

**Экономико-математическое
моделирование и
оптимизация
технологических
процессов в шахтах**

Под **моделью** принято понимать систему, способную замещать оригинал так, что ее изучение дает новую информацию об оригинале.

Модель есть абстрактное представление реальности в какой-либо форме (например, в математической, физической, символической, графической), которое отображает принцип функционирования, определенные особенности объекта исследования.

Под ***моделированием*** понимается процесс построения и исследования модели, способной заменить реальную систему и дать о ней новую информацию.

Все существующие модели могут быть условно разделены на два класса - **модели материальные**, т.е. объективно существующие (которые можно "потрогать руками"), и **модели абстрактные**, существующие в сознании человека.

Математическая модель -

это система

математических

соотношений, которые

описывают исследуемый

процесс или явление.

Математические модели в экономике принято называть *экономико-математическими*.

Экономико-математическая модель всегда является не точной копией, а *некоторой схемой, абстракцией экономического процесса*.

Цель данного курса - обучить будущего горного инженера приемам и навыкам

- *экономико-математического моделирования;*
- *использования программных комплексов при проектировании технологии разработки пластовых месторождений;*
- *исследовании влияния природных, технических и экономических факторов на параметры технологических схем системы угледобычи.*

Этапы экономико-математического моделирования

- *Первый этап - постановка задачи*
- *Второй этап – разработка компьютерной программы*
- *Третий этап - получение конкретного решения с помощью составленной программы и преобразование программы в модель*
- *Четвертый этап – исследование влияния на конечный результат количественно изменяющихся переменных и переменных, которые изменяются только качественно.*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

- *1. ЦЕЛЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ (только установление величины затрат, исследование влияния факторов на затраты, выбор варианта технологии)*
- *2. ДЕТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРУЕМОГО ОБЪЕКТА*
- *3. ДЕТАЛЬНОЕ ВЛАДЕНИЕ МЕТОДАМИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ РАБОТ, ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ, РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ И ЭНЕРГИИ*

Разработка программы и преобразование ее в модель

В общем виде модель затрат на проведение 1 м выработки можно представить как

$$k = \sum_{i=1}^{i=n1} 3_{\Pi} + \sum_{j=1}^{j=n2} M + \sum_{y=1}^{y=n3} A + \sum_{z=1}^{z=n4} \text{Э} , \text{ д.е./м}$$

$$K = k \cdot L \quad \text{д.е.}$$

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

	А	В
1	Исходные данные	
2	Ширина печи, м	3,0
3	.....	....
....
n	Глубина работ, м	800
n+1	Вычисления	
n+2	Объем работ	.....
....	
m	Результат	1854
....		
mn	Справочно-информационный материал	

Microsoft Excel - ПЕЧЬ для картинки	
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка Arial Cyr 10 Ж К Ч % 000 100%	
D7	A
1	Программа расчета стоимости проведения 1 м печи
2	Исходные данные
3	мощность пласта, м 1,2
4	ширина печи, м 3
5	число отделений в печи (два ли три) 2
6	продолжайте ввод
7	длина печи, м 10
8	расстояние между комплектами крепи, м 1
9	глубина ведения горных работ, м 800
34	ширина затяжки, м 0,2
35	ширина обапола, м 0,2
36	ширина бруса (средняя ширина распила), м 0,15
37	Цена лесных крепежных материалов, грн/м3 300
38	стоимость спецодежды, грн 3000
51	стоимость пневмоэнергии, грн/м3 0,04
52	Процент общешахтных расходов в затратах, % 17
53	
142	Вычисления
143	Общешахтные поправочные коэффициенты к нормам выработки
144	по водовыделению 1
145	по выбросоопасности 1
146	по температуре воздуха 0,95
147	по глубине работ 0,95
148	Общешахтный поправочный коэффициент 0,90
149	Вычисления оплаты труда по процессам
150	Бурение опережающей скважины
151	номер строки в таблице 10 2
152	табличная норма выработки на бурение 25,63
153	поправочный коэффициент на угол наклона скважины 1
295	Расход энергии при выемке 1 м печи, квт.час 1,12
296	затраты на электроэнергию, грн/м 0,89
297	Всего затраты на энергию, грн/м 16,36
298	Всего затраты на проведение печи, грн/м 1854,44

СТРУКТУРА МОДЕЛИ

	A	B	C	D	E	F	G
1	Исходные данные						
2	Ширина печи, м	3	3,5	4	4,5	5	5,5
3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
....					
n	Глубина работ, м	800	800	800	800	800	800
n+1	Вычисления						
n+2	Объем работ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
....						
m	Результат	1854	2173	2453	2619	2886	3153
....							
mn	Справочно-информационный материал						

Microsoft Excel - ПЕЧЬ для Модели

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Arial Cyr 10 Ж К Ч

M12

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Модель стоимости проведения 1 м печи								
2	Исходные данные							диапазон	среднее
3	мощность пласта, м m	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,6 - 2,4	1,2
4	ширина печи, м b	3	3,5	4	4,5	5	5,5	2 - 4	3
5	число отделений в печи (два ли три)	2	2	2	2	2	2	2,3	3
6	продолжайте ввод								
7	длина печи, м L	10	10	10	10	10	10	4 - 20	10
8	расстояние между комплектами крепи, м a	1	1	1	1	1	1	0,5 - 1,2	1
9	<u>глубина ведения горных работ, м Н</u>	<u>800</u>	<u>800</u>	<u>800</u>	<u>800</u>	<u>800</u>	<u>800</u>	<u>400 - 1400</u>	<u>800</u>
48	мощность двигателя буровой установки, кВт Nбу	5	5	5	5	5	5	2 - 8	5
49	расход воздуха отбойным молотком, м3/мин Nom	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1 - 2	1,5
50	стоимость электроэнергии, грн/квт.час Сээ	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6 - 1,2	0,8
51	стоимость пневмоэнергии, грн/м3 Спэ	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02 - 0,08	0,04
52	коб	0	0	0	0	0	0	5 - 50	0
53									
54									
55	Результаты вычислений (структура затрат на проведение печи), грн/м								
56	Оплата труда	1783,29	2087,79	2358,49	2521,66	2780,13	3038,60		
57	Материалы	50,93	61,96	67,86	72,04	77,74	83,45		
58	Амортизация оборудования	3,87	4,50	5,13	5,02	5,57	6,11		
59	Энергия	16,36	18,94	21,51	21,07	23,31	25,55		
60	Всего затраты на проведение печи, грн/м	1854,44	2173,19	2453,00	2619,78	2886,74	3153,71		

**Использование
результатов
моделирования**

Использование результатов компьютерного моделирования

1. Непосредственное использование компьютерной модели
2. Использование математического выражения, полученного методом множественной регрессией
3. Использование математического выражения, полученного методом «средних»

МНОЖЕСТВЕННАЯ РЕГРЕССИЯ

***Статистическая обработка
результатов моделирования
способом множественной регрессии.***

1. Можно учесть влияние не более 16 переменных !!!!
2. Значения всех переменных устанавливаются на «среднем» значении.
3. Значения одной из переменных устанавливаются в пределах возможного диапазона

Статистическая обработка результатов моделирования способом множественной регрессии

4. Если при изменении величины переменной на 100% результат изменяется не более чем на 5% - переменная исключается из анализа!
5. Составляется регрессионная таблица. Результаты моделирования заносятся в строки таблицы. В этих же строках указываются значения остальных переменных. Значение первой переменной устанавливается на «среднем» уровне и проводятся вычисления для других переменных.

Пример регрессионной таблицы

	A	B	C	D	E	F	G
1		Знач.	m	t	t²	b	L
2	Среднее значение	1854	1,2	3	9	3	10
3	Мощность пласта	1421	0,8	3	9	3	10
4	$y = 869,02x + 734,99$	1563	1	3	9	3	10
5		1854	1,2	3	9	3	10
6		1936	1,4	3	9	3	10
7		2130	1,6	3	9	3	10
8		2281	1,8	3	9	3	10
9	Превышение	1765	1,2	0	0	3	10
10	температуры	1854	1,2	2	4	3	10
11	$y = 22,525x^2 - 133,2x + 2041,1$	1854	1,2	3	9	3	10
12		1953	1,2	5	25	3	10
13		2188	1,2	7	49	3	10
14		2676	1,2	9	81	3	10
15	Длина печи	1364	1,2	3	9	2	10
16	$y = 77,017x + 1084,5$	1575	1,2	3	9	2,5	10
17		1854	1,2	3	9	3	10
18		2173	1,2	3	9	3,5	10

Статистическая обработка результатов моделирования способом множественной регрессии

6. Если зависимость от какой-либо переменной не линейна – вводится новая переменная.
7. Если при изменении величины переменной на 100% результат изменяется не более чем на 5% - переменная исключается из анализа!

Фрагмент части регрессионной таблицы

	A	B	C	D	E	F	AJ	AK
62			переменные		m	b	Спэ	коб
63	результат вычислений				1,2	3	0,04	0
64	мощность пласта, m			1421,54	0,8	3	0,04	0
65	$y = 869,02x + 734,99$			1563,86	1	3	0,04	0
66	48,42			1854,44	1,2	3	0,04	0
67				1936,14	1,4	3	0,04	0
68				2130,32	1,6	3	0,04	0
69				2281,95	1,8	3	0,04	0
70	ширина печи, m b			1364,35	1,2	2	0,04	0
71	$y = 527,49x + 292,24$			1574,64	1,2	2,5	0,04	0
72	73,61			1854,44	1,2	3	0,04	0
73				2173,19	1,2	3,5	0,04	0
74				2453,00	1,2	4	0,04	0
75				2619,78	1,2	4,5	0,04	0
249	стоимость пневмоэнергии, грн/м ³ Спэ			1846,71	1,2	3	0,02	0
250	$y = 386,62x + 1839$			1854,44	1,2	3	0,04	0
251	0,42			1862,18	1,2	3	0,06	0
252				1869,91	1,2	3	0,08	0
253				1877,64	1,2	3	0,1	0
254				1885,37	1,2	3	0,12	0
255	процент общешахтных расходов в затратах, % коб			1854,44	1,2	3	0,04	0
256	$y = 18,544x + 1854,4$			2169,70	1,2	3	0,04	17
257	14,53			2299,51	1,2	3	0,04	24
258				2429,32	1,2	3	0,04	31
259				2559,13	1,2	3	0,04	38

Пример регрессионной зависимости

Стоимость проведения 1 м печи в зависимости от плавно изменяющихся переменных

$$k = 817,11 \cdot m + 537,32 \cdot b + 77,72 \cdot L - 29,8 \cdot t + 13,39 \cdot t^2 - \\ - 178 \cdot K_{от} + 26,83 \cdot K_{от}^2 + 127,39 \cdot \gamma + 5,94 \cdot T + 11,68 \cdot \Pi_{пр} + \\ + 1366,39 \cdot K_{спи} + 13,39 \cdot \Pi_{нач} + 18,49 \cdot k_{об} + 0,54 \cdot H - 6193$$

Влияние переменных, изменяющихся только качественно

1. Поочередно в модели устанавливается качественное значение переменной при «средних» значениях остальных переменных
2. Результат вычислений делится на «среднее» значение функции
3. Составляется таблица коэффициентов влияния качественно изменяющихся переменных

Фрагмент таблицы коэффициентов

№/ ПП	Условия ведения горных работ	Коэффициент влияния μ
1	водовыделение отсутствует	1
	значительное выделение воды из почвы,	1,05
	сильный капеж на рабочего	1,11
	выделение воды струями	1,17
2	пласт не выбросоопасен	1
	пласт выбросоопасен, работы ведутся с дистанционным управлением	1,05
	пласт выбросоопасен, работы ведутся в общем режиме	1,1
	работа в особо выбросоопасной зоне	1,17

Пример регрессионной зависимости

Стоимость проведения 1 м печи в зависимости от плавно и качественно изменяющихся переменных

$$k = \prod_{i=1}^{i=8} \mu_i \cdot (817,11 \cdot m + 537,32 \cdot b + 77,72 \cdot L - 29,8 \cdot t + 13,39 \cdot t^2 - 178 \cdot K_{от} + 26,83 \cdot K_{от}^2 + 127,39 \cdot \gamma + 5,94 \cdot T + 11,68 \cdot \Pi_{пр} + 1366,39 \cdot K_{спи} + 13,39 \cdot \Pi_{нач} + 18,49 \cdot k_{об} + 0,54 \cdot H - 6193)$$

Обработка результатов моделирования методом «среднее значение»

$$y = y^{\text{ср}} \cdot \prod_{i=1}^{i=n} \mu_i$$

n – общее количество переменных (как количественных, так и качественных);

$y_{\text{ср}}$ - значение искомой функции при одновременно всех «средних» значениях каждого влияющего фактора;

μ_i - математическое выражение или константа, учитывающее степень влияния каждого из n факторов на конечный результат.

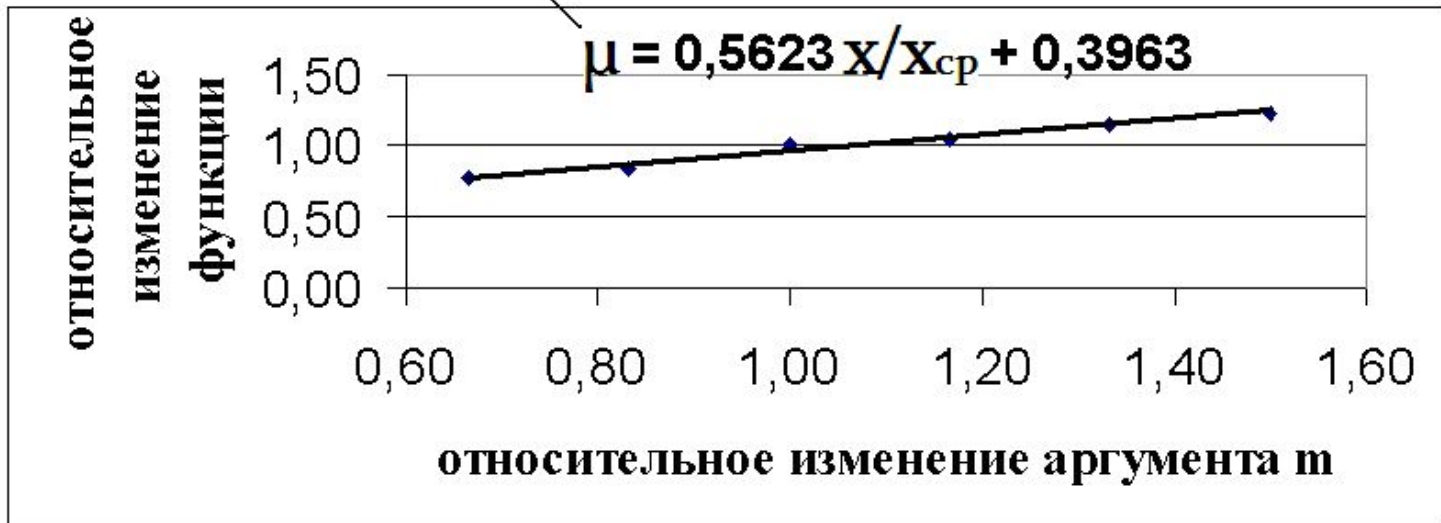
Вычисление коэффициентов влияния

1. Для «качественно» влияющих факторов – как описано выше.
2. Для факторов, плавно изменяющих значения – установление зависимости

$$y/y_{\text{ср}} = f(x/x_{\text{ср}})$$

Пример вычисления коэффициента

	A	B	C	D	E	F
61						
62		$X/X_{\text{ср}}$	$Y/Y_{\text{ср}}$	функция Y	m	b
63					1,2	3
64	мощность пласта, m	0,67	0,77	1421,54	0,8	3
65	$y = 869,02x + 734,99$	0,83	0,84	1563,86	1	3
66	48,42	1,00	1,00	1854,44	1,2	3
67		1,17	1,04	1936,14	1,4	3
68	$y = 0,5623(m/1,2) + 0,3963$	1,33	1,15	2130,32	1,6	3
69		1,50	1,23	2281,95	1,8	3
70	ширина печи, m b	0,67	0,74	1364,35	1,2	2
71	$y = 527,49x + 292,24$	0,83	0,85	1574,64	1,2	2,5
72	73,61	1,00	1,00	1854,44	1,2	3
73		1,17	1,17	2173,19	1,2	3,5
74	$y = 0,8533(b/3) + 0,1576$	1,33	1,32	2453,00	1,2	4
75		1,50	1,41	2619,78	1,2	4,5



