ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;(11):208-215

УДК 622.23.05 DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-208-215

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

Ю.Н. Линник[1], В.Ю. Линник[1], О.В. Байкова[1], А.В. Поляков[2]

[1] Государственный университет управления, Москва, Россия, e-mail: d0c3n7@gmail.com
[2] Тульский государственный университет, Тула, Россия

Аннотация: На основании данных о работе угольных шахт России за последнее десятилетие выполнен анализ динамики горно-подготовительных работ, а также приведено сравнение эффективности применения отечественных и зарубежных проходческих комбайнов. Установлено, что основной объем парка проходческих комбайнов представлен комбайнами российского производства, однако доля комбайнов зарубежных, особенно западных производителей, также высока. Требование серьезных изменений в части проведения горно-подготовительных работ за счет создания прогрессивных технологий комбайновой добычи обусловлено высокой концентрацией горного производства на шахтах, вызванной техническим перевооружением очистных комплексов. Установлена ключевая причина роста доли подготовительных выработок по отношению к очистным забоям. Анализ данных об эффективности работы отечественных и зарубежных проходческих комбайнов, показал, при требуемых на сегодняшний день темпах добычи, показатель среднемесячного подвигания забоя для отечественной техники явно недостаточен. На сегодняшний день, для обеспечения снижения стоимости проходки, необходимо доведение темпов проведения горных выработок до 200—300 м/мес., что требует повышения удельного веса комбайновой проходки в лаве. Анализ статистических данных также показал, что одной из причин низкой эффективности отечественной и зарубежной проходческой техники являются значительные объемы присекаемых пород и недостаток средств механизации при возведении крепей. Представленные материалы могут быть использованы при анализе выполнения показателей Энергетической стратегии России на период до 2030 г.

Ключевые слова: проходческий комбайн, подготовительная выработка, способ проведения горных выработок, технический уровень, шахта, эффективность функционирования, скорость проходки, проходческие работы.

Для цитирования: *Линник Ю. Н., Линник В. Ю., Байкова О. В., Поляков А. В.* Сравнительный анализ показателей работы при эксплуатации отечественных и зарубежных проходческих комбайнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 11. – С. 208–215. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-208-215.

Comparative analysis of performance efficiency of domestic and foreign heading machines

Yu.N. Linnik[1], V.Yu. Linnik[1], O.V. Baykova[1], A.V. Polyakov[2]

[1] State University of Management, 109542, Moscow, Russia, e-mail: d0c3n7@gmail.com
[2] Tula State University, Tula, Russia

Abstract: Based on the field information on coal mines in Russia in the last decade, dynamics of road heading operations is analyzed, and efficiency of domestic and foreign heading machines is compared. It is found that though the major fleet is represented by domestic heading machines, percentage of roadheaders of foreign production, especially western manufacture is also high. The requirement of thoroughgoing modification in road heading by means of creation of advanced shearing technologies is governed by high concentration of production in mines owing to technical upgrading of longwall mining systems. The key cause of increase in the ratio of gateways to excavations is revealed. The analysis of data on performance efficiency of domestic and foreign heading machines shows that, given the current rate of production, the average monthly face advance with domestic machinery is positively insufficient. As of today, the heading cost saving requires raising the rate of heading to 200–300 m/month, which needs an increase in specific weight of continuous mining in longwalls. According to the statistic analysis, one of the reasons for low efficiency of domestic and foreign heading machines is considerable volume of overcutting and lack of mechanization in installation of roof support. The presented research findings can be used in the analysis of implementation performance of the Energy Strategy of Russia for the period up to 2030.

Key words: heading machine, gateway, road heading method, technical level, mine, performance efficiency, heading rate, heading.

For citation: Linnik Yu. N., Linnik V. Yu., Baykova O. V., Polyakov A. V. Comparative analysis of performance efficiency of domestic and foreign heading machines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(11):208-215. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-208-215.

Введение

За последние десятилетия в рамках реструктуризации угольной промышленности России произошли существенные изменения в шахтном фонде [1—4]. Так, в 2000 г. из 120 действовавших тогда шахт их подавляющее большинство (96) работали с годовой производительностью до 1200 тыс. т. Они осуществляли 44,0% подземной добычи [5].

