МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА»

Направление подготовки	21.03.01 Нефтегазовое дело	
Направленность (профиль)	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки	
Год начала обучения	2026	
Форма обучения	очная	очно-заочная
Реализуется в семестре	_____	____6____

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1.

Обработка и оценка результатов корреляционного анализа исследовательских данных.

Лабораторная работа №2.

Обработка и оценка результатов регрессионного анализа исследовательских данных.

Лабораторная работа №3. Использование надстройки «Поиск решения» для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Лабораторная работа №4. Обоснование плана интенсификации прироста скважинной добычи нефти.

Лабораторная работа №5. Применение надстройки Solver (Поиск решения) для решения транспортной задачи.

Лабораторная работа №6. Применение надстройки Solver (Поиск решения) для решения транспортной задачи открытого типа.

Лабораторная работа № 7. Сбалансированная задача о назначениях.

Лабораторная работа № 8. Применение надстройки Solver (Поиск решения) для решения несбалансированной задачи о назначениях.

Лабораторная работа №1. Обработка и оценка результатов корреляционного анализа исследовательских данных.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для проведения корреляционного анализа исследовательских данных.

Краткое изложение основных теоретических и методических аспектов работы.

Параметрический корреляционный анализ.

Одна из наиболее распространенных задач статистического исследования состоит в изучении связи между выборками (наборами числовых данных каких-либо величин). Обычно связь между выборками носит не функциональный, а вероятностный (или стохастический) характер. В этом случае нет строгой, однозначной зависимости между величинами. При изучении стохастических зависимостей различают *корреляцию* и *регрессию*.

Корреляционный анализ состоит в определении степени связи между двумя случайными величинами X и Y. В качестве меры такой связи используется коэффициент корреляции. Коэффициент корреляции оценивается по выборке объема n связанных пар наблюдений (x_i, y_i) из совместной генеральной совокупности X и Y. Существует несколько типов коэффициентов корреляции, применение которых зависит от измерения (способа шкалирования) величин X и Y.

Для оценки степени взаимосвязи величин X и Y, измеренных в количественных шкалах, используется коэффициент линейной корреляции (коэффициент Пирсона), предполагающий, что выборки X и Y распределены по нормальному закону.

Линейный коэффициент корреляции – параметр, который характеризует степень линейной взаимосвязи между двумя выборками, рассчитывается по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})\cdot(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где x_i – значения, принимаемые в выборке X,

y_i – значения, принимаемые в выборке Y;

$\bar{x}$ – средняя по X,

$\bar{y}$ – средняя по Y.

Коэффициент корреляции изменяется от –1 до 1. Когда при расчете получается величина большая +1 или меньшая –1 – следовательно, произошла ошибка в вычислениях. При значении 0 линейной зависимости между двумя выборками нет.

Знак коэффициента корреляции очень важен для интерпретации полученной связи (таблица 1). Если знак коэффициента линейной корреляции «+», то связь между коррелирующими признаками такова, что большей величине одного признака (переменной) соответствует большая величина другого признака (другой переменной). Иными словами, если один показатель (переменная) увеличивается, то соответственно увеличивается и другой показатель (переменная). Такая зависимость носит название прямо пропорциональной зависимости. Если же получен знак «–», то большей величине одного признака соответствует меньшая величина другого. Иначе говоря, при наличии знака минус, увеличению одной переменной (признака, значения) соответствует уменьшение другой переменной. Такая зависимость носит название обратно пропорциональной зависимости.

Таблица 1 – Теснота связи и величина коэффициента корреляции

Коэффициент корреляции r_{xy}	**Теснота связи**
(0,91 … 1,00)	очень сильная
(0,81… 0,90)	весьма сильная
(0,65… 0,80)	сильная
(0,45… 0,64)	умеренная

(0,25… 0,44)	слабая
до (0,25)	очень слабая
«+» – прямая зависимость, «–» – обратная зависимость.	

***t*-статистика Стьюдента.**

Для того чтобы оценить наличие связи между двумя переменными, также можно использовать *t*-статистику Стьюдента, которая оценивает отношение величины линейного коэффициента корреляции к среднему квадратическому отклонению и рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{расч}} = \frac{r_{xy} \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}}, \qquad (2)$$

где n – число наблюдений.

Полученную величину $t_{расч}$ сравнивают с табличным значением $t_{табл}$ критерия Стьюдента (см. Приложение 1) с n – 2 степенями свободы. Если $t_{расч} > t_{табл}$, то практически невероятно, что найденное значение обусловлено только случайными совпадениями величин X и Y в выборке из генеральной совокупности, т.е. существует зависимость между X и Y. И наоборот, если $t_{расч} < t_{табл}$, то величины X и Y независимы.

Контрольные вопросы.

1. В чем цель корреляционного анализа?
2. Что такое коэффициент корреляции?
3. Для чего используется t-статистика Стьюдента?

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.
2. Сохранить новую книгу MS Word.
3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. Определить коэффициент корреляции между себестоимостью добычи 1 т нефти по группе месторождений и глубинами залегания продуктивных горизонтов, при следующих исходных данных (сделать выводы).

В книге MS Excel:

– в первой вкладке: выполнить пример выполнения задания;

– во второй вкладке: выполнить задание своего варианта.

<u>Пример выполнения задания.</u>

Определить коэффициент корреляции между производительность труда буровой бригады и средним стажем работы рабочих в бригаде, при следующих исходных данных (сделать выводы).

Таблица 2 – Исходные данные

Год	**Производительность труда буровой бригады, м/бригаду в год**	**Средний стаж работы рабочих в бригаде, годы**
2010	10 650	2,5
2011	11 200	3,5
2012	12 050	4,0
2013	13 500	5,0
2014	14 900	5,5
2015	13 100	5,0
2016	14 200	5,5
2017	16 300	6,5
2018	17 500	7,5
2019	18 200	8,0

Ход выполнения:

1. Открываем новую книгу MS Excel и создаем таблицу (см. рисунок 1).

	A	B	C	D	E	F
1	**Год**	**Производительность труда буровой бригады, м/бригаду в год**	**Средний стаж работы рабочих в бригаде, годы**			
2	2010	10 650	2,5			
3	2011	11 200	3,5			
4	2012	12 050	4			
5	2013	13 500	5			
6	2014	14 900	5,5			
7	2015	13 100	5			
8	2016	14 200	5,5			
9	2017	16 300	6,5			
10	2018	17 500	7,5			
11	2019	18 200	8			
12						
13	**Коэффициент корреляции**					
14	**t-статистика Стьюдента**					
15	**Коэффициенты уравнения регрессии**			**a**	**b**	
16						
17	**Уравнение регрессии**					
18						

Рисунок 1 – Исходные данные для исследования связей между двумя переменными

2. Рассчитываем в ячейке C13 коэффициент корреляции, используя функцию КОРРЕЛ из категории Статистические.

Синтаксис функции: КОРРЕЛ (<массив 1>;<массив 2>),

где <массив 1> – ссылка на диапазон ячеек первой выборки (*X*);

<массив 2> – ссылка на диапазон ячеек второй выборки (*Y*).

В рассматриваемом примере формула будет иметь вид: =КОРРЕЛ(B2:B11;C2:C11) – см. рисунок 2.

	A	B	C	D	E	F
1	**Год**	**Производительность труда буровой бригады, м/бригаду в год**	**Средний стаж работы рабочих в бригаде, годы**			
2	2010	10 650	2,5			
3	2011	11 200	3,5			
4	2012	12 050	4			
5	2013	13 500	5			
6	2014	14 900	5,5			
7	2015	13 100	5			
8	2016	14 200	5,5			
9	2017	16 300	6,5			
10	2018	17 500	7,5			
11	2019	18 200	8			
12						
13	**Коэффициент корреляции**		**=КОРРЕЛ(B2:B11;C2:C11)**			
14	**t-статистика Стьюдента**					
15	**Коэффициенты уравнения регрессии**			**a**	**b**	
16						
17	**Уравнение регрессии**					
18						

Рисунок 2 – Вычисление коэффициента корреляции

3. Полученные результаты позволяют сделать вывод о тесноте связи между производительностью труда буровой бригады и средним стажем работы рабочих в бригаде.

После ввода формулы получаем в ячейке С13 значение коэффициента корреляции равное 0,99. По таблице 1 делаем вывод, что связь между переменными очень сильная, т.е. имеет место линейная зависимость (прямая пропорциональность).

4. Оценим значимость коэффициента корреляции. С этой целью рассмотрим две гипотезы. Основную H_0: $r_{xy} = 0$ и альтернативную H_1: $r_{xy} \neq 0$. Для проверки гипотезы H_0 рассчитаем в ячейке С14 коэффициент корреляции по формуле (2). В рассматриваемом примере число степеней свободы $\nu = n - 2 = 10 - 2 = 8$ и формула будет следующей:

=С13*КОРЕНЬ(10-2)/КОРЕНЬ(1-(С13*С13)).

После ввода формулы получаем в ячейке С13 *t*-статистику Стьюдента ($t_{расч}$) равную 18,56 (см. рисунок 3).

C14 | =С13*КОРЕНЬ(10-2)/КОРЕНЬ(1-(С13*С13))

	A	B	C	D	E	F
1	**Год**	**Производительность труда буровой бригады, м/бригаду в год**	**Средний стаж работы рабочих в бригаде, годы**			
2	2010	10 650	2,5			
3	2011	11 200	3,5			
4	2012	12 050	4			
5	2013	13 500	5			
6	2014	14 900	5,5			
7	2015	13 100	5			
8	2016	14 200	5,5			
9	2017	16 300	6,5			
10	2018	17 500	7,5			
11	2019	18 200	8			
12						
13	**Коэффициент корреляции**		**0,99**			
14	**t-статистика Стьюдента**		**18,56**			
15	**Коэффициенты уравнения регрессии**			**a**	**b**	
16						
17	**Уравнение регрессии**					
18						
19	**Доверительная вероятность (α)**			**0,01**		
20	**Число степеней свободы (n)**			**8**		
21	**Табличное значение t-статистики**			**3,355**		
22						

Рисунок 3 – Вычисление *t*-статистики Стьюдента ($t_{расч}$)

5. Сравним полученное значение с критическим значением $t_{\nu,\alpha,табл}$ распределения Стьюдента (при $\nu = 8$ и доверительной вероятности $\alpha = 0{,}01$,

$t_{v,\alpha,табл}$ = 3,355). $t_{v,\alpha,табл}$ можно найти либо в специальной таблице (приложение 1), либо воспользовавшись встроенной статистической функцией СТЬЮДРАСПОБР(вероятность;степени_свободы). В рассматриваемом примере это будет формула: =СТЬЮДРАСПОБР(D19;D20).

6. Таким образом, можно сделать вывод о наличии связи между исследуемыми величинами – так как $t_{расч} > t_{v,\alpha,табл}$ (18,56 > 3,355), то между переменными существует зависимость и найденный коэффициент корреляции значим.

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения задания по вариантам

Номер месторождения	**Себестоимость добычи 1 т нефти (по отношению к себестоимости по месторождению №1, доли единицы)**	**Глубина залегания продуктивного горизонта, км**
Вариант 1		
1	1,00	2,4
2	1,10	2,8
3	1,07	2,7
4	1,02	2,5
5	1,09	2,8
6	1,06	2,6
7	1,07	2,7
8	1,04	2,5
9	1,09	2,8
10	1,10	2,9
Вариант 2		
1	1,01	2,5
2	1,11	2,91
3	1,08	2,81
4	1,03	2,6
5	1,1	2,91
6	1,07	2,7
7	1,08	2,81
8	1,05	2,6
9	1,1	2,91
10	1,11	3,02
Вариант 3		
1	1,02	2,52
2	1,12	2,94
3	1,09	2,84

4	1,04	2,63
5	1,11	2,94
6	1,08	2,73
7	1,09	2,84
8	1,06	2,63
9	1,11	2,94
10	1,12	3,05
Вариант 4		
1	1,03	2,54
2	1,13	2,97
3	1,1	2,86
4	1,05	2,65
5	1,12	2,97
6	1,09	2,76
7	1,1	2,86
8	1,07	2,65
9	1,12	2,97
10	1,13	3,07
Вариант 5		
1	1,04	2,57
2	1,14	3
3	1,11	2,89
4	1,06	2,68
5	1,13	3
6	1,1	2,78
7	1,11	2,89
8	1,08	2,68
9	1,13	3
10	1,14	3,1
Вариант 6		
1	1,05	2,59
2	1,16	3,02
3	1,12	2,92
4	1,07	2,7
5	1,14	3,02
6	1,11	2,81
7	1,12	2,92
8	1,09	2,7
9	1,14	3,02
10	1,16	3,13
Вариант 7		
1	1,06	2,62
2	1,17	3,05

3	1,13	2,94
4	1,08	2,73
5	1,16	3,05
6	1,12	2,83
7	1,13	2,94
8	1,1	2,73
9	1,16	3,05
10	1,17	3,16
Вариант 8		
1	1,07	2,64
2	1,18	3,08
3	1,14	2,97
4	1,09	2,75
5	1,17	3,08
6	1,13	2,86
7	1,14	2,97
8	1,11	2,75
9	1,17	3,08
10	1,18	3,19
Вариант 9		
1	1,08	2,66
2	1,19	3,11
3	1,16	3
4	1,1	2,78
5	1,18	3,11
6	1,14	2,89
7	1,16	3
8	1,12	2,78
9	1,18	3,11
10	1,19	3,22
Вариант 10		
1	1,09	2,69
2	1,2	3,14
3	1,17	3,02
4	1,11	2,8
5	1,19	3,14
6	1,16	2,91
7	1,17	3,02
8	1,13	2,8
9	1,19	3,14
10	1,2	3,25
Вариант 11		
1	1,08	2,59

2	1,19	3,02
3	1,16	2,92
4	1,1	2,7
5	1,18	3,02
6	1,14	2,81
7	1,16	2,92
8	1,12	2,7
9	1,18	3,02
10	1,19	3,13
Вариант 12		
1	1,02	2,4
2	1,12	2,8
3	1,09	2,7
4	1,04	2,5
5	1,11	2,8
6	1,08	2,6
7	1,09	2,7
8	1,06	2,5
9	1,11	2,8
10	1,12	2,9
Вариант 13		
1	1,17	2,84
2	1,18	3,08
3	1,14	2,97
4	1,11	2,65
5	1,17	3,08
6	1,13	2,86
7	1,16	2,87
8	1,11	2,75
9	1,17	3,08
10	1,18	3,19
Вариант 14		
1	1,28	2,86
2	1,19	3,11
3	1,16	3
4	1,15	2,92
5	1,18	3,11
6	1,24	2,99
7	1,16	3
8	1,22	2,88
9	1,22	3,21
10	1,19	3,22

Необходимо вычислить коэффициент корреляции. Все действия (в том числе форматирование таблицы) необходимо выполнять, опираясь на пример выполнения задания.

Лабораторная работа №2. Обработка и оценка результатов регрессионного анализа исследовательских данных.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для проведения регрессионного анализа исследовательских данных.

Краткое изложение основных теоретических и методических аспектов работы.

Регрессионный анализ.

Цель регрессионного анализа – определить количественные связи между зависимыми случайными величинами. Одна из этих величин полагается зависимой и называется откликом, другие – независимые, называются факторами. Для установления степени зависимости между откликом и факторами используются вычисляемые величины ковариации и коэффициент корреляции. Если коэффициент корреляции по абсолютной величине близок к единице, то для построения зависимости используется линейная модель. Для других случаев используются более сложные нелинейные модели (например, полиномиальные и экспоненциальные). В данной работе изучим линейную модель.

