

Пример решения транспортной задачи с помощью MS Excel

Транспортная задача является классической задачей исследования операций. Множество задач распределения ресурсов сводится именно к этой задаче.

В хозяйстве имеются пять складов минеральных удобрений и четыре пункта, куда их необходимо доставить. Потребность каждого пункта в минеральных удобрениях различна, и запасы на каждом складе ограничены. Требуется определить, с какого склада, в какой пункт поставлять, сколько минеральных удобрений для минимизации грузооборота перевозок.

Имеются следующие исходные данные.

Наличие минеральных удобрений на складах.

Склады	Наличие удобрений, т.
Склад №1	200
Склад №2	190
Склад №3	220
Склад №4	145
Склад №5	280

Потребность в минеральных удобрениях на различных пунктах.

Пункты	Потребность в удобрениях, т.
1 пункт	200
2 пункт	150
3 пункт	220
4 пункт	330

Расстояния между складами и пунктами доставки.

	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 3	Пункт 4
Склад №1	6	4	5	11
Склад №2	12	6	4	9
Склад №3	15	7	10	4
Склад №4	9	5	12	5
Склад №5	3	7	12	11

На пересечении столбца конкретного пункта доставки со строкой склада находится информация о расстояниях между этим пунктом доставки и складом. Например, расстояние между 3 пунктом и складом №3 равно 10 километрам.

Для решения задачи подготовим необходимые таблицы. (рис. 1)

	A	B	C	D	E	F
2		<i>Потребители -></i>	1 пункт	2 пункт	3 пункт	4 пункт
3	Поставщики					
4	Склад №1	4	1	1	1	1
5	Склад №2	4	1	1	1	1
6	Склад №3	4	1	1	1	1
7	Склад №4	4	1	1	1	1
8	Склад №5	4	1	1	1	1
9		<i>Факт -></i>	5	5	5	5

Рис.1 Изменяемые ячейки.

Значения ячеек по столбцу **B** с четвертой по восьмую строку определяются суммированием данных ячеек соответствующих строк начиная со столбца **C** до столбца **F**.

Например, значение ячейки **B4=СУММ(C4:F4)**

Значения ячеек по 9 строке по столбцам от **C** до **F** определяются суммированием данных ячеек соответствующих столбцов с 4 по 8 строки.

Например, значение ячейки **C9=СУММ(C4:C8)**

Каждое значение в ячейках на пересечении столбца конкретного пункта доставки и строки склада означает количество тонн, поставляемых с этого склада в данный пункт потребления. В нижней строке (строка 9) суммируется общее количество минеральных удобрений, поставляемых в определенный пункт доставки, а во втором столбце (столбец **B**) суммируется количество доставленного с конкретного склада минеральных удобрений.

Теперь, используя исходные данные, введем на этом же листе требуемые объемы поставок и расстояния между складами и пунктами доставки.

	A	B	C	D	E	F
10		Запросы ->	200	150	220	330
11	Склад №1	200	6	4	5	11
12	Склад №2	190	12	6	4	9
13	Склад №3	220	15	7	10	4
14	Склад №4	145	9	5	12	5
15	Склад №5	280	3	7	12	11
16	Всего	157	45	29	43	40

Рис.2 Исходная информация.

В строке 16 по столбцам **C-F** определим грузооборот по каждому пункту доставки. К примеру для 1 пункта (ячейка **C16**) это рассчитывается с помощью формулы

$$C16=C4*C11+C5*C12+C6*C13+C7*C14+C8*C15$$

либо можно использовать функцию СУММПРОИЗВ

$$C16=СУММПРОИЗВ(C4:C8;C11:C15)$$

В ячейке **C4** находится количество минеральных удобрений, перевозимых со склада №1 в 1 пункт доставки, а в ячейке **C11** - расстояние от склада №1 до 1 пункта доставки. Соответственно первое слагаемое в формуле означает полный грузооборот по данному маршруту. Вся же формула вычисляет полный грузооборот перевозок минеральных удобрений в 1 пункт доставки.

В ячейке **B16** по формуле **=СУММ(C16:F16)** будет вычисляться общий объем грузооборота минеральных удобрений.

Таким образом, информация на рабочем листе примет следующий вид (рис. 3)

C18		fx =B16				
	A	B	C	D	E	F
1	Оптимизация транспортных потоков					
2		Потребители ->	1 пункт	2 пункт	3 пункт	4 пункт
3	Поставщики					
4	Склад №1	4	1	1	1	1
5	Склад №2	4	1	1	1	1
6	Склад №3	4	1	1	1	1
7	Склад №4	4	1	1	1	1
8	Склад №5	4	1	1	1	1
9		Факт ->	5	5	5	5
10		Запросы ->	200	150	220	330
11	Склад №1	200	6	4	5	11
12	Склад №2	190	12	6	4	9
13	Склад №3	220	15	7	10	4
14	Склад №4	145	9	5	12	5
15	Склад №5	280	3	7	12	11
16	Всего	157	45	29	43	40
17						
18	Грузооборот		157	т.-км.		