Структурные изменения в угольной промышленности РФ, произошедшие за последние десятилетия, привели к значительным изменениям в шахтном фонде. Если большинство из 115 работавших до начала 2000 г. шахт обеспечивали производительность до 1150 тыс. т и 45% добычи угля подземным способом, то после проведения реформ из эксплуатации были выведены предприятия и участки, которые работали в неблагоприятных условиях по горно-геологическим характеристикам. Кроме того, был закрыт ряд угольных шахт, добывавших уголь низкого качества.

Остальной объем добычи обеспечивала работа лишь 24 шахт, причем только 12 из них работали с производительностью 1501—2000 тыс. т/год в истекший с 2000 г. период. В настоящее время добыча угля в России ведется в 7 федеральных округах и 25 субъектах Российской Федерации. Ее осуществляют 181 угольное предприятие, в том числе 66 угольных шахт и 115 разрезов. На большинстве шахт осуществлено техническое перевооружение и наращивается концентрация производства.

В результате этих мероприятий на шахтах значительно выросла производительность труда и, как следствие, увеличились нагрузки на очистные забои. Более 70% угледобычи сегодня обеспечивают шахты со среднегодовой мощностью 1,6 млн т. Однако рост нагрузок на комплексно-механизированный забой до 4300 т/сут. потребовал роста темпов ведения подготовительных выработок.

Анализ видов проходческих работ и их объемов

Ежегодно на шахтах Российской Федерации сооружается около 430 км подготовительных выработок, при этом на долю только Кузнецкого угольного бассейна приходится почти 50% [6—11]. Основными способами проведения выработок являются при этом буровзрывной и комбайновый.

Динамика доли комбайновой проходки горных выработок, представленная на рис. 1, демонстрирует стабильный рост примерно с 2000-х гг., вплоть до настоящего времени, и к 2018 г. этот показатель превысил 80%. В основном это шахты Кузбасса, где комбайновый способ применяется почти в 70% проводимых горных выработок, и Печорский угольный бассейн, где комбайновый способ проходки является основным. Превалирующим способом проведения выработок на шахтах Донбасса, наоборот является буровзрывной, за исключением лишь нескольких шахт.

Буровзрывная технология проходки применяется, в основном, в следующих случаях:

• При проведении квершлагов и полевых штреков темпами менее 100 м/мес.

• При проведении выработок с присеканием крепких пород.

• При проведении разрезных печей на тонких пластах с ручной погрузкой. В этом случае снижается производительность труда рабочих и, соответственно, повышается трудоемкость работ.

В ряде случаев наблюдается совместное применения обоих способов, буровзрывные работы при этом предшествуют комбайновой выработке и выполняются для ослабления горного массива.

Дальнейший анализ объема проходки на шахтах РФ показал, что около 15% из всего объема выработок приходится на нарезные, 70% — на подготовительные и вскрывающие, 5% — прочие выработки.

В Кузбассе соотношение подготовительных и вскрывающих выработок к общему объему составляет 0,8, в Донбассе — 0,6, что говорит о недостаточном удельном весе вскрывающих и подготавливающих выработок в общем объеме проведения выработок. Лишь в Печорском угольном бассейне это соотношение находится на приемлемом уровне и составляет 0,9.

68% проходки приходится в основном на штреки, а на проведение бремсбергов и уклонов — 10 и 11% соответственно. Оставшаяся доля, как показано на рис. 2, приходится на квершлаги,

