

Учредитель: Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

Главный редактор

КАНТОВИЧ Л.И., д.т.н., проф.

Зам. гл. редактора:

ИВАНОВ С.Л., д.т.н., проф.
ЛАГУНОВА Ю.А., д.т.н., проф.

Редакционный совет:

КОЗОВОЙ Г.И., д.т.н.
(сопредседатель)
ТРУБЕЦКОЙ К.Н., акад. РАН, д.т.н.
(сопредседатель)
АНТОНОВ Б.И.
ГАЛКИН В.А., д.т.н.
КОЗЯРУК А.Е., д.т.н., проф.
КОСАРЕВ Н.П., д.т.н., проф.
МЕРЗЛЯКОВ В.Г., д.т.н., проф.
НЕСТЕРОВ В.И., д.т.н., проф.
ЧЕРВЯКОВ С.А., к.т.н.

Редакционная коллегия:

АБРАМОВИЧ Б.Н., д.т.н., проф.
АНДРЕЕВА Л.И., д.т.н.
ГАЛКИН В.И., д.т.н., проф.
ГЛЕБОВ А.В., к.т.н.
ЕГОРОВ А.Н. (Белоруссия)
ЖАБИН А.Б., д.т.н., проф.
ЗЫРЯНОВ И.В., д.т.н.
МУХОРТИКОВ С.Г., д.т.н., проф.
МЫШЛЯЕВ Б.К., д.т.н., проф.
ПЕВЗNER Л.Д., д.т.н., проф.
ПЛЮТОВ Ю.А., к.т.н., доц.
ПОДЭРНИ Р.Ю., д.т.н., проф.
САМОЛАЗОВ А.В.
СЕМЕНОВ В.В., к.т.н.
СТАДНИК Н.И. (Украина), д.т.н., проф.
ТРИФАНОВ Г.Д., д.т.н., доц.
ХАЗАНОВИЧ Г.Ш., д.т.н., проф.
ХОРЕШОК А.А., д.т.н., проф.
ЮНГМЕЙСТЕР Д.А., д.т.н., проф.

Редакция:

БЕЛЯНИНА О.В.
ДАНИЛИНА И.С.

Телефон редакции:

(499) 269-53-97

Факс: (499) 269-55-10

Email: gma@novtex.ru

http://novtex.ru/gormash

СОДЕРЖАНИЕ

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Хазанович Г. Ш., Колесниченко И. Е. Расчет технической производительности шахтных погрузочных машин 3

ТРАНСПОРТ

Забелин В. В., Зырянов И. В. К вопросу о параметрах карьерных автомобильных дорог 8

Труфанова И. С. Промежуточный привод как средство совершенствования ленточного конвейера 13

Шешко О. Е. Эколого-экономическая оценка современных карьерных транспортных машин 17

Сергеев В. В. Классификация питателей для выпуска сыпучих материалов 21

ОБОГАТИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Иванченко С. Н., Шемякин С. А., Чебан А. Ю. Обоснование параметров бульдозерно-скреперных агрегатов для обогащения золотоносных песков 28

НАДЕЖНОСТЬ. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Болкисев В. С., Сухов Р. И., Болкисева Ю. В. Вопросы определения продолжительности безопасной эксплуатации карьерных буровых станков после окончания установленного срока службы 33

Андреева Л. И., Давлетшина Д. Р. Анализ систем планово-предупредительных ремонтов: Стратегия профилактики 38

Хорешок А. А., Богомолов И. Д., Буянкин П. В., Воробьев А. В. Оценка эксплуатационных нагрузок на опорно-поворотное устройство экскаваторов-мехлопат 43

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, и входит в систему Российского индекса научного цитирования.