Рис. 3. Рабочий лист, подготовленный для решения транспортной задачи

Для решения транспортной задачи воспользуемся процедурой **Поиск решения**, которая находится в меню **Сервис**.

После выбора данной команды появится диалоговое окно (рис. 4).

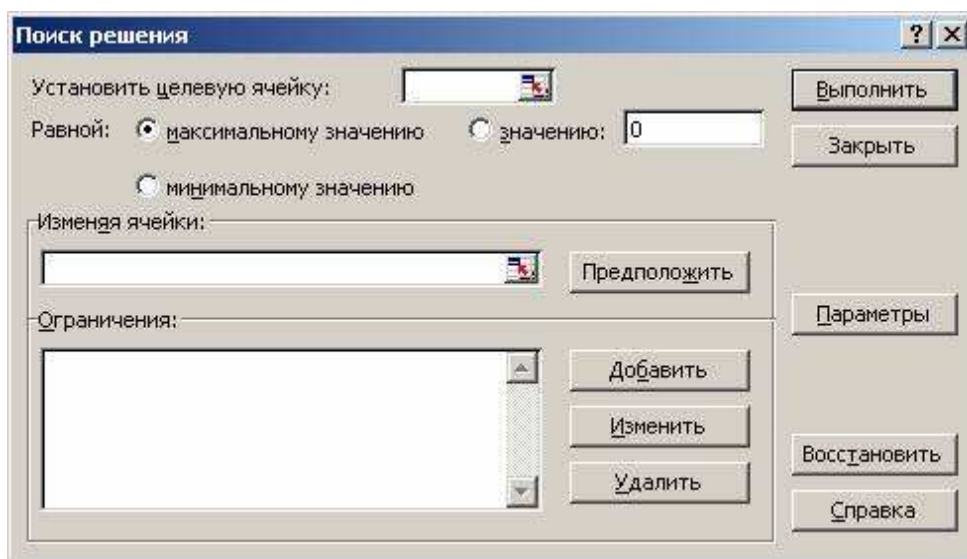


Рис. 4. Диалоговое окно **Поиск решения**

Поскольку в качестве критерия оптимизации нами выбрана минимизация грузооборота, в поле **Установить целевую ячейку** введите ссылку на ячейку, содержащую формулу расчета общего объема грузооборота минеральных удобрений. В нашем случае это ячейка **\$B\$16**. Чтобы минимизировать значение конечной ячейки путем изменения значений влияющих ячеек (влияющими, в данном случае это и изменяемые ячейки, являются ячейки, которые предназначены для хранения значений искомым неизвестных), переключатель установите в положение **минимальному значению**;

В поле **Изменяя ячейки** введите ссылки на изменяемые ячейки, разделяя их запятыми; либо, если ячейки находятся рядом, указывая первую и последнюю ячейку, разделяя их двоеточием (**\$C\$4:\$F\$8**). Это означает, что для достижения минимального грузооборота перевозок будут меняться значения в ячейках с C4 по F8, то есть будут изменяться количество груза, перевезенного по конкретному маршруту.

Если сейчас запустить процесс подбора параметров, то будет найден вариант, где все переменные равны нулю. И это правильно - если не перевозить ничего, то это самый дешевый вариант. Но нам необходимо перевезти минеральные удобрения, поэтому надо наложить некоторые ограничения для поиска решения.

В группе полей **Ограничения** нажмите кнопку **Добавить**. Появится диалог **Добавление ограничения** (рис. 5)

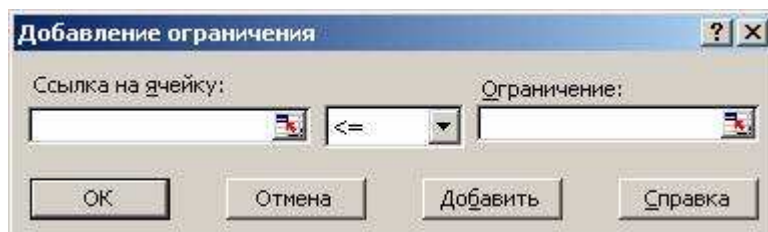


Рис. 5. Диалоговое окно **Добавление ограничения**

Следует ввести левую часть ограничения в левое поле, выбрать знак условия, накладываемого на значение и ввести правую часть ограничения. Как и в других случаях, можно не вводить ссылки на ячейки, а выделить мышью эти ячейки. После ввода одного ограничения следует нажать кнопку **Добавить** и ввести следующее. По окончании ввода всех ограничений нажмите на кнопку **ОК**. В диалоге появятся строки введенных ограничений (рис. 6)