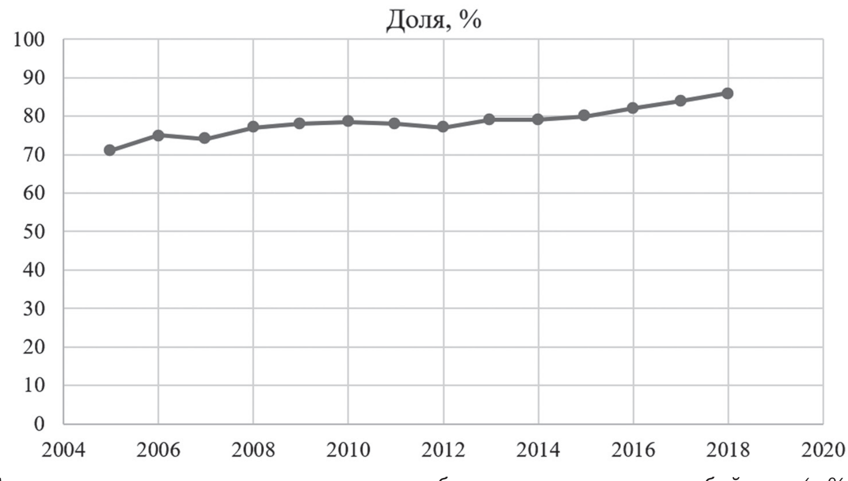

Рис. 1. Динамика ведения подготовительных выработок проходческими комбайнами (в % к общей длине проведения)
Fig. 1. Dynamics of gateway cutting by heading machines (per cent of total length of drivage)

наклонные стволы и прочие выработки. Ключевой причиной роста доли подготовительных выработок по отношению к очистным забоям является отказ от бесцеликовых технологий. Так, на шахтах Донецкого и Кузнецкого угольных бассейнов это соотношение составило 3 к 1. На шахтах Печорского бассейна, сохранивших в основном практику применения бесцеликовой технологии на один очистной забой, приходится в среднем менее двух подготовительных.

Реформа угольной промышленности России, а также требования энергетической стратегии России на период до 2030 г. обусловили закрытие целого ряда убыточных угледобывающих предприятий. Это, а кроме того, закрытие шахт со сложной инфраструктурой послужило предпосылкой к уменьшению удельного веса выработок до 5 м на 1000 т добычи в год. Тем не менее, сохраняющаяся сложная инфраструктура шахт Печоры и Донбасса, снижение объемов добычи в этих регионах стало причиной сохранившейся высокой протяженности поддерживаемых выработок.

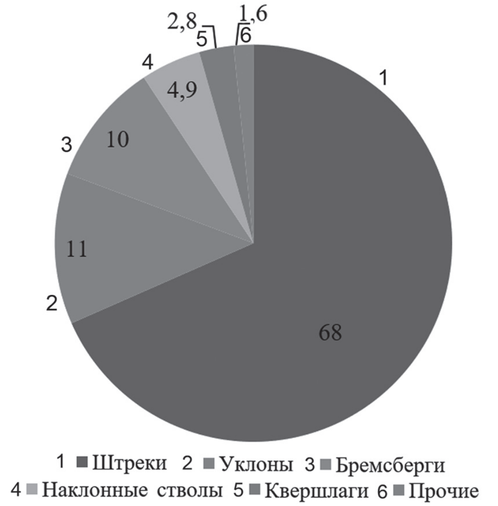

Рис. 2. Доли проводимых подготовительных выработок по видам, %
Fig. 2. Percentage of gateways per types, %

Сравнение технического уровня отечественных и зарубежных проходческих комбайнов

Поскольку темпы проведения подготовительных выработок напрямую влияют на эффективность проведения горно-подготовительных работ, величина среднемесячной скорости проходки была принята в качестве основной характеристики эффективности работы проходческих комбайнов.

На сегодняшний день, основой парка проходческой техники являются комбайны российских производителей (около 60%). Так, по Кузнецкому угольному бассейну 95% приходится на комбайны ГКПС Копейского машиностроительного завода [12]. Кроме того, этим заводом по заказу шахт выпускаются также более тяжелые комбайны КП330, КП220, КП150, КП21 и КП21-150 [13]. В последние годы ООО «Юргинский машиностроительный завод» наладил производство комбайнов КПЮ50, получивших пока ограниченное применение.

В силу того, что в настоящее время угольная промышленность России испытывает дефицит надежных проходческих комбайнов весом от 10 до 100 т, выросла доля комбайнов зарубежного производства.

Первые зарубежные комбайны появились на предприятиях Кузнецкого бассейна в 90-х годах, а уже к концу первого десятилетия нынешнего века вся проходческая техника на российских шахтах была представлена целым рядом зарубежных производителей [14]:

- «Dosko» (Великобритания) — 1 шт.;
- «Joy» (США) — 12 шт.;
- «Eickhoff» (Германия) — 2 шт.;
- «Альпине — Майнер» (Австрия) — 10 шт.;
- IBS (Германия) — 3 шт.;
- комбайны производства Украины — 85 шт.

