

УДК 622.1:622.271

**П.С.Шпаков, В.Н. Долгоносков, С.Г. Ожигин,
М.В. Шпакова**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПРЕДЕЛЬНОЙ
ВЫСОТЫ ОТКОСА НА СЛАБОМ НАКЛОННОМ
ОСНОВАНИИ ОТ СЦЕПЛЕНИЯ ПОРОД МАССИВА
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЛАБОГО СЛОЯ
ДЛЯ УСЛОВИЙ КАЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Для условий Качарского месторождения выполнены расчеты предельной высоты откоса на слабом наклонном основании при переменных прочностных характеристиках массива, углах наклона и мощности слабого слоя. Полученные графики и аналитические выражения позволяют оперативно принимать решения по назначению параметров устойчивых откосов.

Ключевые слова: геометрические параметры откоса, Качарское месторождение, устойчивость откосов.

Семинар № 2

Аналитический и численно-аналитический способы расчета устойчивости откосов открывают широкие перспективы для исследования взаимосвязей между различными параметрами откоса и коэффициентом запаса устойчивости.

Разработанное программное обеспечение позволяет за короткий промежуток времени получить десятки и сотни решений при изменении геометрических параметров откоса и прочностных характеристик массива. В результате выполнения статистического анализа полученных результатов получим качественные и количественные взаимосвязи между исследуемыми параметрами.

Для условий Качарского месторождения выполнены расчеты предельной высоты откоса на слабом наклонном основании при переменных прочностных характеристиках массива, углах наклона и мощности слабого слоя.

Результаты расчетов предельной высоты откоса при изменении сцепления и угла наклона слабого основания для фиксированных значений мощности приведены в табл. 1 и 2, а соответствующие графики функций $H_{np} = f(k, \beta)$ – на рис. 1 и 2.

Графики $H_{np} = f(k, \beta)$ для $m=0$ представлены на рис. 1.

Графики $H_{np} = f(k, \beta)$ для $m=1m$ представлены на рис. 2.

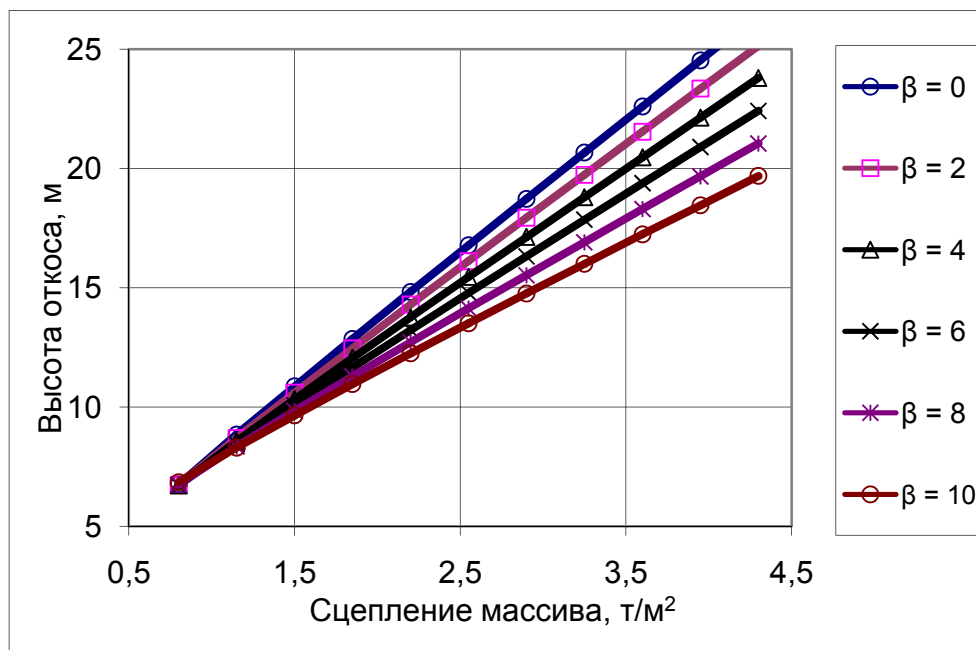
Результаты расчетов предельной высоты откоса при изменении сцепления и мощности слабого основания для условий Качарского месторождения приведены в табл. 3–8, графики – на рис. 3–8.

