

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗАБОЯ И ГОРНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Махмудов Ш.А.

Навоийский государственный горно-технологический университет,
Навои, Узбекистан.

Doi: 10.5281/zenodo.17338544

АННОТАЦИЯ

Получено:
15.07.2025

Пересмотрено:
20.07.2025

Пересмотрено:
04.08.2025

Опубликовано:
10.10.2025

В статье представлены результаты исследований, посвящённых оценке влияния горнотехнических и климатических условий, а также качества подготовки забоя на производительность карьерных экскаваторов, эксплуатируемых на рудных месторождениях Узбекистана. Показано, что фактическая месячная производительность экскаваторов ЭКГ-20К, ЭКГ-15 и ЕХ-3600 варьирует в пределах 230–450 тыс. м³, а величина годовой наработки в машино-часах напрямую зависит от состояния рабочей площадки. Установлено, что при «хорошем» технологическом состоянии забоя экскаваторы работают более 5 тыс. машино-часов в год, при «удовлетворительном» – 2,5–3,5 тыс., а при «неудовлетворительном» – менее 2,5 тыс. машино-часов. Обоснована целесообразность применения трёхбалльной системы оценки качества подготовки забоя, учитывающей гранулометрический состав горной массы, наличие негабаритов, параметры рабочей площадки и время дополнительных операций. Сравнительный анализ областей применения механических и гидравлических экскаваторов показал различие их эксплуатационных преимуществ и ограничений. Полученные результаты подтверждают, что технологическое состояние забоя и внешние природно-климатические факторы определяют интенсивность выработки ресурса карьерной техники и уровень её производительности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

экскаватор, производительность, состояние забоя, гранулометрический состав, горнотехнические условия, климатические факторы, эксплуатационные показатели.

Введение

Большое разнообразие горнотехнических условий, характерных для разработки рудных месторождений Узбекистана, предопределяет необходимость использования широкого спектра выемочно-погрузочного оборудования различного типа, конструкции и функционального назначения. Это обусловлено тем, что месторождения отличаются не только по своим геологическим признакам, но и по генетической природе образования, вещественному и минералогическому составу, текстурно-структурным характеристикам и структурно-прочностным свойствам вмещающих пород. Подобное разнообразие параметров массива напрямую влияет на выбор рациональных машин, их режимов работы и схем взаимодействия в комплексе. На сегодняшний день на горных предприятиях Узбекистана функционирует более 200 карьерных экскаваторов крупнейших мировых и отечественных производителей, среди которых ИЗ-КАРТЭКС, Komatsu, Hitachi, Caterpillar, Taiyuan Heavy Machinery Group, XCMG и ряд других машиностроительных компаний.

Анализ условий эксплуатации карьерной техники в Узбекистане показывает, что

существует тесная причинно-следственная связь между горно-геологическими, производственными, а также климатическими особенностями ведения работ и видом применяемого карьерного экскаватора. В связи с этим все факторы, определяющие выбор оборудования и его эксплуатационную эффективность, можно разделить на несколько укрупнённых групп:

природно-геологические факторы, связанные с прочностью, трещиноватостью и структурой массива;

конструктивно-эксплуатационные характеристики экскаваторов, включая надёжность, энергетическую эффективность и приспособленность к конкретным условиям;

горнотехнические, технологические, организационные и экономические условия, определяющие масштаб и специфику добычи.

В настоящей работе рассматриваются вопросы влияния совокупности указанных факторов на производительность и эксплуатационные показатели однокоровых карьерных экскаваторов циклического действия, особенно в условиях сложноструктурных и глубоких карьеров. Проведённые исследования показали, что по мере увеличения глубины разработки

возрастает доля крепких и трудно разрабатываемых пород. Так, если при глубине карьера 100–150 м их содержание составляет порядка 10–22 %, то при достижении глубины 600–650 м этот показатель возрастает уже до 48–53 %. Указанная тенденция существенно усложняет процесс экскавации и требует более мощных, надёжных и энергоэффективных машин.

