

УДК 622.271:332 © В.Р. Кадилов<sup>1</sup>, Ш.В. Каримов<sup>2</sup>, З.Ж. Каршибоев<sup>2</sup>, Э.И. Туйчибоев<sup>2</sup>, Д.С. Малюшенко<sup>2</sup>, 2025

UDC 622.271:332 © V.R. Kadirov<sup>1</sup>, Sh.V. Karimov<sup>2</sup>, Z.Zh. Karshiboev<sup>2</sup>, E.I. Tuychiboev<sup>2</sup>, D.S. Malyushenko<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, 100095, г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>1</sup> Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, 100095, Republic of Uzbekistan

<sup>2</sup> Алмалыкский филиал НИТУ МИСИС, 100100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

<sup>2</sup> Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 100100, Republic of Uzbekistan

✉ e-mail:karimov20-13@mail.ru

✉ e-mail:karimov20-13@mail.ru

# Исследование влияния выемочно-погрузочного оборудования и рабочей площадки на устойчивость уступов

## Investigation of the influence of the parameters of the dredging and loading equipment and the work site on the stability of the ledges

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-59-65>

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых требует эффективного использования выемочно-погрузочного оборудования, обеспечивающего высокую производительность и безопасность горных работ. Однако эксплуатация такой техники оказывает значительное влияние на устойчивость уступов, что может приводить к их деформации, обрушениям и аварийным ситуациям. Особую роль играет рабочая площадка, параметры которой (ширина, уклон, плотность грунта) определяют распределение нагрузки и стабильность откосов. Недостаточное внимание к этим факторам может привести к снижению устойчивости уступов, увеличению рисков оползней и угрозе безопасности персонала и техники. Исследование взаимосвязи между параметрами оборудования, показателями рабочей площадки и устойчивостью уступов является важной задачей горного дела. Разработка научно обоснованных рекомендаций позволит повысить безопасность эксплуатации карьеров, минимизировать техногенные риски и повысить эффективность горных работ.

**Ключевые слова:** карьер, открытая разработка, геомеханические условия, устойчивость, борт, уступ, рабочая площадка, угол откоса.

**Для цитирования:** Исследование влияния выемочно-погрузочного оборудования и рабочей площадки на устойчивость уступов / В.Р. Кадилов, Ш.В. Каримов, З.Ж. Каршибоев и др. // Уголь. 2025;(4):59-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-59-65.

### Abstract

Surface mining of mineral deposits requires an efficient use of mining and loading equipment that would ensure high productivity and safety of

### КАДИРОВ В.Р.

PhD, доцент кафедры «Горное дело» Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, 100095, г. Ташкент, Республика Узбекистан

### КАРИМОВ Ш.В.

PhD, доцент кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан, e-mail:karimov20-13@mail.ru

### КАРШИБОЕВ З.Ж.

Базовый докторант кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

### ТУЙЧИБОЕВ Э.И.

Базовый докторант кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

### МАЛЮШЕНКО Д.С.

Методист по работе с молодежью, духовностью и просвещением Алмалыкского филиала НИТУ МИСИС, 110100, г. Алмалык, Республика Узбекистан

*the mining operations. However, operation of such equipment has a significant impact on the stability of benches, which can lead to their deformation, failures and accidents. The working area plays a special role, which parameters, i.e. the width, gradient, soil density, determine the load distribution and the slope stability. Insufficient attention to these factors can lead to a decrease in slope stability, create higher risks of landslides and jeopardize the safety of personnel and equipment. Studying the relationship between the equipment parameters, working site characteristics and bench stability is an important task of mining engineering. The development of scientifically based recommendations will enhance the safety of open-pit mine operation, minimize the man-made risks and increase the efficiency of mining operations.*

**Keywords**

*Open pit mine, surface mining, geomechanical conditions, stability, wall, bench, working area, slope angle.*

**For citation**

Kadirov V.R., Karimov Sh.V., Karshiboev Z.Zh., Tuychiboev E.I., Malyushenko D.S. Investigation of the influence of the parameters of the dredging and loading equipment and the work site on the stability of the ledges. *Ugol*. 2025;(4):59-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-59-65.