Для мощности слабого слоя $m=1$ м выполнена линейная аппроксимация расчетных данных. Коэффициент корреляции равен единице, что свидетельствует о наличии функциональной зависимости $H_{np} = f(k)$.

Таблица 1

Предельная высота откоса при переменных β и k , для $m=0$

$k, \text{т/м}^2$	$H, \text{м}$					
	$\beta=0^\circ$	$\beta=2^\circ$	$\beta=4^\circ$	$\beta=6^\circ$	$\beta=8^\circ$	$\beta=10^\circ$
0,8	6,75	6,73	6,72	6,72	6,76	6,85
1,15	8,85	8,7	8,56	8,44	8,35	8,3
1,5	10,87	10,6	10,33	10,07	9,84	9,65
1,85	12,86	12,46	12,06	11,66	11,29	10,96
2,2	14,83	14,3	13,76	13,23	12,72	12,25
2,55	16,78	16,12	15,45	14,78	14,13	13,51
2,9	18,73	17,94	17,13	16,32	15,53	14,76
3,25	20,67	19,74	18,8	17,85	16,91	16
3,6	22,6	21,55	20,47	19,38	18,3	17,24
3,95	24,54	23,35	22,13	20,9	19,67	18,46
4,3	26,47	25,15	23,8	22,42	21,05	19,69



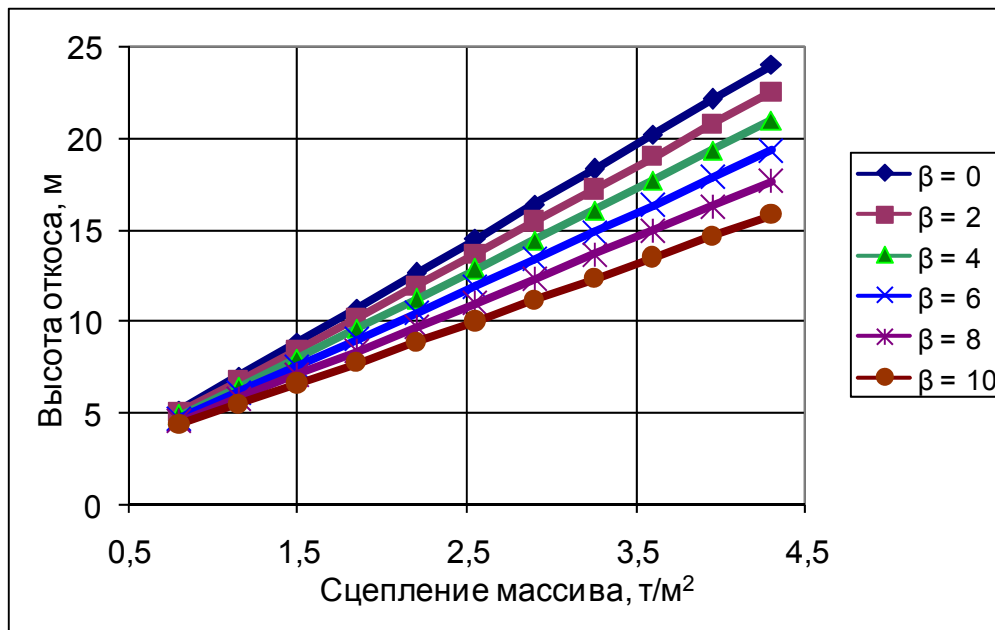
$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; m = 0; k' = 0,5 \text{ т/м}^2 (0,005 \text{ МПа}); \gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$$

Рис. 1. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива и угла наклона слабого слоя при $m=0$