УДК 621.878.62

С. Н. Иванченко, д-р техн. наук, проф., **С. А. Шемякин**, д-р техн. наук, проф., ТОГУ,
А. Ю. Чебан, канд. техн. наук, науч. сотр., ИГД ДВО РАН, г. Хабаровск

E-mail: chebanay@mail.ru

Обоснование параметров бульдозерно-скреперных агрегатов для обогащения золотоносных песков

Проведено обоснование основных параметров бульдозерно-скреперных агрегатов, а именно вместимости ковша и мощности, в соответствии с производительностью промывочного оборудования, применяемого при открытых добычных работах на россыпных месторождениях драгоценных металлов. Предложен способ работы промывочного оборудования с бульдозерно-скреперным агрегатом, а также приведен прогноз экономической эффективности от его внедрения.

Ключевые слова: бульдозер, скреперный ковш, бульдозерно-скреперный агрегат, промывочное оборудование, экономический прогноз.

S. N. Ivanchenko, S. A. Shemyakin, A. Yu. Cheban

Substantiation of the Parameters of the Bulldozer-Scraper Machines for the Gold-Bearing Sands Processing

The substantiation of a major parameters of the bulldozer-scraper machines, namely bucket capacity and power, in conformity with the productivity of washing equipment to be used in open mining operations at the alluvial deposits of precious metals. Proposed way of working washing equipment with the bulldozer-scraper machine, and economic forecast of its implementation.

Keywords: bulldozer, scraper bucket, the bulldozer-scraper machines, washing equipment, economic forecast.

В настоящее время доля россыпного золота, добываемого открытым способом, достаточно велика и составляет порядка 23...25 % в общем объеме добычи в Российской Федерации.

На большинстве предприятий Хабаровского края, Магаданской области, Якутии, Чукотки и др. при разработке россыпных месторождений в качестве основной горной машины применяются преимущественно бульдозеры [1–3]. Это связано со значительным распространением крупнообломочных горных пород в зонах добычных работ, где другие горные механизмы неэффективны. Однако и бульдозеры, и бульдозерно-рыхлительные агрегаты, имея определенные преимущества перед прочими горными машинами, проигрывают многим из них в энергоемкости перемещения горной массы на открытых горных работах. Сопротивление перемещению призмы волочения перед отвалом

бульдозера за счет трения породы о породу составляет более 60 % от общего тягового усилия базовой машины.

В последние 25 лет в Российской Федерации и за рубежом проведены значительные работы по созданию нового типа машин [4, 5], а именно, бульдозерно-скреперных агрегатов (БСА), приспособленных для работы в тяжелых горных условиях на вскрышных и добычных работах. Конструктивная схема этих машин отличается наличием скреперного ковша между гусеницами (рис. 1, а). Бульдозерное оборудование располагается впереди машины. По этой схеме созданы БСА в России, Швейцарии, Японии, Франции и т. д. Все БСА имеют возможность перемешать горную массу или в скреперном ковше, или перед бульдозерным отвалом и, наконец, при небольших подъемах пути