Уравнение линейной регрессии имеет вид:

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \ldots + a_kX_k, \qquad (1)$$

где $a_1, a_2, \ldots, a_k$ – параметры, подлежащие определению методом наименьших квадратов (МНК).

Обычно находят первые два параметра, которые принято обозначать a и b. В этом случае уравнение линейной регрессии имеет вид $Y = a * X + b$.

Коэффициенты a и b вычисляются следующим образом (формулы 2-3):

$$a = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}, \qquad (2)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}, \qquad (3)$$

где i – номер измерения,

x_i и y_i – значения переменных при i-том измерении,

n – число измерений при моделировании системы.

В среде MS Excel для нахождения модели регрессии (т.е., фактически коэффициентов a и b) можно использовать несколько способов:

– использовать встроенную функцию ЛИНЕЙН;

– графический способ – построение линии тренда на диаграмме с показом уравнения регрессии;

– инструмент Регрессия из Пакета анализа;

– использовать встроенную функцию СУММКВРАЗН и инструмент Поиск решения;

– использовать встроенные функции НАКЛОН (вычисляет коэффициент a) и ОТРЕЗОК (вычисляет коэффициент b).

Контрольные вопросы.

1. В чем цель регрессионного анализа?

2. Опишите уравнение линейной регрессии.

3. Какими способами можно найти модель регрессии в MS Excel? Коротко опишите эти способы.

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.

2. Сохранить новую книгу MS Word.

3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. Рассмотреть первые два из перечисленных способов нахождения модели регрессии (сделать выводы).

В книге MS Excel:

– в первой вкладке: выполнить пример выполнения задания;

– во второй вкладке: выполнить задание своего варианта.

<u>Пример выполнения задания.</u>

Рассмотрим на примере первые два из перечисленных способов нахождения модели регрессии.

Таблица 1 – Исходные данные

Год	**Производительность труда буровой бригады, м/бригаду в год**	**Средний стаж работы рабочих в бригаде, годы**
2012	10 650	2,5
2013	11 200	3,5
2014	12 050	4,0
2015	13 500	5,0
2016	14 900	5,5
2017	13 100	5,0
2018	14 200	5,5
2019	16 300	6,5
2020	17 500	7,5
2021	18 200	8,0

1-й способ. Функция ЛИНЕЙН.

В первом способе для получения коэффициентов, a и b линейного уравнения регрессии $Y = a * X + b$, описывающего зависимость между исследуемыми показателями, воспользуемся статистической функцией ЛИНЕЙН. Для этого выделите две ячейки D16:E16 и выполните вставку функции ЛИНЕЙН с аргументами согласно рисунку 1.

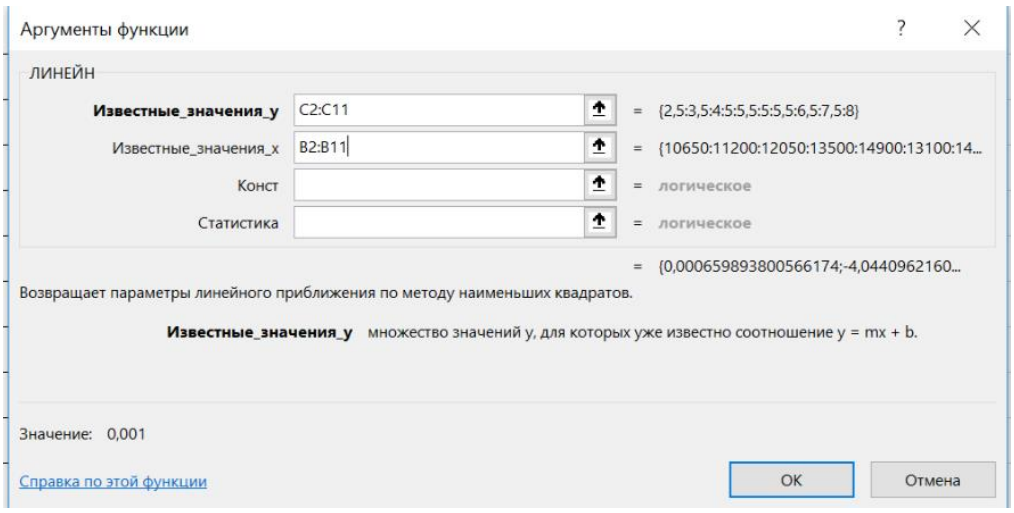


Рисунок 1 – Аргументы функции ЛИНЕЙН

Здесь *«Известные_значения_y»* – диапазон значений *«Средний стаж работы рабочих в бригаде»*, *«Известные_значения_x»* – диапазон значений *«Производительность труда буровой бригады»*. Нажмите комбинацию клавиш SHIFT+CTRL+ENTER.

Получаем следующие значения коэффициентов регрессии – a = 0,001 (ячейка D16), b = -4,044 (ячейка E16). В ячейку C17 введем уравнение $Y = 0{,}001 * X - 4{,}044$, чтобы продемонстрировать уравнение регрессии:

15	**Коэффициенты уравнения регрессии**		**a**	**b**
16			**0,0007**	**-4,0441**
17	**Уравнение регрессии**	**Y=0,0007*X-4,0441**		

Рисунок 2 – Уравнение регрессии

2-й способ (графический). Построение линии тренда.

1. Для получения уравнения регрессии построим корреляционное поле переменных X (Производительность труда буровой бригады) и Y (Средний стаж работы рабочих в бригаде).

2. Выделим диапазон ячеек B2:C11, запустим мастер диаграмм и выберем тип диаграммы – Точечная (в Excel 2007 выберем на панели инструментов «Вставка» кнопку «Точечная» и выберем подтип «Точечная с

маркерами», после этого диаграмма будет создана и помещена на текущий лист, после чего ее можно будет дооформить). Задаем для диаграммы имя – «Корреляционное поле», название оси *X* – «Производительность труда буровой бригады, м/бригаду в год», оси *Y* – «Средний стаж работы рабочих в бригаде, годы» (в Excel 2007 данные действия выполняются на вкладке «Макет» после выделения диаграммы – команды «Название диаграммы» и «Названия осей»). На последнем шаге мастера указываем место расположения – текущий лист.

3. Добавим линию тренда на точечный график (рисунок 3). Для этого необходимо выделить диаграмму и выполнить команду меню «Диаграмма/Добавить линию тренда» (в Excel 2007 на вкладке «Макет» выберите команду «Анализ» и далее «Линия тренда» и «Линейное приближение»), либо выполнить данную команду из контекстного меню «Добавить линию тренда…», щелкнув по любой точке графика правой кнопкой мыши. Линия тренда – графическое представление направления изменения ряда данных.

4. Выбираем тип тренда «Линейный», который используется для аппроксимации данных по методу наименьших квадратов в соответствии с уравнением: $Y = a * X + b$, где a – угол наклона (в радианах) и b – координата пересечения оси абсцисс (оси *Y*).

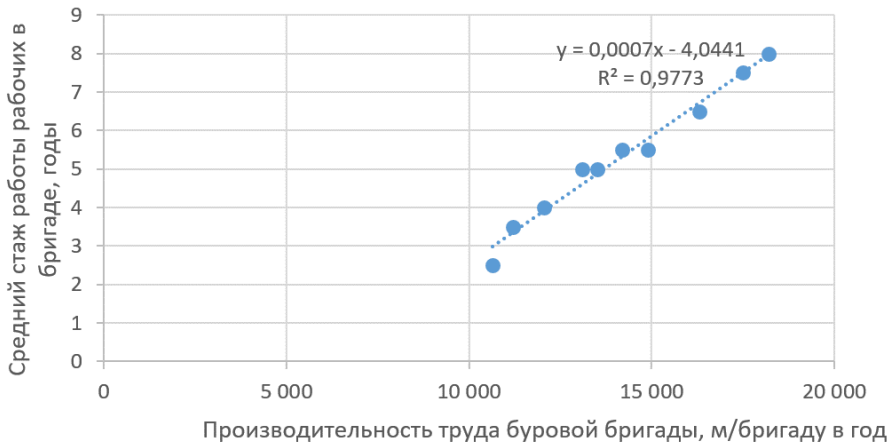


Рисунок 3 – Диаграмма с линией и уравнением тренда

5. На вкладке Параметры устанавливаем флажки «Показать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации R^2». Щелкаем по кнопке ОК. Далее можно отформатировать эти уравнения, выделив их и в контекстном меню выбрав «Формат подписи линии тренда». R^2 – это число от 0 до 1, которое отражает близость линии тренда к фактическим данным. Линия тренда наиболее соответствует действительности, когда значение близко к 1.

6. Сравниваем уравнение регрессии, полученное графическим методом, с уравнением, рассчитанным с помощью функции ЛИНЕЙН. Как видим, эти уравнения одинаковые.

Таблица 2 – Исходные данные для выполнения задания по вариантам

Номер месторождения	**Себестоимость добычи 1 т нефти (по отношению к себестоимости по месторождению №1, доли единицы)**	**Глубина залегания продуктивного горизонта, км**
Вариант 1		
1	1,00	2,4
2	1,10	2,8
3	1,07	2,7
4	1,02	2,5
5	1,09	2,8
6	1,06	2,6
7	1,07	2,7
8	1,04	2,5
9	1,09	2,8
10	1,10	2,9
Вариант 2		
1	1,01	2,5
2	1,11	2,91
3	1,08	2,81
4	1,03	2,6
5	1,1	2,91
6	1,07	2,7
7	1,08	2,81
8	1,05	2,6
9	1,1	2,91
10	1,11	3,02

Вариант 3		
1	1,02	2,52
2	1,12	2,94
3	1,09	2,84
4	1,04	2,63
5	1,11	2,94
6	1,08	2,73
7	1,09	2,84
8	1,06	2,63
9	1,11	2,94
10	1,12	3,05
Вариант 4		
1	1,03	2,54
2	1,13	2,97
3	1,1	2,86
4	1,05	2,65
5	1,12	2,97
6	1,09	2,76
7	1,1	2,86
8	1,07	2,65
9	1,12	2,97
10	1,13	3,07
Вариант 5		
1	1,04	2,57
2	1,14	3
3	1,11	2,89
4	1,06	2,68
5	1,13	3
6	1,1	2,78
7	1,11	2,89
8	1,08	2,68
9	1,13	3
10	1,14	3,1
Вариант 6		
1	1,05	2,59
2	1,16	3,02
3	1,12	2,92
4	1,07	2,7
5	1,14	3,02
6	1,11	2,81
7	1,12	2,92
8	1,09	2,7
9	1,14	3,02

10	1,16	3,13
Вариант 7		
1	1,06	2,62
2	1,17	3,05
3	1,13	2,94
4	1,08	2,73
5	1,16	3,05
6	1,12	2,83
7	1,13	2,94
8	1,1	2,73
9	1,16	3,05
10	1,17	3,16
Вариант 8		
1	1,07	2,64
2	1,18	3,08
3	1,14	2,97
4	1,09	2,75
5	1,17	3,08
6	1,13	2,86
7	1,14	2,97
8	1,11	2,75
9	1,17	3,08
10	1,18	3,19
Вариант 9		
1	1,08	2,66
2	1,19	3,11
3	1,16	3
4	1,1	2,78
5	1,18	3,11
6	1,14	2,89
7	1,16	3
8	1,12	2,78
9	1,18	3,11
10	1,19	3,22
Вариант 10		
1	1,09	2,69
2	1,2	3,14
3	1,17	3,02
4	1,11	2,8
5	1,19	3,14
6	1,16	2,91
7	1,17	3,02
8	1,13	2,8

9	1,19	3,14
10	1,2	3,25
Вариант 11		
1	1,09	2,69
2	1,22	3,14
3	1,17	3,02
4	1,11	2,8
5	1,19	3,14
6	1,16	2,90
7	1,17	3,02
8	1,13	2,8
9	1,19	3,14
10	1,2	3,25
Вариант 12		
1	1,11	2,69
2	1,2	3,14
3	1,17	3,02
4	1,11	2,8
5	1,19	3,14
6	1,16	2,91
7	1,17	3,02
8	1,13	2,8
9	1,19	3,14
10	1,21	3,25
Вариант 13		
1	1,09	2,69
2	1,2	3,14
3	1,17	3,02
4	1,11	2,8
5	1,19	3,14
6	1,17	2,91
7	1,17	3,02
8	1,13	2,8
9	1,19	3,14
10	1,2	3,25
Вариант 14		
1	1,09	2,69
2	1,2	3,14
3	1,17	3,02
4	1,12	2,8
5	1,19	3,15
6	1,16	2,91
7	1,17	3,02

8	1,13	2,8
9	1,19	3,14
10	1,2	3,25
Вариант 15		
1	1,09	2,69
2	1,21	3,14
3	1,17	3,02
4	1,11	2,8
5	1,19	3,15
6	1,16	2,91
7	1,18	3,02
8	1,14	2,8
9	1,19	3,14
10	1,2	3,25

Необходимо рассмотреть первые два из перечисленных способов нахождения модели регрессии. Все действия (в том числе форматирование таблиц) необходимо выполнять, опираясь на образец.

Лабораторная работа №3. Использование надстройки «Поиск решения» для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Краткое изложение основных теоретических и методических аспектов работы.

Оптимизация значений таблицы Excel, удовлетворяющих определённым критериям, может быть сложным процессом. Средством анализа данных Excel является надстройка Solver (Поиск решения). С её помощью можно определить, при каких значениях указанных влияющих ячеек формула в целевой ячейке принимает нужное значение (минимальное, максимальное или равное какой-либо величине). Для процедуры поиска решения можно задать ограничения, причём не обязательно, чтобы при этом использовались те же влияющие ячейки. Для расчёта заданного значения применяются различные математические методы поиска.

Вы можете установить режим, в котором полученные значения переменных автоматически заносятся в таблицу. Кроме того, результаты работы программы могут быть оформлены в виде отчёта.

Надстройка «Поиск решения» используется при решении задач оптимизации, а также для решения уравнений и систем уравнений. Надстройка доступна во всех версиях Excel. Обратите внимание, что скриншоты могут несоответствовать вашей версии. Несмотря на то, что некоторые функции могут менять своё местоположение в зависимости от версии надстройки, функционал остаётся практически неизменным.

Процедура поиска решения позволяет найти оптимальное значение формулы, содержащейся в ячейке, которая называется целевой. Эта процедура работает с группой ячеек, прямо или косвенно связанных с

формулой в целевой ячейке. Чтобы получить по формуле, содержащейся в целевой ячейке, заданный результат, процедура изменяет значения во влияющих ячейках. Чтобы сузить множество значений, используемых в модели, применяются ограничения. Эти ограничения могут ссылаться на другие влияющие ячейки.

Процедуру поиска решения можно использовать для определения значения влияющей ячейки, которое соответствует экстремуму зависимой ячейки, например, можно изменить объём планируемого бюджета и увидеть, как это повлияет на проектируемую сумму расходов.

Размер задачи, которую можно решить с помощью базовой версии программы, ограничивается такими предельными показателями:

– количество неизвестных (decision variable) – 200;

– количество формульных ограничений (explicit constraint) на неизвестные – 100;

– количество предельных условий (simple constraint) на неизвестные – 400.

Надстройка поставляется вместе с Excel, но по умолчанию отключена.

Чтобы включить ее, перейдите по вкладке Файл/Параметры/Надстройки (рисунок 1), в появившемся диалоговом окне выберите надстройки Excel.