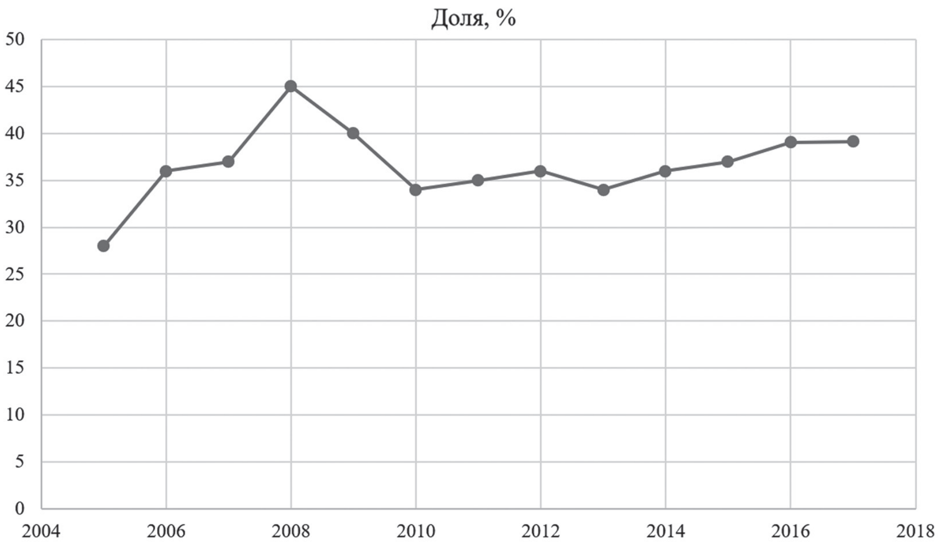

Рис. 3. Доля проходческих комбайнов зарубежного производства в общем количестве, работающих по годам
Fig. 3. Percentage of foreign heading machines in total operating fleet per years

На сегодняшний день доля проходческих комбайнов производства Sandvik, REMAG, DOSCO, DBT, Eickhoff, CAT, Joy составляет почти 15%. Около 11% приходится на комбайны производства KHP, кроме того, свою долю рынка в 12% удерживает украинская техника. Рис. 3 отражает изменение доли зарубежной техники в общем числе проходческих комбайнов, применяемых на шахтах России.

Как видно из рисунка, с 2004 г. по настоящее время прирост доли зарубежных комбайнов составил 36%. Если сравнивать этот показатель с аналогичным показателем по очистному обору-

Показатели эффективности эксплуатации отечественных и зарубежных проходческих комбайнов
Efficiency performance of domestic and foreign heading machines

Комбайн	Число наблюдений, шт.	Проходка, м	Среднемесячное подвигание, м
Отечественные комбайны			
ГПКС	169	96 572	96,5
КП-21	9	100	63,0
Зарубежные комбайны			
«ACEickhoff»	3	1026	79,0
«Альпине-Майнер»	5	2421	90,0
«JOY»	13	3262	138,0
«Dosko»	3	1911	213,2
П-110 (Украина)	18	9102	93,6
КСП-32, КСП-33 (Украина)	10	3089	64,0

дованию, где доля импорта составляет более 80%, то можно сделать вывод о достаточной слабой зависимости отечественной проходки от импорта [14—15].

В таблице приведены усредненные данные о показателях эффективности работе отечественных и зарубежных проходческих комбайнов.

Анализ данных таблицы демонстрирует явную недостаточность показателя среднемесячного подвигания забоя для отечественной техники при требуемых на сегодняшний день темпах добычи. Аналогичный показатель для зарубежных машин составил в среднем 100,5 м/мес., в пределах изменения от 22 до 280 м/мес. Недостаточный уровень организации труда рабочих и недостаточное сервисное обслуживание техники на шахтах привели к тому, что проходческая техника производства зарубежных компаний достигает пика своей производительности лишь на 2-й год работы, а после третьего года эксплуатации производительность снова снижается при росте стоимости техобслуживания и ремонта.

Проведенные исследования показали достаточно низкую эффективность отечественных и зарубежных проходческих комбайнов вследствие больших объемов присекания горных пород высокой крепости и недостатка средств механизации возведения крепей.