Дополнительное влияние на эксплуатацию карьерного оборудования оказывают климатические условия, которые в Узбекистане отличаются значительной контрастностью. Карьеры расположены в зоне субтропического засушливого климата с выраженной резко континентальной спецификой. Здесь техника эксплуатируется как в условиях экстремально низких температур зимой (до -20°C), так и в условиях летнего зноя, когда температура воздуха достигает $+42^{\circ}\text{C}$ и выше. Характерны резкие перепады температуры в течение суток: днём температура может держаться около $+40^{\circ}\text{C}$, тогда как ночью опускаться до $+8...+10^{\circ}\text{C}$. Подобные колебания негативно сказываются на состоянии узлов и агрегатов карьерной техники, вызывая частые поломки и ускоренный износ. В результате предприятия несут значительные дополнительные расходы на восстановление оборудования, а незапланированные простои машин приводят к ощутимым потерям прибыли. По оценкам специалистов, каждый день вынужденного простоя крупной техники из-за аварийного отказа обходится предприятию в весьма значительные суммы.

Установлено, что климатические условия оказывают непосредственное воздействие на производительность экскаваторов: в диапазоне температур от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$ производительность может отличаться в 1,6–2,0 раза. Это ещё раз подчёркивает необходимость учёта внешней среды при выборе и эксплуатации оборудования.

Обобщение опыта крупнейших горнодобывающих предприятий Узбекистана, разрабатывающих месторождения золота, меди, железо и других полезных ископаемых, позволило выявить закономерности в применении механических и гидравлических экскаваторов. Так, механические лопаты с вместимостью ковша до 10 м^3 , а также гидравлические экскаваторы наиболее эффективно используются при разработке сравнительно небольших месторождений производственной мощностью до 5 млн м^3 в год, а также в районах, где отсутствует стабильное электроснабжение. На крупных карьерах, где выполняются вскрышные работы и массовая выемка полезного ископаемого, приоритет отдаётся механическим лопатам с вместимостью ковша свыше 10 м^3 . При этом для селективной выемки, требующей большей маневренности и точности, преимущественно

применяются гидравлические экскаваторы. Для месторождений средней мощности характерно использование обеих разновидностей машин с ковшами до 10 м^3 (рис.1).

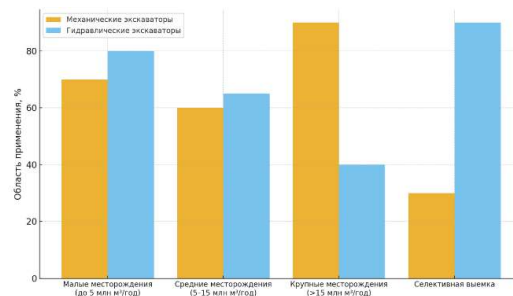


Рис. 1. Сравнительные области применения механических и гидравлических экскаваторов

Каждый из типов оборудования обладает своими преимуществами, которые определяют области его рационального применения. Так, механические экскаваторы отличаются высокой надёжностью, способностью эффективно работать в тяжёлых условиях, сравнительно низкими эксплуатационными затратами и возможностью разработки более высоких уступов. Они позволяют формировать рабочие борты с увеличенным углом откоса, что способствует снижению текущего коэффициента вскрыши. В то же время гидравлические экскаваторы более автономны, манёвренны и мобильны, требуют меньших капитальных вложений и имеют более короткий срок окупаемости. Дополнительное преимущество заключается в том, что рабочий орган гидравлических машин обладает дополнительной степенью свободы, что расширяет их технологические возможности. К этому добавляется наличие развитой системы сервисного обслуживания со стороны фирм-производителей.

Материалы и методы

Для количественной оценки влияния физических и механических характеристик горных пород на работу экскаваторов, а также для обоснования правильности выбора оборудования академик В. В. Ржевский предложил использовать относительный показатель трудности экскавации породы P_z , который определяется по эмпирической зависимости. Применение данного подхода позволяет более объективно сопоставлять условия работы различных типов машин и выбирать оптимальные варианты для конкретных горнотехнических ситуаций [1–4].

$$P_z = 0,3\lambda(0,2\sigma_{сж} + \sigma_{сд} + \sigma_{раст}) + 0,3\gamma, \quad (1)$$

где λ –коэффициент структурного ослабления пород в массиве направлений копания; $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, $\sigma_{раст}$ –соответственного пределы прочности горных пород на сжатие, сдвиг, растяжение, МПа; γ –плотность насыпной массы, т/м^3 .

При выборе типа экскаватора, его модели, параметры забоя должны соответствовать физико-техническим характеристикам разрабатываемой породы, ее экскавируемости, определяемой величиной удельного сопротивления копания [5-7].

$$K_F = \frac{P_K}{F_\Phi} < \frac{P_K}{b t_p}, \quad (2)$$

где P_K —касательная сила сопротивления породы копания; F_Φ —фактическая площадь поперечного сечения стружки; b — ширина стружки; t_p —расчетная толщина стружки (глубина внедрения экскавирующего органа).