Расчетная формула по методу «средних»

$$k = 1854,44 \cdot \prod_{i=1}^{i=12} \mu_i \cdot \prod_{j=1}^{j=8} \mu_j$$

где μ_i - коэффициенты влияния переменных,
плавно меняющих свою величину
 μ_j - коэффициенты влияния переменных,
имеющих только качественное значение

Значения коэффициентов приводятся
таблично

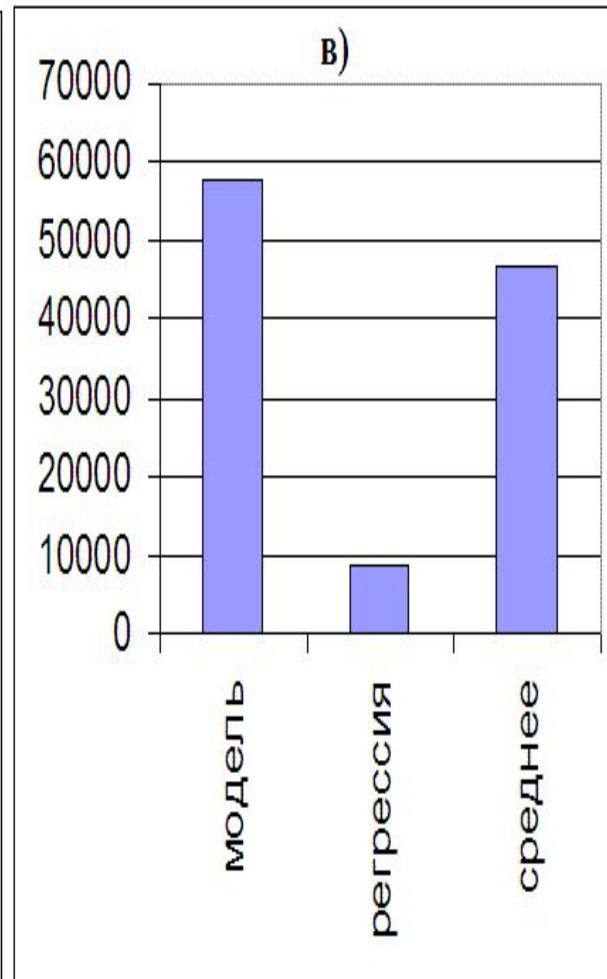
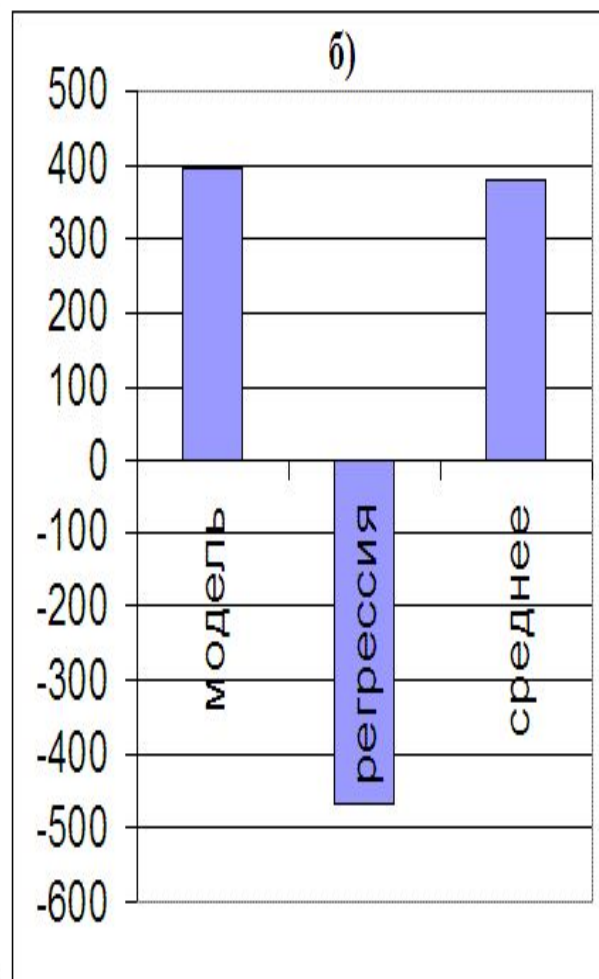
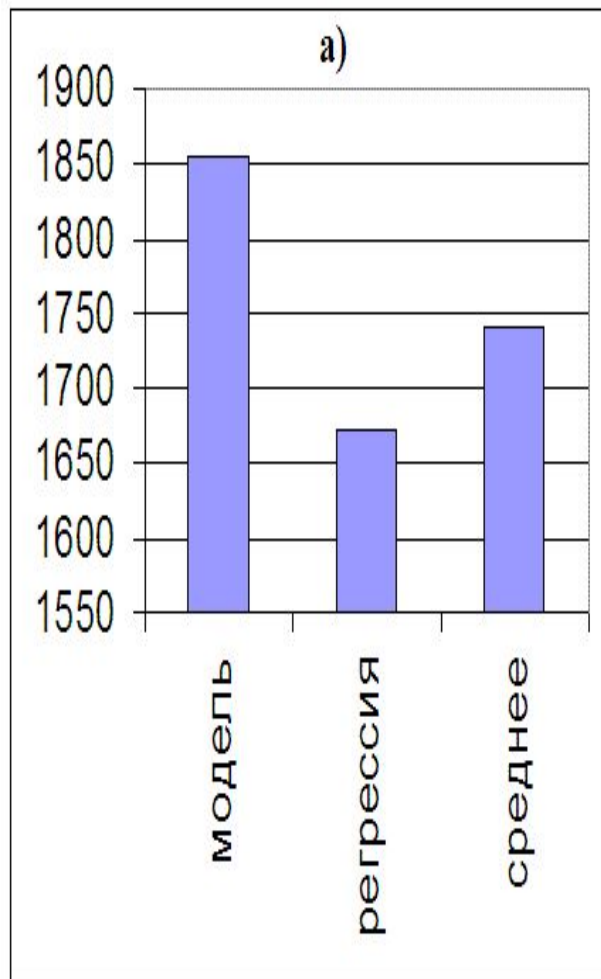
Фрагмент таблицы коэффициентов

№	Влияющий фактор	Коэффициент влияния
1	мощность пласта, м, m	$0,5623(m/1,2) + 0,3963$
2	ширина печи, м, b	$0,8533(b/3) + 0,1576$
3	длина печи, м, L	$0,4153(L/10) + 0,5848$
4	превышение температуры воздуха сверх нормативов, градус, t	$0,0699(t/3)^2 - 0,0609(t/3) + 0,9752$
5	категория отбойности угля Кот	$0,0604(Кот/3)^2 - 0,0134(Кот/3) + 0,9379$
6	плотность угля, т/м ³ , γ	$0,4689(\gamma/1,4) + 0,5311$

Фрагмент таблицы коэффициентов

14	пласт не выбросоопасен	1
	пласт выбросоопасен, работы ведутся с дистанционным управлением	1,05
	пласт выбросоопасен, работы ведутся в общем режиме	1,1
	работа в особо выбросоопасной зоне	1,17
15	печь проводится по скважине	1
	печь проводится без бурения скважины	1,05
16	способ бурения скважины - с колонки	1
	способ бурения скважины - с манипулятора,	0,99
17	стойки установлены на лежень	1,007
	стойки установлены непосредственно на почву	1

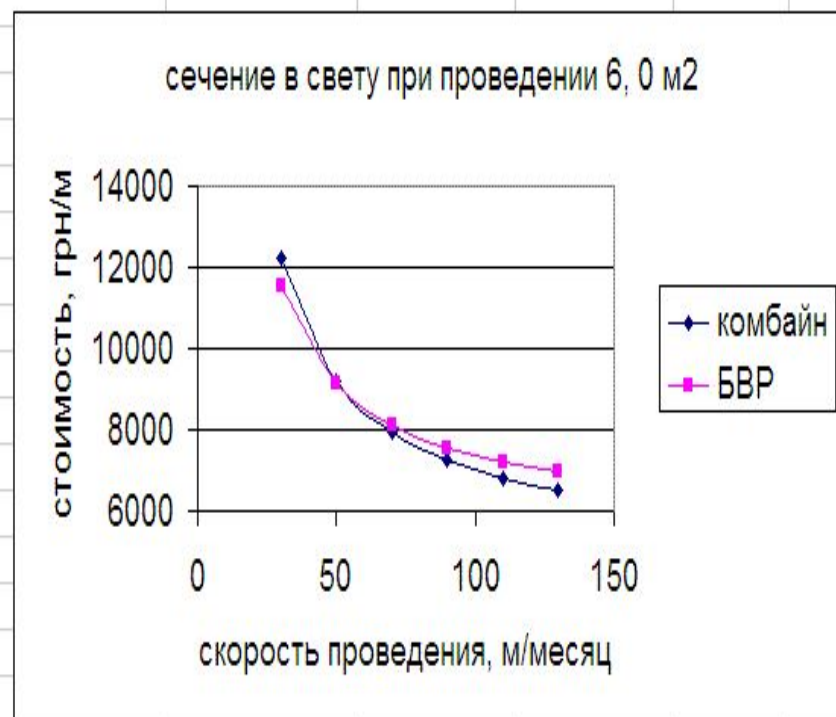
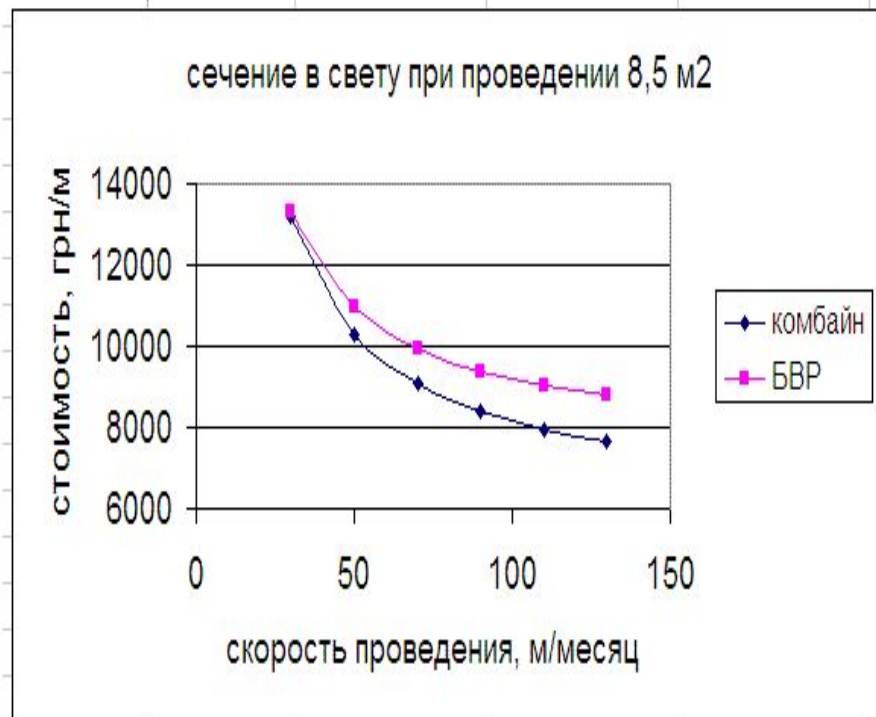
О ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ



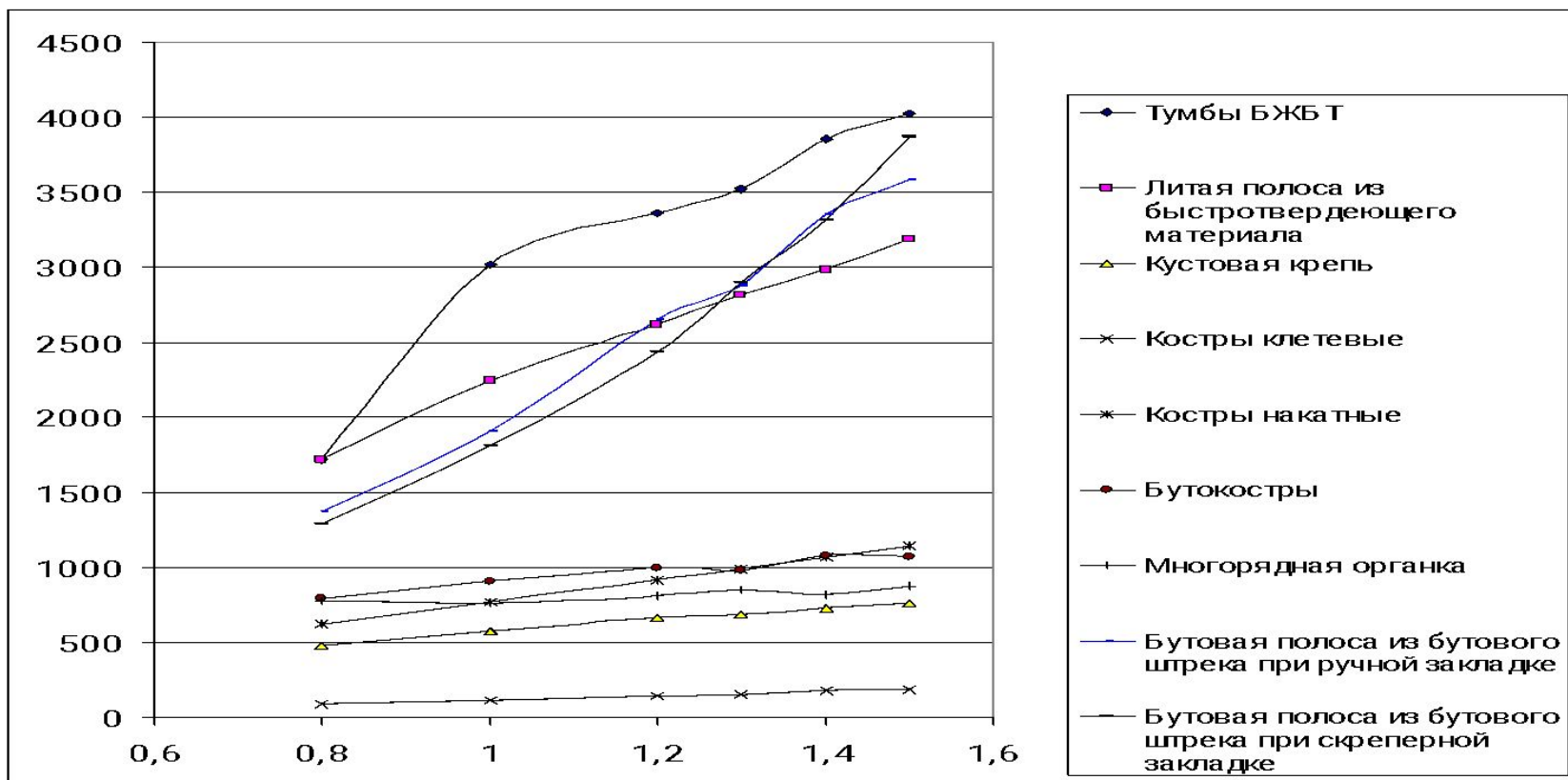
**Моделирование затрат на
проведение выработки, охрану
выработки, единичный ремонт
(перекрепление, подрывка
почвы) выработки**

Экономико-математические модели проведения выработок *prohodka.xls*

	30	50	70	90	110	130
комбайн	13187,95	10296,11	9073,27	8398,20	7970,20	7674,62
БВР	13307,39	10944,21	9942,59	9389,03	9037,83	8795,19
комбайн	12243,48	9224,69	7955,04	7255,93	6813,37	6508,04
БВР	11518,84	9114,38	8101,38	7543,13	7189,57	6945,57

