать, ячейки с переменными поиска (в начале оптимизации они либо пусты, либо хранят значения первого приближения к максимуму) и ограничения (рис. 1).

³ Предыдущие задачи были, естественно, вымышленные.

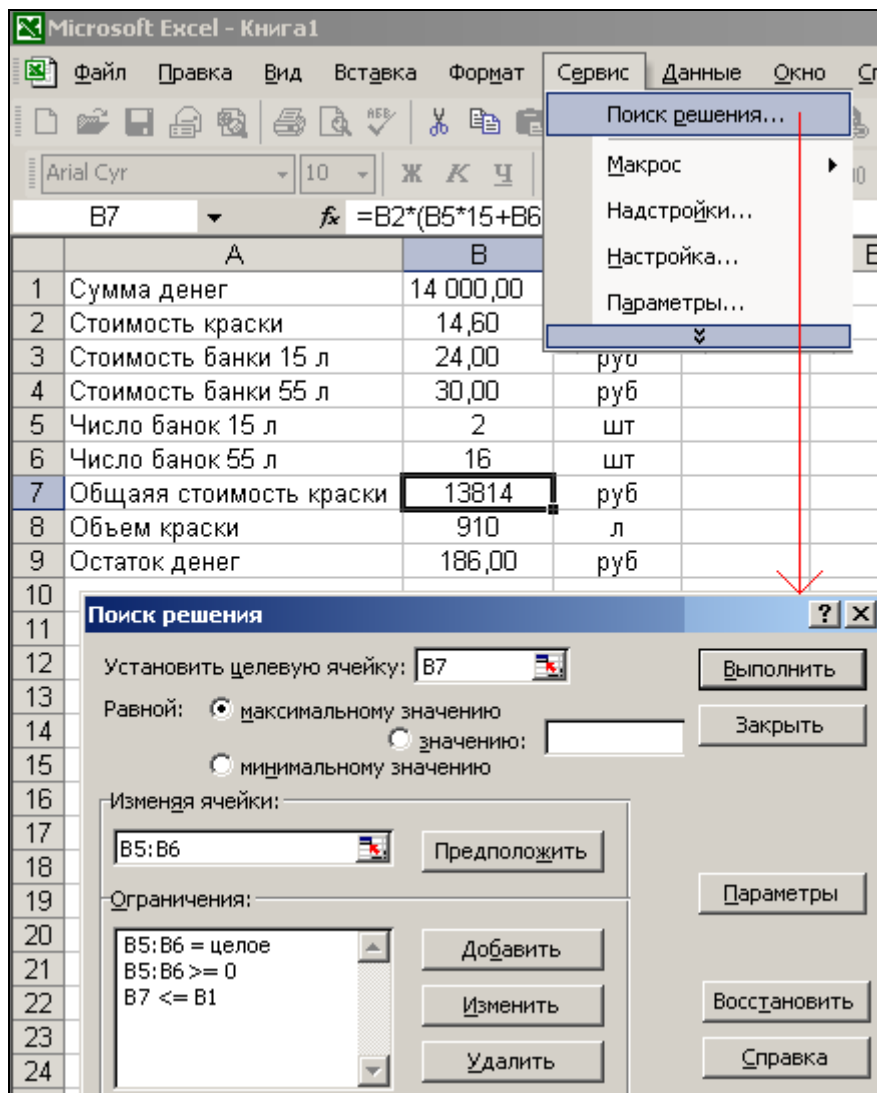


Рис. 1. Задача о краске — решение в среде Excel

Алгоритм оптимизации с помощью процедуры поиска решений Excel можно назвать "ленивым": пользователь формирует таблицу расчета и говорит: "По щучьему велению, по моему хотению сделай так, чтобы... целевая функция приняла максимальное (минимальное, определенное) значение, но при этом были выполнены все ограничения". Для этого пользователю достаточно нажать кнопку **Выполнить**. Процедура поиска решения Excel выдала нам старый результат — 16 больших и 2 маленьких барабана. Но сдаваться не хотелось.