Проходческие комбайны производства Украины изготовлены в соответствии с принципами и технологиями, применяемыми и в России, и поэтому принципиального отличия в параметрах не имеют. Комбайны производства JOY (Komatsu Mining), «ФЕСТ-АЛЬПИНЕ Бергтехник», «Eickhoff» продемонстрировали хорошие и приемлемые показатели.

Отечественные специалисты в области горного оборудования, а также производственники отметили ряд спорных конструктивных решений у отдельных зарубежных производителей.

Указанные недостатки приводят, в частности, к снижению эффективности погрузки, невозможности варьирования фронтом погрузки. Орошающая система взрывозащиты часто забивается угольной пылью, не обеспечивая при этом нужного уровня защиты от фрикционного искрения [13].

Выводы

1. Закрытие ряда убыточных угольных шахт и выросшая в этой связи нагрузка на перспективные угледобывающие предприятия, обусловили необходимость увеличения темпа проходки до уровня 200—300 м/мес.

2. В РФ достаточно остро ощущается недостаток в надежной отечественной проходческой технике, а именно в комбайнах массой 25—35 т. При этом качество отечественной техники должно обеспечивать требуемую эффективность проведения проходческих работ.

3. Зарубежные комбайны превышают по показателям надежности и качества исполнения отечественные аналоги.

4. Для того чтобы увеличить темпы проведения горных выработок, необходима реализация целого ряда мероприятий, направленных на:

• разработку новых отечественных проходческих комбайнов;

• комплексное использование оборудования для проходческих работ в сочетании с конвейерной техникой, монорельсовыми дорогами, средствами доставки материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mohammad Panahi Borujeni, Hossein Gitinavard*. Evaluating the sustainable mining contractor selection problems: An imprecise last aggregation preference selection index method // Journal of Sustainable Mining, 2017, Vol. 16, Issue 4, pp. 207—218.

2. *Agnieszka Klupa* Determination of properties of clean coal technology post-process residue// Journal of Sustainable Mining, 2016, Vol. 15, Issue 4, pp. 143—150.

3. *Sylwia Jarosławska-Sobór* Social potential growth of a mining company on the basis of human capital and occupational safety //Journal of Sustainable Mining, 2015, Vol. 14, Issue 4, pp. 195—202.

4. *Barakos G., Gutzmer J., Mischo H.* Strategic evaluations and mining process optimization towards a strong global REE supply chain // Journal of Sustainable Mining, 2016, Vol. 15, Issue 1, pp. 26—35

5. *Гридин В. Г.* Обоснование эффективного уровня развития угольного производства / Экономика и экология. Сб. науч. тр. — М., МГО АГН, 2007. — С. 37—42.

6. *Таразанов И. Г.* Итоги работы угольной промышленности России за 2009 год // Уголь. — 2010. — № 3. — С. 32—42.

7. *Таразанов И. Г.* Итоги работы угольной промышленности России за 2010 год // Уголь. — 2011. — № 3. — С. 37—45.

8. *Таразанов И. Г.* Итоги работы угольной промышленности России за 2011 год // Уголь. — 2012. — № 3. — С. 40—51.

9. *Таразанов И. Г.* Итоги работы угольной промышленности России за 2012 год // Уголь. — 2013. — № 3. — С. 78—90.

10. *Таразанов И. Г.* Итоги работы угольной промышленности России за 2013 год // Уголь. — 2014. — № 3. — С. 53—67.

11. *Таразанов И. Г.* Итоги работы угольной промышленности за январь-декабрь 2017 г. // Уголь. — 2018. — № 3. — С. 58—72.

12 *Афанасьев В. Я., Линник Ю. Н., Линник В. Ю.* Уголь России: состояние и перспективы. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 271 с.

13. *Рожков А. А.* Структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России: реальность и прогноз // Горная промышленность. — 2017. — № 6. — С. 4—17.

14. *Линник Ю. Н.*, Афанасьев В.Я, *Линник В. Ю.* Показатели работы угольной промышленности России в области механизации очистных работ // Уголь. — 2011. — № 6. — С. 44—47.

