МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Кафедра морского нефтегазового дела

Оптимизация поставок цементного раствора на участки управления буровых работ

Методические указания к выполнению расчетно-графической работе по дисциплине «Основы нефтегазового дела» для обучающихся по специальности 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства и по направлению 21.03.01 Нефтегазовое дело очной и заочной формы обучения

Мурманск
2019

Составители – Коротаев Борис Александрович, доцент кафедры морского нефтегазового дела,
Коротаев Александр Борисович, старший преподаватель кафедры морского нефтегазового дела.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой морского нефтегазового дела 17 января 2019 г., протокол №5/18.

Рецензент – Васёха Михаил Викторович, доктор технических наук, директор Института арктических технологий МГТУ.

Электронное издание подготовлено в авторской редакции

Мурманский государственный технический университет
183010, Мурманск, ул. Спортивная д. 13 тел. (8152) 25-40-72
Уч.-изд. л. 1,125. Заказ 2544

Оглавление

Введение 3
Транспортная задача. Задача целочисленного линейного программирования. 4
Пример расчета.. 6
1. Ввод исходных данных и ограничений 6
2. Поиск решения 7
3. Вывод результатов расчета в виде графика 8
Варианты заданий 9
Список литературы 16

Введение

История зарождения целочисленного линейного программирования (ЛП):

1924-1925 г. – начало становления основ ЛП, как решение задач оптимизации экономики;

1936 г. – первая публикация по решению задачи Леонтьева В.В;

1938 г. – Л.В. Канторович практически применил ЛП к техническим задачам;

1939 г. – Л.В. Канторович «Математические методы организации планирования производства»

1951 г. – Дж. Данциг разработал симплекс метод; появился сам термин ЛП.

1964-1965 г. – практическое применение в СССР ЛП к техническим народно-хозяйственным задачам.

Цель работы не только научиться уметь составлять задачи линейного программирования по исходным данным, но и научиться пользоваться средствами Excel для поиска оптимального решения.

Транспортная задача. Задача целочисленного линейного программирования.

Условие задачи:

Необходимо на участки УБР (1,2,3,4), с трех цементных заводов (A,B,C) завезти цементный раствор в соответствии с потребностями участков УБР. Стоимость перевозки одной цистерны с раствором за 1км. пути составляет 0.1руб. Расстояния от заводов до участков УБР приведены в таблице 2.

Потребности соответствующими участками количества цистерн с цементным раствором составляют 22, 35, 25, 41. Наличие цистерн на заводах (A,B,C) соответственно составляет 30, 40,53.

Требуется с минимальными затратами на перевозку удовлетворить потребности УБР. В таблице 1 приведен результат решения данной задачи в Excel.

Таблице 1

Результат решения транспортной задачи

X_{a1}	X_{a2}	X_{a3}	X_{a4}	X_{b1}	X_{b2}	X_{b3}	X_{b4}	X_{c1}	X_{c2}	X_{c3}	X_{c4}	Cost	1
22	0	8	0	0	0	0	40	0	35	17	1	3890	2
													3
30		40		53									4
													5
													6
22		35		25		41							7
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	

Пояснения к задаче:

X_{ij} - количество цистерн доставляемого цементного раствора с i-го завода на j-ый буровой участок УБР; i=a,b,c.

A7 - потребность количества цистерн с цементом 1-ым участком УБР

$$(A2+E2+I2) = 22 \quad (1.0)$$

C7 - потребность количества цистерн с цементом 2-ым участком УБР

$$(B2+F2+J2) = 35 \quad (1.1)$$

E7 - потребность количества цистерн с цементом 3-им участком УБР

$$(C2+G2+K2) = 25 \quad (1.2)$$

G7-потребность количества цистерн с цементом 4-ым участком УБР

$$(D2+H2+L2) = 41 \quad (1.3)$$

A4 -наличие цистерн на заводе A

$$(A2+B2+C2+D2) = 30 \quad (1.4)$$

C4 -наличие цистерн на заводе B

$$(E2 +-F2+G2+H2) = 40 \quad (1.5)$$

E4 -наличие цистерн на заводе C

$$(I2+J2+K2+L2)=53 \quad (1.6)$$

A2-L2 - начальные значения X_{ij} (0)

M2-ввод формулы для целевой функции:

23*A2+27*B2....32*L2

Таблица 2

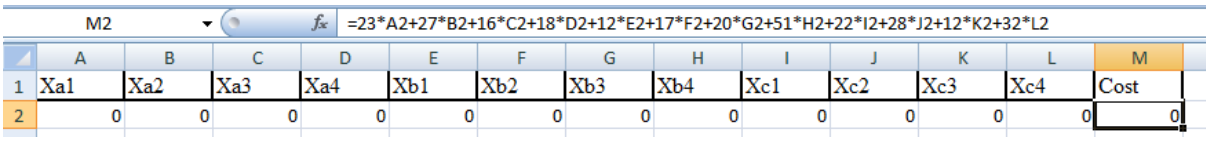
Расстояние от заводов до участков УБР

Заводы	Расстояния до участков УБР, км			
	1 уч.УБР	2 уч.УБР	3 уч.УБР	4 уч.УБР
A	230	270	160	180
B	120	170	200	510
C	220	280	120	320

Пример расчета.

Приведем последовательность решения этой задачи в Excel.

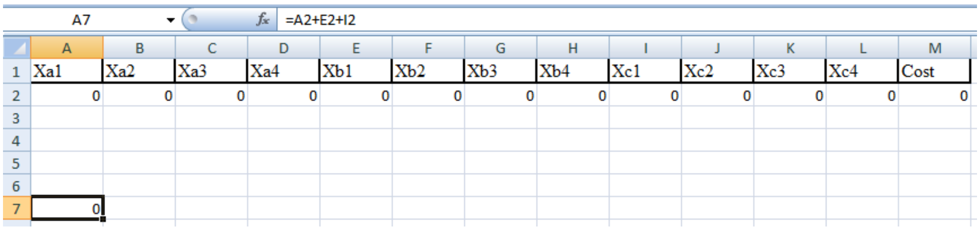
1. Ввод исходных данных и ограничений



M2 fx =23*A2+27*B2+16*C2+18*D2+12*E2+17*F2+20*G2+51*H2+22*I2+28*J2+12*K2+32*L2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

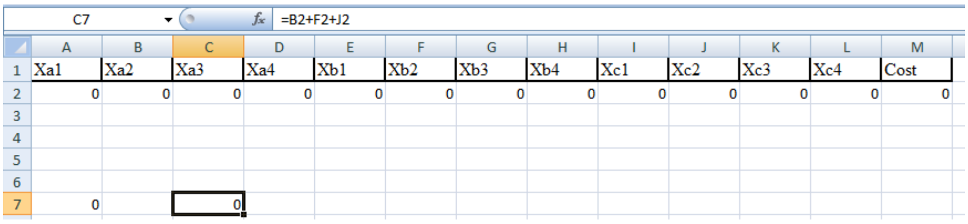
Заполняем форму, и в ячейку M2 осуществляем ввод целевой функции. Ввод формулы и математического выражения в соответствующую выделенную ячейку осуществляется через командную строку fx=...... . Завершаем ввод-Enter.



A7 fx =A2+E2+I2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3													
4													
5													
6													
7	0												

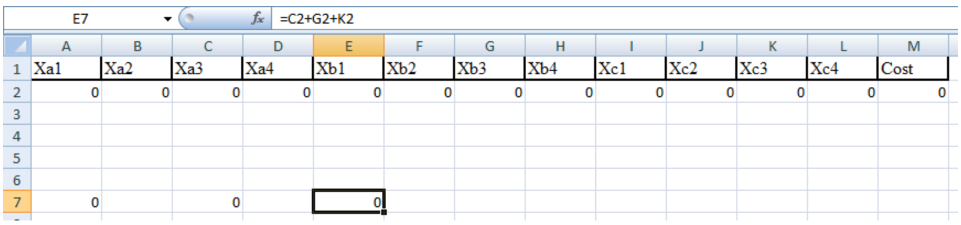
В ячейку A7 вводим левую часть уравнения ограничения. (2.0)



C7 fx =B2+F2+J2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3													
4													
5													
6													
7	0		0										