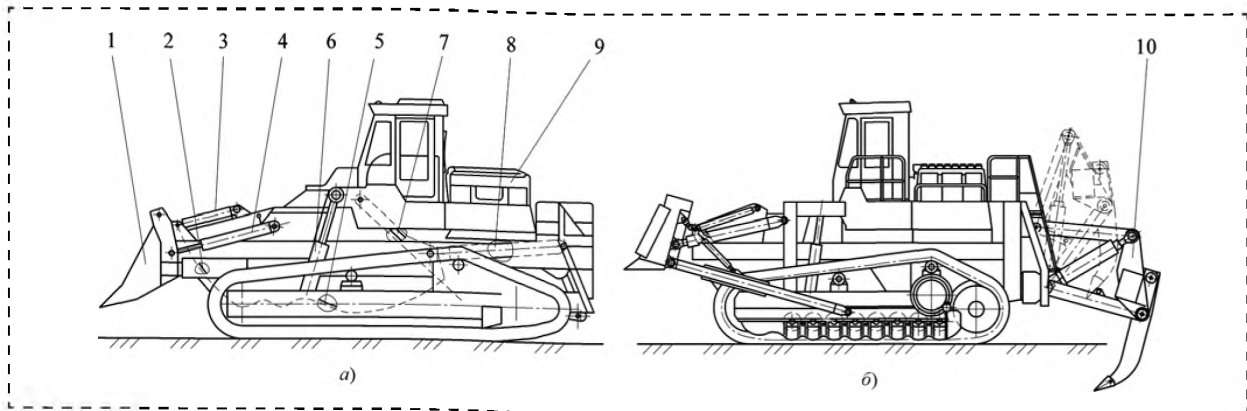


Рис. 1. Конструктивные схемы бульдозерно-скреперного агрегата (а) и возможного в перспективе бульдозерно-скреперно-рыхлительного агрегата (б): 1 – отвал; 2 – заслонка; 3 – гидроцилиндр поворота заслонки; 4 – гидроцилиндр поворота отвала; 5 – ковш; 6 – гидроцилиндр подъема опускания ковша; 7 – поворотная задняя стенка; 8 – гидроцилиндр поворота стенки; 9 – силовая установка; 10 – рыхлительное оборудование

одновременно в скреперном ковше и перед бульдозерным отвалом.

В частности, ОАО "Челябинский тракторный завод" выпускает БСА марки ДЗ-194 с скреперным ковшом вместимостью 18 м^3 , который создан на основе узлов и деталей серийного дизель-электрического гусеничного трактора ДЭТ-350. Основные параметры ДЗ-194: мощность двигателя – 283 кВт; масса – 61 200 кг; максимальная транспортная скорость передвижения – 16 км/ч; габаритные размеры – $9000 \times 5260 \times 4735 \text{ мм}$.

Компания "Frutiger" (Швейцария) начала производство БСА марки SR T-18 Tiger, основные параметры которого: вместимость скреперного ковша – 18 м^3 ; мощность двигателя – 350 кВт; масса – 38 000 кг; максимальная транспортная скорость передвижения – 20 км/ч; габаритные размеры $7200 \times 3500 \times 4000 \text{ мм}$.

Поскольку многие россыпные месторождения содержат крупнообломочные включения, мерзлотные прослойки или мерзлый верхний слой, можно предположить, что в перспективе на БСА может быть установлено рыхлительное оборудование по конструктивной схеме, представленной на рис. 1, б, т. е. БСРА.

Эффективная дальность транспортирования горной массы с помощью крупных БСА достигает 300...350 м, что в несколько раз больше соответствующих показателей бульдозеров.

Применение БСА эффективно на породах различного состояния: многолетнемерзлых с постепенным оттаиванием в течение сезона, сезонного промерзания или талых на всю глубину залегания.

В полях выявления преимущества БСА и БСРА перед прочими видами машин при перемещении

горной массы были проведены расчеты производительности ряда машин с приблизительно равными мощностями двигателей в зависимости от дальности перемещения породы. Расчеты проводились по известным в литературе [6, с. 270–277] зависимостям. Результаты расчета представлены на рис. 2. Как видно на рисунке, БСА превосходят по производительности скреперы при дальности транспортировки породы до 400 м. Бульдозеры имеют равную производительность только при

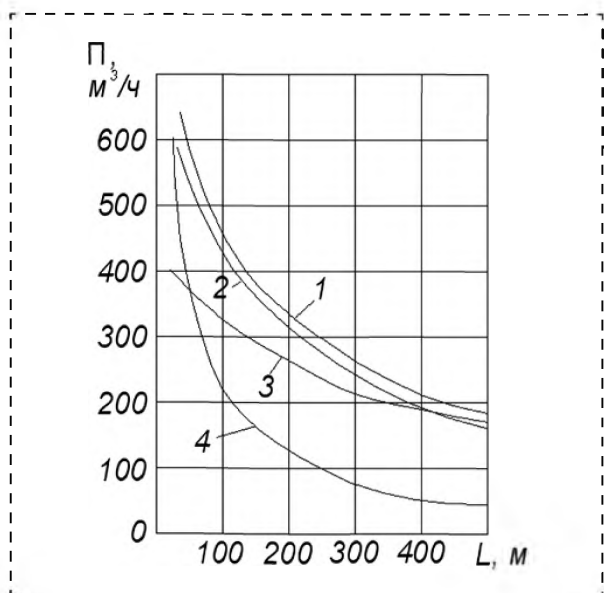


Рис. 2. Зависимость производительности Π от дальности транспортирования породы L :