**ВВЕДЕНИЕ**

Современные карьеры развиваются в разных направлениях, что обусловливается увеличением глубины карьера, горных работ и высоты рабочей зоны. Средняя глубина карьеров превысила 500 м. Высота рабочей зоны крупных глубоких карьеров составляет в среднем по руде 120-150 м, по вскрыше – 170-200 м. С увеличением глубины ведения горных работ изменяются физико-механические свойства пород, сокращается фронт горных работ, уменьшается ширина рабочих площадок, и усложняется обеспечение экскаваторов транспортными средствами, что создает дополнительные трудности для организации

рабочего процесса. Кроме того, появляется высокотехнологическое оборудование, применение которого в той или иной мере изменяет параметры рабочей зоны карьера. При этом устойчивость уступа, на котором расположен экскаватор, требует полного анализа устойчивости [1].

Учитывая время, состояние откоса и его назначение, рекомендуется при проектировании варьировать коэффициент запаса устойчивости от 1,1 для уступов рабочих бортов карьеров вскрывающих выработок [2]. Рекомендуемые коэффициенты запаса устойчивости карьеров откосов приведены в табл. 1.

Следует подчеркнуть, что продолжающееся на протяжении многих последних десятилетий снижение качества полезных ископаемых на разрабатываемых и большинстве вновь вовлекаемых в эксплуатацию месторождениях, значительное усложнение горно-геологических, природно-климатических и экономико-географических условий освоения месторождений, особенно новых, при повышении требований к охране природной среды обуславливают устойчивую тенденцию существенного роста эксплуатационных и капитальных затрат в горной промышленности [3].

Четкое понимание геологических, гидрогеологических, сейсмологических и технологических аспектов разрабатываемого участка, а также знание принятых методов необходимы для эффективной оценки устойчивости бортов карьера [4, 5, 6].

Производительность работы экскаваторно-отвальных комплексов является одним из основных факторов, позволяющим оценить эффективность ведения горных работ. Общеизвестно, что к основным факторам, влияющим на производительность экскаватора, относятся следующие: трудность разработки горной массы, которая оценивается категорией породы и ее состоянием; технические данные, состояние и надежность экскаватора; квалификация машиниста; качество забоя, условия подхода транспорта к месту погрузки, освещенность. Но не меньшее влияние на эффективность работ оказывает их организация, которая

Таблица 1

**Рекомендуемые коэффициенты запаса устойчивости откосов карьера**

The recommended safety factors for the pit slopes

Группа	Характеристика откосов	Срок службы	Противо-деформационные мероприятия	Рекомендуемый коэффициент запаса устойчивости
1	Откосы вскрывающих выработок, участки, содержащие стационарные устройства (конвейерные и скиповые подъемники, тоннели, наклонные стволы и т.п.)	Практически весь срок службы карьера (40-50 лет)	Любые технические возможные и экономически целесообразные	1,3-1,5
2	Постоянные борта, вблизи которых находятся охраняемые объекты – предохранительные целики у водоемов, населенных пунктов, магистралей и т.п.	То же	Определяются технико-экономическими расчетами	1,2-1,4
3	Постоянные борта, не содержащие транспортных коммуникаций	По мере оформления предельных контуров	Заоткосы, фильтрационная пригрузка, нагорные канавы, дренаж, в отдельных случаях одернование, посев трав, торкретирование	1,2-1,3
4	Временно-постоянные борта	10-15 лет	Заоткоска, фильтрующая пригрузка, дренаж	1,15-1,2
5	Рабочие уступы	Несколько месяцев	Параметры применяемого оборудования	1,1-1,2

зависит от параметров уступа, последовательности отработки блоков на уступе, видов работ и процессов, количества автосамосвалов, состояния дорог, своевременного снабжения топливом, энергией, запасными частями и т.п. [7].