В окне устанавливаем галочку напротив поля, жмём Поиск решения (рисунок 2).

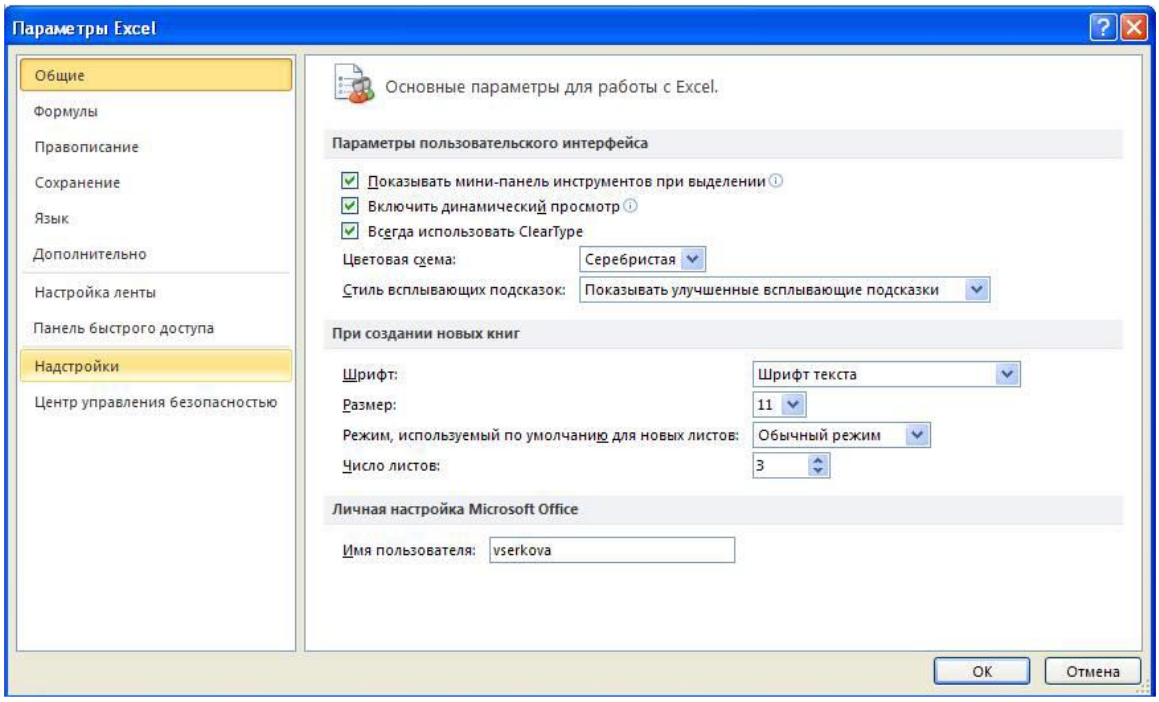


Рисунок 1 – Параметры Excel

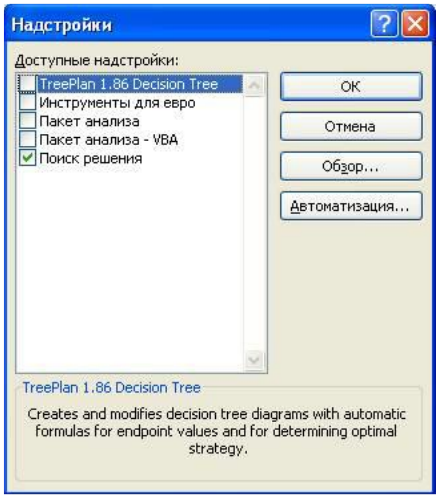


Рисунок 2 – Надстройки

Чтобы открыть окно поиска решения, надо войти в меню Данные, пункт Поиск решения (рисунок 3).

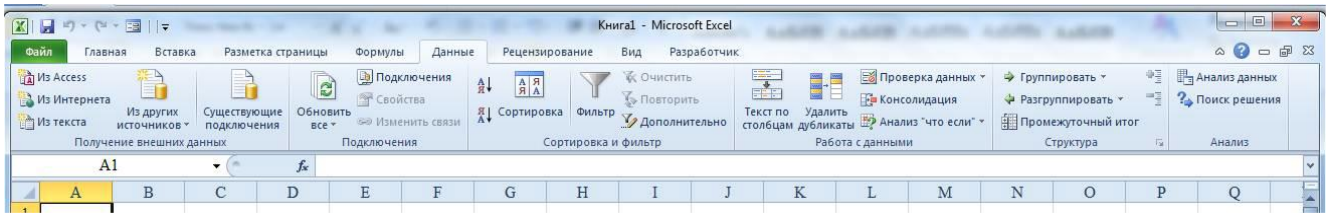


Рисунок 3 –Лента окна Excel

Откроется окно Поиск решения (рисунок 4).

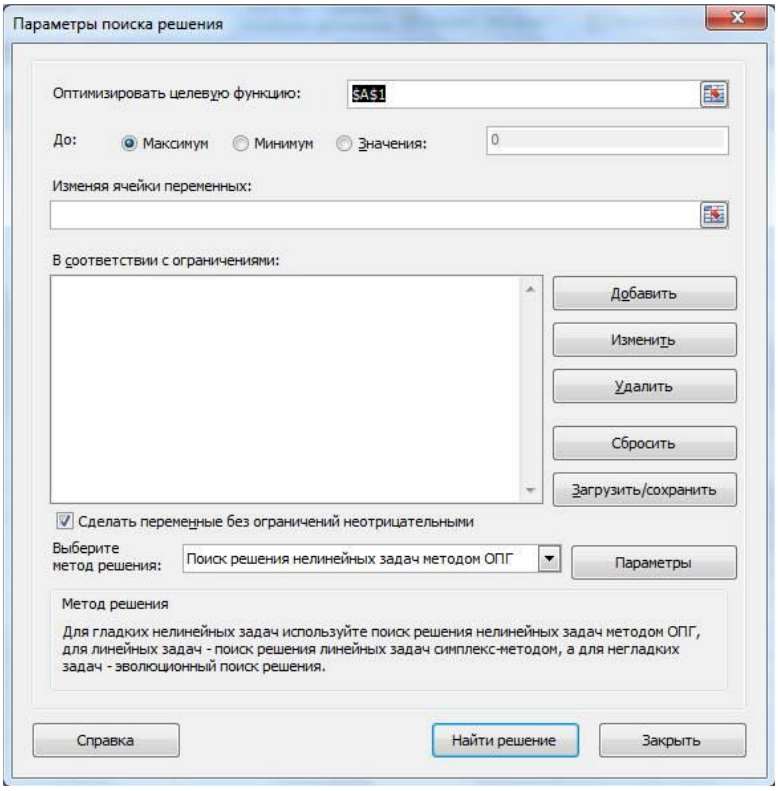


Рисунок 4 – Параметры поиска решения

Контрольные вопросы.

1. Что понимается под экстремумом зависимой ячейки?

2. Какими предельными показателями ограничивается размер задачи, которую можно решить с помощью надстройки «Поиск решения»?

3. Опишите порядок активации надстройки «Поиск решения».

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.

2. Сохранить новую книгу MS Word.

3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. Выполнить задание с использованием модуля «Поиск решения» для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле (сделать выводы).

В книге MS Excel:

– в первой вкладке: выполнить пример;

– во второй вкладке: выполнить задание своего варианта.

Решить задачу линейного программирования, используя модуль «Поиск решения» электронных таблиц Excel. Все действия необходимо выполнять, опираясь на пример.

<u>Пример выполнения задания с использованием модуля «Поиск решения» для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.</u>

Математическая модель задачи:

$$F(x_1, x_2) = 3x_1 + 2x_2 \to \max$$

$$\begin{cases} 4x_1 + 2x_2 \le 80 \\ 2x_1 + 3x_2 \le 60 \\ 0 \cdot x_1 + x_2 \le 15 \end{cases}$$

$$x_1 \ge 0 \quad x_2 \ge 0$$

Требуется найти x_1, x_2.

Далее запишем последовательность действий при использовании модуля «Поиск решения».

1. Введём исходные данные.

Таблица 1 – Исходные данные

	A	B	C	D	E	F
1	Затраты		Запасы		Расход ресурсов	
2	4	2	80			
3	2	3	60			
4	0	1	15			
5	X_1	X_2		Прибыль от единицы продукции		
6					3	2
7	Целевая функция					
8						

2. Ввод формул.

Для расчёта целевой функции в ячейку A8 вводим формулу:

=E6 · A6 + F6 · B6.

Далее вводим формулы ограничения:

в ячейку E2

=A2 · A6 + B2 · B6;

в ячейку E3

=A3 · A6 + B3 · B6;

в ячейку E4

=A4 · A6 + B4 · B6.

3. Использование модуля «Поиск решения».

Входим в меню Сервис и выбираем Поиск решения в версии 2003, а в версии 2010 войти в меню Данные и выбрать Поиск решения.

Открывается окно Поиск решения, его заполняем (рисунок 5).

Целевая ячейка – A8.

Устанавливаем поиск максимального значения целевой ячейки.

Задаём изменяемые ячейки – A6 : B6.

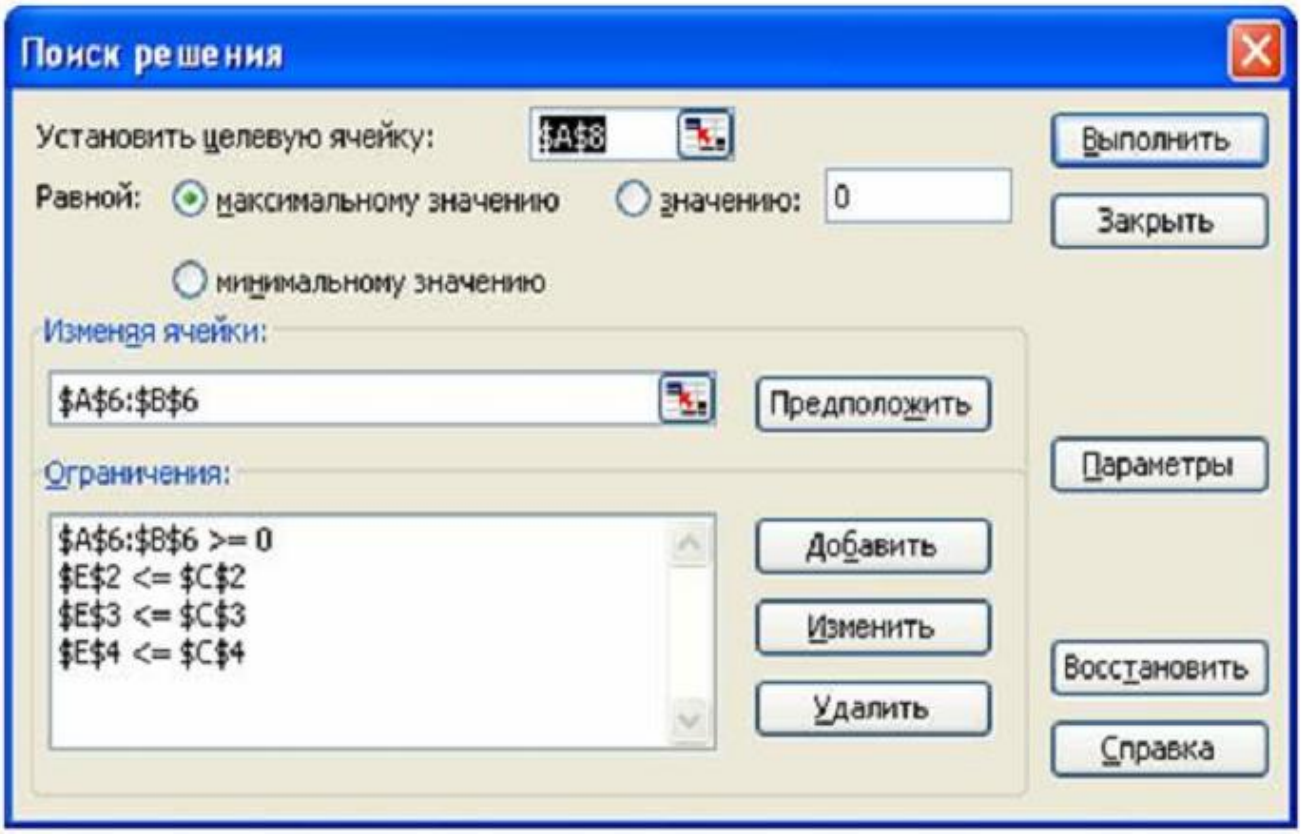


Рисунок 5 – Поиск решения

Вводим систему ограничений, щёлкнем по кнопке Добавить:

Откроется окно ограничений. Вводим по очереди ограничения.

E2 ≤ C2; E3 ≤ C3; E4 ≤ C4; A6; B6 ≥ 0 (рисунок 6).

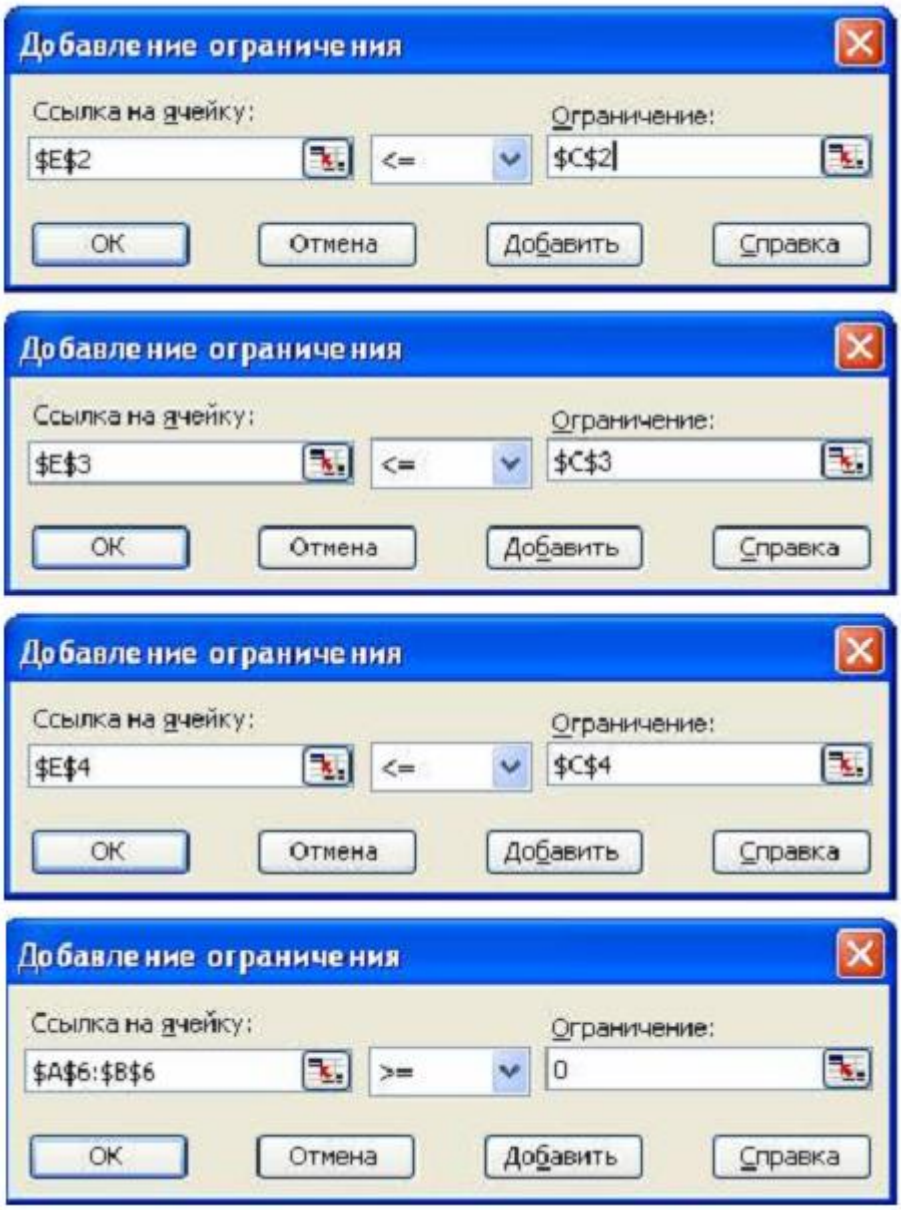


Рисунок 6 – Ограничения

Щёлкнув по кнопке ОК, выйдем из окна ограничений.