Таблица 2

Предельная высота откоса при переменных β и k , для $m = 1$ м

k, т/м ²	Нпр, м					
	$\beta=0^\circ$	$\beta=2^\circ$	$\beta=4^\circ$	$\beta=6^\circ$	$\beta=8^\circ$	$\beta=10^\circ$
0,8	5,14	5	4,84	4,68	4,52	4,35
1,15	6,96	6,68	6,4	6,09	5,78	5,45
1,5	8,82	8,41	7,98	7,53	7,06	6,57
1,85	10,7	10,15	9,58	8,98	8,35	7,7
2,2	12,58	11,91	11,19	10,44	9,66	8,84
2,55	14,48	13,67	12,81	11,91	10,97	9,98
2,9	16,38	15,43	14,43	13,39	12,29	11,14
3,25	18,28	17,2	16,06	14,87	13,62	12,3
3,6	20,19	18,97	17,69	16,35	14,94	13,46
3,95	22,1	20,74	19,32	17,84	16,28	14,63
4,3	24	22,52	20,96	19,32	17,61	15,79



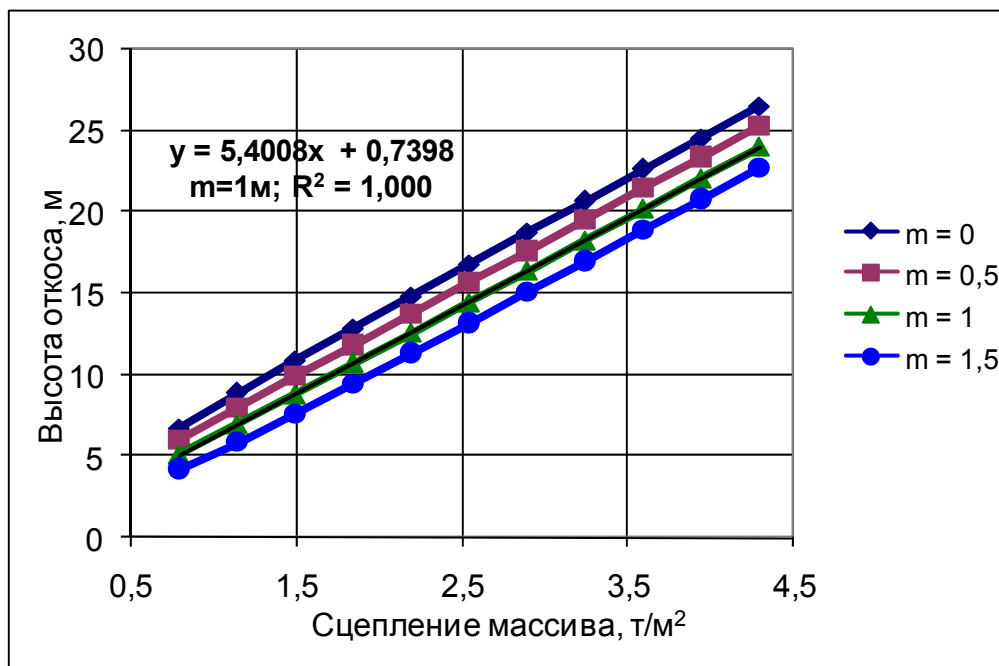
$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; m = 1; k' = 0,5 \text{ т/м}^2 (0,005 \text{ МПа}); \gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$$

Рис. 2. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива и угла наклона слабого слоя при $m = 1$ м

Таблица 3

Предельная высота откоса при переменных m и k , для $\beta=0^\circ$

$k, \text{т/м}^2$	Нпр, м (Качарское месторождение)			
	$m=0, \text{м}$	$m=0,5, \text{м}$	$m=1, \text{м}$	$m=1,5, \text{м}$
0,80	6,75	5,98	5,14	4,20
1,15	8,85	7,95	6,96	5,83
1,50	10,87	9,89	8,82	7,60
1,85	12,86	11,82	10,70	9,44
2,20	14,83	13,75	12,58	11,30
2,55	16,78	15,67	14,48	13,18
2,90	18,73	17,59	16,38	15,07
3,25	20,67	19,51	18,28	16,96
3,60	22,60	21,43	20,19	18,86
3,95	24,54	23,35	22,10	20,77
4,30	26,47	25,27	24,00	22,67