1 – БСА марки ДЗ-194 ($q = 18 \text{ м}^3$); 2 – возможный вариант бульдозерно-скреперно-рыхлительного агрегата с расчетной вместимостью ковша $q = 15 \text{ м}^3$; 3 – скрепер ДЗ-115 ($q = 16 \text{ м}^3$); 4 – бульдозер ДЗ-141ХЛ на тракторе Т-500 (без скреперного ковша)

дальности транспортировки породы 20...25 м. При большей дальности транспортировки породы производительность бульдозеров по сравнению с БСА резко падает (в 2–4 раза).

БСРА из-за наличия достаточно тяжелого рыхлительного оборудования на 8...10 % уступает по производительности БСА, однако если увеличить удельную мощность, отнесенную к вместимости ковша, и за счет этого повысить транспортные скорости БСРА, то экономическая эффективность использования БСРА может оказаться равной или даже несколько выше, чем у БСА. Например, если при одной и той же мощности двигателя как у ДЗ-194 (283 кВт) уменьшить вместимость ковша до 15 м³, то и с рыхлительным оборудованием БСРА-15 будет развивать максимальную скорость до 18 км/ч, а производительность приблизится к производительности ДЗ-194.

Существующие модели БСА имеют вместимость скреперных ковшей 18...25 м³ и поэтому они эффективны только при больших объемах перемещаемых горных масс, например при вскрышных работах различных месторождений, в том числе и россыпных. Однако на добычных работах, связанных с обогащением золотоносных песков, эти модели не могут быть эффективны, поскольку производительность их не согласуется с производительностью промывочного оборудования, применяемого в настоящее время практически повсеместно.

Таким образом, требуется типоразмерный ряд БСА (БСРА), поставленный в комплекте с промывочным оборудованием.

Многие старательские артели на открытых россыпных месторождениях при поаче породы в приемные бункеры гидровашгердов используют бульдозеры на базе трактора Т130Г и его модификаций. Теоретический объем призмы волочения этих машин составляет 2,45 м³, а расчетная эксплуатационная производительность двух бульдозеров, обычно работающих на добычном блоке, при дальности транспортирования породы каждым по 25 м достигает 61 м³/ч. В связи с этим бульдозеры на базе Т130Г комплектуются с промывочными приборами ПГШ-II-50, гидровашгердами ВГ-11-1200 и гидромонитором ГМН-250У. Для работы с указанным промывочным оборудованием требуется один БСА с вместимостью скреперного ковша порядка 5...6 м³, с тем чтобы за один цикл работы заполнять приемный бункер гидровашгерда без излишка и не вызывать простоя машины. Незначительное изменение параметров бортов приемного

бункера вполне допустимо и не вызывает сколь-нибудь заметных затрат на модернизацию. В этом случае, в целях облегчения размыва породы гидромонитором, один из бортов приемного бункера со стороны загрузки целесообразно выполнить наклонным под углом 45...50° к горизонту и проводить выгрузку из ковша БСА частично в бункер и частично на наклонную часть борта. По мере размыва породы в приемном бункере горную массу можно сбрасывать струей воды гидромонитора с наклонной поверхности борта. Однако наилучшим вариантом модернизации является объединение двух или более гидровашгердов с металлической решеткой над приемными бункерами для прохода БСА.

При использовании БСА и БСРА возможны различные технологические схемы разработки добычных блоков, конфигурации добычного блока и расстановки промывочного оборудования в зависимости от конкретного месторождения, но наиболее рациональной для большинства случаев является схема работ с двухкрылым добычным блоком [7] (рис. 3).