Относительный показатель трудности экскавации разрушенных пород зависит в основном от их степеней кусковатости и связности, характеризуемых коэффициентом разрыхления, и определяется по эмпирической формуле [8,9].

$$P_{\text{э,р}} = \left[A + \frac{10A}{K_p^9} \right], \quad (3)$$

где A —показатель кусковатости разрыхленной горной массы, $A = \gamma d_{\text{ср}} + 0,1 \sigma_{\text{сдв}}$, $d_{\text{ср}}$ — средний размер кусков разрушенной породы в развале; K_p — коэффициент разрыхления разрушенной породы в развале.

В исследованиях за критерий оценки кусков горной массы может быть принят средний диаметр куска, величина которого вычисляется по формуле [10,11]:

$$d_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n X_i \gamma_i, \quad (4)$$

где $d_{\text{ср}}$ - диаметр среднего куска; X_i - среднее арифметическое границ i -ой фракции; n - число фракций; γ_i - содержание i -ой фракции.

Вышеуказанными факторами и по степени кусковатости и разрыхленности горных пород определяются технико-экономические показатели последующих технологических процессов: экскавации, транспортирования, складирования, обогащения и т.д.

Для обеспечения высокоэффективной работы карьерного экскаватора необходимо, чтобы взорванная порода была не только интенсивно раздроблена, но и хорошо разрыхлена. С ростом коэффициента разрыхления породы (K_p) в развале сокращается длительность черпания ($T_{\text{ч}}$), повышается коэффициент наполнения ковша (K_n), создаются условия для увеличения безопасной высоты разрабатываемого забоя (H_y)

Результаты и обсуждения

В ходе экспериментальных исследований гранулометрический состав взорванной горной массы определяется двумя основными методами: либо посредством непосредственного измерения кусков в развале, либо с использованием современного фотограмметрического метода, позволяющего получать более полную и объективную картину

распределения фракций. На основании анализа полученных данных предлагается оценивать состояние забоя и рабочей площадки по трёхбалльной шкале: «хорошее», «удовлетворительное» и «неудовлетворительное». Такая классификация позволяет более наглядно и структурированно характеризовать условия работы экскавационной техники, а также прогнозировать её производительность и надёжность.

Каждая из выделенных категорий состояния забоя определяется рядом технологических критериев, которые комплексно отражают как физико-механические свойства породы, так и параметры самой рабочей площадки:

Хорошее состояние

Полное отсутствие «негабаритов» — кусков породы, размеры которых превышают допустимые для нормальной работы экскаваторов.

Средняя кусковатость взорванной массы составляет 150–300 мм, что соответствует оптимальным параметрам для погрузки.

Время, затрачиваемое на разборку забоя ($T_{\text{рз}}$) и разрушение негабаритов ($T_{\text{рн}}$), равно 0 % от продолжительности смены, что свидетельствует о высокой эффективности буровзрывных работ.

Продольно-поперечный наклон рабочей площадки не превышает 3^0 , что обеспечивает устойчивое положение экскаватора.

Ширина рабочей площадки составляет 60–70 м, что гарантирует достаточное пространство для маневрирования и безопасного движения техники.

Наличие как минимум двух подъездов к забою, что повышает гибкость транспортных схем.

Удовлетворительное состояние

В развале присутствуют «негабариты», которые требуют дополнительного дробления или разборки.

Средняя кусковатость породы возрастает до 300–400 мм, что уже осложняет работу экскаваторов.

Время $T_{\text{рз}}$ и $T_{\text{рн}}$ достигает 10 % от продолжительности смены, снижая общую эффективность эксплуатации техники.

Продольно-поперечный наклон рабочей площадки удерживается около 3^0 , то есть близок к предельно допустимому значению.

Ширина рабочей площадки сокращается до 40–60 м, что ограничивает возможности техники и повышает риск заторов.

Неудовлетворительное состояние

В развале фиксируется значительное количество «негабаритов», которые значительно замедляют процесс погрузки.

Средняя кусковатость породы превышает 400 мм, что делает необходимым применение дополнительного дробления и значительно снижает производительность.

Время ТРЗ и ТРН увеличивается более чем до 20 % продолжительности смены, что создаёт значительные простои оборудования.

Продольно-поперечный наклон рабочей площадки превышает 3^0 , что ухудшает устойчивость экскаваторов и повышает риск аварийных ситуаций.