15. *Линник Ю. Н., Линник В. Ю., Жабин А. Б., Поляков А. В.* Технико-экономические показатели работы шахт в области механизации очистных работ // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. — 2018. — № 4. — С. 389—403. ГИАБ

REFERENCES

1. Mohammad Panahi Borujeni, Hossein Gitinavard. Evaluating the sustainable mining contractor selection problems: An imprecise last aggregation preference selection index method. *Journal of Sustainable Mining*, 2017, Vol. 16, Issue 4, pp. 207—218.

2. Agnieszka Klupa Determination of properties of clean coal technology post-process residue.*Journal of Sustainable Mining*, 2016, Vol. 15, Issue 4, pp. 143—150.

3. Sylwia Jarosławska-Sobór Social potential growth of a mining company on the basis of human capital and occupational safety.*Journal of Sustainable Mining*, 2015, Vol. 14, Issue 4, pp. 195—202.

4. Barakos G., Gutzmer J., Mischo H. Strategic evaluations and mining process optimization towards a strong global REE supply chain. *Journal of Sustainable Mining*, 2016, Vol. 15, Issue 1, pp. 26—35

5. Gridin V. G. Validation of efficient development level in the coal mining industry.*Ekonomika i ekologiya. Sbornik nauchnykh trudov* [Economics and Ecology. Collection of scientific papers], Moscow, MGO AGN, 2007, pp. 37—42.

6. Tarazanov I. G. Coal industry performance in Russia in 2009. *Ugol'*. 2010, no 3, pp. 32—42. [In Russ].

7. Tarazanov I. G. Coal industry performance in Russia in 2010. *Ugol'*. 2011, no 3, pp. 37—45. [In Russ].

8. Tarazanov I. G. Coal industry performance in Russia in 2011. *Ugol'*. 2012, no 3, pp. 40—51. [In Russ].

9. Tarazanov I. G. Coal industry performance in Russia in 2012. *Ugol'*. 2013, no 3, pp. 78—90. [In Russ].

10. Tarazanov I. G. Coal industry performance in Russia in 2013. *Ugol'*. 2014, no 3, pp. 53—67. [In Russ].

11. Tarazanov I.G. Coal industry performance in January–December 2017. *Ugol'*. 2018, no 3, pp. 58—72. [In Russ].

12 AAfanas'ev V.Ya., Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. *Ugol' Rossii: sostoyanie i perspektivy* [Coal of Russia: Current situation and prospects], Moscow, INFRA-M, 2014, 271 p.

13. Rozhkov A.A. Structural analysis of import substitution in the coal industry in Russia: Reality and forecast. *Gornaya promyshlennost'*. 2017, no 6, pp. 4—17. [In Russ].

14. Linnik Yu.N., Afanas'ev V.Ya, Linnik V.Yu. Coal industry performance in Russia in mechanization of coal-face work. *Ugol'*. 2011, no 6, pp. 44—47. [In Russ].

15. Linnik Yu.N., Linnik V.Yu., Zhabin A.B., Polyakov A.V. Technical and economic indexes of mines in mechanization of coal-face work. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle*. 2018, no 4, pp. 389—403. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Линник Юрий Николаевич[1] — д-р техн. наук, профессор,
Линник Владимир Юрьевич[1] — д-р экон. наук, доцент,
профессор, e-mail: d0c3n7@gmail.com,
Байкова Оксана Викторовна[1] — канд. экон. наук, доцент,
Поляков Андрей Вячеславович — д-р техн. наук, профессор,
Тульский государственный университет,
академический советник «Академии горных наук»,
[1] Государственный университет управления.
Для контактов: Линник В.Ю., e-mail: d0c3n7@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yu.N. Linnik[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor,
V.Yu. Linnik[1], Dr. Sci. (Econ.), Assistant Professor,
Professor, e-mail: d0c3n7@gmail.com,
O.V. Baykova[1], Cand. Sci. (Econ.), Assistant Professor,
A.V. Polyakov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Tula State University,
300012, Tula, Russia,
Academic Adviser of «Academy of mining Sciences»,
[1] State University of Management, 109542, Moscow, Russia.
Corresponding author: V.Yu. Linnik, e-mail: d0c3n7@gmail.com.

На 15-м горно-геологическом форуме МАЙНЕКС Россия 2019