Отличительной особенностью предлагаемого двухкрылого блока является то, что крылья его представляют собой параллелограммы ДСВК и

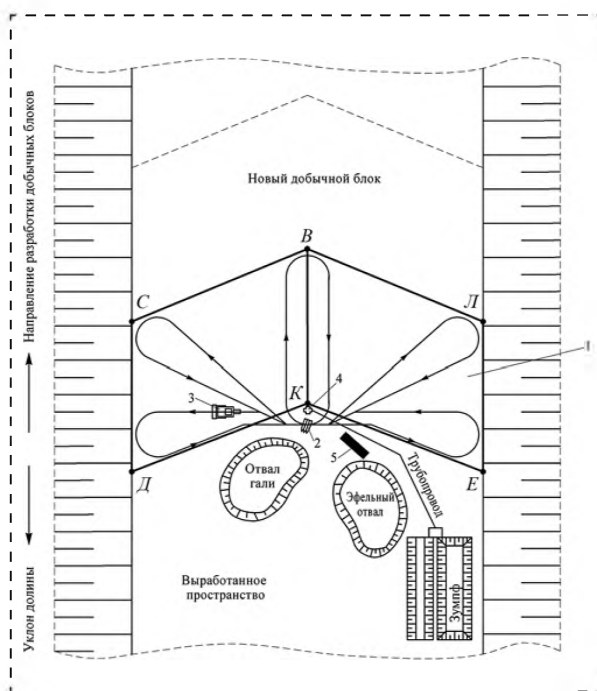


Рис. 3. Конфигурация добычного блока. схема разработки породы и расположения промывочного оборудования: 1 – добычный блок; 2 – гидровашгерды; 3 – БСА (БСРА); 4 – гидромонитор; 5 – промывочный прибор

ВКЕЛ с равными расстояниями угловых точек от приемных бункеров гидровашгердов 2 с выдвиганием вперед (вверх по уклону долины) угловой точки по смежной стороне крыльев (точка *В*). Промывочное оборудование, состоящее из нескольких объединенных гидровашгердов с приемными бункерами, гидромонитором 4 и промывочным прибором 5, расположено со стороны угловой точки по смежной стороне снизу по уклону долины (точка *К*). Объединенные гидровашгерды имеют единую горловину для пульпопровода, а над приемными бункерами располагается металлическая решетка для прохода по ней БСА или БСРА. Металлическая решетка располагается на таком уровне, чтобы не препятствовать движению струи гидромонитора при выбросе гали с верхней точки лотка гидровашгерда.

Гидромонитор установлен на специальных салазках с направляющими и имеет возможность перемещаться по направляющим в поперечном направлении относительно оси гидровашгердов.

Разработку породы в добычном блоке осуществляют с помощью БСА или БСРА послонно по веерно-кольцевой схеме. БСА или БСРА при попеременном переходе из одного крыла добычного блока в другое каждый раз проходит по металли-