Ширина рабочей площадки сокращается менее чем до 40 м, что критически ограничивает возможности для работы и движения техники.

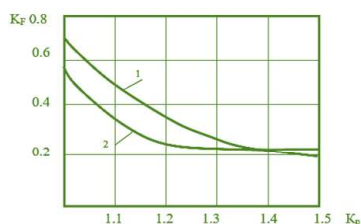


Рис. 2. Влияние коэффициента разрыхления породы в развале K_p на величину удельного сопротивления копанью K_f ; 1-известняки, 2-доломиты

Нередко фиксируется наличие «козырьков» в забое и глубоких ям на рабочей площадке, что ещё больше затрудняет эксплуатацию

оборудования и требует дополнительных трудоёмких мероприятий по исправлению.

Из графика установлено зависимость величины удельного сопротивления копанью ($K_f=0,28-0,7$) от коэффициента разрыхления породы в развале, которое показывает, что этот коэффициент должен находиться в пределах $K_p=1,25 - 1,5$.

При этом установлено зависимость величины удельного сопротивления копанью от коэффициента разрыхления породы в развале, которое показывает, что этот коэффициент должен находиться в пределах $K_p=1,25 - 1,5$.

В результате исследований установлено рекомендуемая вместимость ковшей экскаваторов для различных условий работы: от коэффициента крепости породы, от кусковатости разрыхленных взрывом скальных горных пород и от коэффициента разрыхления породы при различной высоте уступа, которое приведена в табл. 1. В процессе было произведено хронометражные исследования производительности одноковшовых карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах, при валовой выемке на вскрышных уступах при различных условиях работы и расчётами определены их фактические значения во времени, которое приведена на рисунке 3.

Таблица 1
Рекомендуемая емкость ковшей экскаваторов для разработки разрыхленных взрывом скальных горных пород в зависимости от условий работы

Условия работы	Рекомендуемая емкость ковша, Е, м ³ , при высоте уступа Н _у , м			Коэффициент крепости породы, f	Кусковатость, d _{ср}	Коэффициент разрыхления, K _p
	5	10	15			
Легкие – состояние хорошее [K _f <0.2]	5,2	10	16-20	f>6; γ= 2,5-2.8	0,15-0,3 0,3-0,4	1,15-1,3 1,3-1,5
Средние-состояние удовлетворительное [K _f =0,2- 0,4]	5	8	12,5-20	f=8 – 12 γ=2,5 – 3,0	0,15-0,3 0,3-0,4	1,15-1,3 1,3-1,5
Тяжелые – состояние неудовлетворительное [K _f >0,4]	5	6,3	10-15	f>6; γ= 2,5-3,2	Более 0,4	1,2-1,5

Из анализа экспериментальных данных и графиков видно, что фактическая месячная производительность карьерных экскаваторов различного типа находится в достаточно широких пределах и зависит не только от конструктивных характеристик машин, но и от качества подготовки забоя. Так, для экскаватора ЭКГ-20К, введённого в эксплуатацию в 2014 году, месячная производительность составляет в среднем 350–450 тыс. м³ горной массы. Экскаватор ЭКГ-15, работающий с 2013 года, показывает несколько меньшие значения – 280–400 тыс. м³ в месяц. Современный гидравлический экскаватор EX-3600,

поступивший в эксплуатацию в 2017 году, работает в пределах 230–350 тыс. м³ в месяц. Эти данные свидетельствуют о том, что производительность экскаваторов определяется не только техническими параметрами, но и внешними условиями эксплуатации, включая подготовку рабочей площадки.

Из анализа экспериментальных данных и графиков видно, что фактическая месячная производительность карьерных экскаваторов различного типа находится в достаточно широких пределах и зависит не только от конструктивных характеристик машин, но и от качества подготовки забоя. Так, для экскаватора

ЭКГ-20К, введённого в эксплуатацию в 2014 году, месячная производительность составляет в среднем 350–450 тыс. м³ горной массы. Экскаватор ЭКГ-15, работающий с 2013 года, показывает несколько меньшие значения – 280–400 тыс. м³ в месяц.