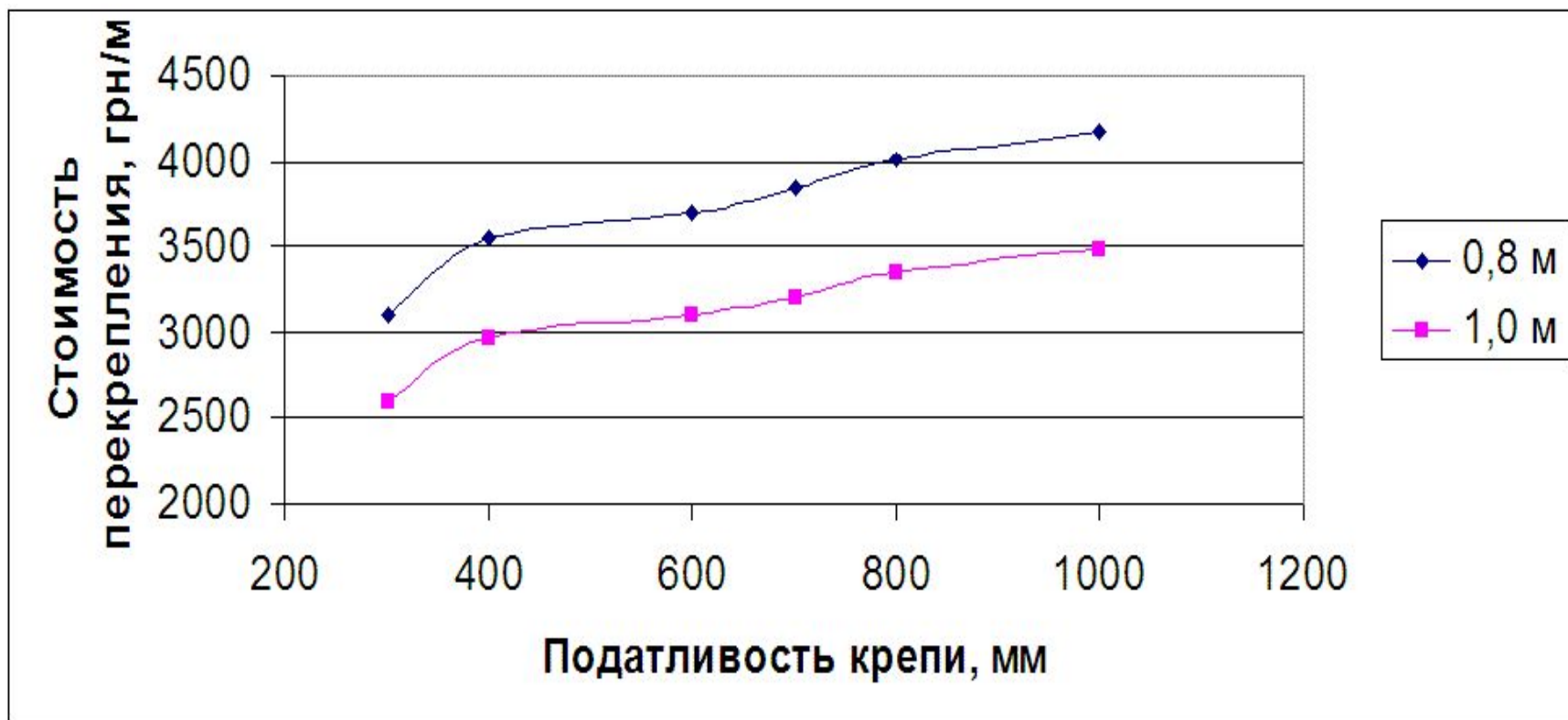


Экономико-математическая модель затрат на сооружения средств охраны участковой выработки *ohrana_streka.xls*



Экономико-математическая модель затрат на единичный ремонт выработки

repar_ein.xls



Моделирование затрат на очистные работы

Затраты на очистные работы

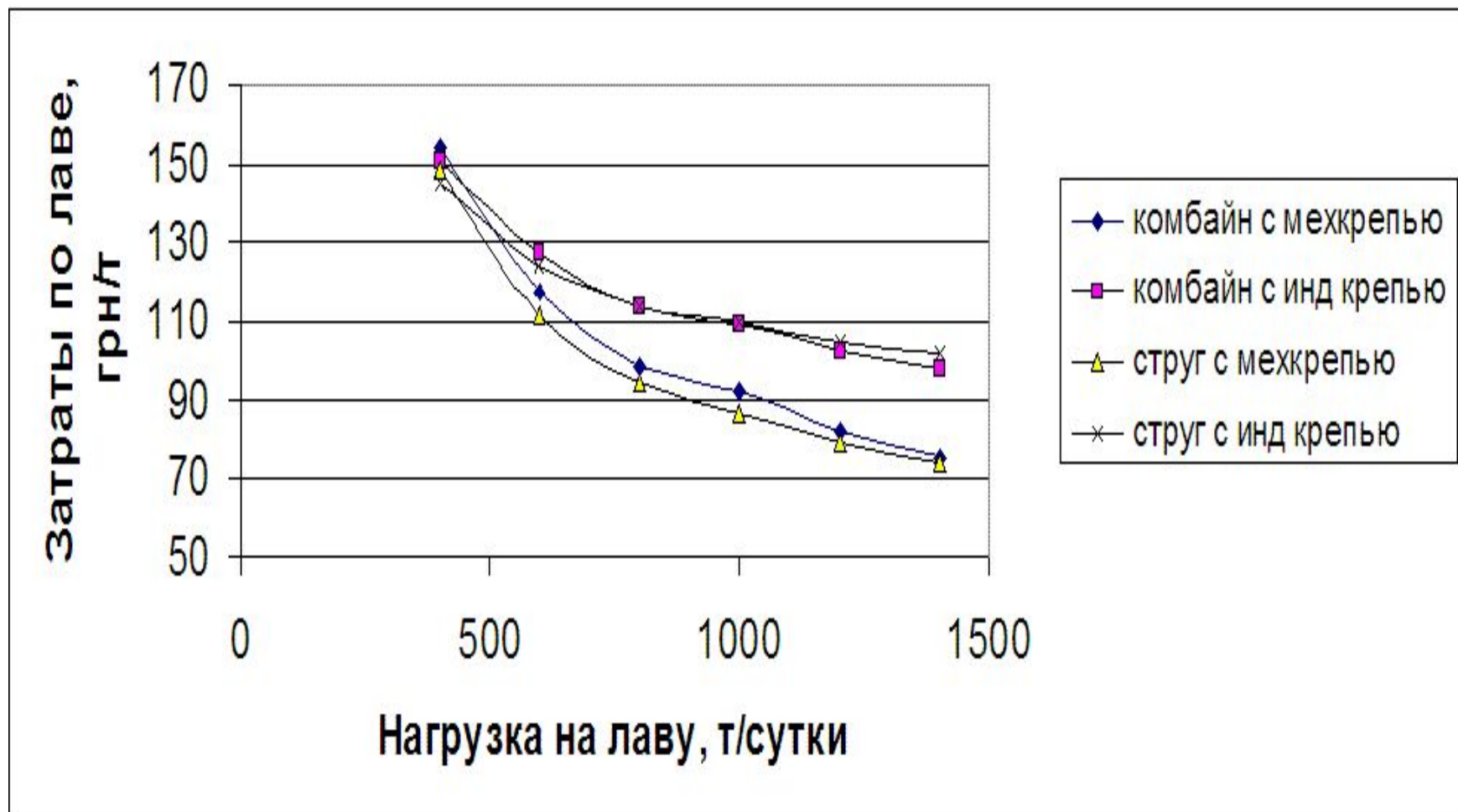
$$C_{\text{оч}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n1} Z_{\text{п}} + \sum_{j=1}^{j=n2} M + \sum_{y=1}^{y=n3} A + \sum_{z=1}^{z=n4} \text{Э}}{D_{\text{ц}}} + \frac{\sum Z_{\text{пдос}}}{D_{\text{ц}}} + \frac{\sum Z_{\text{рем}}}{D_{\text{сут}}}$$

- $Z_{\text{п}}$, $Z_{\text{пдос}}$, $Z_{\text{рем}}$ – зарплата в добычные смены, по доставке материалов, по работам в ремонтную смену
- M – материалы
- Э – энергия
- A – амортизация
- $D_{\text{ц}}$, $D_{\text{сут}}$ – добыча за цикл, за сутки

Затраты в очистном забое

och_zaboy.xls

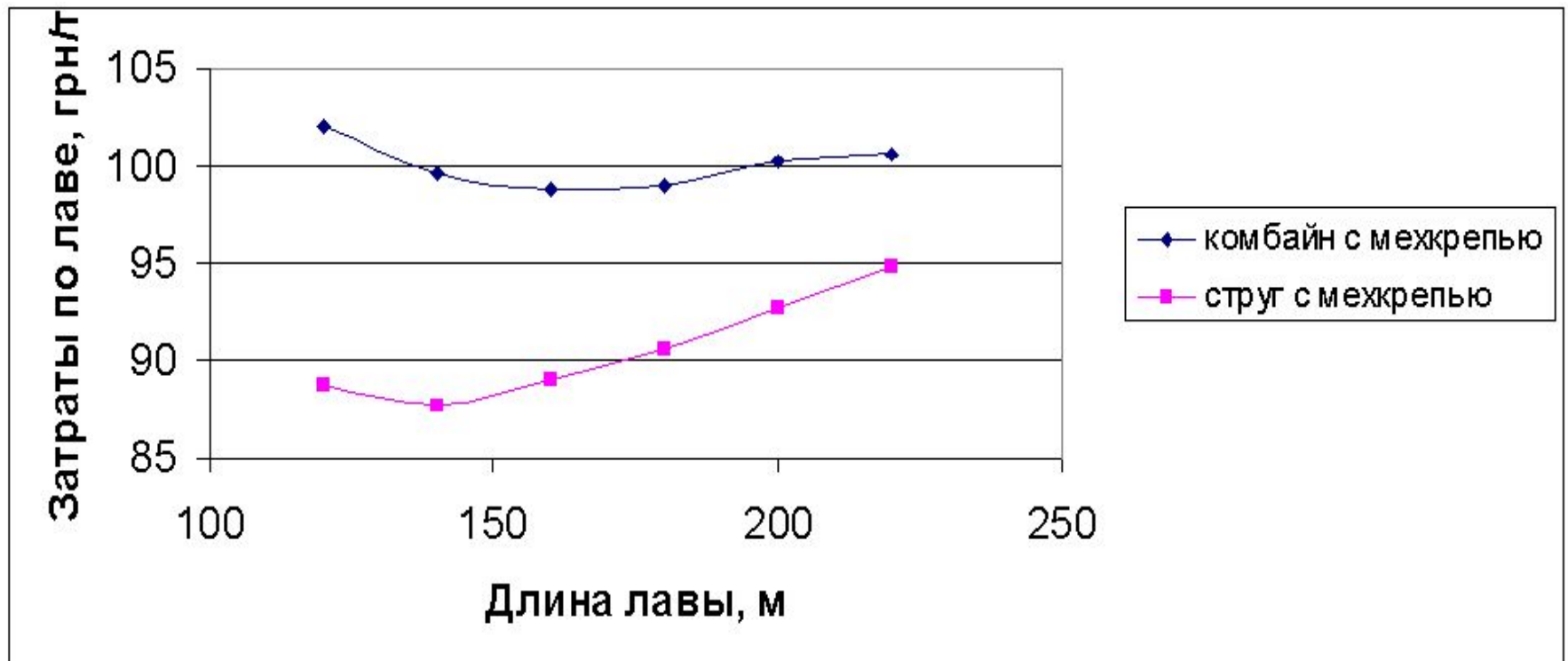
Программа составлена на 4 вида оборудования



Затраты в очистном забое

och_zaboу.xls

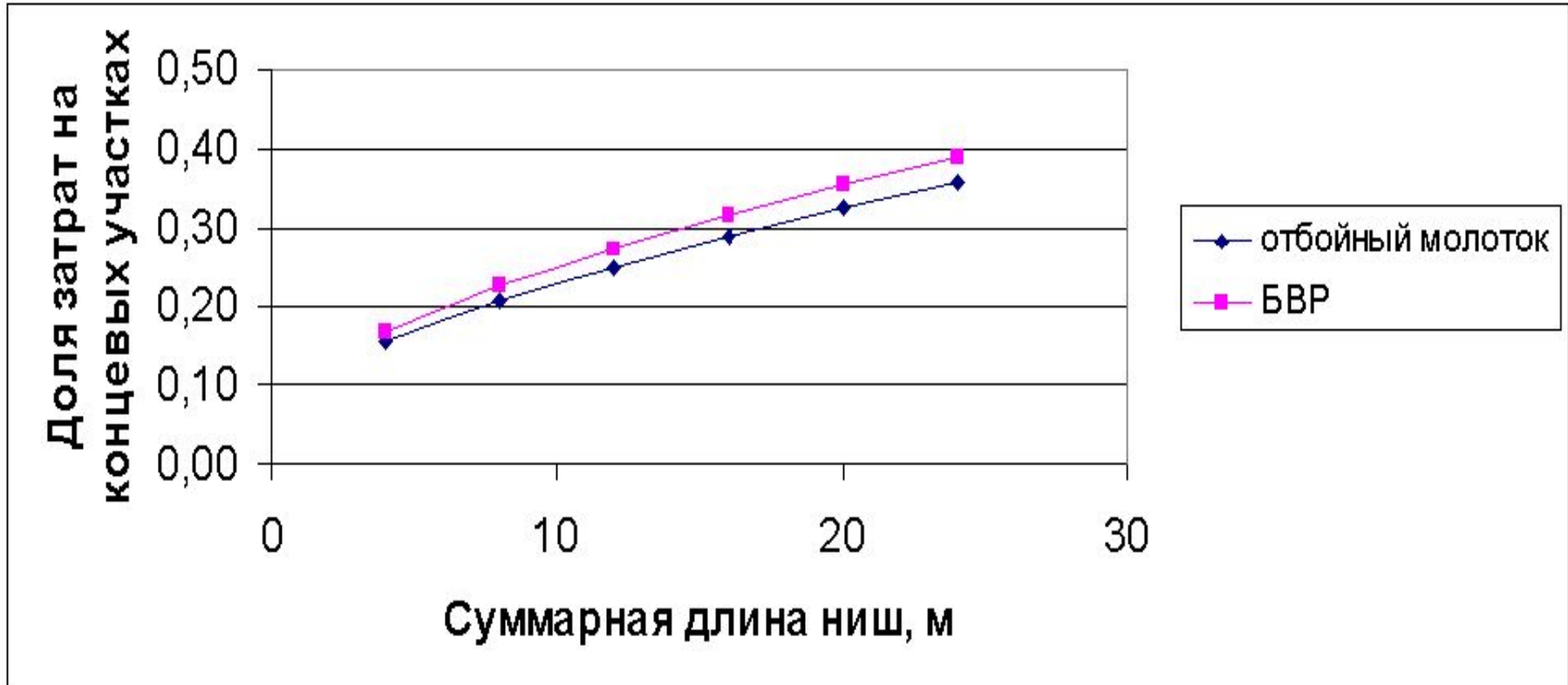
Позволяет исследовать степень влияние
любого фактора, влияющего на затраты



Затраты в очистном забое

och_zaboy.xls

Позволяет исследовать степень влияние
любого фактора, влияющего на затраты



Моделирование затрат на поддержание выработок

Затраты на поддержание выработки за полный срок ее существования

$$R = \frac{V_{\text{кр}}}{\Phi} k_{\text{пер}} + \frac{V_{\text{поч}}}{a_{\text{под}}} k_{\text{под}}$$

- $V_{\text{кр}}$ - значение смещений кровли в выработку за полный срок ее существования, мм,
- $V_{\text{поч}}$ - значение смещений почвы в выработку за полный срок ее существования, мм,
- Φ - величина смещений кровли, требующая перекрепления выработки (податливость крепи), мм,
- $a_{\text{под}}$ - принятая глубина подрывки почвы, мм,
- L - длина выработки, м