В окне Поиск решения щёлкнуть по кнопке Параметры. В окне Параметры поставим флажок напротив надписи Линейная модель. В окне Поиск решения щёлкнуть по кнопке Выполнить. Получаем необходимое максимальное значение целевой функции и изменяемых параметров.

Таблица 2 – Результаты работы.

	A	B	C	D	E	F
1	Затраты		Запасы		Расход ресурсов	
2	4	2	80		80	
3	2	3	60		60	
4	0	1	15		10	
5	X1	X2		Прибыль от единицы продукции		
6	15	10			3	2
7	Целевая функция					
8	65					

Получаем: $x_1 = 15$, $x_2 = 10$, $f_{max} = 65$.

Таблица 3 – Исходные данные

Вариант 1
$z = 6x_1 + 4x_2 \to max$ $\begin{cases} 16x_1 + 4x_2 \le 784 \\ 8x_1 + 7x_2 \le 552 \\ 5x_1 + 9x_2 \le 567 \end{cases}$ $x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$
Вариант 2
$z = 6x_1 + 2x_2 \to \max$ $\begin{cases} 12x_1 + 3x_2 \le 684 \\ 10x_1 + 5x_2 \le 690 \\ 3x_1 + 6x_2 \le 558 \end{cases}$ $x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$
Вариант 3

$$z = 2x_1 + 3x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 8x_1 + 3x_2 \le 864 \\ 7x_1 + 6x_2 \le 864 \\ 4x_1 + 9x_2 \le 945 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$$
Вариант 4
$$z = 5x_1 + 2x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 11x_1 + 3x_2 \le 671 \\ 8x_1 + 4x_2 \le 588 \\ 5x_1 + 3x_2 \le 423 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$$
Вариант 5
$$z = 3x_1 + 2x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 15x_1 + 4x_2 \le 1095 \\ 11x_1 + 5x_2 \le 865 \\ 9x_1 + 10x_2 \le 1080 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$$
Вариант 6
$$z = 3x_1 + 9x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 9x_1 + 5x_2 \le 1431 \\ 7x_1 + 8x_2 \le 1224 \\ 4x_1 + 16x_2 \le 1328 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$$
Вариант 7

$$z = 3x_1 + 9x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 6x_1 + 3x_2 \le 714 \\ 5x_1 + 10x_2 \le 910 \\ 3x_1 + 12x_2 \le 948 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$$
Вариант 8
$$z = 3x_1 + 2x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 9x_1 + 4x_2 \le 801 \\ 6x_1 + 7x_2 \le 807 \\ 3x_1 + 8x_2 \le 768 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0$$
Вариант 9
$$z = 2x_1 + 3x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 3x_1 + 5x_2 \le 453 \\ 4x_1 + 8x_2 \le 616 \\ 3x_1 + 11x_2 \le 627 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$$
Вариант 10
$$z = 7x_1 + 9x_2 \to \max$$ $$\begin{cases} 10x_1 + 9x_2 \le 1870 \\ 5x_1 + 11x_2 \le 1455 \\ 4x_1 + 15x_2 \le 1815 \end{cases}$$ $$x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$$
Вариант 11

$z = 6x_1 + 4x_2 \to max$ $\begin{cases} 16x_1 + 4x_2 \le 784 \\ 8x_1 + 7x_2 \le 552 \\ 5x_1 + 9x_2 \le 567 \end{cases}$ $x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$
Вариант 12
$z = 7x_1 + 9x_2 \to \max$ $\begin{cases} 10x_1 + 9x_2 \le 1870 \\ 5x_1 + 11x_2 \le 1455 \\ 4x_1 + 15x_2 \le 1815 \end{cases}$ $x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$
Вариант 13
$z = 6x_1 + 4x_2 \to max$ $\begin{cases} 16x_1 + 4x_2 \le 784 \\ 8x_1 + 7x_2 \le 552 \\ 5x_1 + 9x_2 \le 567 \end{cases}$ $x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$
Вариант 14
$z = 6x_1 + 2x_2 \to \max$ $\begin{cases} 12x_1 + 3x_2 \le 684 \\ 10x_1 + 5x_2 \le 690 \\ 3x_1 + 6x_2 \le 558 \end{cases}$ $x_1 \ge 0;\ x_2 \ge 0.$

Лабораторная работа №4. Обоснование плана интенсификации прироста скважинной добычи нефти.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Краткое изложение основных теоретических и методических аспектов работы.

Оптимизация значений таблицы Excel, удовлетворяющих определённым критериям, может быть сложным процессом. Средством анализа данных Excel является надстройка Solver (Поиск решения). С её помощью можно определить, при каких значениях указанных влияющих ячеек формула в целевой ячейке принимает нужное значение (минимальное, максимальное или равное какой-либо величине). Для процедуры поиска решения можно задать ограничения, причём не обязательно, чтобы при этом использовались те же влияющие ячейки. Для расчёта заданного значения применяются различные математические методы поиска.

Вы можете установить режим, в котором полученные значения переменных автоматически заносятся в таблицу. Кроме того, результаты работы программы могут быть оформлены в виде отчёта.

Надстройка «Поиск решения» используется при решении задач оптимизации, а также для решения уравнений и систем уравнений. Надстройка доступна во всех версиях Excel. Обратите внимание, что скриншоты могут несоответствовать вашей версии. Несмотря на то, что некоторые функции могут менять своё местоположение в зависимости от версии надстройки, функционал остаётся практически неизменным.

Процедура поиска решения позволяет найти оптимальное значение формулы, содержащейся в ячейке, которая называется целевой. Эта процедура работает с группой ячеек, прямо или косвенно связанных с

формулой в целевой ячейке. Чтобы получить по формуле, содержащейся в целевой ячейке, заданный результат, процедура изменяет значения во влияющих ячейках. Чтобы сузить множество значений, используемых в модели, применяются ограничения. Эти ограничения могут ссылаться на другие влияющие ячейки.

Процедуру поиска решения можно использовать для определения значения влияющей ячейки, которое соответствует экстремуму зависимой ячейки, например, можно изменить объём планируемого бюджета и увидеть, как это повлияет на проектируемую сумму расходов.

Размер задачи, которую можно решить с помощью базовой версии программы, ограничивается такими предельными показателями:

– количество неизвестных (decision variable) – 200;

– количество формульных ограничений (explicit constraint) на неизвестные – 100;

– количество предельных условий (simple constraint) на неизвестные – 400.

Надстройка поставляется вместе с Excel, но по умолчанию отключена.

Чтобы включить ее, перейдите по вкладке Файл/Параметры/Надстройки (рисунок 1), в появившемся диалоговом окне выберите надстройки Excel.

В окне устанавливаем галочку напротив поля, жмём Поиск решения (рисунок 2).

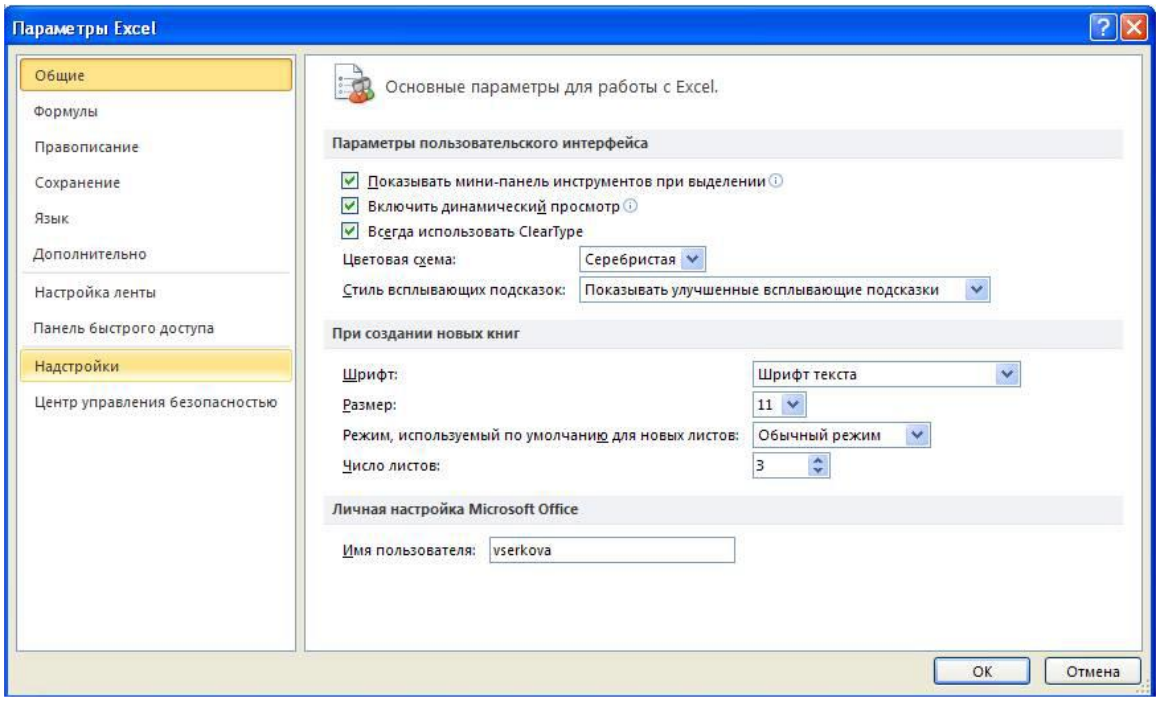


Рисунок 1 – Параметры Excel

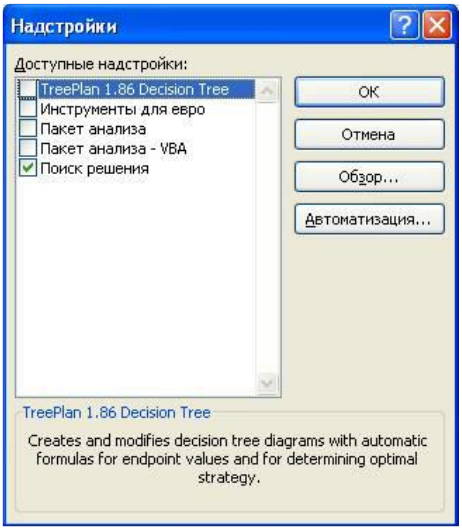


Рисунок 2 – Надстройки

Чтобы открыть окно поиска решения, надо войти в меню Данные, пункт Поиск решения (рисунок 3).

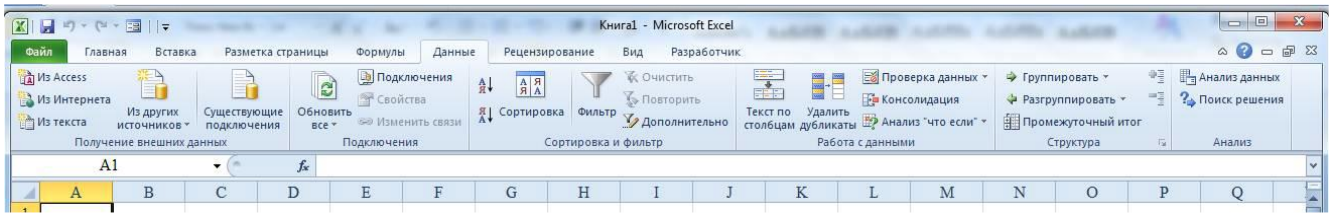


Рисунок 3 – Лента окна Excel

Откроется окно Поиск решения (рисунок 4).

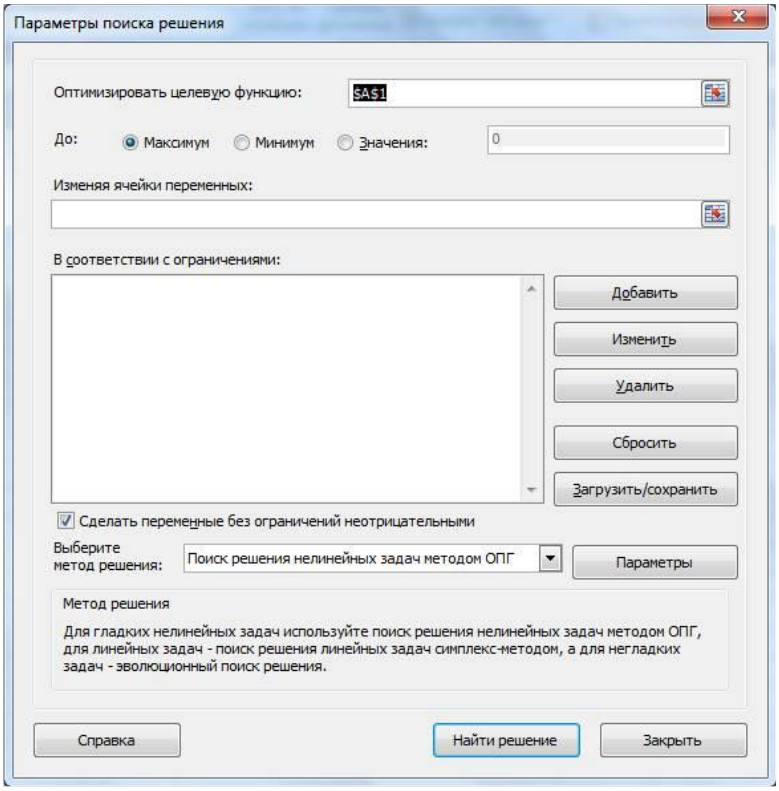


Рисунок 4 – Параметры поиска решения

Контрольные вопросы.

1. Что понимается под экстремумом зависимой ячейки?

2. Какими предельными показателями ограничивается размер задачи, которую можно решить с помощью надстройки «Поиск решения»?

3. Опишите порядок активации надстройки «Поиск решения».

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.

2. Сохранить новую книгу MS Word.

3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. В книге MS Excel выполнить задание своего варианта с использованием модуля «Поиск решения» для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле (сделать выводы).

В НГДУ проводятся различные виды мероприятий по интенсификации добычи, например, обработки призабойных зон скважин (ПЗС): кислотные (КО), глинокислотные (ГКО), соляно-кислотные (СКО) и ванны (СКВ), гидроразрывы пластов (ГРП) и т. д. Для проведения обработок требуются различные виды производственных ресурсов: рабочая сила, оборудование, реагенты и т. д.

Затраты ресурсов различаются в зависимости от вида обработок ПЗС, принятой технологии проведения.

Результатом осуществления мероприятий является прирост добычи нефти, который также различен при разных видах обработок ПЗС.