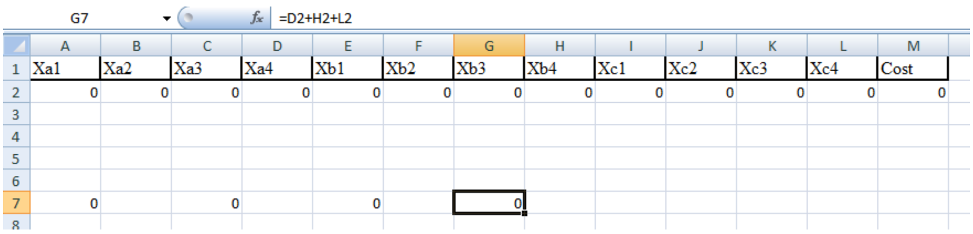
В ячейку C7 вводим левую часть уравнения ограничения. (2.1)



E7 fx =C2+G2+K2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3													
4													
5													
6													
7	0		0		0								

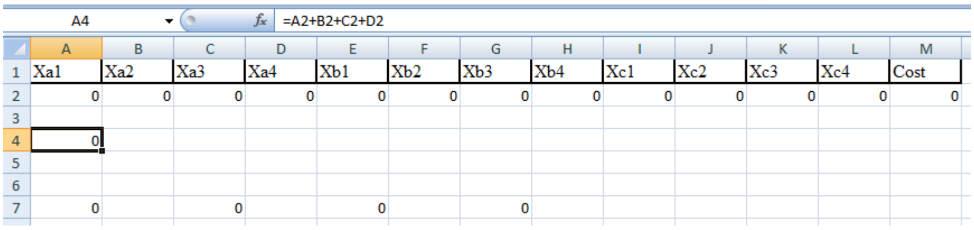
В ячейку E7 вводим левую часть уравнения ограничения. (2.2)



G7 fx =D2+H2+L2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3													
4													
5													
6													
7	0		0		0		0						

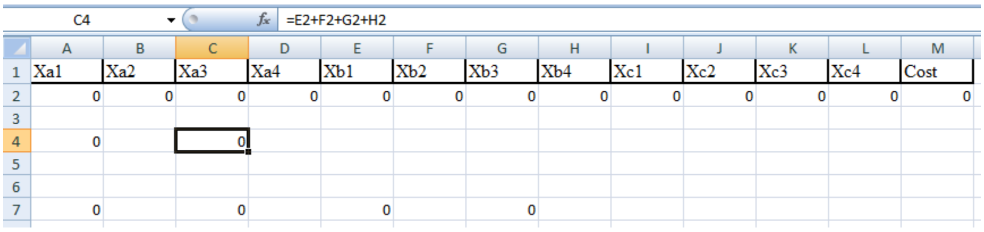
В ячейку G7 вводим левую часть уравнения ограничения. (2.3)



A4 =A2+B2+C2+D2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3													
4	0												
5													
6													
7	0		0		0		0						

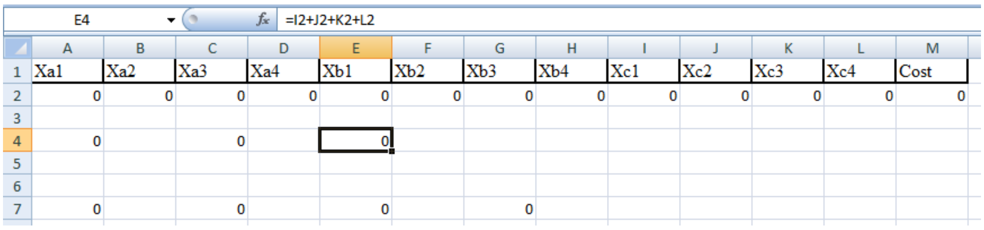
В ячейку A4 вводим левую часть уравнения ограничения. (2.4)



C4 =E2+F2+G2+H2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3													
4	0		0										
5													
6													
7	0		0		0		0						

В ячейку C4 вводим левую часть уравнения ограничения. (2.5)



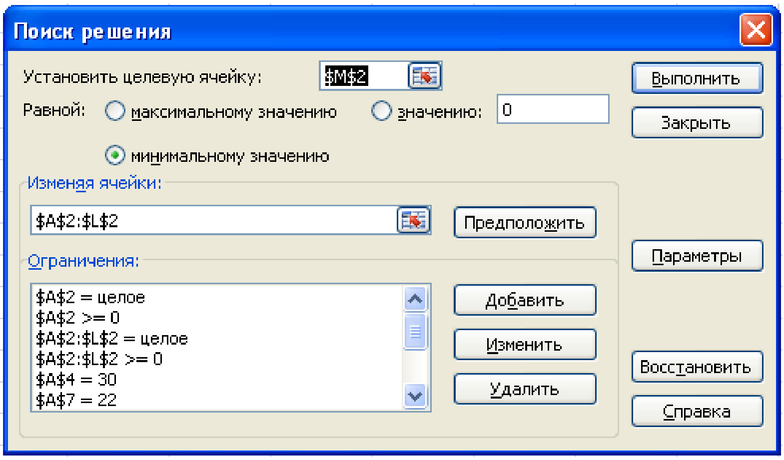
E4 =I2+J2+K2+L2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	Cost
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3													
4	0		0		0								
5													
6													
7	0		0		0		0						