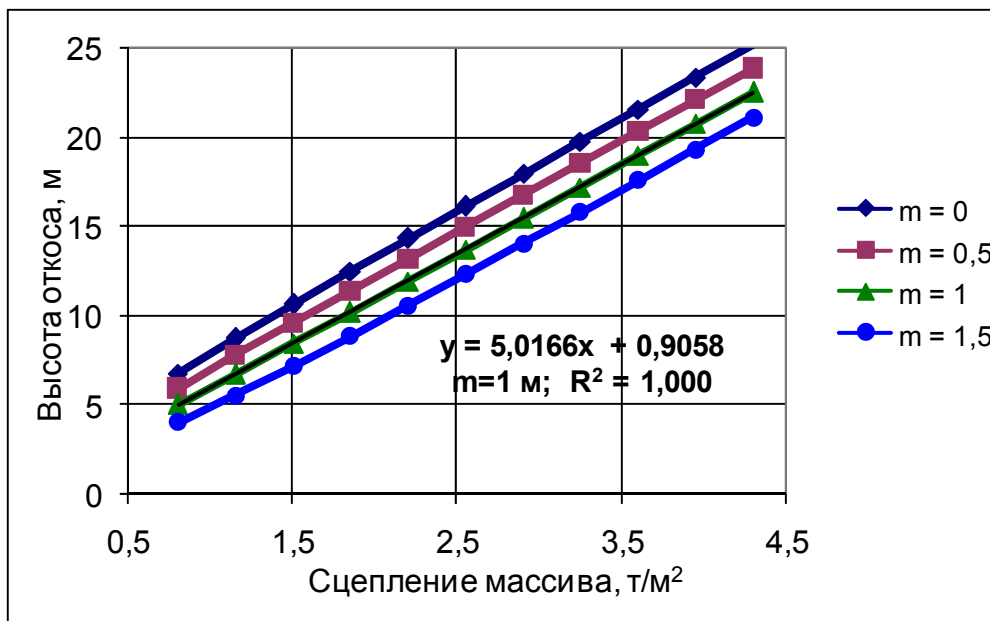
$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; \beta = 0; k' = 0,5 \text{ т/м}^2 (0,005 \text{ МПа}); \gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$$

Рис. 3. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива при $\beta=0^\circ$

Таблица 4

Предельная высота откоса при переменных m и k , для $\beta=2^\circ$

$k, \text{т/м}^2$	Нпр, м (Качарское месторождение)			
	$m=0, \text{м}$	$m=0,5, \text{м}$	$m=1, \text{м}$	$m=1,5, \text{м}$
0,80	6,73	5,89	5,00	4,03
1,15	8,70	7,74	6,68	5,49
1,50	10,6	9,55	8,41	7,12
1,85	12,46	11,35	10,15	8,82
2,20	14,30	13,15	11,91	10,54
2,55	16,12	14,94	13,67	12,28
2,90	17,94	16,72	15,43	14,03
3,25	19,74	18,51	17,20	15,79
3,60	21,55	20,30	18,97	17,55
3,95	23,35	22,08	20,74	19,32
4,30	25,15	23,87	22,52	21,09



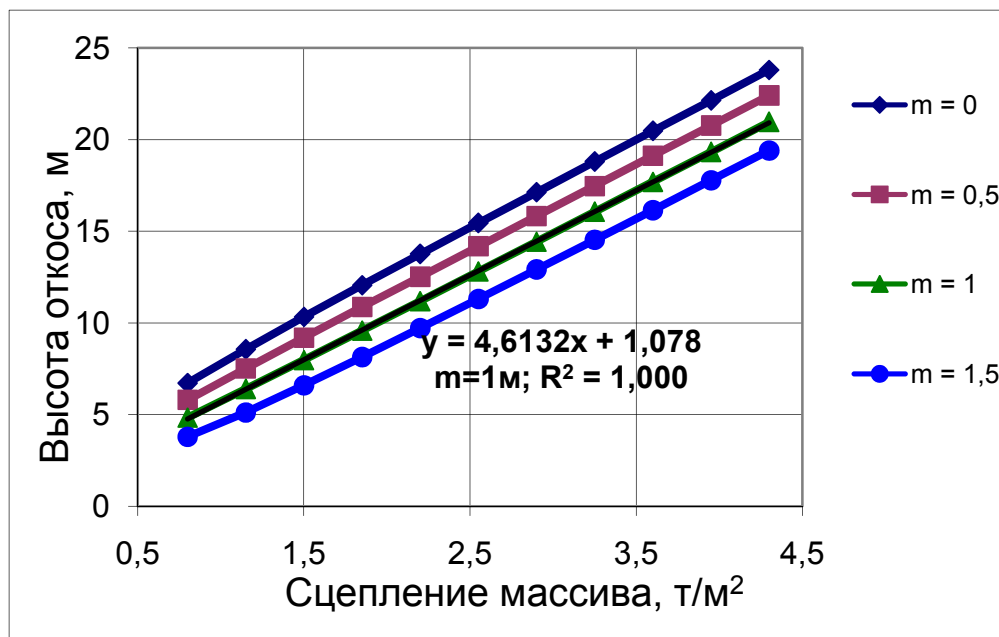
$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; \beta = 2; k' = 0,5 \text{т/м}^2 (0,005 \text{МПа}); \gamma = 1,8 \text{т/м}^3$$