Задача заключается в определении такого плана проведения мероприятий по интенсификации, который, исходя из рационального использования имеющихся ресурсов, обеспечивает максимальный прирост добычи нефти.

Составим математическую модель задачи.

Обозначим b_1 фонд времени оборудования группы А,

b_2 – фонд времени оборудования группы Б,

b_3 – фонд времени оборудования группы В,

b_4 – трудозатраты бригады рабочих,

b_5 – материалы и реагенты,

i – индекс производственного ресурса,

j – индекс вида обработки ПЗС,

X_1 – количество обработок вида СКО,

X_2 – количество обработок вида КО,

X_3 – количество обработок вида ГКО,

X_4 – количество обработок вида СКВ.

Известны:

b_i – запас i-го производственного ресурса на планируемый период;

a_{ij} – нормы затрат i-го вида ресурса на проведение одной скважинной операции j-го вида обработки ПЗС;

c_j – прирост добычи нефти на одну скважинную операцию при проведении определённого вида обработки.

Таблица 1 – Исходные данные

Виды ресурсов	Фонд ресурсов	Единица измерения	Нормы затрат ресурсов на одну скважинную операцию			
1. Оборудование А	b_1	маш.-смен	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
2. Оборудование Б	b_2	маш.-смен	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}
3. Оборудование В	b_3	маш.-смен	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}
4. Трудозатраты бригад	b_4	чел. час	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}
5. Материалы и реагенты	b_5	тыс. руб.	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}
Прирост добычи на 1 скважинную операцию		тонны	c_1	c_2	c_3	c_4

Математическая модель имеет вид:

$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 \to \max$ – целевая функция.

Система ограничений:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 \le b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 \le b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 \le b_3 \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{44}x_4 \le b_4 \\ a_{51}x_1 + a_{52}x_2 + a_{53}x_3 + a_{54}x_4 \le b_5 \end{cases}$$

$$x_{ij} \ge 0$$

Составить математическую модель для своего варианта и, используя модуль Поиск решения, рассчитать количество операций обработок каждого вида для получения максимального прироста добычи нефти.

Решить задачу линейного программирования, используя модуль «Поиск решения» электронных таблиц Excel. Все действия необходимо выполнять, опираясь на образец, выполненный в лабораторной работе №3.

Таблица 2 – Варианты задания

Вариант	Вид ресурса	Фонд ресурса	Норма затрат ресурсов на одну скважинную операцию по видам				Вариант	Вид ресурса	Фонд ресурса	Норма затрат ресурсов на одну скважинную операцию по видам			
1	1	480	0	1	0	1	2	1	280	0	0	1	1
	2	960	1	0	0	1		2	360	1	1	3	2
	3	1000	2	1	1	1		3	640	1	1	0	2
	4	800	1	1	4	2		4	300	1	2	1	1
	5	300	3	2	1	1		5	580	1	1	2	1
	–	C_j	40	20	30	10		–	C_j	16	18	25	20
3	1	560	0	2	1	0	4	1	840	2	0	3	1
	2	50	1	0	0	1		2	300	0	1	2	2
	3	400	1	1	0	1		3	760	3	0	0	4
	4	690	1	1	1	2		4	560	1	1	1	1
	5	420	3	2	2	1		5	900	2	1	3	1
	–	C_j	20	24	30	20		–	C_j	25	15	35	40
5	1	680	0	1	2	0	6	1	1000	1	0	1	0
	2	600	1	0	0	1		2	460	0	1	1	1
	3	380	1	0	1	0		3	1200	1	0	0	3
	4	800	2	1	1	1		4	600	2	1	1	2
	5	500	1	2	2	3		5	900	2	2	3	1
	–	C_j	10	15	12	10		–	C_j	20	18	19	28
7	1	400	0	0	1	2	8	1	680	2	0	1	3
	2	350	1	1	0	0		2	700	0	1	2	1
	3	450	1	0	0	1		3	800	1	0	4	0
	4	900	2	1	1	1		4	500	1	1	1	1
	5	950	2	1	1	2		5	700	1	1	2	2
	–	C_j	20	18	16	10		–	C_j	40	20	70	30
9	1	200	0	0	1	1	10	1	960	1	1	1	0
	2	580	1	1	1	2		2	720	0	1	0	1
	3	960	1	4	2	0		3	1220	4	2	1	0
	4	500	1	1	1	1		4	600	1	1	1	2
	5	880	2	1	1	2		5	550	1	1	1	1
	–	C_j	40	30	15	15		–	C_j	20	17	15	27
11	1	300	0	0	1	1	12	1	500	1	1	0	1
	2	480	2	1	1	2		2	800	1	1	0	1
	3	920	1	4	2	0		3	600	0	1	0	1

	4	520	1	1	1	1		4	200	4	1	1	1
	5	800	1	2	2	1		5	900	1	1	1	1
	–	Cj	20	30	12	10		–	Cj	20	15	15	28
13	1	500	0	1	1	0	14	1	600	1	0	0	1
	2	200	1	2	1	0		2	500	0	1	1	1
	3	800	2	1	2	1		3	250	2	1	1	1
	4	360	1	1	1	1		4	480	1	2	2	1
	5	820	2	1	1	2		5	620	2	1	1	1
	–	Cj	10	15	18	20		–	Cj	15	10	24	20
15	1	600	0	1	2	1	16	1	300	1	1	0	1
	2	300	1	2	0	1		2	350	2	1	1	1
	3	800	1	2	1	1		3	480	1	1	1	1
	4	400	2	1	1	1		4	240	2	1	2	1
	5	550	2	2	1	1		5	660	2	2	1	1
	–	Cj	20	15	12	24		–	Cj	12	18	24	20

Лабораторная работа №5. Применение надстройки Solver (Поиск решения) для решения транспортной задачи.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Постановка задачи.

Имеются три пункта поставки однородного груза A_1, A_2 и A_3 и пять пунктов B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 потребления этого груза. В пунктах A_1, A_2 и A_3 находится груз, соответственно, в количестве a_1, a_2 и a_3 тонн. В пункты B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 требуется доставить, соответственно, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 тонн груза. Стоимость перевозки единицы груза от пункта поставки до пункта потребления приведена в следующей матрице – таблице 1:

Таблица 1 – Транспортная задача

Пункты поставки	Пункты потребления				
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	d_{11}	d_{12}	d_{13}	d_{14}	d_{15}
A_2	d_{21}	d_{22}	d_{23}	d_{24}	d_{25}
A_3	d_{31}	d_{32}	d_{33}	d_{34}	d_{35}

Найти план закрепления потребителей за поставщиками однородного груза, чтобы общие затраты по перевозкам были минимальными. Составить математическую модель задачи и решить её, используя Поиск решения таблиц Excel.

$a_1 = 400$; $a_2 = 250$; $a_3 = 350$.

$b_1 = 200$; $b_2 = 170$; $b_3 = 230$; $b_4 = 225$; $b_5 = 175$.

$$D = \begin{pmatrix} 13 & 9 & 5 & 11 & 17 \\ 14 & 5 & 12 & 14 & 22 \\ 20 & 17 & 13 & 18 & 21 \end{pmatrix}.$$

Решение.

Найдём сумму запасов и сумму потребностей:

$a_1 + a_2 + a_3 = 400 + 250 + 350 = 1\ 000$;

$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5 = 200 + 170 + 230 + 225 + 175 = 1\ 000$.

Если сумма запасов равна сумме потребностей, то модель транспортной задачи называется закрытой, в противном случае модель будет открытой. Открытую модель можно привести к закрытой по правилу: если сумма запасов больше суммы потребностей, то добавляется фиктивный потребитель, потребности которого равны разности между суммой запасов и суммой потребностей, а тарифы перевозок к нему равны нулям, задача превращается в закрытую форму. Если сумма потребностей больше суммы запасов, то добавляется фиктивный поставщик, запасы которого равны разности между суммой потребностей и суммой запасов, а тарифы перевозок от него равны нулям, задача превращается в закрытую форму.

Рассмотрим сначала закрытую модель. Сумма запасов равна сумме потребностей, то есть все запасы должны быть вывезены, и все потребности удовлетворены.

Обозначим $x_{i,j}$ – количество груза, перевозимого от A_i к B_j, и составим математическую модель задачи.

Целевая функция – общие затраты на перевозки:

$$\begin{aligned} Z = {} & 13x_{11} + 9x_{12} + 5x_{13} + 11x_{14} + 17x_{15} + \\ & +14x_{21} + 5x_{22} + 12x_{23} + 14x_{24} + 22x_{25} + \\ & +20x_{31} + 17x_{32} + 13x_{33} + 18x_{34} + 21x_{35} \to \min. \end{aligned}$$

Ограничения:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 400 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 250 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} = 350 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} = 200 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} = 170 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} = 230 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} = 225 \\ x_{15} + x_{25} + x_{35} = 175 \end{cases}$$

$$X_{ij} \geq 0,\ i = 1..3,\ j = 1..5.$$

Найти неотрицательные значения x_{ij}, удовлетворяющие системе ограничений и минимизирующие функцию Z – затраты на перевозки.

Рассмотрим последовательность действий для решения этой задачи, используя модуль Поиск решения.

1. **Подготовка исходных данных на листе Excel**. В ячейку A1 ввести текст «**Транспортная задача**». В ячейку B2 текст «**Потребители**». В ячейки с B3 по F3 названия потребителей. В ячейку A4 ввести текст «**Поставщики**». В ячейку B4 ввести текст «**Стоимость перевозки единицы груза**». В ячейку G4 текст «**Запасы**». В ячейки A5 по A7 названия поставщиков. В ячейку A8 текст «**Потребности**». Значения запасов ввести в блок ячеек G5:G7. Значения потребностей ввести в блок ячеек B8:F8. Стоимости перевозки единицы груза от A_i к B_j ввести в блок ячеек B5 : F7. Для плана перевозок отведём блок ячеек B12:F14. В ячейку A9 ввести текст «**Доставлено**». В ячейку H4 ввести текст «**Вывезено**». В ячейку B10 ввести текст «**План перевозок**». В ячейки с B11 по F11 названия потребителей. В ячейки с A12 по A14 названия поставщиков. В B15 ввести текст «**Затраты на перевозки**» (рис. 1).

2. **Ввод формул и функций**. В ячейку B16 вставим функцию Суммпроизв. В окне этой функции указать первый массив B5:F7, второй массив B12:F14. В ячейки H5, H6, H7 ввести функции: в H5 – функцию СУММ(B12:F12), в H6 – функцию СУММ(B13:F13), в H7 – функцию СУММ(B14:F14). В ячейки B9, C9, D9, E9, F9 ввести функции: в B9 – функцию СУММ(B12:B14), в C9 – функцию СУММ(C12:C14), в D9 – функцию СУММ(D12:D14), в E9 – функцию СУММ(E12:E14), в F9 – функцию СУММ(F12:F14).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Транспортная задача								
2		Потребители							
3		B1	B2	B3	B4	B5			
4	Поставщики	Стоимость перевозки единицы груза					Запасы	Вывезено	
5	A1	13	9	5	11	17	400	0	
6	A2	14	5	12	14	22	250	0	
7	A3	20	17	13	18	21	350	0	
8	Потребности	200	170	230	225	175			
9	Доставлено	0	0	0	0	0			
10		План перевозок							
11		B1	B2	B3	B4	B5			
12	A1								
13	A2								
14	A3								
15		Затраты на перевозки							
16		0							
17									

Рисунок 1 – Исходные данные

3. **Войти в меню Данные, Поиск решения**. В окне Поиска решения установим целевую ячейку B16, переключатель установим на min, в поле Изменяя ячейки укажем мышкой блок B12:F14. Далее ввести ограничения. Щёлкнуть по кнопке Добавить.

4. **В окне ограничений ввести одно за другим 9 ограничений**:

– первое ограничение: H5 = G5;

– второе ограничение: H6 = G6;

– третье ограничение: H7 = G7;

– четвёртое ограничение: B9 = B8;

– пятое ограничение: C9 = C8;

– шестое ограничение: D9 = D8;

– седьмое ограничение: E9 = E8;

– восьмое ограничение: F9 = F8;

– девятое ограничение: B12: F14 ≥ 0 (рис. 2).

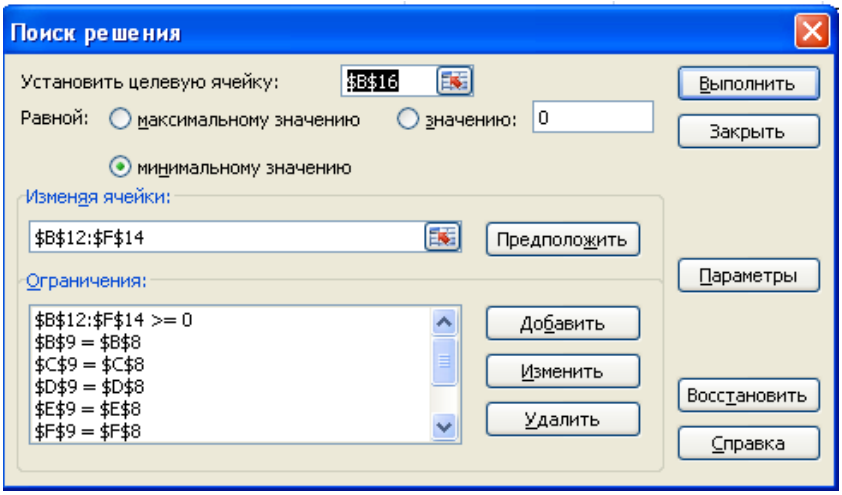


Рисунок 2 – Поиск решения

5. После ввода ограничений снова войти в окно Поиск решения и проверить правильность ввода ограничений. Если есть ошибки, использовать кнопки **Изменить** или **Удалить**. Затем войти в окно **Параметры** и поставить флажок в поле напротив надписи **Линейная модель**. Далее в окне Поиск решения щёлкнуть по кнопке **Выполнить**.

6. В результате получим оптимальный план перевозок и значение функции минимальных затрат: Z_{min} = 12 055 единиц (рис. 3).

$x_{11} = 0$ $x_{12} = 0$ $x_{13} = 230$ $x_{14} = 170$ $x_{15} = 0$;

$x_{21} = 80$ $x_{22} = 170$ $x_{23} = 0$ $x_{24} = 0$ $x_{25} = 0$;

$x_{31} = 120$ $x_{32} = 0$ $x_{33} = 0$ $x_{34} = 55$ $x_{35} = 175$.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Транспортная задача								
2		Потребители							
3		B1	B2	B3	B4	B5			
4	Поставщики	Стоимость перевозки единицы груза					Запасы	Вывезено	
5	A1	13	9	5	11	17	400	400	
6	A2	14	5	12	14	22	250	250	
7	A3	20	17	13	18	21	350	350	
8	Потребности	200	170	230	225	175			
9	Доставлено	200	170	230	225	175			
10		План перевозок							
11		B1	B2	B3	B4	B5			
12	A1	0	0	230	170	0			
13	A2	80	170	0	0	0			
14	A3	120	0	0	55	175			
15		Затраты на перевозки							
16		12055							
17									
18									
19									

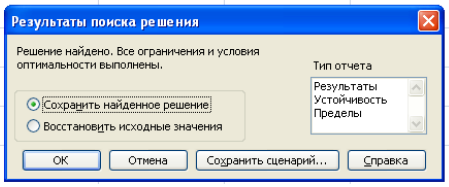


Рисунок 3 – Результат работы

Задание для самостоятельного решения.