Образы выработок в зависимости от вида сопряжения лавы с участковыми выработками


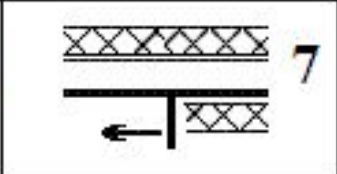
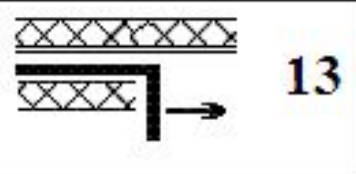
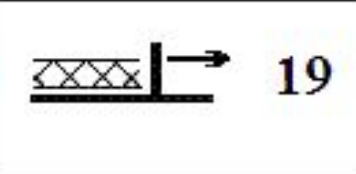
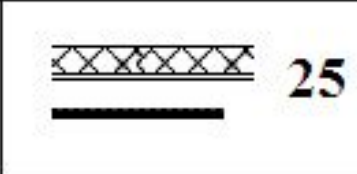
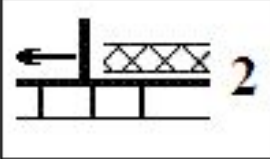
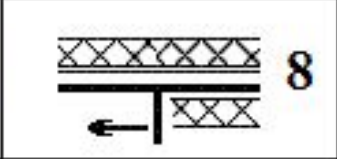
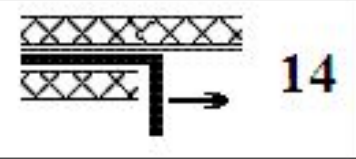


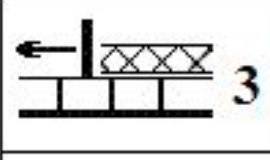
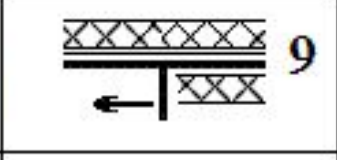
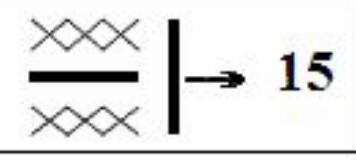
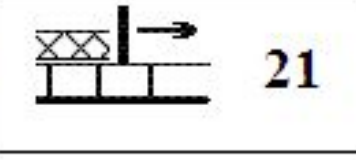
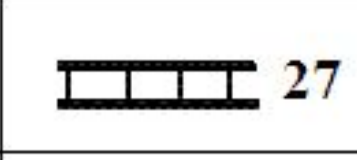
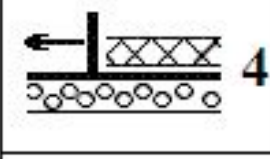
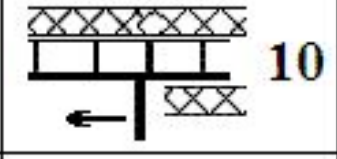
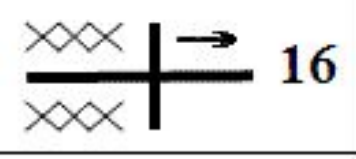
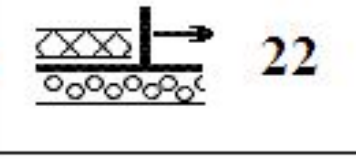
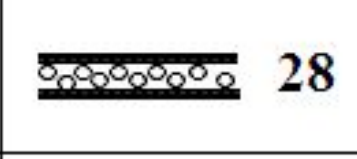
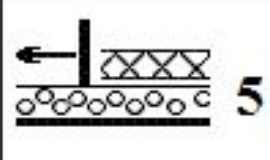
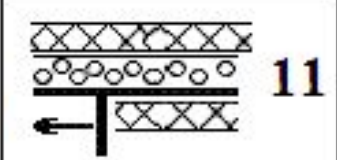

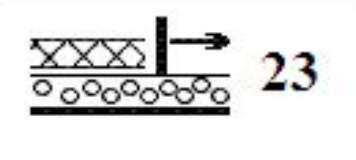
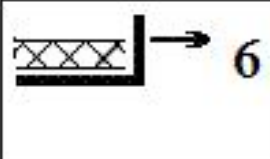
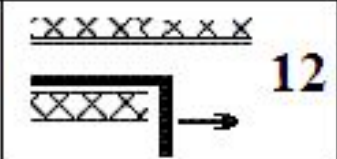


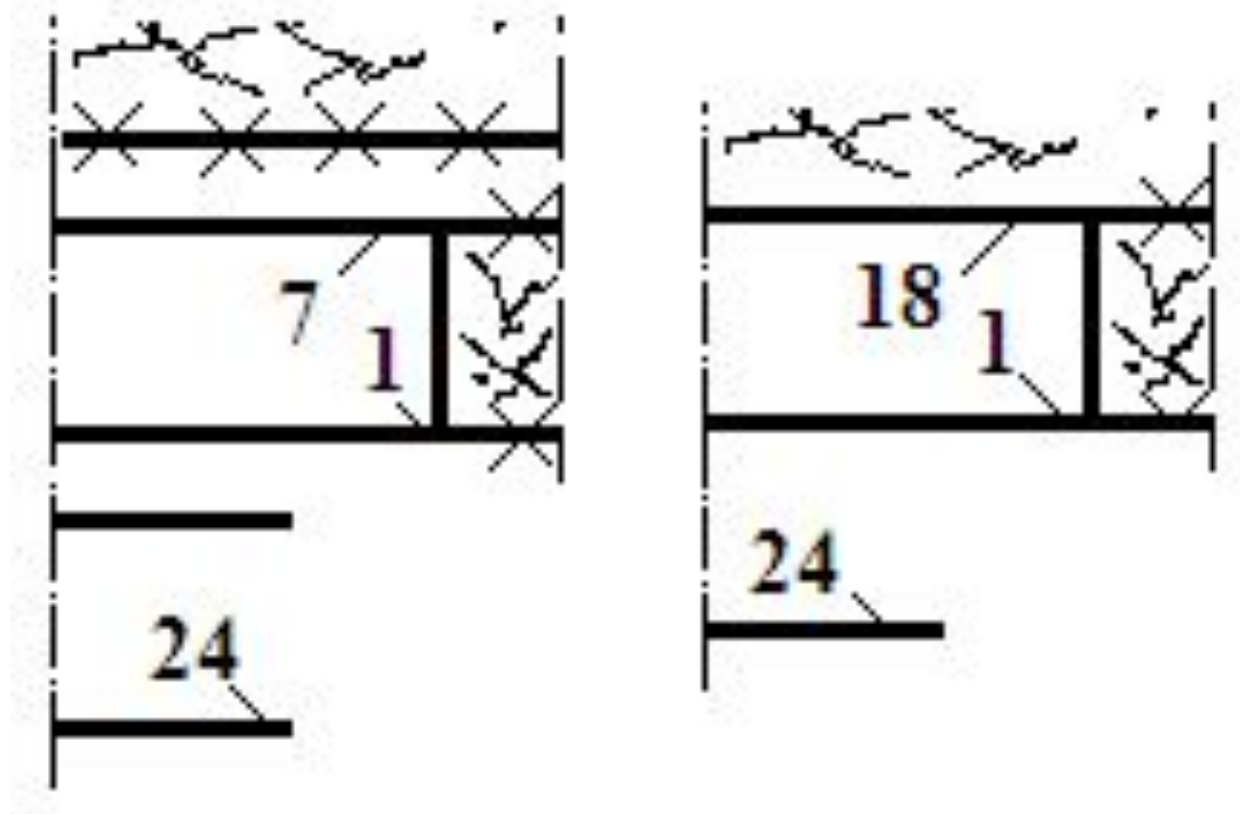
 1	 7	 13	 19	 25
 2	 8	 14	 20	 26
 3	 9	 15	 21	 27
 4	 10	 16	 22	 28
 5	 11	 17	 23	
 6	 12	 18	 24	

Схема выработок при столбовой системе разработки (повторное использование штрека (справа), без такового (слева))



Расчет смещений по ВНИМИ

- На основании статистической обработки графиков и номограмм ВНИМИ получены расчетные формулы величин смещений пород **U** и скоростей смещения **V** пород в выработку для пластовых выработок

№ выр- ки		Расчетные формулы по зонам поддержания			
		зона 1	зона 2	зона 3	зона 4
1	Кров- ля	$K_s * V_0 * T * K_k$	$K_s * K_{kp} * U_1 * K_k$	$m * K_{охр} * K_s * K_{kp}$	
	Поч- ва	$K_s * V_0 * T * (1 - K_k)$	$K_s * K_{kp} * U_1 * (1 - K_k)$	$K_s * K_{kp} * V$ 1	$K_s * K_{kp} * V_1 * T$

Объем ремонтных работ, м

$$V = n \cdot X_0 + X \cdot (N \cdot n + (N + 1) \cdot N/2 + (L - X_0 - N \cdot X) \cdot N_{об}$$

- $n = \text{целое}(a/\Phi)$
- $X_0 = (\Phi(1+n) - a)/c$
- $c = (b - a)/L$
- $N_{об} = \text{целое}(b/\Phi)$
- $N = \text{целое}((L - X_0)/X)$
- $X = \Phi/c$

Расчет по программе *obyet.xls*

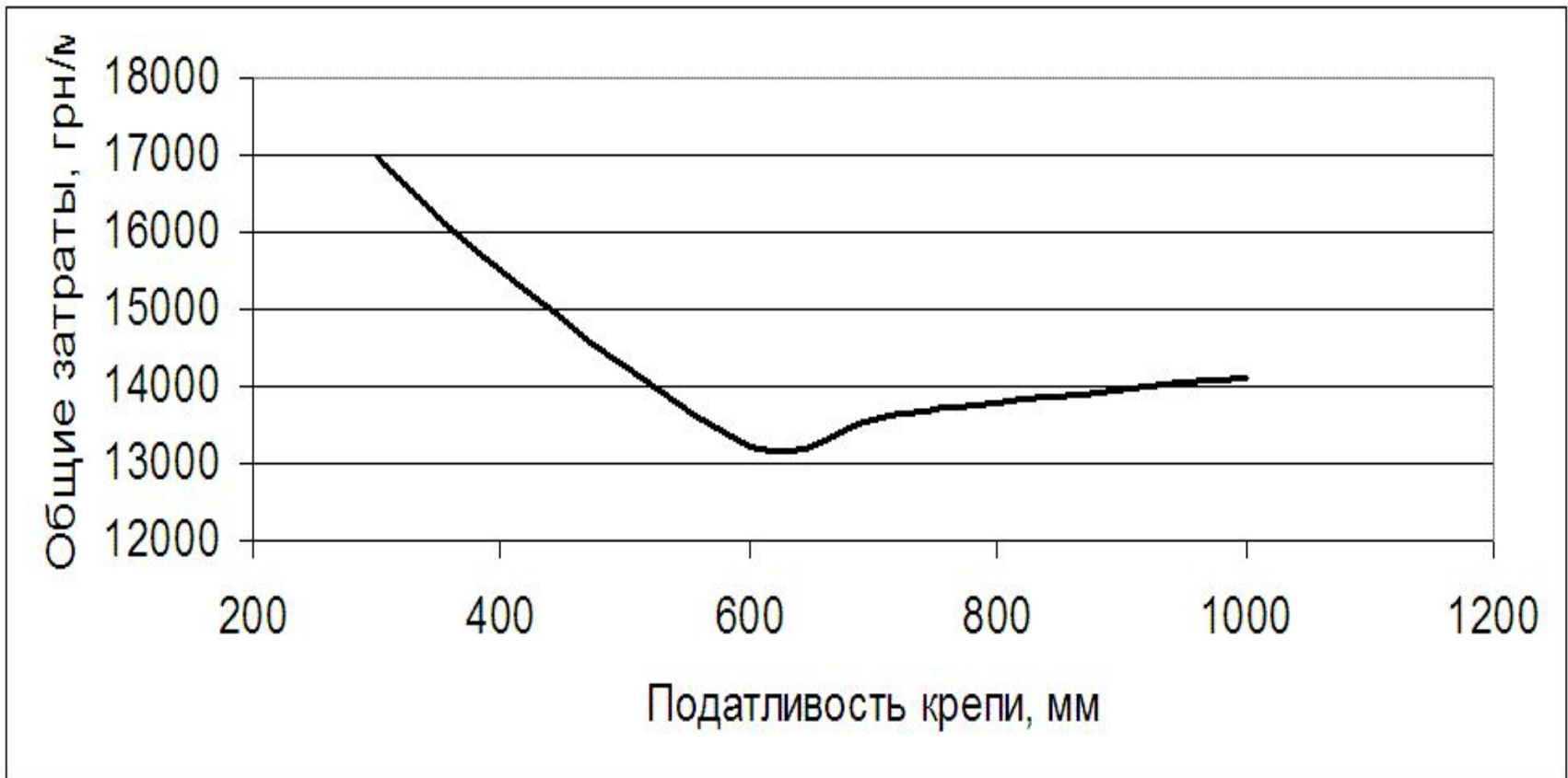
	Податливость крепи, мм					
	300	400	600	700	800	1000
Смещения кровли, мм						
В точке в центре панели	1364	1364	1363	1363	1362	1361
У границы панели	1045	1044	1044	1044	1043	1043
Смещения почвы, мм						
В точке в центре панели	3552	3551	3549	3548	3548	3546
У границы панели	1008	1008	1008	1007	1007	1007
Объем перекрепления, м	6302	4500	3000	2202	1500	1500
Объем перекрепления, раз/м	4,20	3,00	2,00	1,47	1,00	1,00
Объем подрывки, м	12942	12938	12931	12927	12923	12916
Объем подрывки, раз/м	8,63	8,63	8,62	8,62	8,62	8,61

Работа с моделью

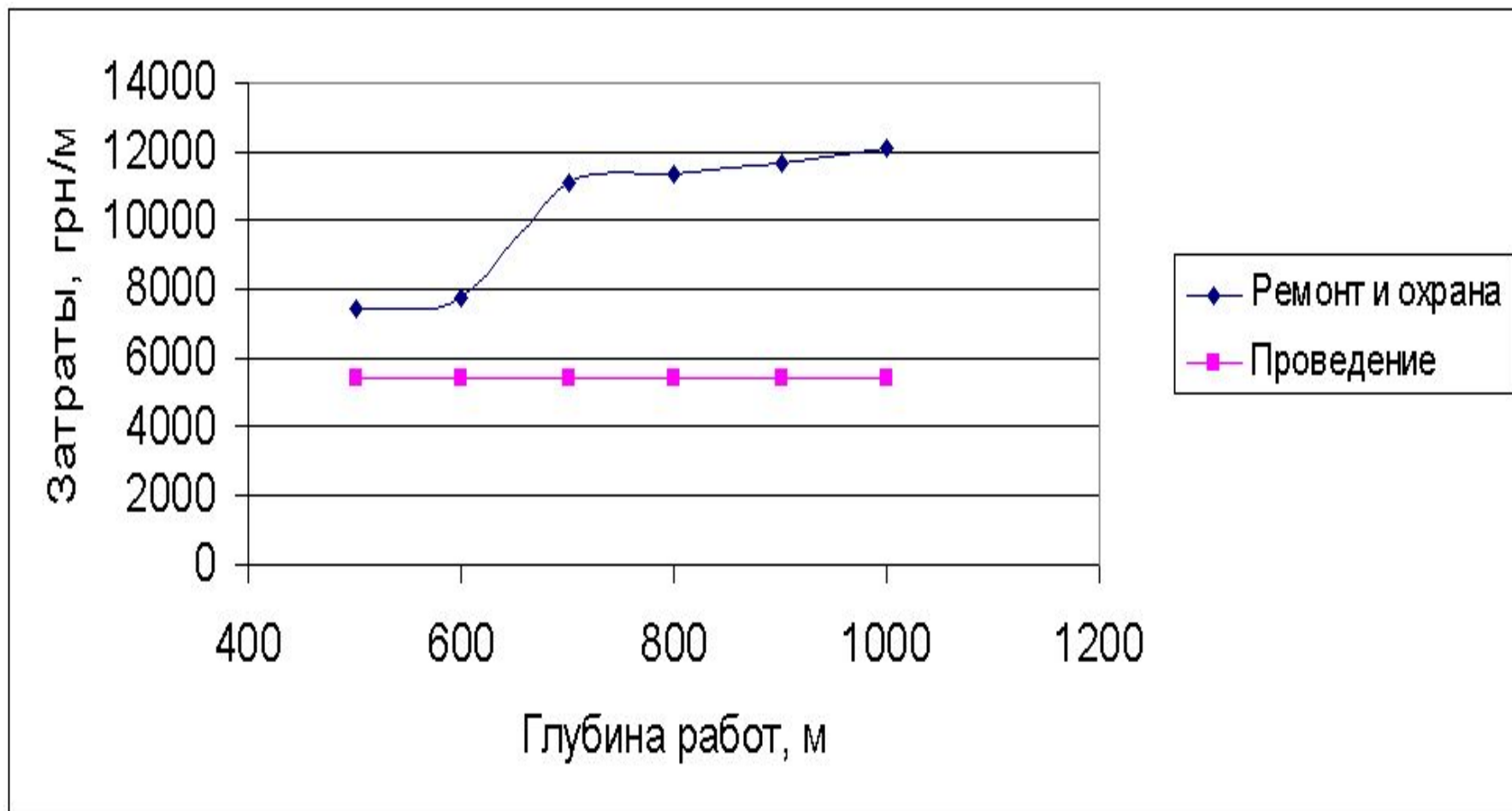
strek-513.xls

- Модель ***strek-513.xls*** выполняет одновременно функции моделей
- ***prohodka.xls***
- ***ohrana_streka.xls***
- ***obyem.xls***
- ***repar_ein.xls***

Модель *strek-513.xls* сумма затрат на проведение, ремонт, охрану штофека



Модель *strek-513.xls* сумма затрат на ремонт и охрану и на проведение штрека



Модель *strek-513.xls* Влияние угла падения на затраты по ремонту штрека



Моделирование затрат на подземный транспорт

***Цель моделирования является
выбор в конкретных условиях
экономически наиболее
эффективного вида основного и
вспомогательного транспорта.***

Структура затрат на транспорт

- При разработке экономико-математической модели затрат на транспорт угля важно помнить, что структурно затраты разделяются на две группы:
 - - затраты на оборудование и обслуживание концевых участков транспорта;
 - - затраты на оборудование и обслуживание линейных участков транспорта.