В ячейку E4 вводим левую часть уравнения ограничения. (2.6)

2. Поиск решения

Далее в меню *Анализ* входим в подменю *Поиск решения* и заполняем окно *Поиска решения*.



Ограничения вводятся следующим образом:

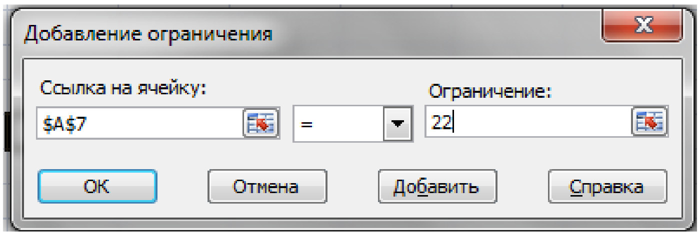
- в окне *Поиска решения* входим в *Добавить*;

- в окне *Добавление ограничения* ставим курсор в окно *Ссылка на ячейку*;

- мышкой выделяем ячейку A7;

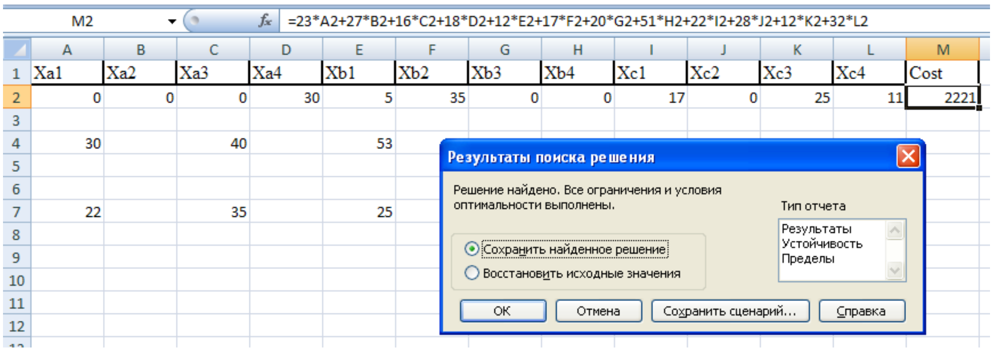
- выбираем знак ограничения;

- в окне *Ограничения* вводим правую часть уравнения (1.0), т. е. 22.



Таким же образом уже в этом окне через *Добавить* и все остальные ограничения. После ввода ограничений через *ОК* возвращаемся в окно *Поиска решения* и даем команду *Выполнить*.

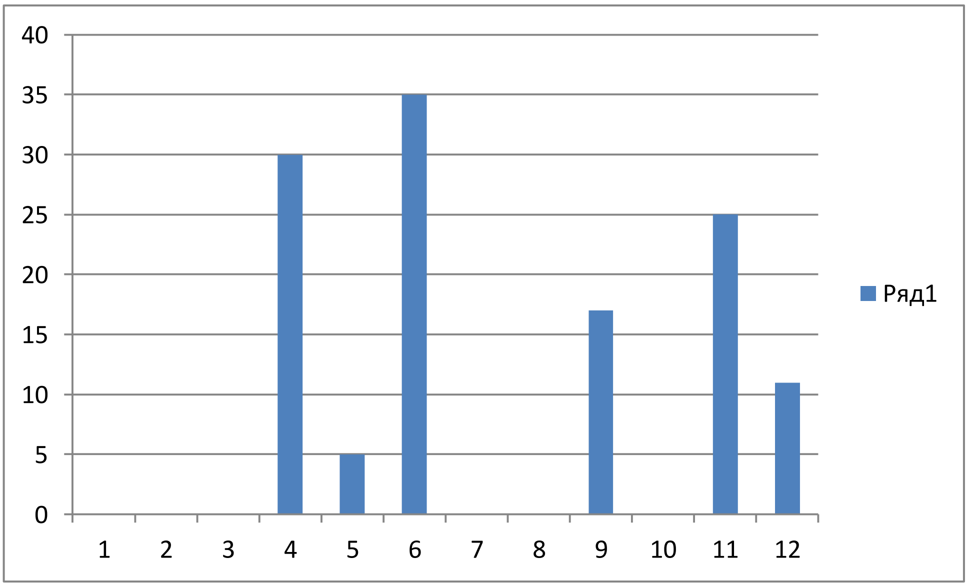
Результат поиска решения представлен текущим окном.