Рис. 4. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива при $\beta=2^\circ$

Таблица 5

Предельная высота откоса при переменных m и k , для $\beta=4^\circ$

$k, \text{ т/м}^2$	Нпр, м (Качарское месторождение)			
	m=0, м	m=0,5, м	m=1, м	m=1,5, м
0,80	6,72	5,81	4,84	3,79
1,15	8,56	7,52	6,40	5,12
1,50	10,33	9,20	7,98	6,60
1,85	12,06	10,87	9,58	8,14
2,20	13,76	12,52	11,19	9,72
2,55	15,45	14,18	12,81	11,31
2,90	17,13	15,83	14,43	12,92
3,25	18,80	17,47	16,06	14,53
3,60	20,47	19,12	17,69	16,15
3,95	22,13	20,77	19,32	17,78
4,30	23,80	22,41	20,96	19,40



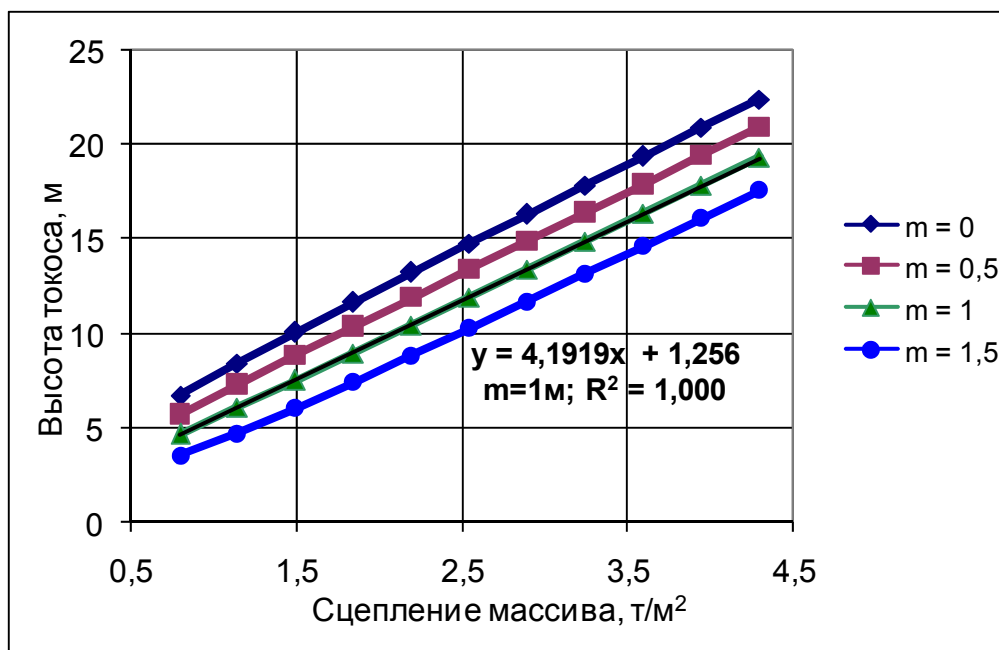
$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; \beta = 4; k' = 0,5 \text{ т/м}^2 (0,005 \text{ МПа}); \gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$$