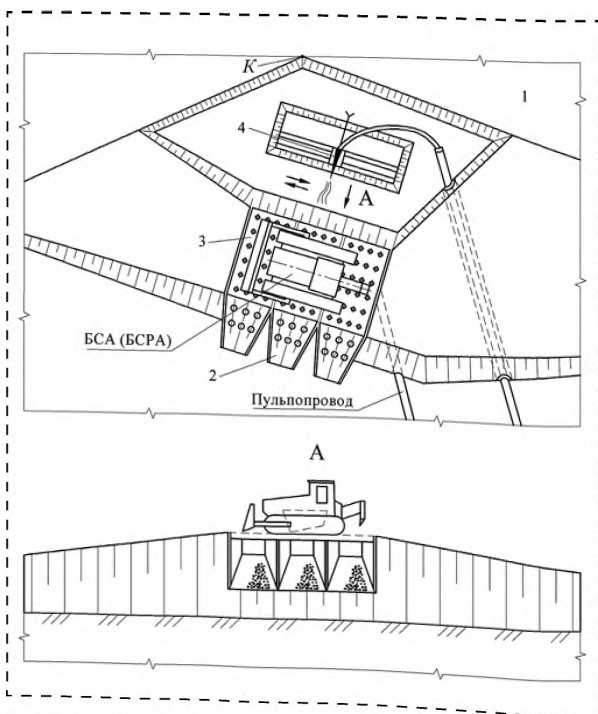


Рис. 4. Узел установки гидровашгердов и гидромонитора:
1 – добычной блок; 2 – гидровашгерды; 3 – приемные бункеры гидровашгердов; 4 – гидромонитор

ческой решетке, высыпая породу из ковша равномерно по приемным бункерам (рис. 4). Число объединенных приемных бункеров выбирают из условия размыва породы гидромонитором.

Нижние участки добычного блока по уклону долины должны разрабатываться с некоторым опережением, чтобы избежать залива водой пространства добычного блока. Для этой цели при оттаивании породы используют рыхление во время движения БСРА от объединенных приемных бункеров к периферийным участкам добычного блока.

Поскольку БСА и БСРА перемещают преимущественно породу в скреперном ковше, а не волоком перед бульдозерным отвалом, то в этом случае сопротивление перемещению оказывается меньшим, а следовательно, при одной и той же скорости движения и мощности двигателя эти машины могут перемещать значительно больший объем породы. В связи с этим можно увеличить время цикла подачи породы в объединенные приемные бункеры, а также размеры добычного блока. негабаритные валуны остаются на металлической решетке. В целях предотвращения потерь ценного продукта негабаритные валуны можно обмыть на металлической решетке струей гидромонитора, а затем удалить с помощью отвала БСА или БСРА в выработанное пространство. После полной выработки породы в песках добычного блока осуществляется переход на разработку нового добычного блока.

Таким образом, данный способ добычных работ позволяет получить следующий технический результат:

возможность проводить добычу на валунистых породах с большими размерами добычного блока и тем самым уменьшить число перестановок промывочного оборудования в течение сезона;

уменьшить число горной техники, предназначенной для разработки и перемещения породы и тем самым уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты.

Как показала опытно-конструкторская проработка машины, расширение колеи и постановка скреперного оборудования вызывают утяжеление БСА на базе трактора Т130Г по сравнению с силой тяжести бульдозеров марок ДЗ-110В или ДЗ-27С ориентировочно на 50 кН. Если БСА движется с незначительно уменьшенными скоростями из-за некоторого увеличения силы тяжести по сравнению с бульдозером ДЗ-110В, но работает один вместо двух бульдозеров, то расчетное время цикла БСА по известным зависимостям [6, с. 210–220]

Комплектность БСА (БСРА) и промывочного оборудования

Марка БСА (БСРА)	Число БСА (БСРА)	Базовый трактор и его мощность, кВт	Гидроаппарат	Число гидроаппаратов	Промывочный прибор	Гидромонитор
БСА-5,5	1	Т-130Г, 118	ВГ-11-1200	2	ПГШ-П-50	ГМН-250У
БСА-10	1	Т-330, 250	ВГ-11-1200	4	ПГШ-П-50	ГМН-250У
БСА-10	1	Т-330, 250	ВГ-1700	3	ПГШ-П-50	ГМН-350
БСА-15	1	Т-500, 353	ВГ-1700	4	ПГШ-П-50	ГМН-350

будет равно 260 с, а вместимость скреперного ковша $5,5 \text{ м}^3$. Зная собственную силу тяжести базовых тракторов и бульдозерного оборудования и принимая [2, 4] соотношение между силой тяжести породы в ковше и силой тяжести дополнительного скреперного оборудования 1,6...1,7, можно вычислить вместимость скреперных ковшей соответственно для базовых моделей тракторов: Т-330 ($q = 10 \text{ м}^3$) и Т-500 ($q = 15 \text{ м}^3$).