3. Вывод результатов расчета в виде графика

Построение графика начинаем следующим образом.

В меню *Вставка* входим в подменю *Гистограмма*.



Варианты заданий

Варианты	A	B	C	УБР1	$УБР2$	$УБР3$	$УБР4$
№ 1	20	40	40	25	50	10	15
№ 2	20	60	20	10	15	25	50
№ 3	40	30	30	30	20	25	25
№ 4	30	20	50	40	10	30	20
№ 5	40	40	20	30	30	30	10
№ 6	50	20	30	10	10	10	70
№ 7	60	20	20	20	25	15	40
№ 8	70	10	20	20	15	25	40
№ 9	80	10	10	10	10	40	40
№ 10	90	5	5	45	5	25	25
№ 11	10	20	70	45	10	5	40
№ 12	20	20	80	5	15	10	70
№ 13	30	20	50	20	20	20	40
№ 14	30	15	55	70	10	10	10
№ 15	20	25	55	10	70	10	10

Метод Лагранжа

Решение задачи условной оптимизации в Excel производится путем преобразовании задачи условной оптимизации в задачу безусловной оптимизации. Преобразование производится следующим образом.

$$F = f(x_j) \to max$$

$$g_i(x_j) \le b_i$$

$$d_j \le x_j \le D_j$$

$$i = \overline{1,m};\ j=\overline{1,n}$$

1. Необходимо преобразовать ограничения неравенства в равенство:

$$V_i\left(x_j\right) = g_i\left(x_j\right) - b_i$$

$$i = \overline{1,m};\ j=\overline{1,n}$$

2. Записать ограничения в виде:

$$V_i(x_j) = 0$$

$i = \overline{1,m};$ j=$\overline{1,n}$

3. Тогда система уравнений и ограничений примет вид:

$$F = f(x_j) \to max$$

$$V_i(x_j) = 0$$

$i = \overline{1,m};$ j=$\overline{1,n}$

4. Полученную систему представим в виде функции Лагранжа

$$L(x_j, \lambda_i) = f(x_j) - \sum_{i=1}^{m} \lambda_i V_i(x_j) \to max$$

$i = \overline{1,m};$ j=$\overline{1,n}$

5. Определяем частные производные и составляем систему уравнений:

$$\frac{\partial L(x_j, \lambda_i)}{\partial x_j} = 0$$

$$\frac{\partial L(x_j, \lambda_i)}{\partial \lambda_i} = 0$$

$i = \overline{1,m};$ j=$\overline{1,n}$

6. Решая систему уравнений определяем λ_i

7. Подставляем полученные значения λ_i в пункт 4.

Решение примера.

$$F(x_1, x_2) = x_1 + x_2 \to min$$

$$x_1^2 + x_2^2 = 1$$

1. Запишем систему в форме:

$$F(x_1, x_2) = x_1 + x_2 \to min$$

$$x_1^2 + x_2^2 - 1 = 0$$

2. Составим функцию Лагранжа:

$$L(x_j, \lambda_1) = x_1 + x_2 - \frac{1}{2x_1}(x_1^2 + x_2^2 - 1) \to min$$

$$j = 1{,}2;\, i = 1$$

3. Возьмем частные производные от функции Лагранжа:

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = 1 - \lambda_1 \cdot 2x_1 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2} = 1 - \lambda_1 \cdot 2x_2 = 0$$