Таким образом, для глубоких карьеров актуальными являются две проблемы: выбор рациональных моделей экскаваторов при пополнении парка взамен выбывших и расчет устойчивости углов откоса уступа и борта карьера в целом.

### МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

На сегодняшний день известны три основных метода оценки устойчивости откосов:

- 1) метод механики сплошной среды;
- 2) метод предельного напряженного состояния;
- 3) метод предельного равновесия.

Все существующие методы оценки устойчивости откосов едины в том смысле, что в качестве предельного условия используют критерий Кулона. Однако, как известно, предельное кулоновское напряжение зависит от нормального напряжения на площадке среза [8]. А вот способы определения тензора напряжений в окрестности поверхности скольжения и установления геометрии критической (наиболее слабой) поверхности скольжения различны.

В исследованиях [9] был проведен геомеханический анализ методом конечных элементов при статическом и динамическом нагружении. Динамическая нагрузка представлена вибрационным воздействием от взрывных работ, оценка которого проведена с учетом сейсмического воздействия при анализе методом конечных элементов.

В работе [10] в целях совершенствования буровзрывных работ (БВР) в условиях наращивания объемов горных работ на Солнцевском угольном разрезе (СУР) разработана методика увеличения объема взрываваемой горной массы (ВГМ) за один массовый взрыв (МВ), которая успешно проходит апробацию с начала 2022 г. по настоящее время с промежуточными результатами, где очевиден соответствующий рост относительно 2021 г. на 60%.

В статье для определения коэффициента устойчивости рабочего уступа был применен метод суммирования сдвигающих и удерживающих сил. Метод анализа устойчивости откосов, который использует круглоцилиндрическую поверхность скольжения и оценивает стабильность с помощью суммы удерживающих и движущих сил, называется методом предельного равновесия или методом Бишопа. Метод Бишопа представляет собой метод анализа устойчивости откосов, используемый для определения коэф-

фициента запаса прочности ( $n$ ) откосов при различных условиях нагрузки.

Ширина рабочей площадки при разработке скальных пород:

$$\text{Ш}_{\text{р.п.}} = B + T + C + S + Z, \text{ м},$$

где  $T$  – ширина транспортной полосы м;  $C$  – расстояние от нижней бровки развала до транспортной полосы,  $C = 2,0-3,0$  м;  $B$  – ширина развала;  $S$  – ширина полосы безопасности,  $S = 1,5-2,0$  м;  $Z$  – ширина призмы возможного обрушения (принимается по таблице  $Z = 3,5$  м).

Ширина проезжей части постоянной автодороги при двухполосном движении определяется по выражению:

$$T = 2 \cdot (a + x) + y, \text{ м},$$

где  $a$  – ширина автосамосвала, м;  $y$  – расстояние от колеса до конца проезжей части ( $y = 0,5$  м);  $x$  – зазор между кузовами встречных машин:

$$x = 0,5 + 0,005V, \text{ м},$$

где  $V$  – скорость движения машин, км/ч,  $V = 20$  км/ч.

Ширина проезжей части постоянной автодороги при однополосном движении определяется по выражению:

$$T = a + x + y, \text{ м}.$$

Ширина развала:

$$B_p = R_{\text{ч.у}} + R_p - C, \text{ м},$$

где  $R_p$  – радиус разгрузки экскаватора,  $R_p = (0,8 - 0,9) \times R_p^{\text{max}}$  м;  $R_{\text{ч.у}}$  – радиус черпания на уровне стояния экскаватора.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

При выполнении работы для исследования было выбрано несколько моделей экскаваторов с механическим и гидравлическим приводом (рис. 1, табл. 2).