В регионе расположено несколько НГДУ, обеспечивающих определённые объёмы добычи нефти, которая поступает на НПЗ, расположенные в различных регионах страны и имеющие различные производственные мощности. В силу разноудалённости потребителей от НГДУ затраты на транспортировку нефти различаются.

В задаче необходимо составить план закрепления поставщиков за потребителями, который учитывает, по возможности, наиболее полное удовлетворение потребителей НПЗ и при этом обеспечивает минимальные затраты на транспортировку нефти.

Введём условные обозначения:

i – индекс НГДУ, i = 1, m;

m – общее число НГДУ в регионе;

j – Индекс НПЗ, j = 1, n;

n – общее число НПЗ.

Известно:

a_i – объёмы добычи нефти в i-ом НГДУ, тыс. т;

b_j – потребность j-го НПЗ в нефти, тыс. т;

c_{ij} – издержки на транспортировку 1 000 т нефти, тыс. руб.

Контрольные вопросы.

1. Что такое транспортная задача?

2. Опишите порядок решения транспортной задачи закрытого типа с помощью надстройки «Поиск решения».

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.

2. Сохранить новую книгу MS Word.

3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. Выполнить задание (сделать выводы).

В книге MS Excel:

– в первой вкладке: выполнить пример;

– во второй вкладке: выполнить задание своего варианта.

Таблица 2 – Варианты задания

Вариант 1					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	180	220	560	300	710
500	3	9	7	5	8

320	6	4	10	8	4
400	8	7	5	12	10
550	5	3	7	9	12
200	4	5	8	9	4
Вариант 2					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	210	240	580	300	280
400	7	7	5	14	5
300	10	9	7	12	4
210	5	8	9	10	9
450	7	9	12	8	8
250	8	12	11	9	7
Вариант 3					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	400	210	560	280	180
400	5	4	5	10	12
300	8	8	9	12	14
220	12	12	7	7	8
450	9	8	12	9	12
260	9	9	10	5	4
Вариант 4					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	380	180	500	300	130
380	5	14	7	7	5
250	7	12	10	9	8
220	9	10	5	8	12
440	12	8	7	9	9
200	11	9	8	12	9
Вариант 5					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	150	200	180	250	670
300	14	7	7	12	10
350	12	10	9	4	8
400	10	5	8	9	7
210	8	7	9	8	6
190	9	8	12	3	10

Вариант 6					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	250	180	400	280	450
200	7	12	10	14	10
320	10	4	8	12	8
380	5	9	7	10	9
450	7	8	6	8	8
210	8	3	10	9	10
Вариант 7					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	250	180	380	280	490
210	10	14	4	5	10
320	8	12	8	9	12
400	7	10	12	7	7
450	6	8	8	12	9
200	10	9	9	10	5
Вариант 8					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	260	220	410	280	370
190	7	7	7	10	14
320	10	9	10	8	12
280	5	8	5	7	10
450	7	9	7	6	8
300	8	12	8	10	9
Вариант 9					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	280	290	450	350	340
260	14	4	14	10	7
340	12	8	12	8	10
360	10	12	10	9	5
460	8	8	8	8	7
290	9	9	9	10	8
Вариант 10					
Объёмы добычи нефти, тыс.	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	180	220	560	300	710

т					
500	5	14	7	7	5
320	7	12	10	9	8
400	9	10	5	8	12
550	12	8	7	9	9
200	11	9	8	12	9
Вариант 11					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	180	220	560	300	710
500	14	4	14	10	7
320	12	8	12	8	10
400	10	12	10	9	5
550	8	8	8	8	7
200	9	9	9	10	8
Вариант 12					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	210	240	580	300	280
400	3	9	7	5	8
300	6	4	10	8	4
210	8	7	5	12	10
450	5	3	7	9	12
250	4	5	8	9	4
Вариант 13					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	400	210	560	280	180
400	7	12	10	14	10
300	10	4	8	12	8
220	5	9	7	10	9
450	7	8	6	8	8
260	8	3	10	9	10
Вариант 14					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	380	180	500	300	130
380	14	7	7	12	10
250	12	10	9	4	8
220	10	5	8	9	7

440	8	7	9	8	6
200	9	8	12	3	10

Указания.

Модель задачи.

1. В качестве неизвестных задачи принимаются переменные x_{ij}, означающие объём перевозок нефти от i-го НГДУ к j-му НПЗ.

2. В качестве коэффициентов целевой функции выступают издержки на перевозку 1 000 т нефти. Целевая функция минимизируется.

Лабораторная работа №6. Применение надстройки Solver (Поиск решения) для решения транспортной задачи открытого типа.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Постановка задачи.

Если сумма запасов равна сумме потребностей, то модель транспортной задачи называется закрытой, в противном случае модель будет открытой. Открытую модель можно привести к закрытой по правилу: если сумма запасов больше суммы потребностей, то добавляется фиктивный потребитель, потребности которого равны разности между суммой запасов и суммой потребностей, а тарифы перевозок к нему равны нулям, задача превращается в закрытую форму. Если сумма потребностей больше суммы запасов, то добавляется фиктивный поставщик, запасы которого равны разности между суммой потребностей и суммой запасов, а тарифы перевозок от него равны нулям, задача превращается в закрытую форму.

Задание для самостоятельного решения.

В регионе расположено несколько НГДУ, обеспечивающих определённые объёмы добычи нефти, которая поступает на НПЗ, расположенные в различных регионах страны и имеющие различные производственные мощности. В силу разноудалённости потребителей от НГДУ затраты на транспортировку нефти различаются.

В задаче необходимо составить план закрепления поставщиков за потребителями, который учитывает, по возможности, наиболее полное удовлетворение потребителей НПЗ и при этом обеспечивает минимальные затраты на транспортировку нефти.

Введём условные обозначения:

i – индекс НГДУ, i = 1, m;

m – общее число НГДУ в регионе;

j – Индекс НПЗ, j = 1, n;

n – общее число НПЗ.

Известно:

a_i – объёмы добычи нефти в i-ом НГДУ, тыс. т;

b_j – потребность j-го НПЗ в нефти, тыс. т;

c_{ij} – издержки на транспортировку 1 000 т нефти, тыс. руб.

Контрольные вопросы.

1. В чем заключается принципиальное различие между транспортными задачами открытого и закрытого типа?

2. Опишите порядок решения транспортной задачи открытого типа с помощью надстройки «Поиск решения».

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.

2. Сохранить новую книгу MS Word.

3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. Выполнить задание (сделать выводы).

В книге MS Excel:

– в первой вкладке: выполнить пример;

– во второй вкладке: выполнить задание своего варианта.

Таблица 1 – Варианты задания

Вариант 1					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	200	220	560	300	710
500	3	9	7	5	8
320	6	4	10	8	4
400	8	7	5	12	10
550	5	3	7	9	12
190	4	5	8	9	4
Вариант 2					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	250	240	580	300	280
400	7	7	5	14	5
300	10	9	7	12	4
210	5	8	9	10	9
440	7	9	12	8	8
250	8	12	11	9	7
Вариант 3					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	400	260	540	280	180
400	5	4	5	10	12
300	8	8	9	12	14
220	12	12	7	7	8
450	9	8	12	9	12
260	9	9	10	5	4
Вариант 4					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	380	200	500	300	130
380	5	14	7	7	5
250	7	12	10	9	8
200	9	10	5	8	12
440	12	8	7	9	9
200	11	9	8	12	9
Вариант 5					
Объёмы	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				

добычи нефти, тыс. т	190	200	180	250	670
300	14	7	7	12	10
350	12	10	9	4	8
400	10	5	8	9	7
200	8	7	9	8	6
190	9	8	12	3	10
Вариант 6					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	260	180	400	280	450
200	7	12	10	14	10
320	10	4	8	12	8
380	5	9	7	10	9
420	7	8	6	8	8
210	8	3	10	9	10
Вариант 7					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	260	180	380	280	490
210	10	14	4	5	10
320	8	12	8	9	12
400	7	10	12	7	7
420	6	8	8	12	9
200	10	9	9	10	5
Вариант 8					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	280	230	410	280	370
190	7	7	7	10	14
320	10	9	10	8	12
290	5	8	5	7	10
440	7	9	7	6	8
300	8	12	8	10	9
Вариант 9					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	300	290	450	350	340
260	14	4	14	10	7

340	12	8	12	8	10
360	10	12	10	9	5
450	8	8	8	8	7
280	9	9	9	10	8
Вариант 10					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	200	220	560	300	710
500	5	14	7	7	5
320	7	12	10	9	8
380	9	10	5	8	12
550	12	8	7	9	9
200	11	9	8	12	9
Вариант 11					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	200	260	560	300	710
500	5	14	7	7	5
320	7	12	10	10	8
380	9	10	5	8	12
570	12	9	7	9	10
210	11	9	8	12	9
Вариант 12					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	200	220	560	310	710
510	5	14	7	7	5
320	7	12	10	9	8
380	9	10	5	8	8
550	12	8	7	9	12
200	11	9	8	12	9
Вариант 13					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	200	240	560	300	710
520	5	14	7	7	5
320	7	12	10	9	8
380	9	10	5	8	12
550	12	8	7	9	9
200	11	9	8	12	9

Вариант 14					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	210	220	560	300	710
510	6	14	7	7	5
320	7	12	10	9	8
380	9	10	5	8	10
550	12	8	7	9	8
200	9	8	9	11	9
Вариант 15					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	200	220	560	300	720
500	5	14	7	7	5
320	8	12	10	9	8
390	9	10	5	8	12
550	12	8	7	10	10
200	11	9	8	12	9
Вариант 16					
Объёмы добычи нефти, тыс. т	Потребность НПЗ в нефти, тыс. т				
	210	220	560	310	720
510	5	14	7	7	5
320	7	12	10	9	8
380	9	10	6	8	12
560	12	8	7	9	9
210	11	9	10	12	9

Указания.

Модель задачи.

1. В качестве неизвестных задачи принимаются переменные x_{ij}, означающие объём перевозок нефти от i-го НГДУ к j-му НПЗ.

2. В качестве коэффициентов целевой функции выступают издержки на перевозку 1 000 т нефти. Целевая функция минимизируется.

Лабораторная работа № 7. Сбалансированная задача о назначениях.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Постановка задачи.

Задача о назначениях относится к задачам линейного программирования, и является частным случаем транспортной задачи. Данная задача формулируется следующим образом.

Имеются n работ и n кандидатов для их выполнения. Каждый из кандидатов может выполнить любую работу. Назначению i-го кандидата ($i = 1, 2, ..., n$) на j-ю ($j = 1, 2, ..., n$) работу соответствует определенная эффективность (прибыль, производительность) или затраты какого-либо ресурса. Требуется найти такие назначения кандидатов на все работы, которые обеспечат наибольшую эффективность, т.е. минимум суммарных затрат или максимум прибыли (производительности). При этом каждого кандидата можно назначить на выполнение только одной работы и каждая работа может быть выполнена только одним кандидатом. Обозначим за x_{ij} переменную, которая принимает значение 1 или 0:

Математическая постановка задачи о назначениях состоит в определении максимального (минимального) значения целевой функции (1):

$$F = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} , \qquad (1)$$

при условиях (2) и (3):

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \; (i = 1, ..., n) , \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \; (j = 1, ..., n) . \qquad (3)$$

Задача о назначениях является сбалансированной, если число работ равно числу кандидатов на выполнение этих работ, и задача не сбалансирована в противном случае.

Пример решения задачи о назначении.

Для монтажа четырех объектов ($n = 4$) требуется четыре крана ($n = 4$). Известно время монтажа c_{ij} i-м краном j-го объекта ($i = 1, 2, 3, 4, j = 1, 2, 3, 4$).

Таблица 1 – Затраты времени на монтаж объектов

Код крана	Объекты			
	I	II	III	IV
1	3	7	5	8
2	2	4	4	5
3	4	7	2	8
4	9	7	3	8

Необходимо распределить краны по объектам так, чтобы суммарное время монтажа всех объектов было минимальным. Каждый кран может обслуживать любой объект. На объекте работает только один кран.

Решение.

Составим математическую модель для решения поставленной задачи.

Обозначим переменные:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } i-\text{й кран обслуживает } j-\text{й объект} \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

c_{ij} – i-м краном j-го объекта ($i = 1, 2, 3, 4, j = 1, 2, 3, 4$).

Математическая постановка данной задачи состоит в определении минимального значения целевой функции.

$$F = \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{4} c_{ij} x_{ij} ,$$

при условиях:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \ (i = 1, ..., n) ,$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \; (j = 1, \ldots, n) \, .$$

С учетом исходных данных целевая функция имеет вид:

$$F = 3x_{11} + 7x_{12} + 5x_{13} + 8x_{14} + 2x_{21} + 4x_{22} + 4x_{23} + 5x_{24} + 4x_{31} + \\ +7x_{32} + 2x_{33} + 8x_{34} + 9x_{41} + 7x_{42} + 3x_{43} + 8x_{44}$$

при условиях:

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} &= 1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} &= 1 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} &= 1 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} &= 1 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} &= 1 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} &= 1 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} &= 1 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} &= 1 \end{aligned}$$

Задача о назначениях является сбалансированной, т.к. число объектов равно числу кранов для выполнения работ на данных объектах.

Создадим на рабочем листе таблицу для ввода исходных данных (рисунок 1). Заливкой выделены ячейки для ввода формул и вывода результата.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Затраты времени на монтаж объектов						
2	Код крана	Объекты					
3		I	II	III	IV		
4	1						
5	2						
6	3						
7	4						
8	Распределение работ						
9	Код крана	I	II	III	IV	Ограничения по количеству кранов на объекте	
10	1						
11	2						
12	3						
13	4						
14	Ограничения по количеству объектов						
15							
16	**Суммарное время монтажа (целевая функция)**						
17							

Рисунок 1 – Таблица для ввода исходных данных

Заполним приведенную выше таблицу.

Массив ячеек B4:E7 содержит затраты времени c_{ij} на монтаж объектов.

Введем необходимые формулы согласно составленной модели задачи.

Массив ячеек F10:F13 содержит суммарное количество кранов на объекте.

Массив ячеек B14:E14 суммарное количество объектов.

В ячейку B16 введем формулу для целевой функции:

$$F = 3x_{11} + 7x_{12} + 5x_{13} + 8x_{14} + 2x_{21} + 4x_{22} + 4x_{23} + 5x_{24} + 4x_{31} + \\ +7x_{32} + 2x_{33} + 8x_{34} + 9x_{41} + 7x_{42} + 3x_{43} + 8x_{44}$$

для этого используем функцию =СУММПРОИЗВ().

Массив ячеек B10:E13 будет содержать оптимальный план распределения кранов по объектам. Значения этих ячеек будет вычислено в процессе решения задачи.

На рисунке 2 показана таблица для решения задачи с исходными данными и необходимыми формулами.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Затраты времени на монтаж объектов						
2	Код крана	Объекты					
3		I	II	III	IV		
4	1	3	7	5	8		
5	2	2	4	4	5		
6	3	4	7	2	8		
7	4	9	7	3	8		
8	Распределение работ						
9	Код крана	I	II	III	IV	Ограничения по количеству кранов на объекте	
10	1					=СУММ(B10:E10)	
11	2					=СУММ(B11:E11)	
12	3					=СУММ(B12:E12)	
13	4					=СУММ(B13:E13)	
14	Ограничения по количеству объектов	=СУММ(B10:B13)	=СУММ(C10:C13)	=СУММ(D10:D13)	=СУММ(E10:E13)		
15							
16	**Суммарное время монтажа (целевая функция)**	**=СУММПРОИЗВ(B4:E7;B10:E13)**					
17							

Рисунок 2 – Таблица для решения задачи с исходными данными и необходимыми формулами

Для решения данной задачи воспользуемся надстройкой «Поиск решения».