Модель затрат на перевозку 1 т угля

$$g = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} 3_{\text{п}} + \sum_{j=1}^{j=n} \text{Э} + \sum_{k=1}^{k=n} \text{А} + \sum_{t=1}^{t=n} \text{М}}{D_{\text{сут}}} + \frac{\sum_{h=1}^{h=n} \text{Q}}{Z}$$

3п - Оплата труда рабочих по каждому виду работ и ИТР за сутки

Э - Оплата затрат на электроэнергию за сутки

А - Сумма амортизационных отчислений на оборудование, отнесенных к 1 дню работы транспорта

М - Сумма суточных расходов на материалы, грн

Dсут - суточный объем перевозки, т

Q - суммарные затраты на сооружение горных выработок, монтаж и демонтаж оборудования на концевых участках транспортной выработки, отнесенные к 1 т перевозимых запасов угля.

Общее выражение затрат на перевозку 1 т угля

$$g = g_1 + g_2 \cdot L$$

g_1 - затраты на перевозку 1 т угля, не зависящие от длины транспортировки

g_2 - затраты на перевозку 1 т угля на расстояние 1 м

L - расстояние перевозки, м

Виды транспорта в шахте

- На современной шахте применяются следующие виды транспорта:
- - по магистральным выработкам – рельсовый и конвейерный;
- - по участковым выработкам – рельсовый и конвейерный;
- - по наклонным выработкам (бремсберги, уклоны) – как правило, конвейерный транспорт.

Участковый транспорт

- При основном **конвейерном** транспорте на выемочном участке:
 - две монорельсовые дороги;
 - две напочвенные канатные дороги;
 - канатная дорога + монорельсовая дорога;
 - канатная дорога + электровозная откатка;
 - монорельсовая дорога + электровозная откатка;
 - электровозная откатка по обоим выработкам.
- При **электровозной откатке** по транспортной участковой выработке вспомогательный транспорт по обоим выработкам осуществляется так же электровозной откаткой.

Модели затрат на транспорт

Экономико-математические модели затрат на транспорт разработаны для случаев:

- ***lenta.xls*** – участковый транспорт;
- ***magistral.xls*** – транспорт по магистральной выработке;
- ***uklon.xls*** – транспорт по панельной наклонной выработке.

Расчет по *lenta.xls* 1000 т/сут



Основной транспорт - **конвейер**: вспомогательный транспорт – 1 электровоз, 2 – монорельсовая дорога и электровоз, 3 – монорельсовая и напочвенная дороги, 5 – напочвенная дорога и электровоз, 6 – две монорельсовые дороги, 7 – две напочвенные дороги.

4 – основной и вспомогательный транспорт – **электровоз**

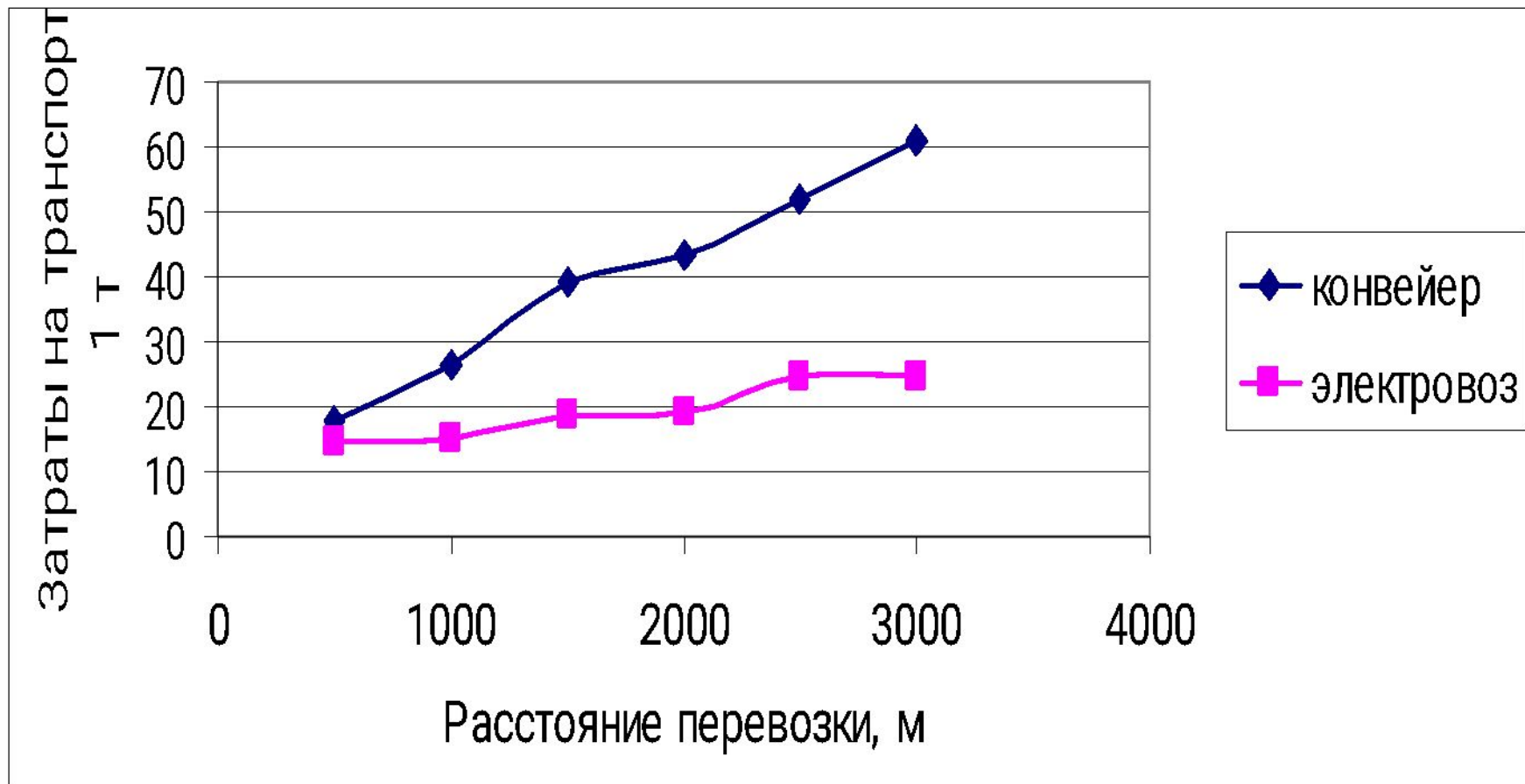
Расчет по *lenta.xls* 3000 т/сут



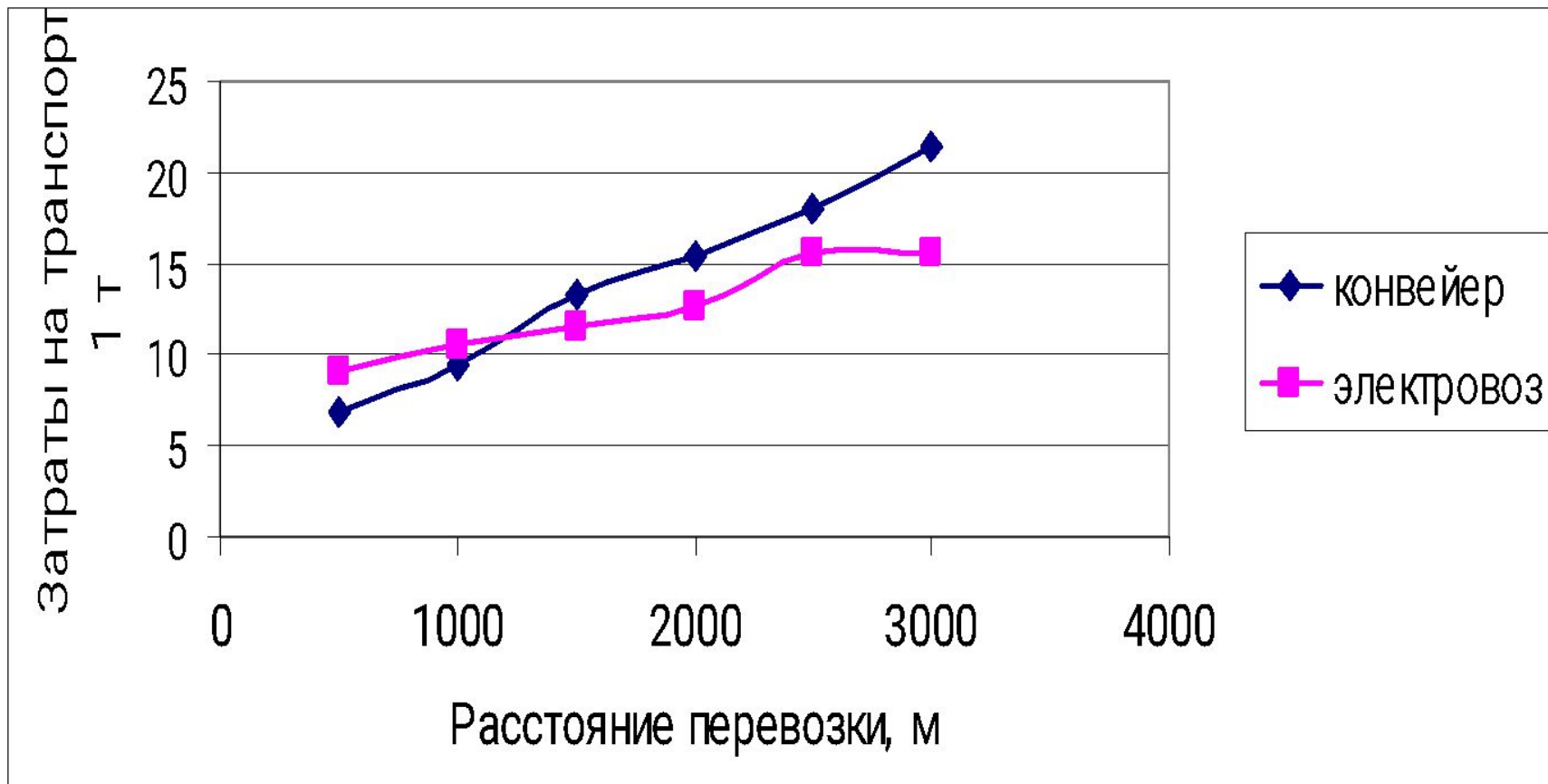
Основной транспорт - **конвейер**: вспомогательный транспорт – 1 электровоз, 2 – монорельсовая дорога и электровоз, 3 – монорельсовая и напочвенная дороги, 5 – напочвенная дорога и электровоз, 6 – две монорельсовые дороги, 7 – две напочвенные дороги.

4 – основной и вспомогательный транспорт – **электровоз**

Расчет по *magistral.xls* 1000 т/сут



Расчет по *magistral.xls* 4000 т/сут



Стоимостные параметры

Математические зависимости для определения затрат, приходящихся на единицу конечного продукта, имеющие место при выполнении данного процесса горных работ

Расчет проводится по программе
kosten.xls

**Моделирование
системы
разработки
пологого тонкого и
средней мощности
пласта**

Требования к ЭММ

Экономико-математическая **модель** конкретного варианта системы разработки в качестве входных данных **должна иметь только природные, технические и экономические (цены и тарифы) факторы.** **Параметры системы** разработки (нагрузка на лаву, сечения выработок, податливость крепи, размер выемочного поля, длина лавы, скорость подвигания очистного забоя) **должны определяться в процессе и в результате моделирования.**

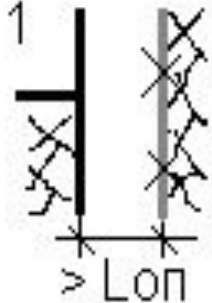
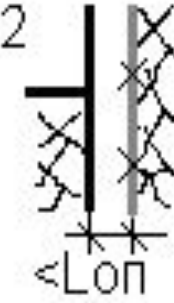
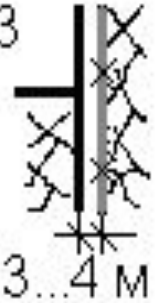














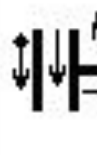


Узлы сопряжения Лава-Штрек

а)

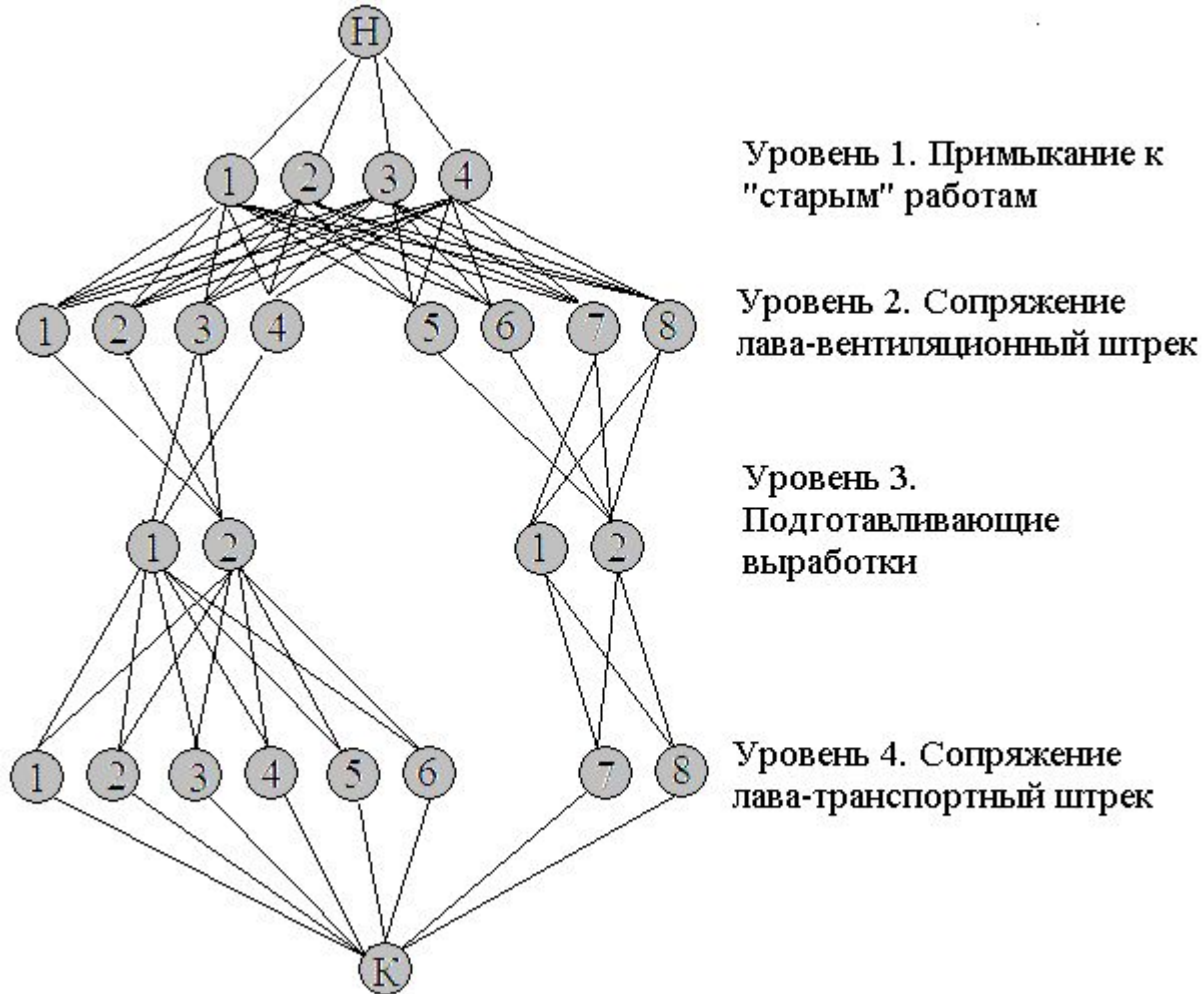
Узел 1	<p>1</p> <p>$> L_{оп}$</p>	<p>2</p> <p>$< L_{оп}$</p>	<p>3</p> <p>$< 3...4 м$</p>	<p>4</p>				
Узел 2	<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>	<p>7</p>	<p>8</p>
Узел 3	<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>	<p>5</p>	<p>6</p>	<p>7</p>	<p>8</p>

Узлы сопряжения Лава-Участковая выработка

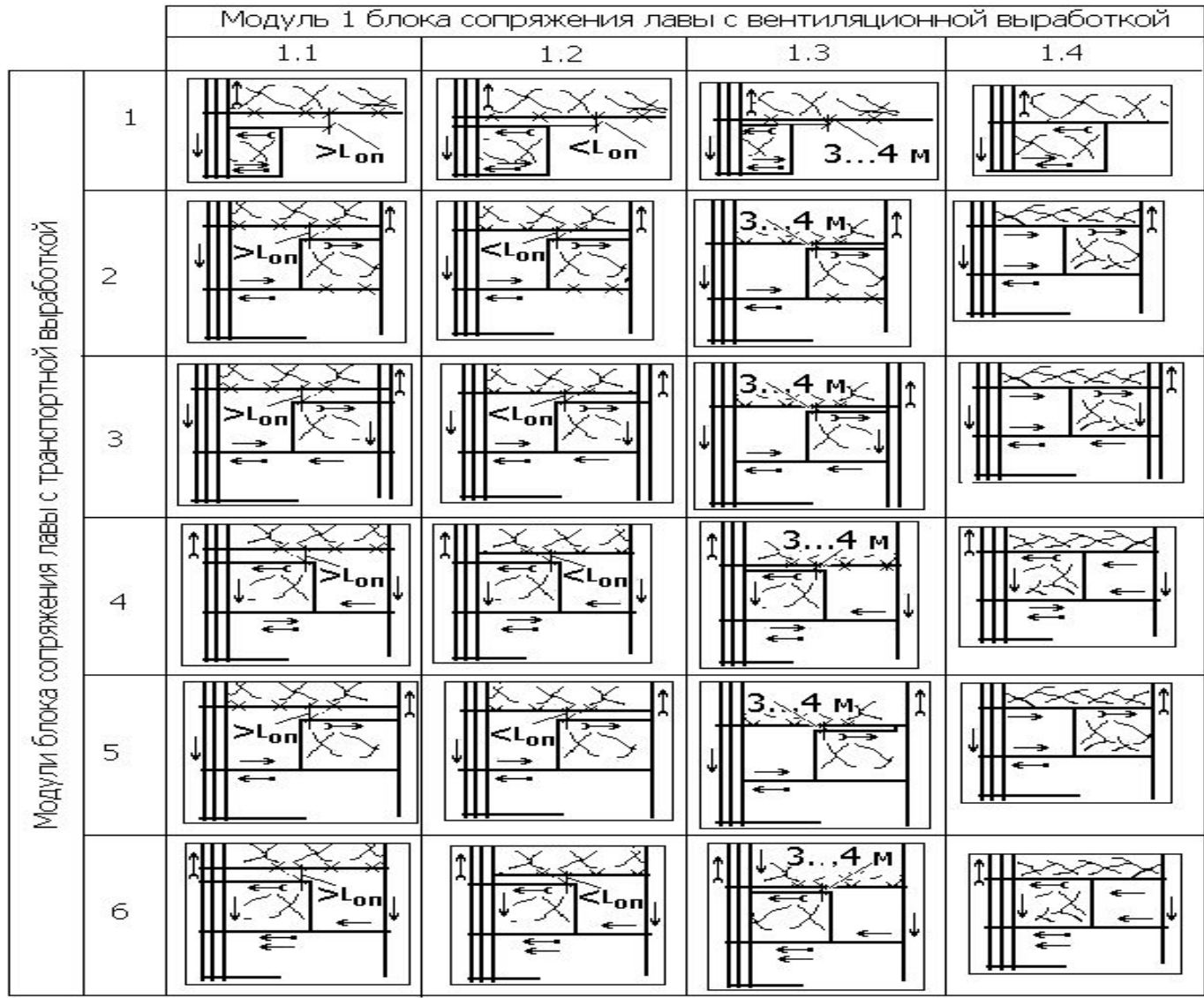
б)

Узел 1	 <p>1</p> <p>> L_{оп}</p>	 <p>2</p> <p>< L_{оп}</p>	 <p>3</p> <p>< 3...4 м</p>	 <p>4</p>				
Узел 2	 <p>1</p>	 <p>2</p>	 <p>3</p>	 <p>4</p>	 <p>5</p>	 <p>6</p>	 <p>7</p>	 <p>8</p>
Узел 3	 <p>1</p>	 <p>2</p>	 <p>3</p>	 <p>4</p>	 <p>5</p>	 <p>6</p>	 <p>7</p>	 <p>8</p>

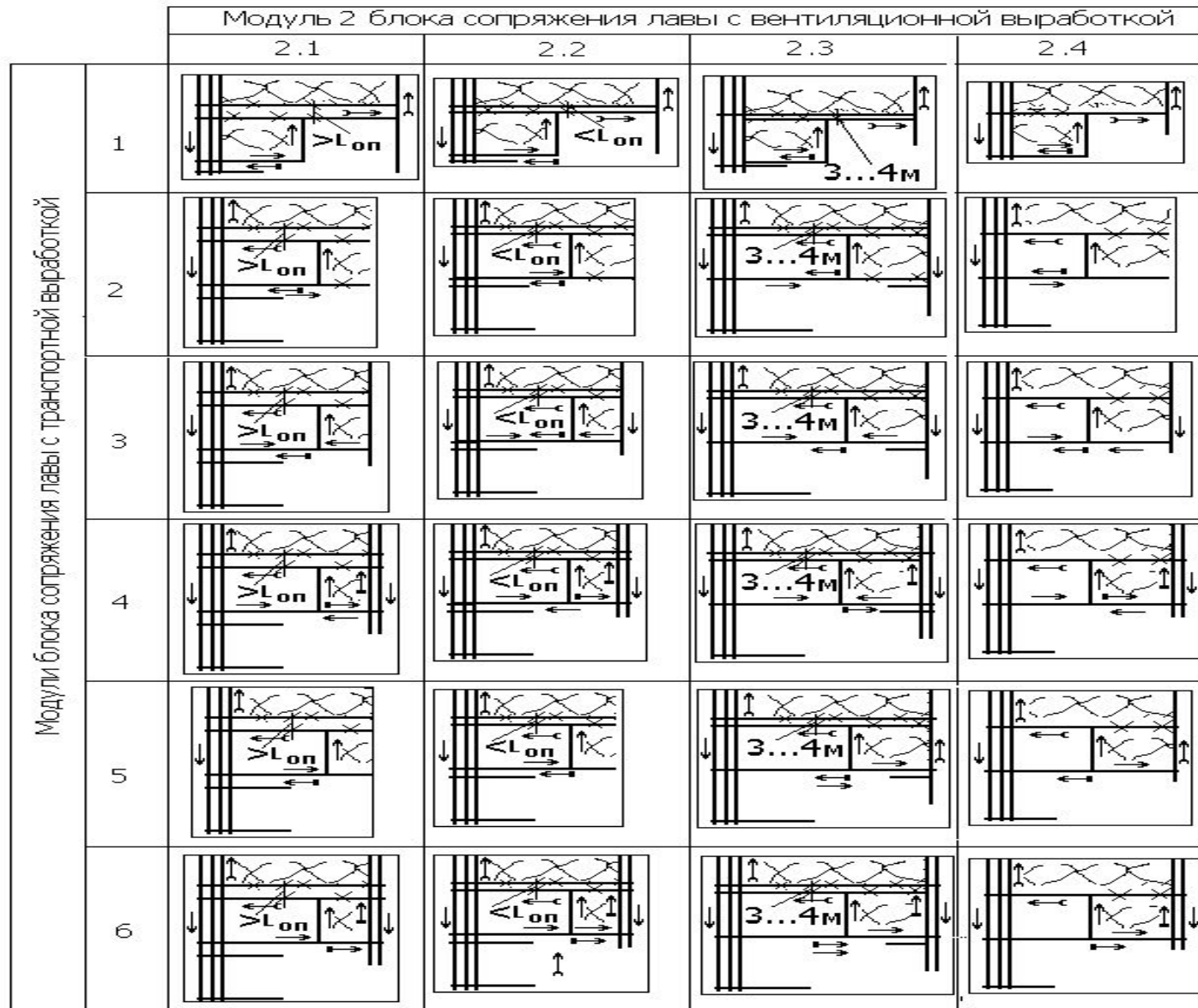
СИНТЕЗ - ГРАФ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ



СИНТЕЗ - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА. МОДУЛЬ БЛОКА СОПРЯЖЕНИЯ ЛАВА-ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ ШТРЕК 1



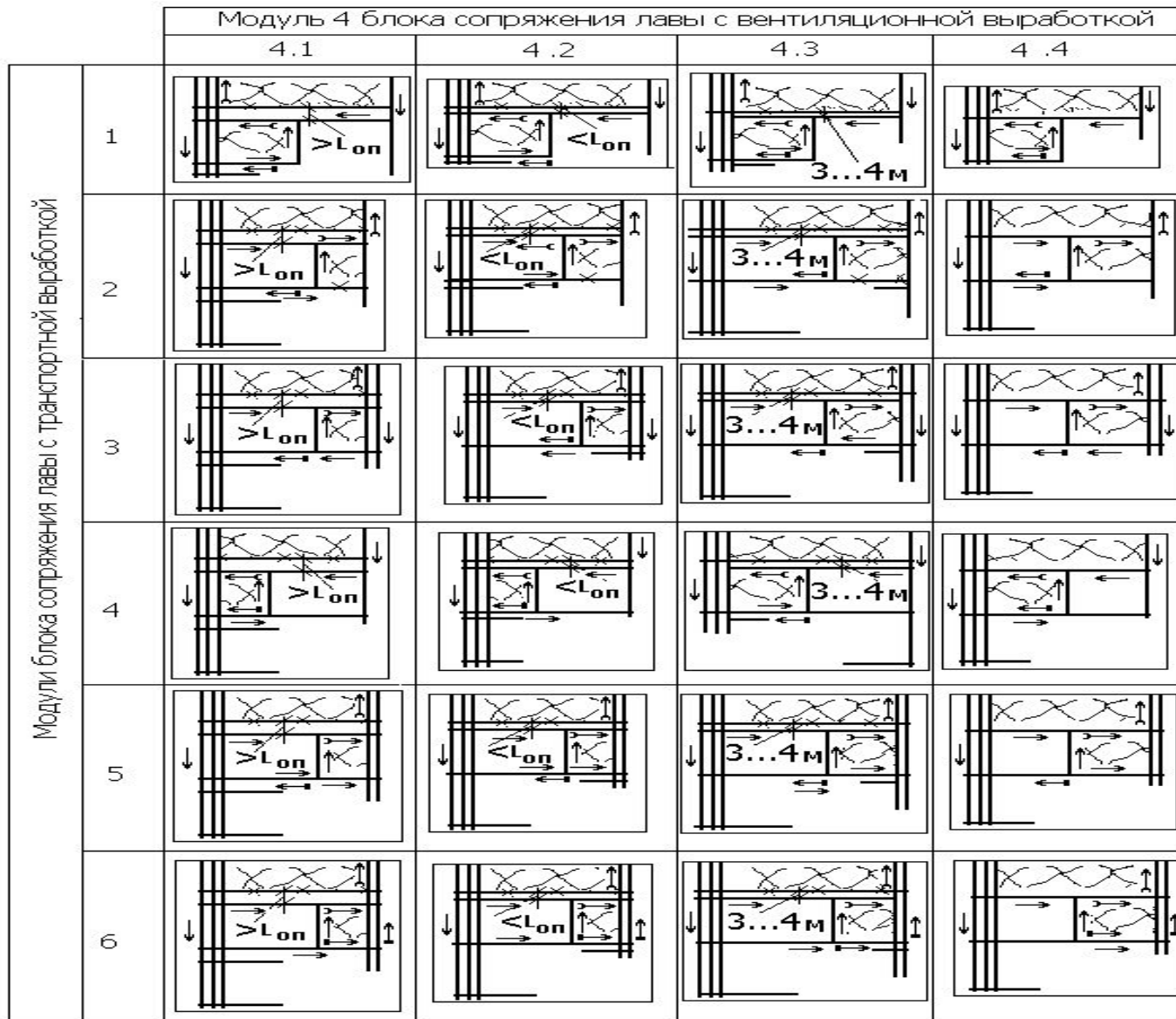
СИНТЕЗ - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА. МОДУЛЬ БЛОКА СОПРЯЖЕНИЯ ЛАВА-ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ ШТРЕК 2