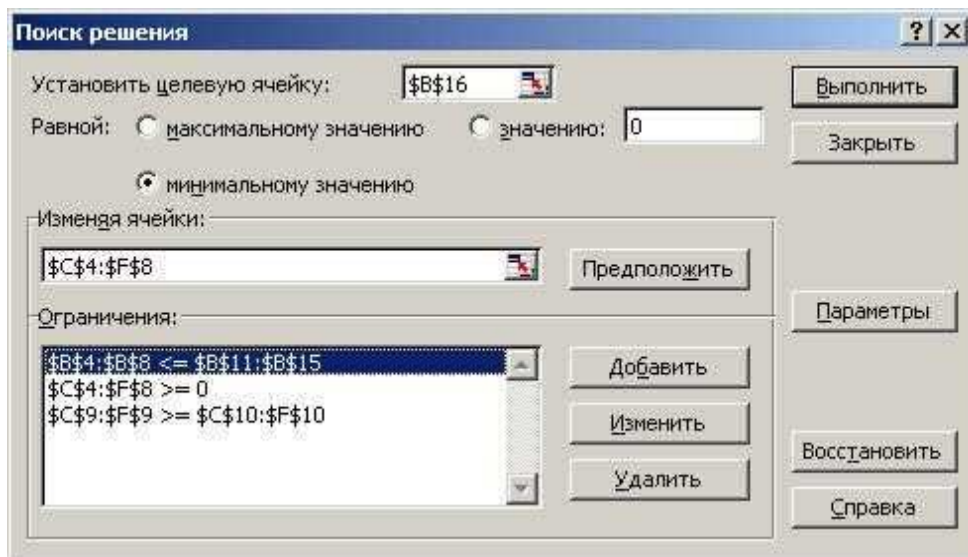


Рис. 6. Диалоговое окно **Поиск решения** с заполненными полями

Для изменения и удаления ограничений в списке **Ограничения** диалогового окна **Поиск решения** укажите ограничение, которое требуется изменить или удалить. Выберите команду **Изменить** и внесите изменения либо нажмите кнопку **Удалить**.

Рассмотрим более подробно условия, которые следует наложить на значения в некоторых ячейках для правильного решения задачи.

Первое условие **\$B\$4:\$B\$8 <= \$B\$11:\$B\$15**. Оно означает, что значение в ячейке **B4** должно быть меньше или равно значению в **B11**, в **B5** меньше или равно, чем в **B12**, и так далее до **B8** и **B15**.

В ячейках с **B4** по **B8** на листе находятся объемы поставок с конкретных складов. В ячейках с **B11** по **B15** - запасы на этих же складах. Так как невозможно вывести со склада больше, чем на нем есть, первое значение должно быть не больше второго.

Второе условие **\$C\$4:\$F\$8 >= 0**. Оно означает, что объем перевозок не может быть отрицательным, то есть, если на складе не хватает минеральных удобрений, их не везут с пункта доставки, на который эти минеральные удобрения были завезены ранее. Грузопоток имеет только одно направление - от складов к пунктам доставки удобрений.

И, наконец, третье, и последнее условие **\$C\$9:\$F\$9 >= \$C\$10:\$F\$10**. Оно означает, что значения в ячейках девятой строки должны быть больше или равны значениям в ячейках десятой строки, то есть запросы пунктов доставки минеральных удобрений должны быть выполнены полностью. Перевыполнение объема поставок допустимо, а невыполнение - нет.

Введенные условия должны позволить найти наиболее оптимальный вариант решения задачи. Нажмите кнопку **Выполнить** для подбора решения.

После нахождения решения появляется диалог **Результаты поиска решения** (рис. 7)

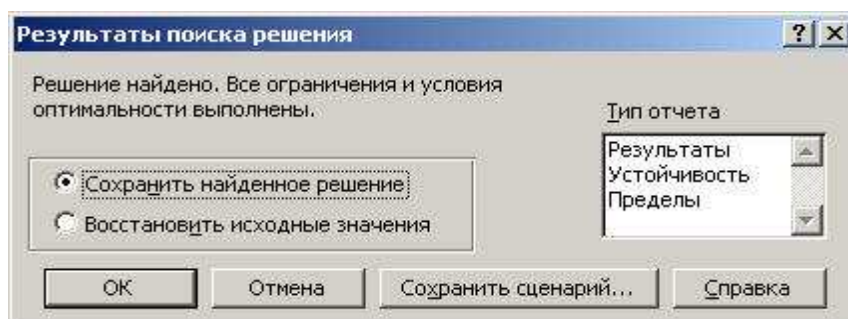


Рис. 7. Диалоговое окно **Результаты поиска решения**

Нажав кнопку **ОК**, вы занесете вариант решения на рабочий лист (рис. 7).

C18		fx =B16				
	A	B	C	D	E	F
1	Оптимизация транспортных потоков					
2	<i>Потребители -></i>		1 пункт	2 пункт	3 пункт	4 пункт
3	Поставщики					
4	Склад №1	180	0	150	30	0
5	Склад №2	190	0	0	190	0
6	Склад №3	220	0	0	0	220
7	Склад №4	110	0	0	0	110
8	Склад №5	200	200	0	0	0
9	<i>Факт -></i>		200	150	220	330
10	<i>Запросы -></i>		200	150	220	330
11	Склад №1	200	6	4	5	11
12	Склад №2	190	12	6	4	9
13	Склад №3	220	15	7	10	4
14	Склад №4	145	9	5	12	5
15	Склад №5	280	3	7	12	11
16	Всего	3540	600	600	910	1430
17						
18	Грузооборот		3540	т.-км.		

Рис. 7. Решенная транспортная задача

Минимальный грузооборот перевозок при соблюдении всех условий равен 3540 т.-км.