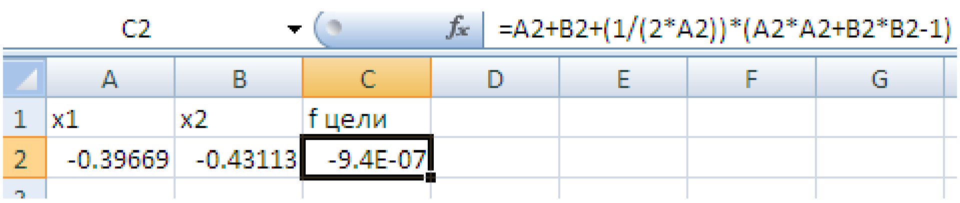
$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = -(x_1^2 + x_2^2 - 1) = 0$$

4. Решим систему и найдем $\lambda_1 = \dfrac{1}{2x_1}$

5. Найденное значение λ_1 подставим в исходную систему:

$$L(x_j, \lambda_1) = x_1^2 + x_2^2 - \frac{1}{2x_1}(x_1^2 + x_2^2 - 1) \to min$$

6. Минимум функции формально находим средствами Excel.



Принцип наименьшего времени Ферма:

Постановка задачи: Необходимо в кратчайшее время достичь точки Б из точки А при известных маршрутах и скоростях рис.1.

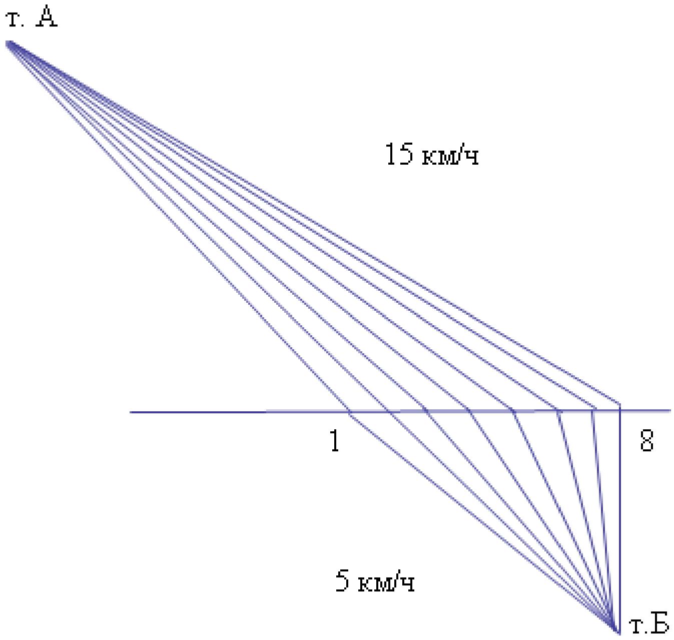


Рис.1. Схема постановки задачи

В следующей таблице приведены исходные данные для расчета.

№ пути	Расстояние по суше	Расстояние по воде
1	6.5	5.3
2	7	5
3	7.5	4.5
4	8	4
5	8.5	3.8
6	9	3.7
7	9.4	3.6
8	9.8	3.5

Решение данной задачи может быть представлено следующим графиком рис.2.

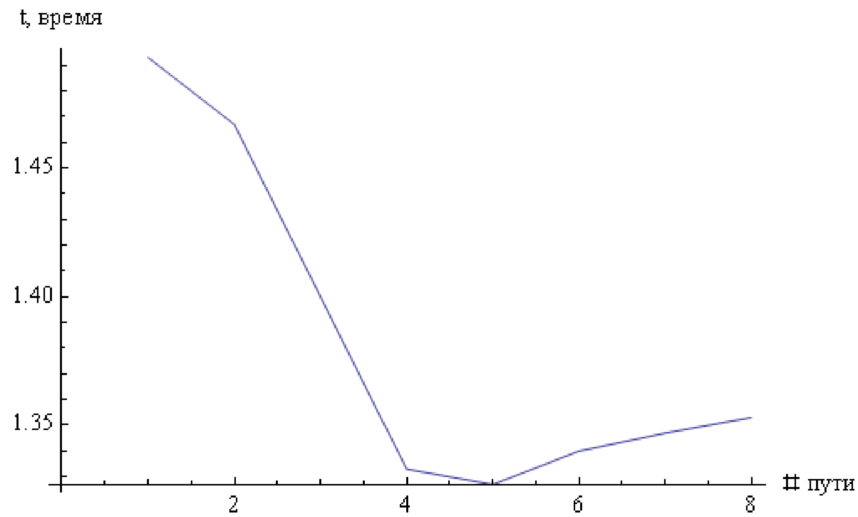


Рис.2. Решение задачи в зависимости от выбранного маршрута.