Если известна производительность гидроаппаратов (ВГ-11-1200 – $61 \text{ м}^3/\text{ч}$, ВГ-1700 – $87 \text{ м}^3/\text{ч}$), то можно определить и время цикла $T_{\text{ц}}$ БСА, которое для БСА-5,5 равно 260 с, соответственно для БСА-10 $T_{\text{ц}} = 410 \text{ с}$, а для БСА-15 $T_{\text{ц}} = 700 \text{ с}$.

Тогда путь перемещения $l_{\text{п}}$ от бункеров гидроаппаратов до угловых точек блока, а при некотором допущении от точки K до угловых точек параллелограмма ДСВК и ВЛЕК (см. рис. 3) для БСА-5,5 будет равен 50 м, для БСА-10 – 146 м и для БСА-15 – 310 м. Площадь двухкрылового добычного блока равна $2l_{\text{п}}^2$, следовательно, для БСА-5,5, БСА-10 и БСА-15 площади блоков будут соответственно равны 5000, 42 500 и 192 000 м^2 . Таким образом, при равной мощности двигателей бульдозеров и БСА площадь добычного блока при использовании БСА вместо бульдозеров может быть увеличена от 6 до 60 раз.

Рекомендуемые комплекты БСА и промывочного оборудования приведены в таблице.

Экономическое обоснование разработки россыпных месторождений с использованием БСА было выполнено применительно к артели старателей "Восток" ассоциации "Хабаровскзолото". Замена двух бульдозеров ДЗ-110В на один БСА-5,5 на базе трактора Т-130Г с вместимостью скреперного ковша $5,5 \text{ м}^3$ дает чистый доход на одном промывочном участке за сезон 0,86 млн руб. Это достигается не только за счет меньшей стоимости одного БСА-5,5 вместо двух бульдозеров, но и из экономии на топливе, на техобслужива-

нии, на всех видах ремонта и диагностировании, на снижении заработной платы за счет уменьшения числа машинистов, на уменьшении расходов на смазочные материалы и амортизационные отчисления, и, наконец, на уменьшении числа перестановок промывочного оборудования.

Список литературы

1. Мамаев Ю. А., Шемякин С. А. Повышение эффективности добычных работ при открытом способе разработки россыпных месторождений // Колыма. 2001. № 3. С. 23–25.
2. Чебан А. Ю., Рассказов И. Ю., Шемякин С. А., Корнеева С. И. Анализ эффективности применения выемочно-транспортирующих машин на предприятиях Хабаровского края, разрабатывающих россыпные месторождения // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 5 (61). С. 34–37.
3. Рассказов И. Ю., Чебан А. Ю., Литвинцев В. С. Анализ технической оснащённости горно-добывающих предприятий Хабаровского края и Еврейской автономной области // Горный журнал. 2013. № 2. С. 30–34.
4. Кузьмин Э. Н., Регирер Л. Е., Уткин В. И., Харкун Б. И. Землеройно-транспортная машина – скрепер-дозер // Строительные и дорожные машины. 1991. № 9. С. 6–9.
5. Рубайлов А. В., Грузинов А. И., Мишин В. А., Бриммер А. А. Оценка эффективности работы скрепер-дозерных агрегатов // Строительные и дорожные машины. 1990. № 7. С. 8–13.
6. Машины для земляных работ: конструкция, расчет, потребительские свойства; в 2-х кн. Кн. 1. Экскаваторы и землеройно-транспортные машины: учеб. пособие для вузов / В. И. Баловнев, С. Н. Глаголев, Р. Г. Данилов и др.; под общ. ред. В. И. Баловнева. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 401 с.
7. Пат. 2194860 Российская Федерация. Е21 С41/30. Способ добычных работ на открытых россыпных месторождениях / Шемякин С. А., Мамаев Ю. А.; заявитель и патентообладатель Тихоокеанский государственный университет; заявл. 05.12.2001; опубл. 20.12.2002, Бюл. № 35.