Есть хорошее правило — проверять решение задачи не только другими методами, но и другими программными средствами. Кроме того, не следует забывать о KISS-принципе программирования. С поцелуями он ничего общего не имеет, хотя хорошее отношение к решаемой задаче и к компьютеру в нем просматривается. KISS — это аббревиатура английской фразы "*Keep It Simple, Stupid!*" ("*Делай это проще, дурачок!*"). Она призывает решать поставленную задачу наипростейшими способами и прибегать к изощренным алгоритмам и методикам только тогда, когда простые способы не годятся из-за длительности времени счета или из-за нерационального использования других ресурсов человека и/или компьютера.

Простейший способ решить на компьютере поставленную задачу — это *перебрать* все варианты и остановиться на оптимальном. Благо вариантов не так уж много — 1088: на отпущенные 14 миллионов можно было взять не более 63 маленьких барабанов с краской или не более 16 больших. Перебор помимо прочего может дать сто-процентную уверенность не только в правильности, но и в *единственности* найденного решения или показать, что таких решений несколько. А подобная ситуация нередка в задачах *целочисленного* линейного программирования.

Итак, перебор. Следуя вышеописанному правилу, новый метод решения задачи необходимо совместить с новым программным средством для его реализации. Это, конечно, можно было сделать и в среде Excel, составив таблицу всех решений и/или написав программу перебора на языке Visual Basic for Applications (VBA), встроенном в Excel. Но у Оли на компьютере был установлен еще и Mathcad (феномен рояля в кустах). Он довольно успешно решает задачи самого разного плана (включая и экономические) без обращения к чистому программированию (BASIC, C, Pascal и др.).

Протокол "контрольного взвешивания" краски в среде Mathcad приведен на рис. 2. Комментарии поясняют, что происходит в формулах. В Mathcad-документе формируются две матрицы с именами O_b и C_T , элементы которых хранят значения объема (O_b) и стоимости (C_T) краски в зависимости от комбинаций расфасовки. Далее некоторым элементам матриц O_b и C_T присваиваются нулевые значения, если данные комбинации расфасовки не проходят по ограничению стоимости (14 000 руб.). Остальное — "ловкость рук и никакой математики": с помощью функции `match` определяется номер строки (переменная N_{15}) и номер столбца (N_{55}) матрицы O_b , на пересечении которых находится элемент с максимальным значением. Ответ (37 маленьких барабанов и 6 больших) неприятно удивил Олю. Она невольно обманывала меня на 175 тыс. руб.

Это нужно скрыть
 $л := L \quad \text{коп} := 0.01 \cdot \text{руб}$

Это нужно скрыть
1. Исходные данные
 $\text{Деньги} := 14000 \text{ руб} \quad \text{Стоимость_краски} := \frac{14 \text{ руб} + 60 \text{ коп}}{л}$
 $\text{Стоимость_банки_15} := 24 \text{ руб} \quad \text{Стоимость_банки_55} := 30 \text{ руб}$

Это можно скрыть
2. Решение, найденное перебором через функцию match
2.1. Диапазон изменения количеств банок
 $\text{Банка_15} := 0.. \frac{\text{Деньги}}{\text{Стоимость_банки_15} + 15л \cdot \text{Стоимость_краски}}$
 $\text{Банка_55} := 0.. \frac{\text{Деньги}}{\text{Стоимость_банки_55} + 55л \cdot \text{Стоимость_краски}}$
2.2. Матрица "Объем варианта" $\text{ОбБанка_15, Банка_55} := 15 \cdot л \cdot \text{Банка_15} + 55 \cdot л \cdot \text{Банка_55}$
2.3. Матрица "Стоимость варианта"
 $\text{СТБанка_15, Банка_55} := \text{Стоимость_краски} \cdot (15 \cdot л \cdot \text{Банка_15} + 55 \cdot л \cdot \text{Банка_55}) \dots$
 $\quad + \text{Стоимость_банки_15} \cdot \text{Банка_15} \dots$
 $\quad + \text{Стоимость_банки_55} \cdot \text{Банка_55}$
2.4. Отбраковывание негодных вариантов
 $\text{ОбБанка_15, Банка_55} := \text{if}(\text{СТБанка_15, Банка_55} > \text{Деньги}, 0 \cdot л, \text{ОбБанка_15, Банка_55})$
 $\text{СТБанка_15, Банка_55} := \text{if}(\text{СТБанка_15, Банка_55} > \text{Деньги}, 0 \cdot \text{руб}, \text{СТБанка_15, Банка_55})$