Минимальное время продвижения из точки А в точку Б будет при пятом маршруте

В более сложном случае может наблюдаться два минимума. Приведем пример постановки задачи рис.3.

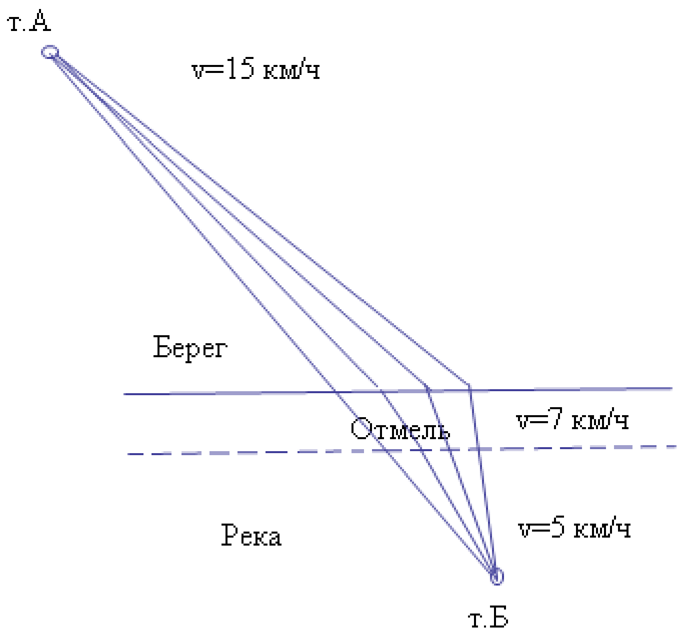


Рис.3 Пример постановки усложненной задачи

Решение данной задачи приведено на рис.4.

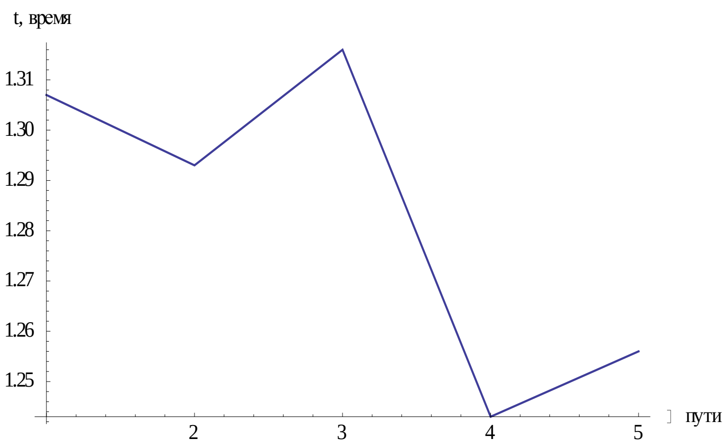


Рис.4. Решение задачи, достижение минимального времени при четвертом маршруте

Примеры составления задач.

№ пути, зад. №2	Расстояние по суше	Расстояние по воде
1	6.1	4.8
2	7.2	5.2
3	7.7	5
4	8	4
5	8.9	3.7
6	9.5	3.6
7	10	3.5

8	10.5	3.4

№ пути, зад. №3	Расстояние по суше	Расстояние по воде
1	6.5	4.8
2	7.6	5.2
3	8.1	5
4	8.4	4
5	9.3	3.7
6	9.5	3.6
7	10	3.5
8	10.5	3.4

При выполнеии данного задания сначала при помощи линейки и карандаша составьте схему продвижения из т. А в т.Б и при помощи той же линейки измерьте условные расстояния. Варианты скоростей зааданы в таблице. Линейные размеры измеренные в мм переведите в условные м. Скорость в задании задана в м/с.

Варианты заданий:

Вариант	Скорость по суше	Скорость по отмели
1	12	3
2	13	4
3	11	5
4	16	6
5	14	4
6	13	3
7	15	2
8	21	4
9	20	3
10	18	6
11	19	7
12	15	2

Список литературы

Список литературы

1. Горчаков, А.А. Компьютерные экономико-математические модели/ А.А. Горчаков, И. В Орлова. - М.: ЮНИТИ, 1995 - 357.

2. Карандаев И.С. Решение двойственных задач в оптимальном планировании. - М.: Статистика, 1976 - 87 с.

3. Численные методы: учебное пособие / А. С. Котюргина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 84 стр.