Как видно на рисунке 3, в диалоговом окне «Параметры поиска решения» установим следующие параметры:

– в поле «Оптимизировать целевую функцию» указываем адрес ячейки со значением целевой функции – B16;

– выбираем нахождение минимума целевой функции;

– в поле «Изменяя ячейки переменных» указываем адреса ячеек со значениями искомых переменных B10:E13;

– в списке «Выберите метод решения» указываем «Поиск решения линейных задач симплекс-методом».

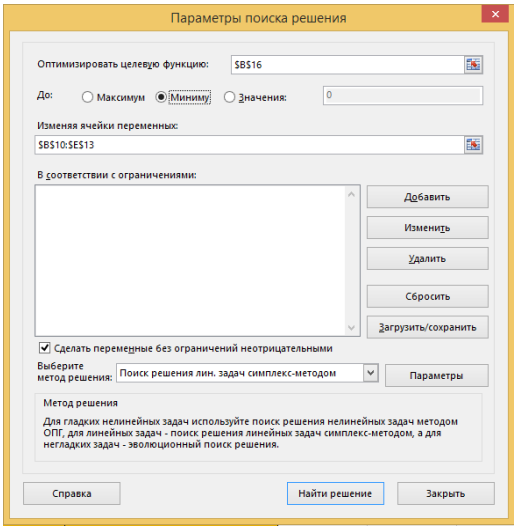


Рисунок 3 – Параметры поиска решения

В область «В соответствии с ограничениями» введем ограничения. Для добавления ограничения необходимо выбрать кнопку «Добавить.» Отобразится окно диалога «Добавление ограничений».

Добавляем ограничения:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 1$$
$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 1$$
$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 1$$
$$x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} = 1$$

В поле «Ссылка на ячейки» указываем адрес диапазона F10:F13, выбираем в раскрывающемся списке знак равенства =, в поле «Ограничение» вводим 1, нажимаем кнопку «Добавить» (рисунок 4). Ограничение будет добавлено в список ограничений, поля окна «Добавление ограничения» будут очищены для ввода следующего ограничения.

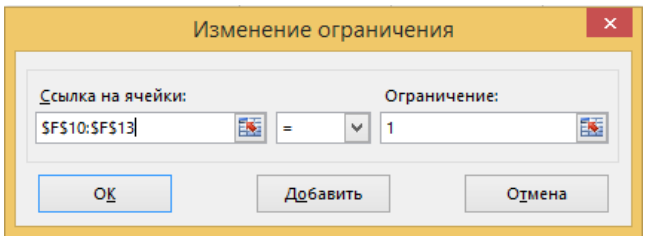


Рисунок 4 – Добавление ограничения

Добавляем ограничения:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 1$$
$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 1$$
$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 1$$
$$x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} = 1$$

В поле «Ссылка на ячейки» указываем адрес диапазона B14:E14, выбираем в раскрывающемся списке знак равенства =, в поле Ограничение вводим 1, нажимаем кнопку «Добавить» (рисунок 5). Ограничение будет добавлено в список ограничений, поля окна «Добавление ограничения» будут очищены для ввода следующего ограничения.

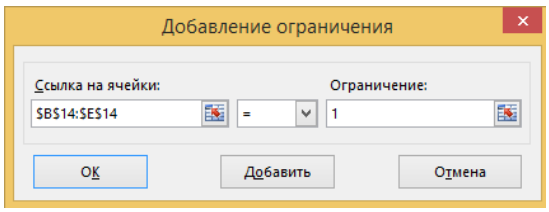


Рисунок 5 – Добавление ограничения

Добавляем ограничения на переменные x_{ij}, которые принимают значения 1 или 0. В поле «Ссылка на ячейки» указываем адрес диапазона B10:E13, выбираем в раскрывающемся списке «бин», в поле «Ограничение» автоматически отобразится бинарное (рисунок 6). Нажимаем кнопку ОК.

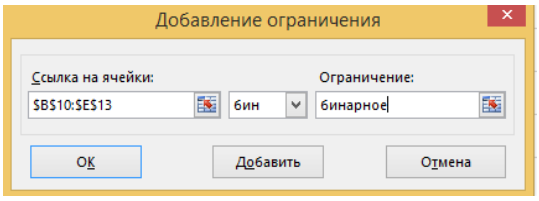


Рисунок 6 – Добавление ограничения

В результате будет принято последнее ограничение и возврат к диалоговому окну «Параметры поиска решения» (рисунок 7).

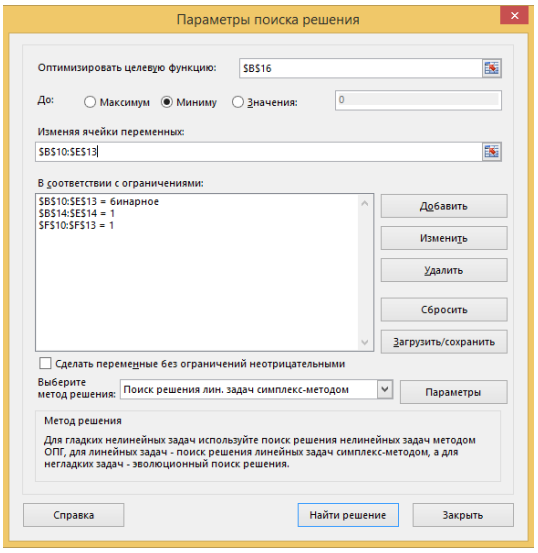


Рисунок 7 – Параметры поиска решения

После выбора кнопки «Найти» решение отобразится окно «Результаты поиска решения» (рисунок 8).

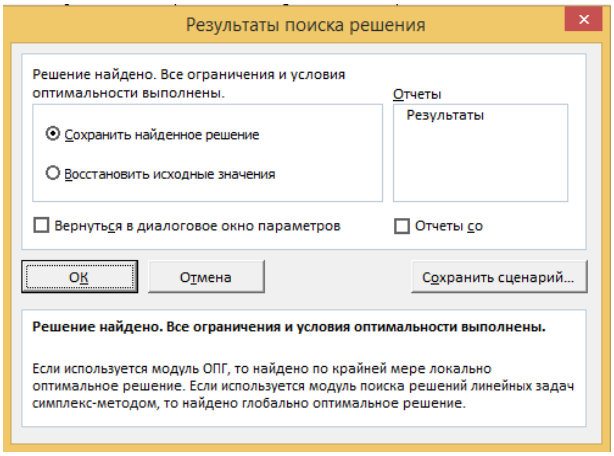


Рисунок 8 – Результаты поиска решения

Для сохранения полученного решения необходимо использовать переключатель «Сохранить найденное решение». Для вывода отчета по результатам выделить в поле «Отчеты» «Результаты» нажать кнопку «ОК». После чего на рабочем листе отобразится решение задачи (рисунок 9).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Затраты времени на монтаж объектов						
2	Код крана	Объекты					
3		I	II	III	IV		
4	1	3	7	5	8		
5	2	2	4	4	5		
6	3	4	7	2	8		
7	4	9	7	3	8		
8	Распределение работ						
9	Код крана	I	II	III	IV	Ограничения по количеству кранов на объекте	
10	1	1	0	0	0	1	
11	2	0	1	0	0	1	
12	3	0	0	1	0	1	
13	4	0	0	0	1	1	
14	Ограничения по количеству объектов	1	1	1	1		
15							
16	**Суммарное время монтажа (целевая функция)**	**17**					
17							

Рисунок 9 – Результат решения задачи

На созданном одноименном листе будет выведен Отчет о результатах (рисунок 10).

Модуль поиска решения

Модуль: Поиск решения лин. задач симплекс-методом

Время решения: 0,016 секунд.

Число итераций: 14 Число подзадач: 0

Параметры поиска решения

Максимальное время Без пределов, Число итераций Без пределов, Precision 0,000001, Использовать автоматическое масштабирование

Максимальное число подзадач Без пределов, Максимальное число целочисленных решений Без пределов, Целочисленное отклонение 1%

Ячейка целевой функции (Минимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Окончательное значение
$B$16	Суммарное время монтажа (целевая функция) I	17	17

Ячейки переменных

Ячейка	Имя	Исходное значение	Окончательное значение	Целочисленное
$B$10	I	1	1	Бинарное
$C$10	II	0	0	Бинарное
$D$10	III	0	0	Бинарное
$E$10	IV	0	0	Бинарное
$B$11	I	0	0	Бинарное
$C$11	II	1	1	Бинарное
$D$11	III	0	0	Бинарное
$E$11	IV	0	0	Бинарное
$B$12	I	0	0	Бинарное
$C$12	II	0	0	Бинарное
$D$12	III	1	1	Бинарное
$E$12	IV	0	0	Бинарное
$B$13	I	0	0	Бинарное
$C$13	II	0	0	Бинарное
$D$13	III	0	0	Бинарное
$E$13	IV	1	1	Бинарное

Ограничения

Ячейка	Имя	Значение ячейки	Формула	Состояние	Допуск
$B$14	Ограничения по количеству объектов I	1	$B$14=1	Привязка	0
$C$14	Ограничения по количеству объектов II	1	$C$14=1	Привязка	0
$D$14	Ограничения по количеству объектов III	1	$D$14=1	Привязка	0
$E$14	Ограничения по количеству объектов IV	1	$E$14=1	Привязка	0
$F$10	Ограничения по количеству кранов на объекте	1	$F$10=1	Привязка	0
$F$11	Ограничения по количеству кранов на объекте	1	$F$11=1	Привязка	0
$F$12	Ограничения по количеству кранов на объекте	1	$F$12=1	Привязка	0
$F$13	Ограничения по количеству кранов на объекте	1	$F$13=1	Привязка	0

$B$10:$E$13=Бинарное

Рисунок 10 – Отчет о результатах

В результате решения задачи получили суммарное время монтажа всех объектов 17 ед.

При этом распределение кранов по объектам следующее:

1-й кран занимается монтажом I объекта;

2-й – II объекта;

3-й – III объекта;

4-й – IV объекта.

Задание для самостоятельного решения.

На n типовых операций необходимо назначить n рабочих. Стоимость C_{ij} выполнения i-м рабочим j-й операции (по вариантам) приведена в таблице 2. Требуется найти такие назначения рабочих, при которых все операции были бы выполнены, каждый рабочий занят только на выполнении одной операции, суммарная стоимость работ при этом была минимальной.

Контрольные вопросы.

1. Что такое задача о назначениях?

2. Опишите порядок решения сбалансированной задача о назначениях с помощью надстройки «Поиск решения».

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.

2. Сохранить новую книгу MS Word.

3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. Выполнить задание (сделать выводы).

В книге MS Excel:

– в первой вкладке: выполнить пример;

– во второй вкладке: выполнить задание своего варианта.

Таблица 2 – Варианты задания

Вариант 1					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	60	52	45	40	38
W_2	65	46	45	52	42
W_3	72	50	70	44	51
W_4	30	30	50	62	63
W_5	42	44	52	60	38
Вариант 2					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	75	60	79	70	72
W_2	121	110	90	78	86
W_3	70	68	85	70	74
W_4	75	60	79	70	73
W_5	80	100	90	92	98
Вариант 3					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	20	15	20	14	18
W_2	22	10	12	15	17
W_3	11	22	14	18	17
W_4	20	15	20	22	20
W_5	18	19	22	15	20
Вариант 4					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	14	12	13	9	11
W_2	10	14	15	16	19
W_3	19	22	24	19	20
W_4	20	15	20	22	20
W_5	11	22	14	18	17
Вариант 5					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	12	14	15	16	19
W_2	11	22	14	18	17
W_3	15	12	13	17	20
W_4	20	15	20	22	20
W_5	16	16	19	18	20
Вариант 6					
Рабочие	Операции				

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	14	12	13	9	11
W_2	11	22	14	18	17
W_3	10	14	15	16	19
W_4	12	14	16	14	10
W_5	20	15	20	22	20
Вариант 7					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	15	22	14	18	17
W_2	14	12	13	9	11
W_3	20	15	20	22	20
W_4	10	14	15	16	19
W_5	12	16	17	14	16
Вариант 8					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	20	15	20	22	20
W_2	10	14	15	16	19
W_3	16	17	10	11	14
W_4	14	12	13	9	11
W_5	11	22	14	18	17
Вариант 9					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	18	12	13	9	11
W_2	10	14	15	16	19
W_3	11	22	14	18	17
W_4	19	15	20	17	20
W_5	13	14	17	18	20
Вариант 10					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	14	15	22	20	21
W_2	14	12	13	9	11
W_3	11	22	14	18	17
W_4	10	14	15	16	19
W_5	20	15	20	22	20
Вариант 11					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	13	22	14	18	17
W_2	14	12	13	9	11

W_3	20	15	20	22	20
W_4	15	12	18	21	17
W_5	10	14	15	16	19
Вариант 12					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	22	15	20	22	20
W_2	10	14	15	16	19
W_3	14	12	13	9	11
W_4	11	22	14	18	17
W_5	16	17	16	10	13
Вариант 13					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	15	16	21	20	21
W_2	14	12	13	9	11
W_3	20	15	20	22	20
W_4	11	22	14	18	17
W_5	10	14	15	16	19
Вариант 14					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	20	15	20	22	20
W_2	11	22	14	18	17
W_3	11	14	16	19	22
W_4	14	12	13	9	11
W_5	10	14	15	16	19
Вариант 15					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	21	17	16	19	20
W_2	10	14	15	16	19
W_3	11	22	14	18	17
W_4	20	15	20	22	20
W_5	14	12	13	9	11
Вариант 16					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	20	15	20	22	20
W_2	11	22	14	18	17
W_3	13	15	14	20	21
W_4	10	14	15	16	19
W_5	14	12	13	9	11

Вариант 17					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	11	22	14	18	17
W_2	10	14	15	16	19
W_3	12	16	16	14	19
W_4	14	12	13	9	11
W_5	20	15	20	22	20

Указания.

1. Построить математическую модель задачи.
2. Создать на рабочем листе Excel таблицу для ввода исходных данных.
3. Заполнить таблицу исходными данными и необходимыми формулами.
4. Найти решение задачи средствами надстройки «Поиск решения».
5. Вывести отчет по результатам. Сделать выводы.

Лабораторная работа № 8. Применение надстройки Solver (Поиск решения) для решения несбалансированной задачи о назначениях.

Цель работы.

Научиться использовать возможности MS Excel для решения задач оптимизации в нефтегазовом деле.

Постановка задачи.

Рассмотрим решение несбалансированной задачи о назначениях, когда число исполнителей n не равно числу выполняемых работ m.

При этом возможны два случая:

а) число исполнителей n больше числа выполняемых работ m ($n > m$);

б) число исполнителей n меньше числа выполняемых работ m ($n < m$).

В обоих случаях для решения несбалансированной задачи ее сводят к сбалансированной, путем введения фиктивных работ или фиктивных исполнителей с нулевыми значениями эффективности (неэффективности) выполнения i-м исполнителем j-й работы.

В первом случае, когда $n > m$, вводится $k = n – m$ фиктивных работ O_{m+1}, O_{m+2}, …, O_{m+k}. Во втором случае ($n < m$) – рассматриваются $k = m – n$ фиктивных исполнителя W_{n+1}, W_{n+2}, …, W_{n+k}.