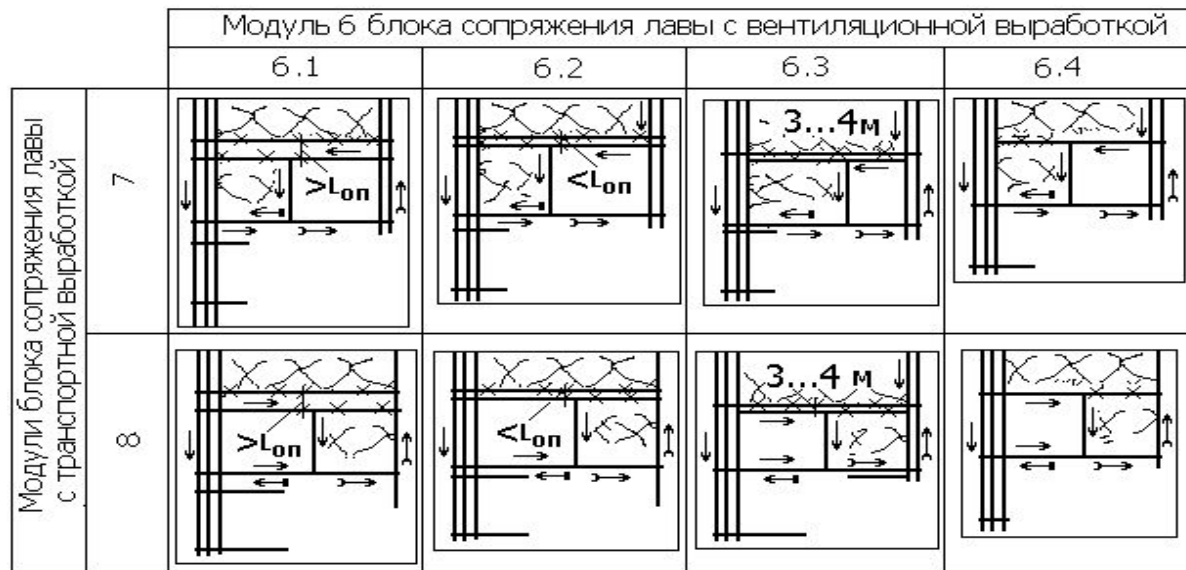
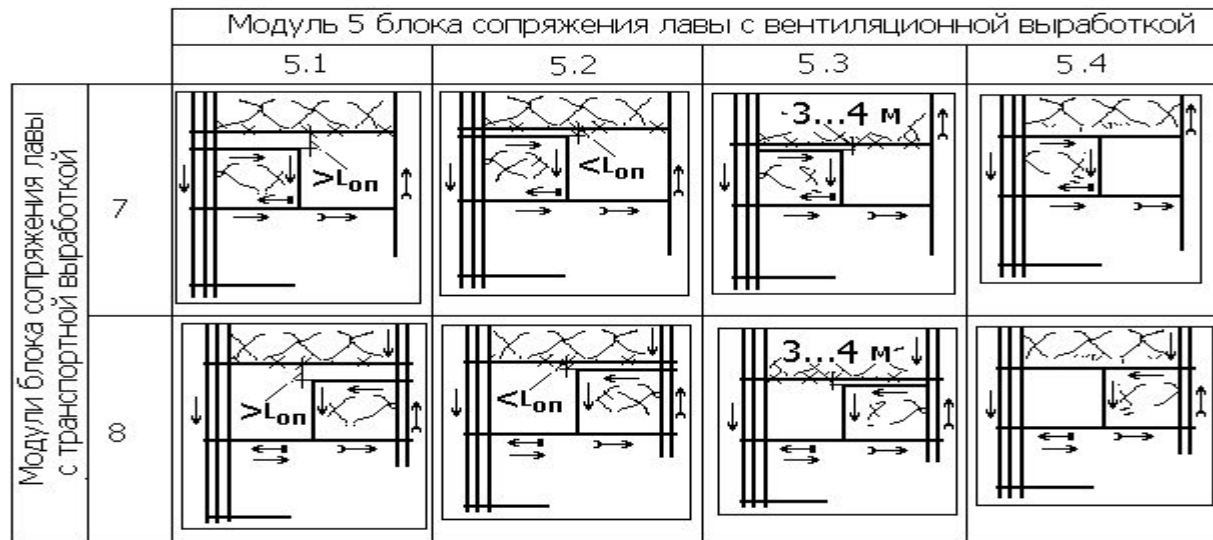
СИНТЕЗ - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА. МОДУЛЬ БЛОКА СОПРЯЖЕНИЯ ЛАВА-ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ ШТРЕК 3

		Модуль 3 блока сопряжения лавы с вентиляционной выработкой			
		3.1	3.2	3.3	3.4
Модули блока сопряжения лавы с транспортной выработкой	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

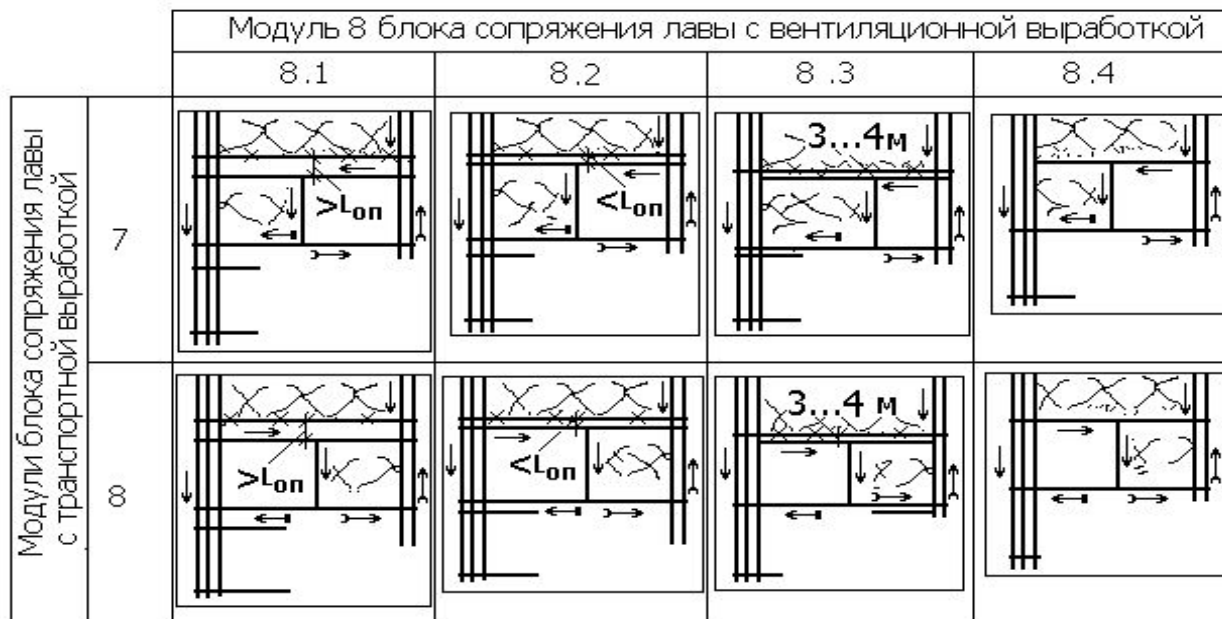
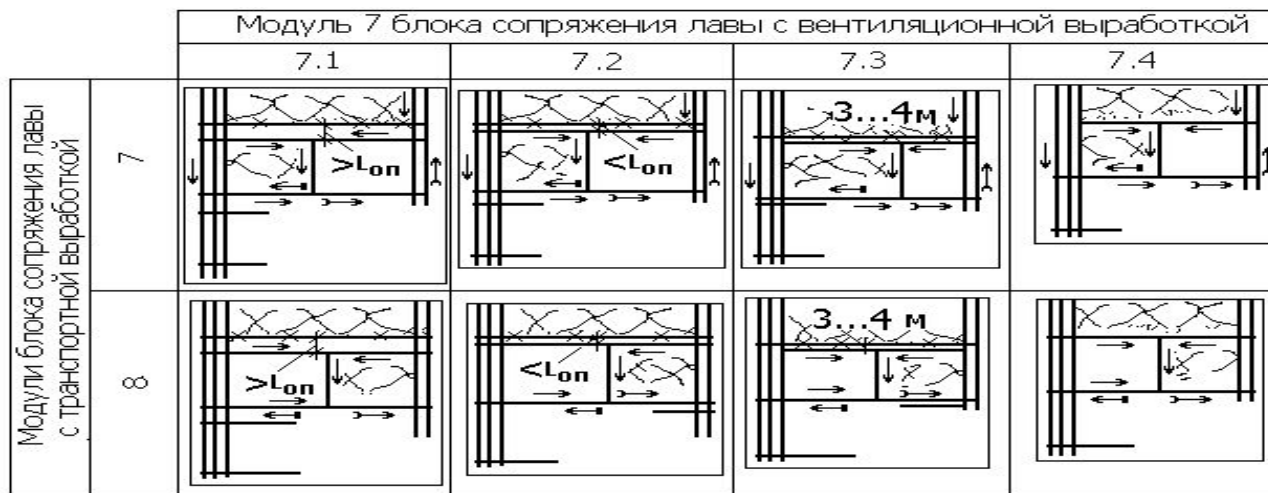
СИНТЕЗ - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА. МОДУЛЬ БЛОКА СОПРЯЖЕНИЯ ЛАВА-ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ ШТРЕК 4



СИНТЕЗ - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА. МОДУЛЬ БЛОКА СОПРЯЖЕНИЯ ЛАВА-ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ ШТРЕК 5 и 6



СИНТЕЗ - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА. МОДУЛЬ БЛОКА СОПРЯЖЕНИЯ ЛАВА-ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ ШТРЕК 7 и 8



Критерий выбора рационального варианта системы разработки - сумма затрат на выполнение всех процессов угледобычи, отнесенная к 1 т добытого угля, при условии соблюдения всех требований Правил безопасности ведения горных работ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАТРАТ

**1. Затраты – сопряжение
вент. штрека и лавы и
примыкание к старым работам**

$$C_1^i = \frac{j_{вш}^i K_{вш}^i + K_{вш}^{охр}}{Z_{уч}^i} + \frac{R_{вш}^i}{Z_{уч}^i}$$

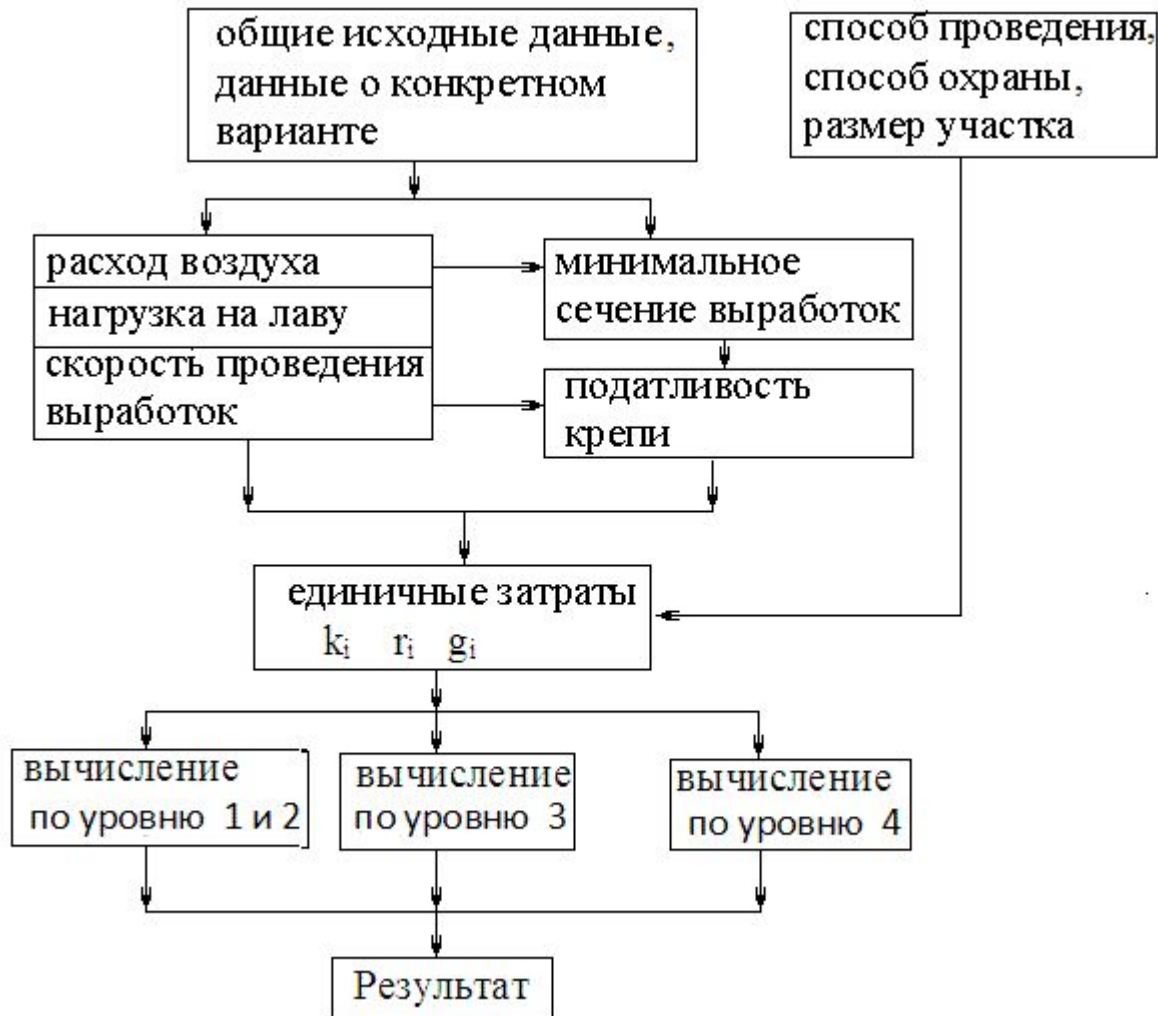
**2. Затраты - подготавливающие
выработки**

$$C_2^i = \frac{\Sigma K_{пан}^i}{Z_{пан}^i} + \frac{\Sigma R_{пан}^i}{Z_{пан}^i} + \frac{\Sigma G_{пан}^i}{Z_{пен}^i}$$

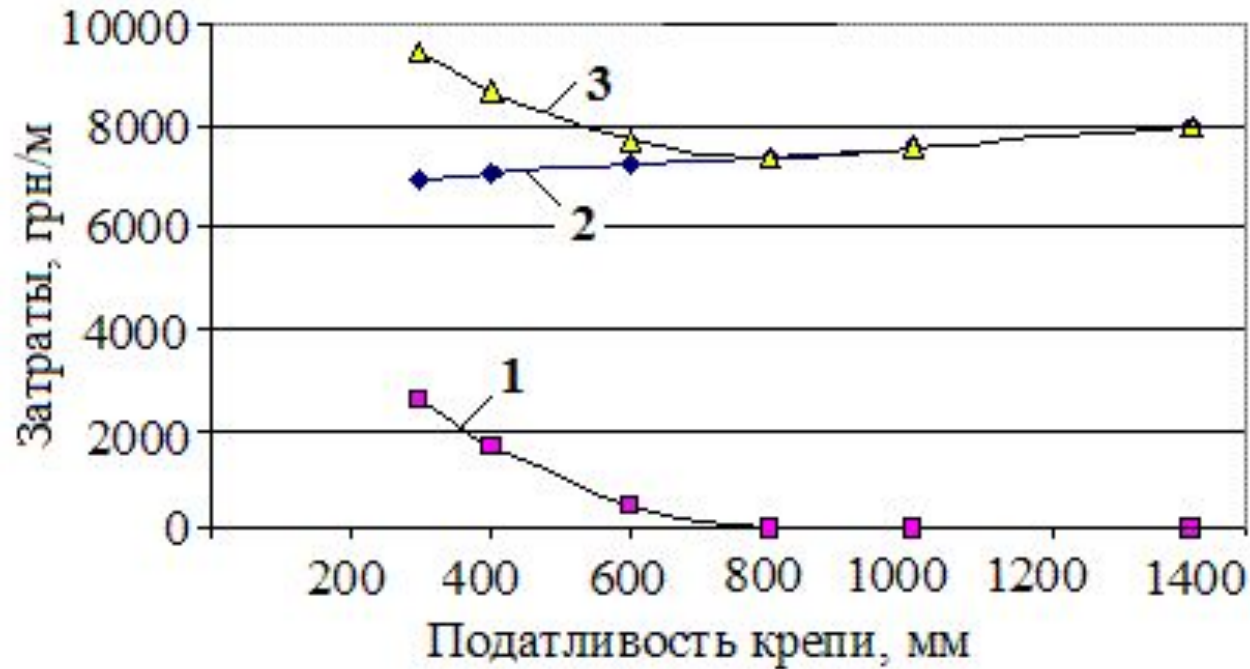
**3. Затраты – сопряжение
транспортного штрека и лавы**

$$C_3^i = \frac{K_{тш}^i + K_{охр}^{тш}^i}{Z_{уч}^i} + \frac{R_{тш}^i}{Z_{уч}^i} + g_{уч}^i + C_{оч}^i$$

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА ВЫЧИСЛЕНИЙ



О МИНИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЕ ПОДАТЛИВОСТИ КРЕПИ



Затраты на проведение штрека (2), его перекрепление (1), суммарные затраты (3)

МИНИМАЛЬНАЯ ПОДАТЛИВОСТЬ КРЕПИ

Вид горной выработки	Минимальная величина податливости крепи	Коэффициенты влияния класса обрушаемости пород кровли $k_{кр}$ и способа охраны выработки $k_{охр}$
Транспортный штрек при столбовой системе разработки	$(25H/R+33,39F+86,46m+$ $+7306/V+7388/V_{пр}+0,$ $22L-604)*k_{кр}$	легкообрушаемые $k_{кр} = 1,$ среднеобрушаемые $k_{кр} = 1,21,$ труднообрушаемые $k_{кр} = 1,32$
Транспортный штрек при столбовой системе разработки с повторным использованием его в качестве вентиляционного.	$(57,45H/R+148m+$ $7294/V+7314/V_{пр}+0,2$ $2L-656)* k_{кр} k_{охр}$	литая полоса $k_{охр} = 1,$ БЖБТ $k_{охр} = 1,03,$ органная крепь $k_{охр} = 1,06,$ другие способы $k_{охр} = 1,18.$ легкообрушаемые $k_{кр} = 1,$ среднеобрушаемые $k_{кр} = 1,35,$ труднообрушаемые $k_{кр} = 1,52$
Вентиляционный штрек при столбовой системе разработки, проводимый за лавой вприсечку к старым работам	$(49,79H/R+89,9m+$ $53,24F+37755/V+0,76$ $L-1942)*k_{кр}$	легкообрушаемые $k_{кр} = 1,$ в других случаях – $k_{кр} = 1,09$