Рис. 5. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива при $\beta=4^\circ$

Таблица 6

Предельная высота откоса при переменных m и k , для $\beta=6^\circ$

$k, \text{т/м}^2$	Нпр, м (Качарское месторождение)			
	$m=0, \text{м}$	$m=0,5, \text{м}$	$m=1, \text{м}$	$m=1,5, \text{м}$
0,80	6,72	5,73	4,68	3,56
1,15	8,44	7,31	6,09	4,72
1,50	10,07	8,85	7,53	6,03
1,85	11,66	10,37	8,98	7,41
2,20	13,23	11,89	10,44	8,83
2,55	14,78	13,42	11,91	10,27
2,90	16,32	14,91	13,39	11,72
3,25	17,85	16,41	14,87	13,18
3,60	19,38	17,91	16,35	14,65
3,95	20,91	19,42	17,84	16,13
4,30	22,42	20,92	19,32	17,61



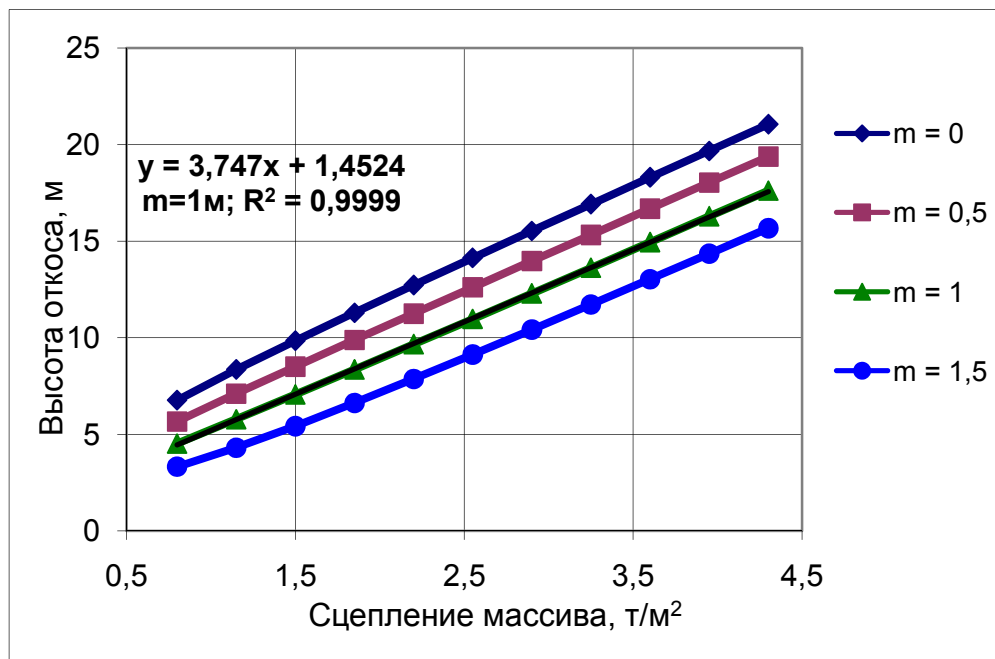
$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; \beta = 6^\circ; k' = 0,5 \text{т/м}^2 (0,005 \text{МПа}); \gamma = 1,8 \text{т/м}^3$$

Рис. 6. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива при $\beta=6^\circ$

Таблица 7

Предельная высота откоса при переменных m и k , для $\beta=8^\circ$

$k, \text{ т/м}^2$	Нпр, м (Качарское месторождение)			
	$m=0, \text{ м}$	$m=0,5, \text{ м}$	$m=1, \text{ м}$	$m=1,5, \text{ м}$
0,80	6,76	5,66	4,52	3,32
1,15	8,35	7,11	5,78	4,32
1,50	9,84	8,51	7,06	5,42
1,85	11,29	9,88	8,35	6,62
2,20	12,72	11,25	9,66	7,86
2,55	14,13	12,61	10,97	9,13
2,90	15,53	13,97	12,29	10,42
3,25	16,91	15,32	13,62	11,72
3,60	18,30	16,68	14,94	13,03
3,95	19,67	18,03	16,28	14,35
4,30	21,05	19,38	17,61	15,67