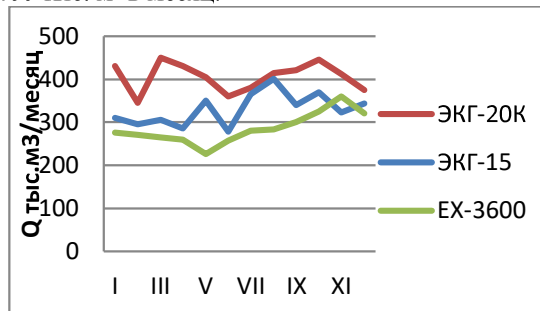


Рис. 3. Изменение производительности экскаваторов во времени

Современный гидравлический экскаватор EX-3600, поступивший в эксплуатацию в 2017 году, работает в пределах 230–350 тыс. м³ в месяц. Эти данные свидетельствуют о том, что производительность экскаваторов определяется не только техническими параметрами, но и внешними условиями эксплуатации, включая подготовку рабочей площадки.

Особое значение при оценке эффективности работы техники имеет технологическое состояние забоя. Для его характеристики использована трёхбалльная система оценки («хорошее», «удовлетворительное» и «неудовлетворительное»), которая позволяет количественно выразить уровень производительности через показатель годовой наработки экскаватора в машино-часах.

При хорошем состоянии забоя годовое время производительной работы экскаватора составляет более 5 тыс. машино-часов. Это указывает на стабильную работу машины, минимальные простои, оптимальную кусковатость породы и правильную организацию рабочей площадки.

В случае удовлетворительного состояния забоя годовая производительная работа сокращается до 2,5–3,5 тыс. машино-часов. При этом фиксируются отдельные затруднения, связанные с наличием негабаритов, ухудшением условий площадки и увеличением доли непроизводительных простоев.

При неудовлетворительном состоянии забоя время эффективной работы экскаватора снижается до менее 2,5 тыс. машино-часов в год, что свидетельствует о крайне неблагоприятных условиях: большом количестве негабаритов, значительном наклоне и стеснённости площадки, наличии «козырьков» и ям, требующих дополнительных подготовительных операций.

Заключение

Таким образом, трёхбалльная система оценки состояния забоя и рабочей площадки позволяет комплексно учитывать как качество буровзрывных работ, так и организацию рабочих зон. Она даёт возможность своевременно выявлять неблагоприятные условия, прогнозировать производственные риски и принимать меры для повышения эффективности и безопасности горных работ.

Установлено, что именно технологическое состояние забоя предопределяет интенсивность выработки ресурса карьерных экскаваторов и в значительной мере определяет их фактическую наработку. Для количественной оценки предлагается использовать коэффициент, рассчитываемый как отношение приведённых показателей работоспособности машины в различных условиях к эталонным значениям. В качестве нормальных условий эксплуатации следует принимать ситуацию, при которой обеспечено «хорошее» качество подготовки забоя и горной массы, то есть такие условия, когда достигается максимальная производительность и ресурс техники расходуется наиболее рационально.

КОВЖОЙ HOLATI VA KON-IQLIMIY OMILLARNING KARYER EKSKAVATORLARI UNUMDORLIGIGA TA'SIRI

Maxmudov Sh.A.

*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O'zbekiston.*

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:
15.07.2025

Ko'rib chiqilgan:
20.07.2025

Qabul qilingan:
04.08.2025

Maqolada O'zbekiston konlarida ishlatilayotgan karyer ekskavatorlarining unumdorligiga kon-texnik, geologik va iqlimiy sharoitlar hamda kovjoyni tayyorlash sifati ta'sirini baholashga oid tadqiqot natijalari keltirilgan. Aniqlanishicha, EKG-20K, EKG-15 va EX-3600 ekskavatorlarining haqiqiy oylik unumdorligi 230–450 ming m³ oralig'ida bo'lib, yillik ishlash vaqti (mashina-soatlarida) to'g'ridan-to'g'ri ish maydonining holatiga bog'liq. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, “yaxshi” sharoitda ekskavatorlar yiliga 5 ming mashina-soatdan ortiq ishlaydi, “qoniqarli” sharoitda – 2,5–3,5 ming soat, “qoniqarsiz” sharoitda esa – 2,5 ming soatdan kam. Kovjoy tayyorlash sifatini baholash uchun uch balli tizimdan foydalanish maqsadga muvofiqligi asoslab berilgan, bunda tog' jinsining granulometrik tarkibi, yirik bo'laklarning mavjudligi, ishchi maydon parametrlari va

Chop etilgan: 10.10.2025
 qo'shimcha operatsiyalarga sarflangan vaqt hisobga olinadi. Mexanik va gidravlik ekskavatorlarning qo'llanish sohaslarini qiyosiy tahlil qilish ularning ekspluatatsion ustunliklari va cheklovlarini ko'rsatib berdi. Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, kovjoyning texnologik holati hamda tashqi tabiiy-iqlimiy omillar texnikaning resurs sarf tezligi va umumiy unumdorligini belgilab beradi.