МИНИМАЛЬНАЯ ПОДАТЛИВОСТЬ КРЕПИ

Вид горной выработки	Минимальная величина податливости крепи	Коэффициенты влияния класса обрушаемости пород кровли $k_{кр}$ и способа охраны выработки $k_{охр}$
Вентиляционный штрек при столбовой системе разработки, проводимый через целик размером менее длины зоны стационарного опорного давления	$(48,7H/R + 34,35F + 37235/V_{пр} - 8,94h + 0,37L - 1098) * k_{кр}$	легкообрушаемые $k_{кр} = 1$, среднеобрушаемые $k_{кр} = 1,11$, труднообрушаемые $k_{кр} = 1,16$
Транспортный штрек при сплошной системе разработки	$(386,47m + 18,97F - 174) * k_{охр}$	односторонняя бутовая полоса, кустовая крепь, накатные костры и бутокостры $k_{охр} = 1$, двусторонняя бутовая полоса – $k_{охр} = 0,8$, БЖБТ – $k_{охр} = 0,38$, литая полоса – $k_{охр} = 0,26$, органная крепь – $k_{охр} = 0,5$
Транспортный штрек при сплошной системе разработки с повторным его использованием в качестве вентиляционного.	$(830 * m + 39,82F - 33) * k_{охр}$	односторонняя бутовая полоса, кустовая крепь, накатные костры и бутокостры $k_{охр} = 1$, двусторонняя бутовая полоса $k_{охр} = 0,87$, БЖБТ $k_{охр} = 0,68$, литая полоса $k_{охр} = 0,62$, органная крепь $k_{охр} = 0,73$

МИНИМАЛЬНАЯ ПОДАТЛИВОСТЬ КРЕПИ

Вид горной выработки	Минимальная величина податливости и крепи	Коэффициенты влияния класса обрушаемости пород кровли $k_{кр}$ и способа охраны выработки $k_{охр}$
Вентиляционный штрек при сплошной системе разработки, проводимый в присечку к выработанному пространству	$(17,06H/R+106,3F+686,5m+20312/V+0,5L-1786)*k_{охр}$	односторонняя бутовая полоса, кустовая крепь, накатные костры, бутокостры $k_{охр} = 1$, двусторонняя бутовая полоса $k_{охр} = 0,82$, БЖБТ, органная крепь, литая полоса $k_{охр} = 0,73$
Вентиляционный штрек при сплошной системе разработки проводится через целик размером менее длины зоны стационарного опорного давления	$(413,27m+14,4F-133)*k_{охр}$	односторонняя бутовая полоса, кустовая крепь, накатные костры, бутокостры $k_{охр} = 1$, двусторонняя бутовая полоса $k_{охр} = 0,8$, БЖБТ $k_{охр} = 0,38$, литая полоса $k_{охр} = 0,25$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ

номер но- мер модуля	номер моду- ля	1	2	3	4	5	6	7	8	Номер модуля примы- кания	Размер целика	Миним. значение	Примеча- ние
1		865,57	561,14	590,76	297,20				1.4.1	1	> Lon	297,20	
		853,28	651,11	675,67	333,57					2	< Lon		
		901,50	576,12	595,09	305,86					3	3...4		
		712,76	554,17	557,02	300,81					4	0		
2		589,62	405,18	478,26	226,58					1	> Lon		
		577,74	511,80	525,67	241,53					2	< Lon		
		610,24	463,24	476,35	223,37					3	3...4		
		516,57	442,36	486,85	223,29				2.4.4	4	0	223,29	
3		666,58	490,74	520,35	273,40					1	> Lon		
		664,24	543,19	567,76	287,37					2	< Lon		
		696,14	499,47	518,44	268,81					3	3...4		
		560,28	486,85	516,57	268,61				3.4.4	4	0	268,61	
4		577,18	566,70	520,35	253,35					1	> Lon		
		575,93	612,69	567,76	268,30					2	< Lon		
		605,47	562,79	518,44	250,14					3	3...4		
		231,10	560,72	516,57	250,06	4.1.4				4	0	231,10	
5		666,58	520,35	520,35	273,40					1	> Lon		
		664,24	567,76	567,76	287,37					2	< Lon		
		696,14	518,44	518,44	268,81					3	3...4		
		231,10	516,57	516,57	268,61	5.1.4				4	0	231,10	
6		577,18	566,70	520,35	252,59					1	> Lon		
		575,93	612,69	567,76	264,38					2	< Lon		
		605,47	562,79	518,44	247,96					3	3...4		
		480,30	560,72	516,57	247,89				6.4.4	4	0	247,89	
7						620,74	536,93	551,88	551,88	1	> Lon		
						619,83	550,50	565,44	565,44	2	< Lon		
						652,33	529,61	544,55	544,55	3	3...4		
		7.5.4				516,57	531,00	560,72	560,72	4	0	516,57	
8						296,63	208,68	223,62	241,86	1	> Lon		
						292,21	211,29	226,24	243,52	2	< Lon		
						296,78	222,05	236,99	236,99	3	3...4		
		8.6.4				247,89	207,63	231,10	247,89	4	0	207,63	ok
Затраты при наилучшем варианте						207,63	грн/т						
Затраты при наихудшем варианте						901,50	грн/т						

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ

номер но- мер модуля	номер моду- ля	1	2	3	4	5	6	7	8	Номер модуля примы- кания	Размер целика	Миним. значение	Примеча- ние
1		437,76	184,57	209,28	229,29					1	> Lon		
		430,19	182,60	211,86	238,00					2	< Lon		
		437,35	182,16	204,02	230,07					3	3...4		
		357,51	178,88	196,42	227,96		1.2.4			4	0	178,88	
2		188,08	208,22	163,46	187,18					1	> Lon		
		182,22	213,29	161,80	185,15					2	< Lon		
		186,78	228,68	155,41	179,14					3	3...4		
		180,80	224,24	154,07	179,04			2.3.4		4	0	154,07	ok
3		342,77	159,73	186,25	225,30					1	> Lon		
		342,50	155,33	184,59	222,58					2	< Lon		
		348,35	156,35	178,20	216,30					3	3...4		
		291,46	154,07	180,80	218,22		3.2.4			4	0	154,07	ok
4		293,82	199,15	186,25	210,08					1	> Lon		
		293,94	196,84	184,59	208,05					2	< Lon		
		300,00	190,19	178,20	202,05			4.3.3		3	3...4	178,20	
		185,82	192,71	180,80	204,05					4	0		
5		342,77	186,25	186,25	225,30					1	> Lon		
		342,50	184,59	184,59	222,58					2	< Lon		
		348,35	178,20	178,20	216,30		5.2.3	5.3.3		3	3...4	178,20	
		185,82	180,80	180,80	218,22					4	0		
6		293,82	199,15	186,25	204,80					1	> Lon		
		293,94	196,84	184,59	202,40					2	< Lon		
		300,00	190,19	178,20	195,83			6.3.3		3	3...4	178,20	
		248,98	192,71	180,80	198,22					4	0		
7						206,17	171,63	191,38	191,38	1	> Lon		
						205,01	171,78	191,52	191,52	2	< Lon		
						209,57	168,10	187,84	187,84	3	3...4		
			7.6.4			180,80	165,98	192,71	192,71	4	0	165,98	
8						225,83	163,88	183,62	197,02	1	> Lon		
						224,09	164,85	184,59	197,33	2	< Lon		
						228,28	173,76	193,50	193,50	3	3...4		
			8.6.4			198,22	159,09	185,82	198,22	4	0	159,09	
Затраты при наилучшем варианте						154,07	грн/т						
Затраты при наихудшем варианте						437,76	грн/т						

ДИАГРАММА ЗАТРАТ ПО ВАРИАНТАМ

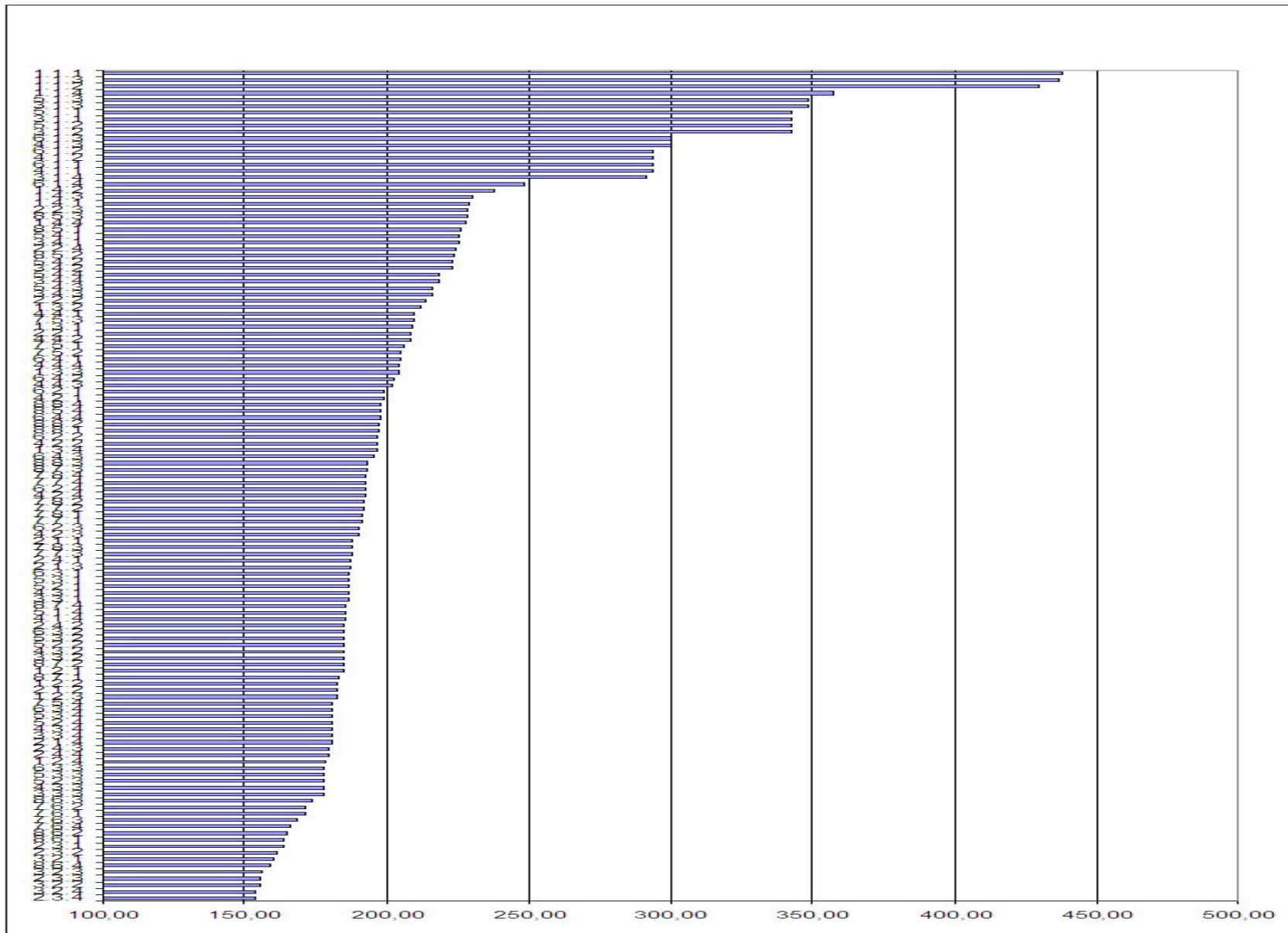


ТАБЛИЦА СТРУКТУРЫ ЗАТРАТ

Условный номер варианта	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.2.1
всего, грн/т	437,76	430,19	437,35	357,51	184,57
проведение наклонных выработок, грн/т	11,30	9,69	9,04	8,91	14,40
поддержание наклонных выработок, грн/т	0,74	0,62	0,57	0,56	0,84
транспорт по наклонным выработкам, грн/т	49,46	45,80	44,33	43,51	27,14
проведение участковых выработок, грн/т	112,26	112,26	115,76	39,81	25,41
поддержание участковых выработок, грн/т	24,42	22,25	22,65	19,58	14,45
охрана участковых выработок, грн/т	30,52	30,52	35,93	35,93	14,55
участковые транспорт, грн/т	101,74	101,74	101,74	101,74	37,88
очистные работы, грн/т	107,32	107,32	107,32	107,46	49,91
Нагрузка на лаву, т/сутки	352,04	352,04	352,04	352,04	1048,40

ВЫВОДЫ

- 1. СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ - ЧАСТЬ СЛОЖНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ПОИСК ЛУЧШЕГО ВАРИАНТА – МОДЕЛИРОВАНИЕ.
- 2. МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ДОЛЖНА ВКЛЮЧАТЬ ВСЕ ЗВЕНЬЯ УГЛЕДОБЫЧИ В ПРЕДЕЛАХ ВЫЕМОЧНОЙ СТУПЕНИ.
- 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОЛЖНО ПРОВОДИТЬСЯ В РЕАЛЬНЫХ ТАРИФНО-ЦЕНОВЫХ ПАРАМЕТРАХ.

ВЫВОДЫ

- 4. ВХОДНЫМИ ДАННЫМИ В МОДЕЛЬ - ТОЛЬКО ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ТАРИФНО-ЦЕНОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ.
- 5. РАЗРАБОТАНА И РЕАЛИЗОВАНА В СРЕДЕ EXCEL МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ **ТОНКОГО И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ ПОЛОГОГО ПЛАСТА ПРИ РАБОТЕ ЛАВАМИ ПО ПРОСТИРАНИЮ.**
- 6. ПРЕДЛОЖЕННАЯ МЕТОДИКА ПОЗВОЛЯЕТ РАЗРАБОТАТЬ МОДЕЛИ ДЛЯ ДРУГИХ СЛУЧАЕВ РАЗРАБОТКИ.

Контрольная работа

- С использованием компьютерной программы *SSR-uklon.xls* установить экономически наиболее целесообразные варианты системы разработки и ее параметры (способ охраны участковых выработок, вид вспомогательного транспорта по участковым выработкам, вид магистрального транспорта, размер крыла панели, податливость крепи участковых выработок)

Последовательность выполнения работы

- 1 Открыть файл *SSR-513-uklon.xls*
- 2 Ответить на вопросы теста по теме «Система разработки»
- 3 Ввести исходные данные согласно заданию (тарифно-ценовые данные можно сохранить такими, как уже введены). Данные об оборудовании лавы принять согласно условиям.

Последовательность выполнения работы

- 4 Программа провела вычисления удельных затрат по 128 вариантам системы разработки
- 5 Выполнить действия, указанные в разделе программы «3. *РАНЖИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПО ВЕЛИЧИНЕ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ*»
- 6 Программа выдаст описание вариантов систем разработки, отличающихся на 10% от наилучшего.

Последовательность выполнения работы

- 7 Выполнить эскизы этих вариантов и принять решение о выборе варианта.
- 8 Провести «оптимизацию» заданного параметра
- 9 Значение оптимизируемого параметра поставить в программу
- 10 Внести результаты расчетов в отчет о работе.

Рекомендации по составлению отчета о контрольной работе

- 1 Открыть новый файл в Word
- 2 Скопировать в этот файл текст «*Примерный вид отчета по контрольной работе*»
- 3 Заполнить таблицу исходных данных
- 4 Перенести в таблицу №1 описание вариантов системы разработки
- 5 Поместить в отчет схемы этих систем разработки (используйте MS Paint)

Рекомендации по составлению отчета о контрольной работе

- 6 Перенести из программы данные о структуре затрат по вариантам
- 7 Обосновать выбор системы разработки
- 8 Перенести из программы таблицу и график (диаграмму) «оптимизации» заданного параметра (можно использовать MS Paint)
- 9 Перенести из программы данные для таблицы «*Ведомость результатов расчета затрат по программе*»