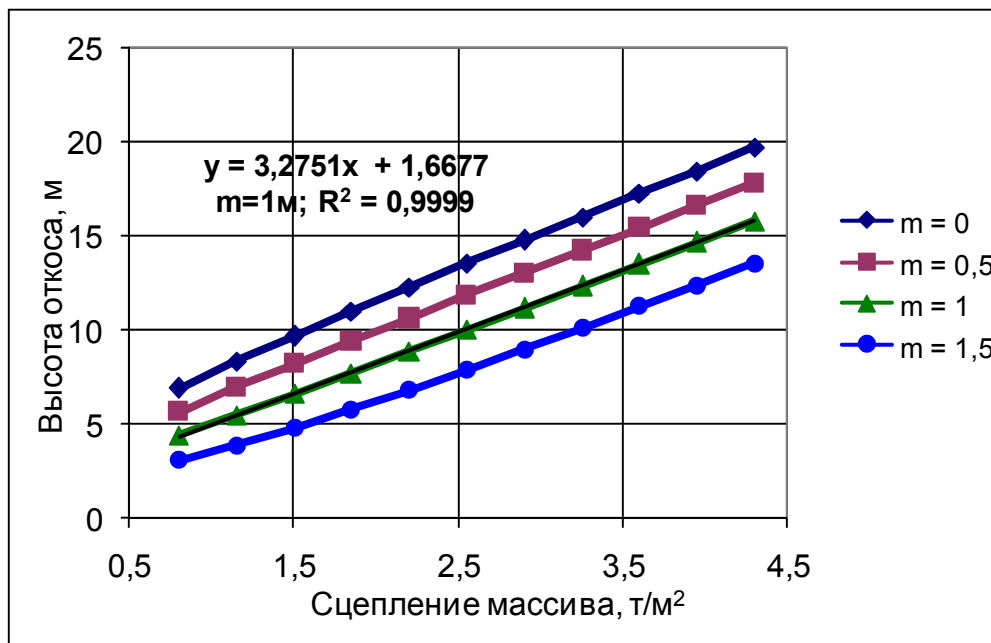
$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; \beta = 8; k' = 0,5 \text{ т/м}^2 (0,005 \text{ МПа}); \gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$$

Рис. 7. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива при $\beta=8^\circ$

Таблица 8

Предельная высота откоса при переменных m и k , для $\beta=10^\circ$

$k, \text{т/м}^2$	Нпр, м (Качарское месторождение)			
	$m=0, \text{м}$	$m=0,5, \text{м}$	$m=1, \text{м}$	$m=1,5, \text{м}$
0,80	6,85	5,61	4,35	3,06
1,15	8,31	6,91	5,45	3,84
1,50	9,65	8,17	6,57	4,75
1,85	10,96	9,42	7,71	5,74
2,20	12,25	10,61	8,84	6,78
2,55	13,51	11,82	9,98	7,86
2,90	14,76	13,02	11,14	8,97
3,25	16,02	14,22	12,32	10,09
3,60	17,24	15,42	13,46	11,23
3,95	18,46	16,62	14,63	12,37
4,30	19,69	17,81	15,79	13,53



$$\alpha = 27,5^\circ; \rho = 12^\circ; \beta = 10; k' = 0,5 \text{т/м}^2 (0,005 \text{МПа}); \gamma = 1,8 \text{т/м}^3$$

Рис. 8. Графики зависимостей высоты предельного откоса от сцепления массива при $\beta=10^\circ$

Таблица 9

Уравнения связи $H_{пр} = f(k)$

β , град	Уравнения связи
0	$H_{пр} = 5,401 \cdot k + 0,740$
2	$H_{пр} = 5,017 \cdot k + 0,906$
4	$H_{пр} = 4,613 \cdot k + 1,078$
6	$H_{пр} = 4,192 \cdot k + 1,256$
8	$H_{пр} = 3,747 \cdot k + 1,452$
10	$H_{пр} = 3,275 \cdot k + 1,668$