KALIT SO'ZLAR ekskavator, unumdorlik, kovjoy holati, granulometrik tarkib, kon-texnik sharoitlar; iqlimiy omillar, ekspluatatsion ko'rsatkichlar.

IMPACT OF BENCH CONDITIONS AND MINING-CLIMATIC FACTORS ON THE PRODUCTIVITY OF OPEN-PIT EXCAVATORS

Makhmudov Sh.A.

Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

ABSTRACT The article presents the results of research devoted to assessing the impact of mining, geological and climatic conditions, as well as the quality of bench preparation, on the performance of open-pit excavators operated at mineral deposits in Uzbekistan. It is shown that the actual monthly productivity of excavators ЕКГ-20К, ЕКГ-15, and EX-3600 varies within the range of 230–450 thousand m³, while the annual operating time in machine hours directly depends on the condition of the working area. It has been established that under “good” bench conditions excavators achieve more than 5,000 machine hours per year, under “satisfactory” conditions 2,500–3,500 hours, and under “unsatisfactory” conditions less than 2,500 hours. The expediency of using a three-point scale for evaluating bench preparation quality, taking into account rock fragmentation, oversize content, parameters of the working platform, and time of additional operations, is substantiated. A comparative analysis of the application areas of mechanical and hydraulic excavators has revealed differences in their operational advantages and limitations. The findings confirm that both the technological condition of the bench and external natural-climatic factors predetermine the rate of resource consumption and the overall productivity of mining equipment.

Received: 15.07.2025
 Revised: 20.07.2025
 Accepted: 04.08.2025
 Published: 10.10.2025

KEYWORDS excavator, productivity, bench condition, rock fragmentation, mining conditions, climatic factors, operational indicators.

Библиографический список

1. Анистратов Ю. И. Исследования технологических грузопотоков на карьерах со скальными породами: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук: - М.: МГИ, 1970. – 42 с.
2. Беляков Ю.И. Совершенствование технологии выемочно-погрузочных работ на карьерах. М.: Недра, 1977. – 295 с.
3. Беляков Ю.И. Экскаваторные работы: Справочник рабочего. – М.: Недра, 1992. – 288 с.
4. Домбровский Н.Г. Экскаваторы: общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения – М.: Машиностроение, 1969. – 318 с.
5. Подерни Р.Ю. Анализ современного состояния рынка карьерной техники в мире // М.: Горная промышленность, 2013. – №4 (110). – С 48-54.
6. Подерни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров – М.: МГГУ, 2007. – 680 с.
7. Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Пардаева Ш.С. Исследование и оценка технического состояния горного и транспортного оборудования глубоких карьеров // Науч. – техн.и произв.журнал «Горный вестник Узбекистана» – Навои, 2022. - №1 (88). – С. 95-99. DOI:10.54073/GV.2022.1.88.0120
8. Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Исследование условий функционирования однокровных карьерных экскаваторов циклического действия на сложно-структурных глубоких карьерах // Горный вестник Узбекистана. – Навоий, 2020. - №1 (80). – С. 80-84.
9. Мислибаев И.Т., Махмудов А.М., Махмудов Ш.А. Муминов Р.О. Разработка системы управления технологичностью и оценка качества функционирования рабочих мест горного производства // Науч. – техн.и произв.журнал «Горный вестник Узбекистана» – Навои, 2022. - №4 (91). – С. 11-15. DOI:10.54073/GV.2022.4.91.003 <http://gorniyvestnik.uz/ru/posts/1514-razrabotka-sistemy-upravleniya-tehnologichnostyu-i-ocenka-kachestva-funkcionirovaniya-rabochikh-mest-gornogo-proizvodstva->
10. Makhmudov Sh. A. Methodology for calculating the performance and functionality of quarry excavators // Научный журнал Наука и инновационное развитие – Тошкент, 1/2023. – С. 16-24. <https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2023-1-3> <https://online.pubhtml5.com/oppia/gsdn/#p=34>

11. Makhmudov Sh.A. Systematization of functional elements of the structure of complex mechanization at careers. Australian Journal of Science and Technology. 2020. Vol. 4; issue 1; March. p. 222-227.

Information about authors:

Makhmudov Sherzod Azamatovich – *PhD, associate professor the department of Mining electromechanics, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Republic of Uzbekistan*
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0057-2829>, e-mail: lyy2@mail.ru