Это можно скрыть
2.5. Поиск максимального объема краски (оптимальный план) $\text{Макс_Об} := \text{max}(\text{Об})$
 $\begin{pmatrix} N_{15} \\ N_{55} \end{pmatrix} := \text{match}(\text{Макс_Об}, \text{Об})_0 = \begin{pmatrix} 6 \\ 15 \end{pmatrix}$
 $\text{Макс_Об} = 914 \text{ л} \quad \text{СТ}_{N_{15}, N_{55}} = 13952 \text{ руб} \quad \text{Деньги} - \text{СТ}_{N_{15}, N_{55}} = 47 \text{ руб}$
2.6. Поиск максимальной стоимости краски (оптимальный план 2) $\text{Макс_Ст} := \text{max}(\text{Ст})$
 $\begin{pmatrix} N_{15} \\ N_{55} \end{pmatrix} := \text{match}(\text{Макс_Ст}, \text{Ст})_0 = \begin{pmatrix} 37 \\ 6 \end{pmatrix} \quad \text{Макс_Ст} = 13989 \text{ руб}$

Рис. 2. Задача о краске — решение в среде Mathcad

Встроенная в Mathcad функция `match` всегда возвращает составной массив — вектор, элементы которого — новые векторы с двумя компонентами. Число элементов первого "внешнего" вектора зависит от того, сколько в анализируемой матрице (у нас это матрицы `Об` и `Ст`) элементов равны заданному значению (`Макс_Об` и `Макс_Ст`). В нашем случае таких элементов оказалось по одному, но функция `match` и в этом случае вернула составной массив, из которого ответ (нужный вектор) пришлось изымать оператором `■0`.

Так Mathcad сэкономил мне 175 тысяч хоть и старых, но все-таки рублей. Деньги не такие уж большие, но если присовокупить к ним новый компьютерный этюд в книгу, новую тему лекции и новую лабораторную работу по информатике, а также гонорар за эту книгу, то игра стоила свеч.

Вернувшись из Тамбова домой в Москву, я в спокойной обстановке у своего родного компьютера еще раз проанализировал задачу. И вот что получилось.

Во-первых, заставить процедуру поиска решений Excel правильно "разъяснить" задачу о краске можно было, изменив начальные установки. А для этого нужно было не полениться и нажать кнопку **Параметры** в диалоговом окне **Поиск решения**. В новом диалоговом окне **Параметры поиска решения** достаточно было допустимое отклонение уменьшить с 5 до 1%. После этого правильное решение было бы найдено. Честно говоря, в Excel плоха не процедура поиска решений, а ее начальные установки. Очень мало пользователей Excel, прибегающих к ее услугам, нажимают кнопку **Параметры**. Тот же, кто разбирается в сути установок оптимизации, как правило, с Excel не работает. Отсюда и недоразумения.

В табл. 4.2 представлен полный анализ оптимальных решений.