Результаты расчетов параметров ширины рабочей площадки для ЭКГ-15, CAT 6030 и Komatsu PC 3000-6 приведены в табл. 3. В результате уменьшения рабочей площадки уменьшается объем вскрыши в каждом блоке, и увеличивается генеральный угол борта карьера (рис. 2)  $S = 74,26 \text{ м}^2$ ,  $L = 300$  м.

$$V = S \cdot L \cdot \sin 75 = 74,26 \cdot 300 \cdot \sin 75 = 21518 \text{ м}^3.$$

1. Произведем расчет устойчивости уступа для трех положений экскаваторов на расстоянии 2,5; 20 и 40 м от края рабочей площадки (рис. 3).

Таблица 2

### Ширина призмы возможного обрушения

The width of the possible sliding wedge

Показатели трудности разрушения породы $\eta_p$	Угол откоса устойчивого уступа $\gamma$ , градус	Угол откоса рабочего уступа $\alpha$ , градус	Ширина призмы обрушения $Z$ , м при высоте уступа, м				
			10	12	15	20	40
1–2	35	45	4,0	5,0	6,0	8,5	17,0
3–6	60	70	3,0	3,0	3,5	4,5	–
7–12	65	75	3,0	3,0	3,0	4,0	–
13–25	75	82	3,0	3,0	3,0	4,0	–

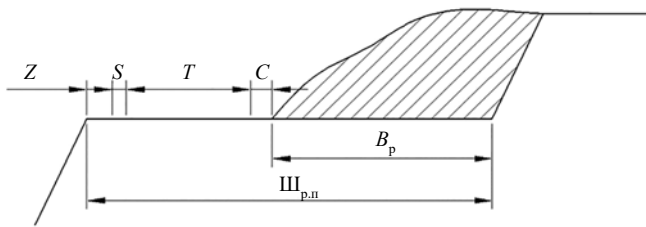


Рис. 1. Схемы к определению ширины рабочей площадки при использовании экскаваторно-транспортно-отвальных (ЭТО) комплексов оборудования

Fig. 1. Schematic drawings for determining the width of the working area when using the backhoe-conveying bridge systems

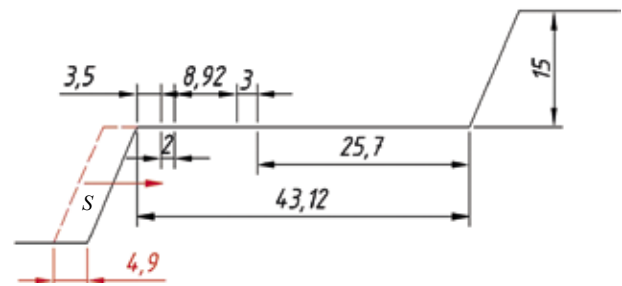


Рис. 2. Уменьшение ширины рабочей площадки при использовании оборудования Cat 6020B

Fig. 2. Decreasing of width of the working area when using the Cat 6020B backhoe

Вычисляем вес экскаватора, приходящийся на 1 м протяженности уступа вдоль бровки в пределах призмы, оконечной поверхностью:

$$\Delta P = \frac{P}{b + 2 \frac{1}{3} c}, \tau,$$

где  $P$  – общий вес экскаватора,  $b$  – ширина базы экскаватора вдоль бровки уступа (для рассматриваемого случая),  $c$  – расстояние от края базы экскаватора до края, призмы (рис. 4).

2. Расчет параметров и порядок построения ориентировочной поверхности скольжения.

Рассчитываем средневзвешенные по мощности значения сцепления в массиве  $C_{сд}$ , коэффициента внутреннего трения  $tg\varphi_{ср}$  и объемного веса пород  $\gamma_{сд}$  по формулам.

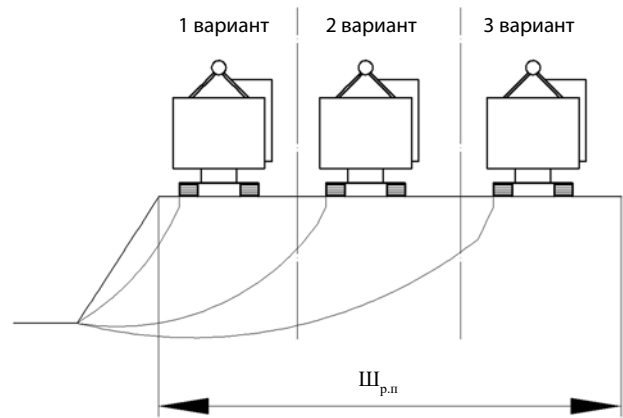


Рис. 3. Положение экскаватора относительно края рабочей площадки

Fig. 3. Position of the backhoe relative to the edge of the working area

Таблица 3

Результаты расчетов параметров ширины рабочей площадки

Results of calculating the width of the working area

	ЭКГ 15	CAT 6030	Komatsu PC 3000-6
Модель экскаватора			
Ширина рабочей площадки			
Двухполосное движение			
Однополосное движение			

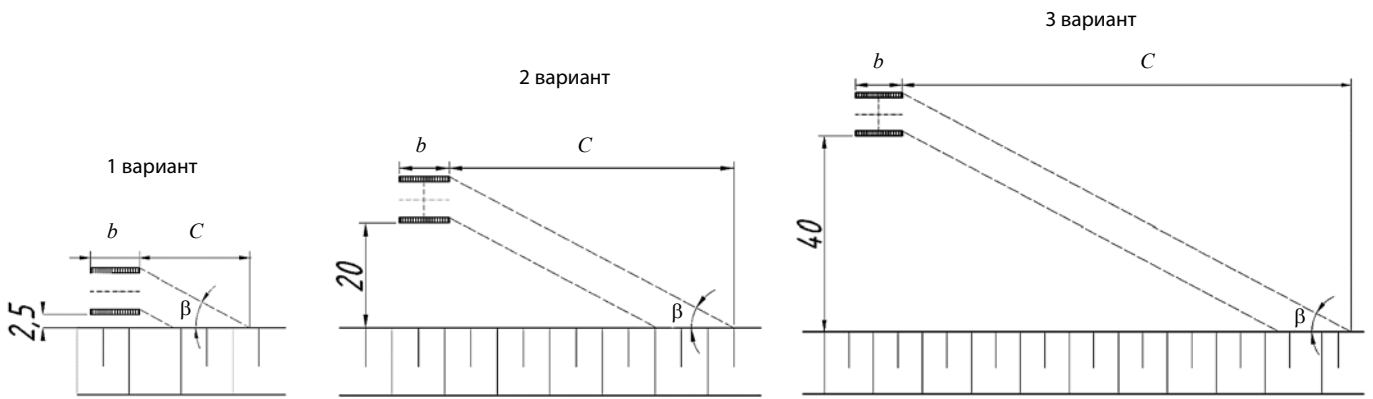


Рис. 4. Призма возможного обрушения в плане  
 Fig. 4. A plan view of the possible sliding wedge

Таблица 4

**Эксплуатационные показатели сиенита-диорита**  
 Performance characteristics of syenite-diorite

Название породы	C, т/м <sup>2</sup>	γ, т/м <sup>3</sup>	φ, градус	h, м	a	H <sub>90</sub> , м	A, м
Сиенита-диорит	5,643	2,7	35	15	57	1,246	2,48

Рассчитываем высоту вертикальной площади отрыва H<sub>90</sub> по формуле:

$$P_{90} = \frac{\sigma_0}{\gamma}, \text{ м.}$$

3. Определив значение α, рассчитываем значение ширины призмы возможного обрушения a по формуле:

$$a = \frac{2H \left( 1 - \text{ctg} \alpha \cdot \text{tg} \left( \frac{\alpha + \varphi}{2} \right) \right) - 2H_{90}}{\text{ctg} \alpha + \text{tg} \left( \frac{\alpha + \varphi}{2} \right)}, \text{ м.}$$

4. От верхней бровки откоса откладываем величину a – ширину призмы обрушения.

5. Из точек A и B вертикально откладываем величину,

H<sub>90</sub>, а из точек A' и B' проводим линии под углом  $\left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$  к горизонту до пересечения их в точке C.

6. Из точки C восстанавливаем перпендикуляр к BC до пересечения его в точке O с перпендикуляром, восстановленным из точки M к направлению MN, составляющему с линией откоса угол [11]:

$$\beta = \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Размер рабочей зоны разреза определяется конструкцией профиля и углами откосов бортов, поэтому для разделения вскрышной толщи на уступы необходимы данные о свойствах отдельных породных литологических слоев и их распределение по глубине месторождения [12].

7. Радиусом R = OC = OM проводим дугу окружности MC с центром в точке O. Линия BB'CM является искомой поверхностью скольжения на разрезе откоса (рис. 5).

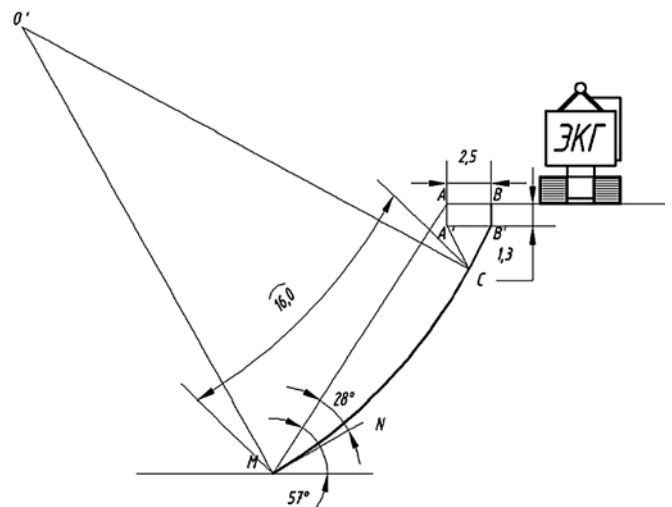


Рис. 5. Схема расчета устойчивости нагруженного уступа  
 Fig. 5. A calculation scheme of the loaded bench stability

Таким образом, оконтуриваем призму МАВВ'С возможного обрушения массива пород.

8. Разделяем массив на блоки и находим площадь и угол тета (рис. 6).

9. Находим вес каждого блока по формуле:

$$P = S \cdot \gamma, \text{ т.}$$

10. Динамическую нагрузку экскаватора ЭКГ-15 прибавляем к весу общего блока.

11. Рассчитываем нормальную N<sub>i</sub> – составляющую веса блока по формуле:

$$N = P \cdot \cos \theta \text{ т.}$$

**Результаты расчета зависимости устойчивости уступа от веса экскаватора и расстояния от края рабочей площадки до гусеницы экскаватора**  
 Results of calculating the dependence of the bench stability on the backhoe weight and the distance from the edge of the working area to the backhoe track

Модель экскаватора		ЭКГ 15	CAT 6030	Komatsu PC 3000-6
Вес экскаватора, т		672	294	261
Коэффициент запаса устойчивости уступа				
Расстояние от края рабочей площадки	Вариант 1 2,5 м	1,568	1,691	1,727
	Вариант 2 20 м	2,433	2,473	2,478
	Вариант 3 40 м	3,688	3,711	3,714

12. Рассчитываем касательную  $T_i$  – составляющую веса блока по формуле:

$$T = P \cdot \sin\theta, \text{ т.}$$

13. Находим коэффициент устойчивости борта методом суммирования сдвигающих и удерживающих сил:

$$n = \frac{\text{tg}(\rho) \sum N + CL}{\sum T}.$$

Полученное значение  $n$  должно быть не менее 1,2–1,3. Проведя расчеты по методике, указанной выше, получили результаты, приведенные в табл. 5, (рис. 7).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведя полный анализ параметров рабочей площадки и используемого оборудования в глубоких карьерах, получаем следующие выводы:

- определение устойчивости откосов уступов и ширины призмы обрушения, выполненное аналитическим методом, дает более высокие результаты точности, чем полученные графическим методом;
- устойчивость откосов уступов и ширина призмы обрушения зависят не только от физико-механического состояния горных пород, но также от высоты уступа, веса экскаватора, приходящегося на 1 м площадки размещения, расстояния от бровки откоса и других факторов, следовательно, от ширины рабочей площадки в целом;
- меньшие габариты и вес гидравлического экскаватора позволяют уменьшить ширину рабочей площадки. Из выведенной формулы следует, что откос уступа при этом является устойчивым;
- благодаря уменьшению ширины рабочей площадки можно достичь увеличения генерального угла наклона борта карьера, что в свою очередь позволяет уменьшить количество вскрышной породы.

**Список литературы • References**

1. Яковлев А.В. Рациональные условия применения мощных экскаваторов в глубоких карьерах: автореферат дис. кандидата технических наук. Екатеринбург, 2015. 21 с.
2. Kadirov V.R., Karimov Sh.V., Qushshayev U.Q., Sharapova D. Study on the influence of the deformation zones of the quarry sides on the rock mass movement. *E3S Web of Conferences*. 2021;(304):02002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130402002>.

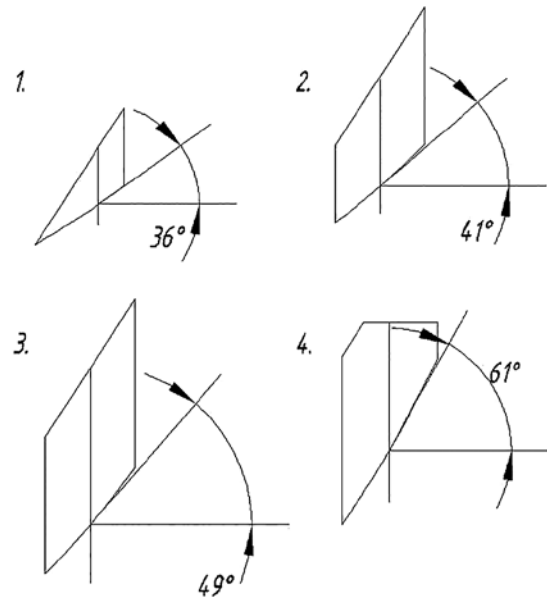


Рис. 6. Площадь разделяемого блока  
 Fig. 6. The area of the block to be divided

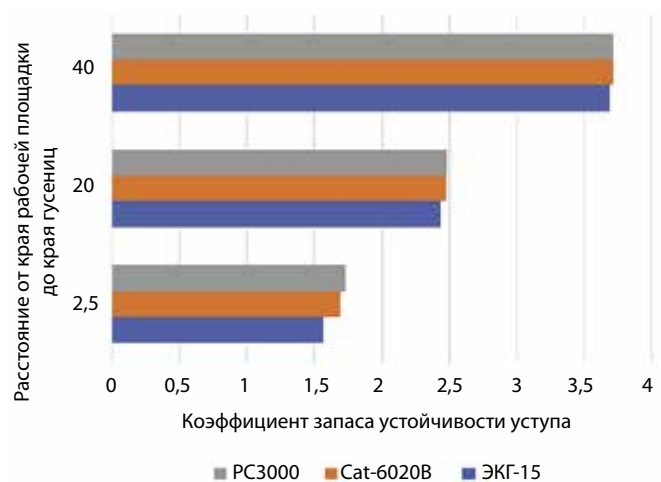


Рис. 7. Зависимости устойчивости уступа от веса экскаватора и расстояния от края рабочей площадки до гусеницы экскаватора  
 Fig. 7. Dependences of the bench stability on the weight of the backhoe and the distance from the edge of the working area to the backhoe track.

3. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В. Состояние и перспективы развития открытых горных работ в XXI веке // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. CB 45-1. С. 21-32.  
Trubetskoy K.N., Rylnikova M.V. Situation and prospects of open-pit mining development in the XXI Century. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2015;(SV 45-1):21-32. (In Russ.).
4. Chaoqun Hou, Rongjian Zhang, Yongxin Li et al. Comparisons of Safety Factors for Slope in Nonlinear Soils. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2021;25(10):3737-3749. DOI: 10.1007/s12205-021-0298-0.
5. Yiyun Yang. Grey Relational Analysis on Influencing Factors of Highway Slope Safety in Ankang Mountain Area. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2020;10(5):721-726. DOI: 10.18280/ijss.100518.
6. Yunyong He, Ziyin Cai, Fuming Wang et al. Numerical investigation on slope stability influenced by seismic load and discontinuity with a continuous-discontinuous method. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2023;82(3):70. DOI: 10.1007/s10064-023-03090-x.
7. Аникин К.В. Исследование влияния длины рабочего фронта и ширины рабочей площадки на уступе на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 2. С. 147-149.  
Anikin K.V. Studying the effect of working front length and width of the working area of a bench on the productivity of the excavator-and-vehicle complex equipment. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2015;(2):147-149. (In Russ.).
8. Жабко А.В. О проблемах и современных методах оценки устойчивости откосов на открытых горных работах // Недропользование 2018. № 3. С. 96-107.  
Zhabko A.V. On problems and modern methods of evaluating the stability of slides on open mountain works. *Nedropol'zovanie*. 2018;(3):96-107. (In Russ.).
9. Анализ обрушения бортов на железорудном карьере Уэнса в Северо-Восточном Алжире методом конечных элементов: причины и выводы для контроля устойчивости / Ф. Бельгелиль, М. Фредж, А. Саадун и др. // Записки Горного института. 2024. Т. 268. С. 576-587.  
Belgueliel F., Fredj M., Saadoun A., Boukarm R. Finite element analysis of slope failure in Ouenza open-pit iron mine, NE Algeria: causes and lessons for stability control. *Zapiski Gornogo instituta*. 2024;(268): 576-587. (In Russ.).
10. Совершенствование процесса подготовки горной массы к выемке на Солнцевском угольном разрезе / Ал.А. Галимьянов, О.И. Черских, И.Ю. Рассказов и др. // Уголь. 2024;(3):104-109. DOI: 10.18796/0041 5790-2024-3-104-109.  
Galimyanov Al.A., Cherskikh O.I., Rasskazov I.Yu., Kazarina E.N., Mishnev V.I. Improving the process of preparing rock mass to the excavation at the Solntsevo coal mine. *Ugol'*. 2024;(3):104-109. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-104-109.
11. Чунуев И.К., Левкин Ю.М., Болотбеков Ж. Определение технологических параметров призмы обрушения уступов, отвалов и дорог // Горные науки и технологии. 2021. Т. 6. № 1. С.31-41.  
Chunuev I.K., Levkin Yu.M., Bolotbekov Zh. Determination of bench, dump and road sliding wedge technological parameters. *Gornye nauki i tehnologii*. 2021;6(1):31-41. (In Russ.).
12. Костромин М.В., Леонтьев А.А. Устойчивость углов наклона бортов глубоких карьеров россыпных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 3. С. 84-93.  
Kostromin M.V., Leontyev A.A. Inclination of flank of a depth open-cast of the placer mining. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2011;(3):84-93. (In Russ.).

#### Authors Information

**Kadirov V.R.** – PhD, Associate Professor of the Mining Department of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, 100095, Republic of Uzbekistan

**Karimov Sh.V.** – PhD, Associate Professor of the Mining Department of Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan, e-mail:karimov20-13@mail.ru

**Karshiboev Z.Zh.** – Basic doctoral student of the Mining Department of Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan

**Tuychiboev E.I.** – Basic doctoral student of the Mining Department of Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan

**Malyushenko D.S.** – Methodologist for youth work, spirituality and enlightenment of, Almalyk Branch of National Research University of Science and Technology (MISIS), Almalyk, 110100, Republic of Uzbekistan

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 1.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

#### Paper info

Received February 1, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025