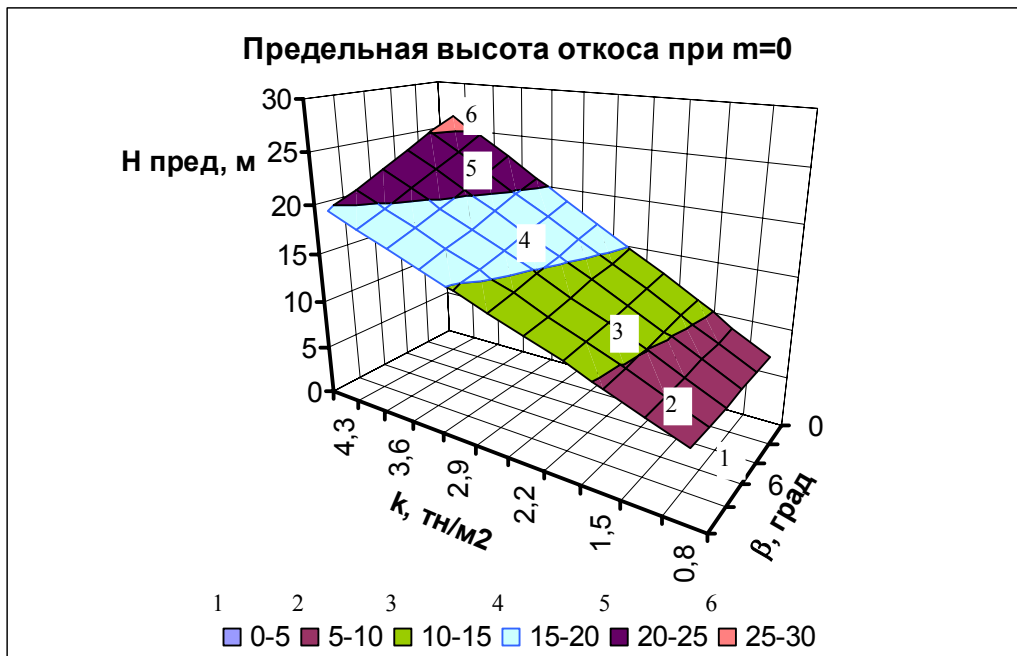


Рис. 9. Трехмерная интерпретация расчетов предельной высоты откоса при $m=0$

Вид уравнений связи для различных значений угла наклона слабого слоя β приведен в табл. 9.

Трехмерная интерпретация выполненных расчетов представлена на рис. 9, где плоскость представляет

собой геометрическое местоположение точек, координата Z которых соответствует значению предельной высоты откоса в точке с координатами $X=k$ и $Y=\beta$ для случая $m=0$.

$$H_{пр} = f(k, \beta)$$

Уравнение аппроксимирующей плоскости для случая $m=0$

$$H_{пр} = 4,53 \cdot k - 0,179 \cdot \beta + 4,16; \text{ м.}$$

Полученные графики и аналитические выражения позволяют без дополнительных расчетов в данных горно-геологических условиях оператив-

но принимать решения по назначению параметров устойчивых откосов, учитывать изменения геометрических параметров откоса и слабого основания, а также изменения прочностных свойств пород массива и основания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов И.И., Шпаков П.С., Поклад Г.Г. Устойчивость породных отвалов. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 224 с.

2. Шпаков П.С., Попов И.И. Расчет параметров карьерных откосов на основе численно-аналитических методов // Горный журнал. - 1988. - № 1. - С. 26 - 28. **ИДБ**

Коротко об авторах

Шпаков П.С. - профессор, доктор технических наук, Муромский институт Владимирского государственного университета, SPSP01@mail.ru

Шпакова М.В. - Горный инженер маркшейдер, Муромский институт Владимирского государственного университета, spsp01@rambler.ru

Долгонос В.Н. - доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геоднезии,

Ожигин С.Г. - доцент, кандидат технических наук,

Карагандинский государственный технический университет



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ЗАВЬЯЛОВ Валерий Михайлович	Управление динамическим состоянием асинхронных электроприводов горных машин	05.09.03	д.т.н.