Таблица 4.2. Полный анализ оптимальных решений

Характеристика	Варианты решения			
	2/16	6/15	13/13	37/6
Вариант расфасовки (число маленьких барабанов/число больших барабанов)				
Объем краски (л)	910	915	910	885
Остаток невыбранных денег (руб.)	186 000	47 000	12 000	11 000

Во-вторых, когда я показал эту таблицу в отделе снабжения МЭИ, то мне было сказано, что самый оптимальный вариант и для меня (мне важны деньги), и для МЭИ (ему нужна краска) четвертый: у "Тамбовэнерго" были бы выбраны почти все деньги, а 885 литров краски, как это ни кажется странным, больше, чем 910 и 915. Дело в том, что при крупной расфасовке много краски теряется из-за переливов в меньшую тару. 15-литровый барабан можно взять в ремонтируемую аудиторию и там полностью использовать.

Задача о краске, опубликованная в предыдущем издании книги, имела интересное продолжение. Один читатель написал, что он тоже подправил Excel, перешел на перебор и получил большую премию за экономию средств на производстве (штамповка пластмассовой посуды).

Решение задачи о краске в среде Mathcad с подгруженным пакетом расширения SOEP (его мы уже описали на примере рис. 4.26) дано следующий результат — рис. 3 (оптимизация по объему краски) и рис. 4 (оптимизация по стоимости краски и по сочетанию стоимости — объем).

```

TotalMoney := 14000
Barel_15_Price := 24    Barel_55_Price := 30    Paint_Price := 14.60
Volume_15 := 15    Volume_55 := 55
Volume(Barel_15,Barel_55) := Volume_15·Barel_15 + Volume_55·Barel_55
Price(Barel_15,Barel_55) := Paint_Price·Volume(Barel_15,Barel_55) ...
    + Barel_15·Barel_15_Price ...
    + Barel_55·Barel_55_Price

Total(Barel_15,Barel_55) := ⎛⎝ Price(Barel_15,Barel_55) ⎞⎟
    ⎛⎝ Volume(Barel_15,Barel_55) ⎞⎟

Barel_15 := 1    Barel_55 := 1
Given  Barel_15 ≥ 0
    Barel_55 ≥ 0
    Price(Barel_15,Barel_55) ≤ TotalMoney
⎛⎝ Barel_15 ⎞⎟ := Maximize(Price,Barel_15,Barel_55,"II") = ⎛⎝ 37 ⎞⎟
⎛⎝ Barel_55 ⎞⎟ = ⎛⎝ 6 ⎞⎟
Price(Barel_15,Barel_55) = 13989    Volume(Barel_15,Barel_55) = 885

```

Рис. 3. Целочисленное решение задачи о краске в среде Mathcad (вариант 1)

```

Barel_15 := 1      Barel_55 := 1
Given Barel_15 ≥ 0
      Barel_55 ≥ 0
      Price(Barel_15,Barel_55) ≤ TotalMoney

$$\begin{pmatrix} \text{Barel\_15} \\ \text{Barel\_55} \end{pmatrix} := \text{Maximize}(\text{Volume}, \text{Barel\_15}, \text{Barel\_55}, "II") = \begin{pmatrix} 6 \\ 15 \end{pmatrix}$$

Price(Barel_15,Barel_55) = 13953      Volume(Barel_15,Barel_55) = 915
Given Barel_15 ≥ 0
      Barel_55 ≥ 0
      Price(Barel_15,Barel_55) ≤ TotalMoney

$$\begin{pmatrix} \text{Barel\_15} \\ \text{Barel\_55} \end{pmatrix} := \text{Maximize}(\text{Total}, \text{Barel\_15}, \text{Barel\_55}, "II") = \begin{pmatrix} 13 \\ 13 \end{pmatrix}$$

Price(Barel_15,Barel_55) = 13988      Volume(Barel_15,Barel_55) = 910

```

Рис. 4. Целочисленное решение задачи о краске в среде Mathcad (вариант 2 и 3; продолжение рис. 3)

Неверное решение задачи получается не только из-за плохих методик или дефектных программных средств, но и из-за того, что пользователь сам толком не знает, чего он хочет. Все программы решения задачи линейного программирования требуют четкого формулирования одной-единственной целевой функции. При решении учебных задач цель ясна. А что является целью в жизни? Но это уже не математика, а философия...