Задание для самостоятельного решения.

На n типовых операций необходимо назначить n рабочих. Стоимость C_{ij} выполнения i-м рабочим j-й операции (по вариантам) приведена в таблице 1. Требуется найти такие назначения рабочих, при которых все операции были бы выполнены, каждый рабочий занят только на выполнении одной операции, суммарная стоимость работ при этом была минимальной.

Контрольные вопросы.

1. В чем заключается принципиальное различие между сбалансированной b несбалансированной задачами о назначениях?

2. Опишите порядок решения несбалансированной задачами о назначениях с помощью надстройки «Поиск решения».

Порядок выполнения задания.

1. Перед выполнением задания изучить теоретическую часть.

2. Сохранить новую книгу MS Word.

3. Ответить на контрольные вопросы.

В книге MS Word, на каждый вопрос необходимо привести три варианта ответа:

– первый источник: теоретическая часть;

– второй и третий источники: Internet (с обязательным приведением гиперссылок).

4. Сохранить новую книгу MS Excel.

5. Выполнить задание (сделать выводы).

В книге MS Excel:

– в первой вкладке: выполнить пример;

– во второй вкладке: выполнить задание своего варианта.

Таблица 1 – Варианты задания

Вариант 1				
Рабочие	Операции			
	O_1	O_2	O_3	O_4
W_1	60	52	45	40
W_2	65	46	45	52
W_3	72	50	70	44
W_4	30	30	50	62
W_5	42	44	52	60
W_6	71	45	72	53

Вариант 2		
Рабочие	Операции	
	O_1	O_2
W_1	52	68
W_2	28	48
W_3	42	51
W_4	51	72

Вариант 3			
Рабочие	Операции		
	O_1	O_2	O_3
W_1	100	80	26
W_2	90	70	34
W_3	72	50	70
W_4	30	30	50
W_5	68	32	49
W_6	72	34	50
W_7	54	48	52

Вариант 4			
Рабочие	Операции		
	O_1	O_2	O_3
W_1	45	40	48
W_2	45	52	50
W_3	70	44	49
W_4	50	62	54
W_5	52	61	59
W_6	48	36	62

Вариант 5					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	68	72	50	70	50
W_2	74	30	30	50	49
W_3	72	68	32	49	50
W_4	30	30	30	50	52
W_5	68	68	32	49	64
W_6	69	75	38	75	74
W_7	82	102	95	86	93

Вариант 6							
Рабочие	Операции						
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7
W_1	45	64	72	68	75	34	78
W_2	48	54	30	30	19	48	19
W_3	86	37	68	68	28	96	29

Вариант 7				
Рабочие	Операции			
	O_1	O_2	O_3	O_4
W_1	54	64	57	49
W_2	68	67	52	73
W_3	56	30	30	19
W_4	48	68	68	28
W_5	81	42	84	76
W_6	73	47	30	19
W_7	67	68	78	34
W_8	57	36	43	54

	Вариант 8			
Рабочие	Операции			
	O_1	O_2	O_3	O_4
W_1	81	42	78	34
W_2	73	47	43	54

Вариант 9				
Рабочие	Операции			
	O_1	O_2	O_3	O_4
W_1	60	57	45	40
W_2	65	46	45	52
W_3	68	57	70	68
W_4	42	37	54	62
W_5	42	44	52	68
W_6	74	57	72	68

Вариант 10		
Рабочие	Операции	
	O_1	O_2
W_1	44	52
W_2	57	72
W_3	71	47

W_4	29	32

Вариант 11			
Рабочие	Операции		
	O_1	O_2	O_3
W_1	68	67	74
W_2	56	30	68
W_3	48	68	47
W_4	81	42	79
W_5	74	32	47
W_6	29	46	45
W_7	39	42	58

Вариант 12					
Рабочие	Операции				
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
W_1	38	44	34	78	98
W_2	47	55	48	19	84
W_3	68	32	96	29	88
W_4	30	30	36	38	41
W_5	68	32	52	48	19
W_6	54	66	57	96	29
W_7	62	47	62	68	71

Вариант 13							
Рабочие	Операции						
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7
W_1	68	32	38	36	38	32	45
W_2	54	66	47	52	48	57	66
W_3	48	77	49	54	58	25	38

Вариант 14				
Рабочие	Операции			
	O_1	O_2	O_3	O_4
W_1	25	47	52	74
W_2	47	49	54	77
W_3	64	65	72	35
W_4	75	47	81	68
W_5	82	47	74	74
W_6	84	74	68	93
W_7	91	85	84	72

W_8	96	90	89	88

	Вариант 15			
Рабочие	Операции			
	O_1	O_2	O_3	O_4
W_1	62	72	50	64
W_2	54	35	38	54

Вариант 16				
Рабочие	Операции			
	O_1	O_2	O_3	O_4
W_1	57	52	60	40
W_2	65	46	45	52
W_3	72	50	70	44
W_4	35	38	81	59
W_5	42	41	68	60
W_6	71	45	72	55

Вариант 17		
Рабочие	Операции	
	O_1	O_2
W_1	97	82
W_2	47	81
W_3	47	74
W_4	45	72

Указания.

1. Построить математическую модель задачи.
2. Создать на рабочем листе Excel таблицу для ввода исходных данных.
3. Заполнить таблицу исходными данными и необходимыми формулами.
4. Найти решение задачи средствами надстройки «Поиск решения».
5. Вывести отчет по результатам. Сделать выводы.

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Кузнецов И.Н. Научное исследование: Методика проведения и оформление. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2006. – 460 с.

2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Лань, 2012. - 368 с.

3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. УП.-М.: Изд. дом «Дашков и К», 2008. – 243с.

Перечень дополнительной литературы:

1. Тихонов В.А., Корнев Н.В., Верона В.А., Остроухов В.В. Основы научных исследований: теория и практика. - СПб.: Гелиос АРВ, 2006.

2. Лантух Н. И.. Основы лицензионной и сертификационной деятельности: уч. пособие / Рец. В. В. Федоренко, В. П. Мочалов. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. – 86 с.

3. Гарнаев А.Ю. Excel 2002 Разработка приложений – БХВ-Петербург, 2004.

4. Гарнаев А.Ю., Рудикова Л. В. Excel 2010 Разработка приложений – БХВ-Петербург, 2011.

Приложение 1

Значение t-критерия Стьюдента при уровне значимости

(0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30)

Таблица 1

n	P - 0,01	P - 0,05	P - 0,1	P - 0,15	P - 0,2	P - 0,25	P - 0,3
1	63,6567412	12,7062047	6,3137515	4,1652998	3,0776835	2,4142136	1,9626105
2	9,9248432	4,3026527	2,9199856	2,2819306	1,8856181	1,6035675	1,3862066
3	5,8409093	3,1824463	2,3533634	1,9243197	1,6377444	1,4226253	1,2497781
4	4,6040949	2,7764451	2,1318468	1,7781922	1,5332063	1,3443976	1,1895669
5	4,0321430	2,5705818	2,0150484	1,6993626	1,4758840	1,3009490	1,1557673
6	3,7074280	2,4469119	1,9431803	1,6501732	1,4397557	1,2733493	1,1341569
7	3,4994833	2,3646243	1,8945786	1,6165917	1,4149239	1,2542787	1,1191591
8	3,3553873	2,3060041	1,8595480	1,5922214	1,3968153	1,2403183	1,1081454
9	3,2498355	2,2621572	1,8331129	1,5737358	1,3830287	1,2296592	1,0997162
10	3,1692727	2,2281389	1,8124611	1,5592359	1,3721836	1,2212554	1,0930581
11	3,1058065	2,2009852	1,7958848	1,5475598	1,3634303	1,2144602	1,0876664
12	3,0545396	2,1788128	1,7822876	1,5379565	1,3562173	1,2088525	1,0832114
13	3,0122758	2,1603687	1,7709334	1,5299196	1,3501713	1,2041462	1,0794687
14	2,9768427	2,1447867	1,7613101	1,5230951	1,3450304	1,2001403	1,0762802
15	2,9467129	2,1314495	1,7530504	1,5172280	1,3406056	1,1966893	1,0735314
16	2,9207816	2,1199053	1,7458837	1,5121302	1,3367572	1,1936854	1,0711372
17	2,8982305	2,1098156	1,7396067	1,5076598	1,3333794	1,1910471	1,0690331
18	2,8784405	2,1009220	1,7340636	1,5037077	1,3303909	1,1887115	1,0671695
19	2,8609346	2,0930241	1,7291328	1,5001888	1,3277282	1,1866293	1,0655074
20	2,8453397	2,0859634	1,7247182	1,4970355	1,3253407	1,1847614	1,0640158
21	2,8313596	2,0796138	1,7207429	1,4941938	1,3231879	1,1830764	1,0626697
22	2,8187561	2,0738731	1,7171444	1,4916196	1,3212367	1,1815487	1,0614488
23	2,8073357	2,0686576	1,7138715	1,4892769	1,3194602	1,1801572	1,0603365
24	2,7969395	2,0638986	1,7108821	1,4871358	1,3178359	1,1788845	1,0593189
25	2,7874358	2,0595386	1,7081408	1,4851713	1,3163451	1,1777160	1,0583844
26	2,7787145	2,0555294	1,7056179	1,4833625	1,3149719	1,1766394	1,0575232
27	2,7706830	2,0518305	1,7032884	1,4816916	1,3137029	1,1756443	1,0567270
28	2,7632625	2,0484071	1,7011309	1,4801434	1,3125268	1,1747218	1,0559887
29	2,7563859	2,0452296	1,6991270	1,4787048	1,3114336	1,1738642	1,0553022

http://old.exponenta.ru/educat/referat/XIkonkurs/student5/tabt-st.pdf

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**»
для студентов направления подготовки
21.03.01 Нефтегазовое дело
Направленность (профиль) Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

Ставрополь, 2026

Методические рекомендации предназначены для студентов вуза «Северо-Кавказский федеральный университет»

Цели методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин и профессиональных модулей основной образовательной программы (далее ООП).

2. Создание в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, её назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

I. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО .....

II. Назначение и виды самостоятельной работы студентов. .....

III. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями. 87

I. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

1.1. ФГОС раздел: «Требования к условиям реализации ОП»:

– Требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки инженера, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим федеральным государственным образовательным стандартом;

–образовательная программа подготовки инженера состоит из дисциплин федерального компонента, дисциплин национально-регионального (вузовского) компонента, дисциплин по выбору студента, а также факультативных дисциплин. Дисциплины вузовского компонента и дисциплины по выбору студента в каждом цикле должны содержательно дополнять дисциплины, указанные в федеральном компоненте цикла;

– максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны быть обеспечены доступом к сети Интернет. Реализация основной образовательной программы подготовки магистранта должна обеспечиваться доступом каждого студента к библиотечным фондам и базам данных, формируемым по полному перечню дисциплин основной образовательной программы из расчета обеспеченности учебниками и учебными пособиями не менее 0.5 экземпляра на одного студента. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем циклам дисциплин и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

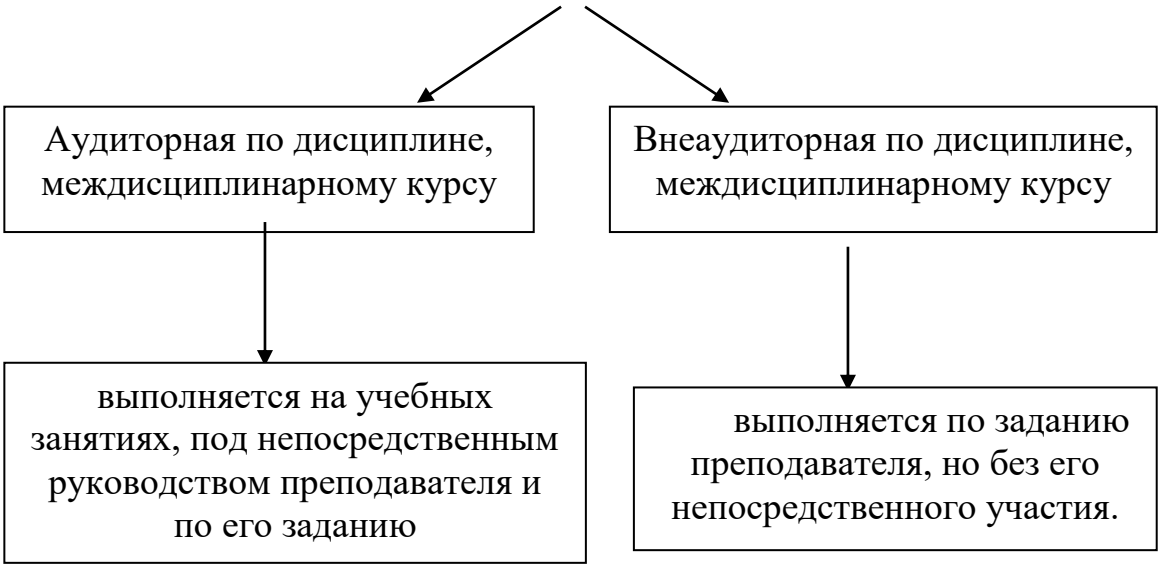
- в рабочем учебном плане – в целом по теоретическому обучению, каждому из циклов дисциплин, профессиональных модулей и междисциплинарных курсов,
- в рабочих программах учебных дисциплин, профессиональных модулей и междисциплинарных курсов с распределением по разделам или конкретным темам.

II. Назначение и виды самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

В учебном процессе ОУ выделяются два вида самостоятельной работы:



Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

III. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями.

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.
4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.
8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет - конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентов учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Содержание внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов

Методические указания для студентов по выполнению самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекциям
2. Подготовка к практическим занятиям
3. Решение задач по темам:
    1. Планирование и прогнозирование деятельности нефтегазового предприятия.
    2. Информационные технологии управления предприятием.
    3. Инновации и их жизненный цикл.

4. Инвестиционная деятельность нефтегазового предприятия.

4. Разработка бизнес-плана инвестиционного проекта предприятия.

5. Технико-экономические параметры применения новой техники и технологии.

6. Финансово-экономические показатели производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

7. Этапы планирования на предприятии.

8. Соответствие функций управления и их содержанием.

9. Этапы структуризации нефтегазовых проектов.

10. Установление соответствия между критериями выбора канала распределения и их содержанием.

11. Влияние экономической среды на деятельность организации.

Перечень основной литературы:

1. Кузнецов И.Н. Научное исследование: Методика проведения и оформление. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2006. – 460 с.

2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Лань, 2012. - 368 с.

3. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. УП.-М.: Изд. дом «Дашков и К», 2008. – 243с.

Перечень дополнительной литературы:

1. Тихонов В.А., Корнев Н.В., Верона В.А., Остроухов В.В. Основы научных исследований: теория и практика. - СПб.: Гелиос АРВ, 2006.

2. Лантух Н. И.. Основы лицензионной и сертификационной деятельности: уч. пособие / Рец. В. В. Федоренко, В. П. Мочалов. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. – 86 с.

3. Гарнаев А.Ю. Excel 2002 Разработка приложений – БХВ-Петербург, 2004.

4. Гарнаев А.Ю., Рудикова Л. В. Excel 2010 Разработка приложений – БХВ-Петербург, 2011.

Интернет-ресурсы

http://www.edu.ru/ – Федеральный портал «Российское образование»

http://school-collection.edu.ru/ – Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов»