

# Анализ использования отечественного и зарубежного технологического оборудования на угледобывающих предприятиях России

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-7-00-00>**РОЖКОВ Анатолий Алексеевич**

Доктор экон. наук, профессор,  
директор по науке АО «Росинформуголь»,  
профессор кафедры «Государственное  
и муниципальное управление  
в промышленных регионах» НИТУ «МИСиС»,  
119049, г. Москва, Россия,  
e-mail: aarozhkov@mail.ru

**КАРПЕНКО Надежда Викторовна**

Канд., техн. наук, доцент,  
доцент кафедры «Математика»  
Российского Университета Транспорта «МИИТ»,  
103030, г. Москва, Россия,  
e-mail: nvkarpenko@yandex.ru

Актуальность статьи обоснована растущей импортозависимостью угольной промышленности России от использования зарубежного оборудования в основных технологических процессах добычи и транспортировки угля в целом по отрасли, и особенно по открытым горным работам, что сопряжено не только с определенными рисками в условиях санкционной политики и геополитических неопределенностей, но и с нарастающей технологической отсталостью отечественного горного машиностроения. В статье приводятся результаты структурного и регрессионного анализа за наличия и использования основного технологического отечественного и зарубежного оборудования в угольной промышленности за период 2012-2017 гг., включая: выявление зависимостей объемов добычи угля от доли использования импортного оборудования на шахтах и разрезах в 2016-2017 гг.; оценку уровней импортозависимости от наличия и использования технологического оборудования в подземной и открытой добыче угля. Новизна представленных в статье результатов заключается, во-первых, в сравнительном структурном анализе статистических данных по использованию основного технологического оборудования за 2016-2017 гг.; во-вторых, в установлении зависимостей объемов добычи угля от доли использования импортного оборудования на угледобывающих предприятиях в 2016-2017 гг. на основе регрессионного анализа; в-третьих, в определении номенклатуры основного горношахтного и горнотранспортного оборудования с критической, умеренной и слабой импортозависимостью.

**Ключевые слова:** регрессионный анализ, импортозависимость, импортозамещение, коэффициент использования оборудования, подземная и открытая добыча угля, технологическое оборудование, шахты и разрезы, угледобывающие предприятия.

**ВВЕДЕНИЕ**

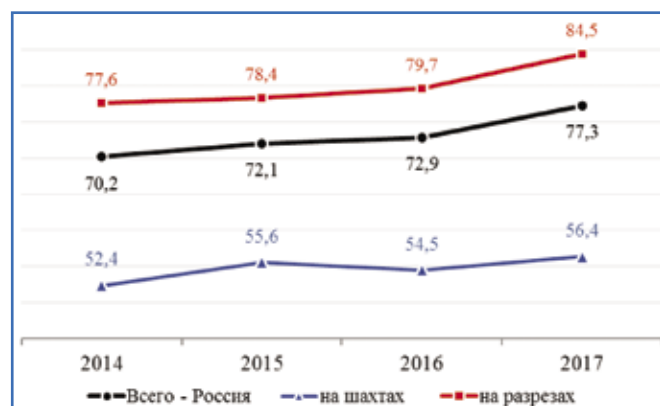
Анализ структуры основного технологического оборудования угольной промышленности в отношении его номенклатуры, наличия и использования в работе показывает, что из года в год происходит усиление зависимости российских шахт и разрезов от применения импортного оборудования в основных технологических процессах добычи, транспортировки и переработки угля в целом по отрасли, и особенно по открытым горным работам [1, 2, 3].

За последние три года средняя доля импортного оборудования, используемого при добыче угля, возросла в целом по отрасли в 1,1 раза – с 70,2% в 2014 г. до 77,3% в 2017 г., в том числе: на подземных работах в 1,08 раза – с 52,4 до 56,4% и на открытых работах в 1,08 раза – с 77,6 до 84,5% соответственно [4, 5, 6], *рис. 1*.

При этом для крупных угледобывающих предприятий с объемом добычи более 1 млн т в год прослеживается прямая зависимость добычи от вооруженности импортным оборудованием. Это подтверждают регрессионный анализ, проведенный авторами статьи по данным за 2014 и 2015 годы, а также структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России [7, 8].

## РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ УГЛЯ ОТ ДОЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В 2016-2017 гг.

Выборка составила в 2016 г. 163 предприятия, в 2017 г. – 167 предприятий. Угледобывающие предприятия (шахты и разрезы) были условно разделены на две группы – с объемом годовой добычи угля менее 1000 тыс. т (малые и



Источник: АО «Росинформуголь».

Рис. 1. Средняя доля использования импортного оборудования на шахтах и разрезах России, %

средние предприятия) и с годовым объемом добычи более 1000 тыс. т (крупные предприятия).

По данным за 2016 г., на долю 163 предприятий приходится суммарный объем добычи 374554,45 тыс. т. В том числе для 98 предприятий с объемом добычи более 1000 тыс. т суммарный объем добычи составил 346107,99 тыс. т (92,4%), для 65 предприятий с объемом добычи менее 1000 тыс. т – 28446,46 тыс. т (7,6 %).

В 2017 г. на долю 167 предприятий приходится суммарный объем добычи 394161,59 тыс. т, из них: 102 – крупные предприятия с суммарным объемом добычи 366196,41 тыс. т (92,9%) и 65 – малые и средние предприятия с суммарным объемом добычи 27965,18 тыс. т (7,1%).

Результаты регрессионных исследований приведены на рис. 2, 3 и в табл. 1.

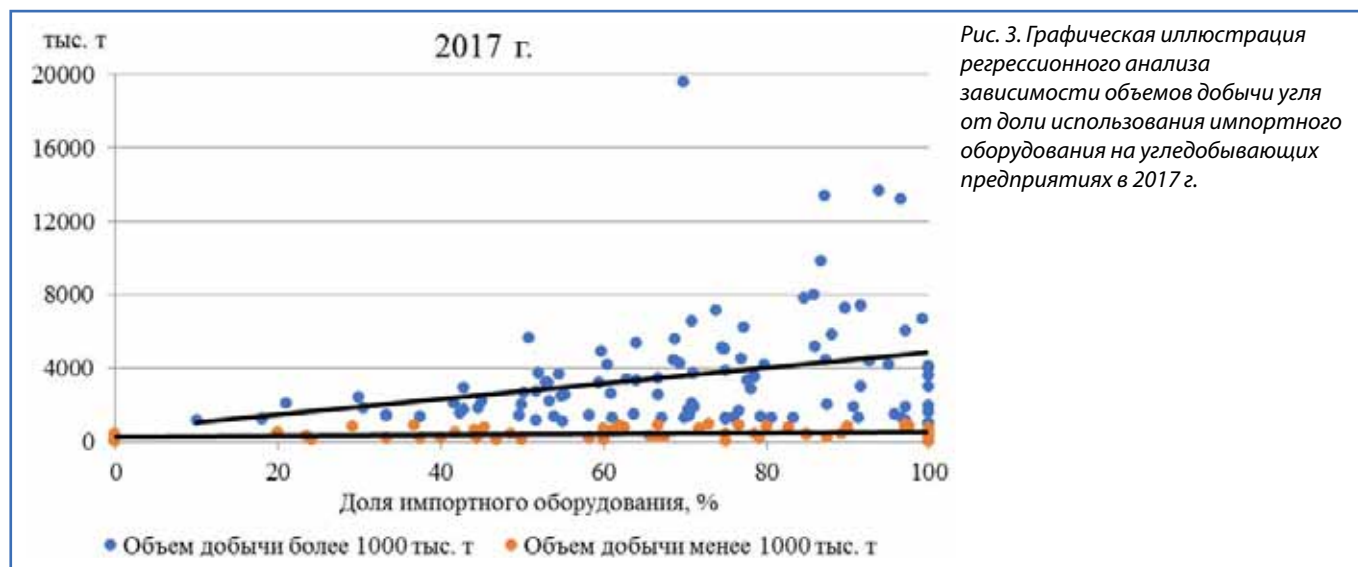
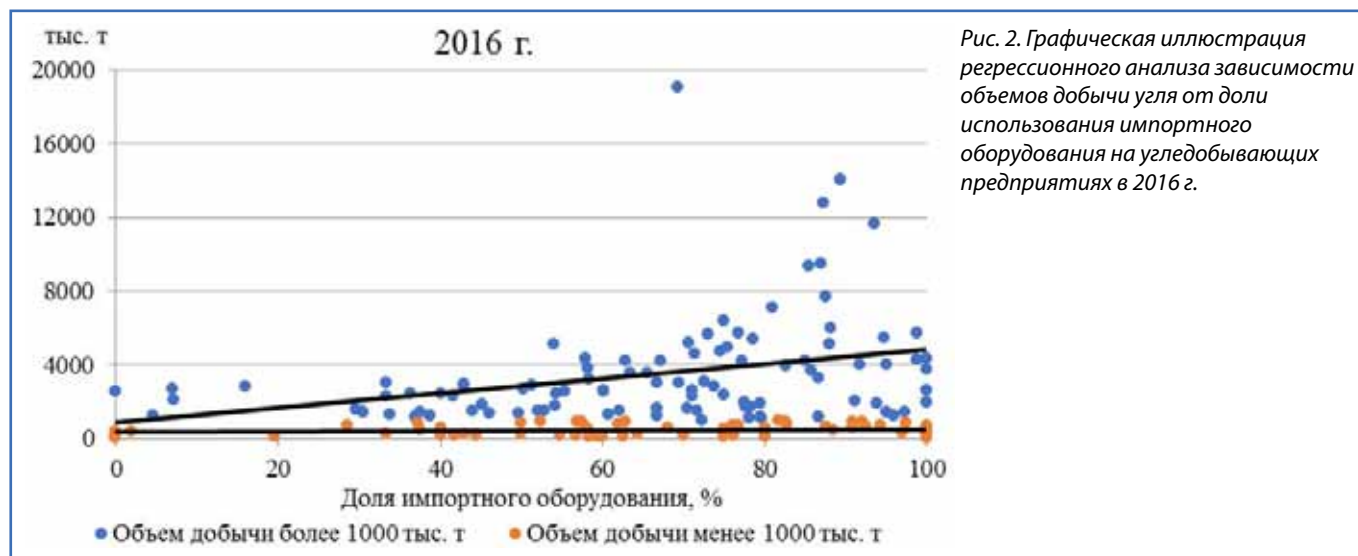


Таблица 1

Результаты расчета коэффициента эластичности

Показатели	2016 г.		2017 г.		
	Группы предприятий		Группы предприятий		
	Добыча менее 1000 тыс. т	Добыча более 1000 тыс. т	Добыча менее 1000 тыс. т	Добыча более 1000 тыс. т	
Число предприятий	65	98	65	102	
Средние значения по группам	Добыча, тыс. т	437,64	3531,71	430,23	3590,16
	Доля использования импортного ГШО, %	66,94	66,35	63,78	70,10
Суммарный объем добычи, тыс. т в год	374554,45		394161,59		
Объем добычи по группам, тыс. т	28446,46	346107,99	27965,18	366196,41	
Доля добычи в общем объеме, %	7,6	92,4	7,1	92,9	
Средний коэффициент эластичности	0,23	0,75	0,35	0,82	
Доля импортного ГШО в среднем по всем предприятиям, %	66,58		67,64		

**Результаты расчета коэффициента эластичности для крупных предприятий с объемом добычи более 1000 тыс. т**

Показатели		2016 г.		2017 г.	
		Шахты	Разрезы	Шахты	Разрезы
Число предприятий		38	60	38	64
Средние значения по шахтам и разрезам	Добыча, тыс. т	2459,87	4210,55	2523,06	4223,75
	Доля использования импортного ГШО, %	49,20	77,21	54,10	79,60
Суммарный объем добычи, тыс. т в год		346107,99		366196,41	
Объем добычи, тыс. т		93475,14	252632,85	95876,34	270320,07
Доля добычи в общем объеме, %		27	73	26	74
Средний коэффициент эластичности		0,33	0,63	0,83	0,50
Доля импортного ГШО в среднем по всем предприятиям, %		66,35		70,10	

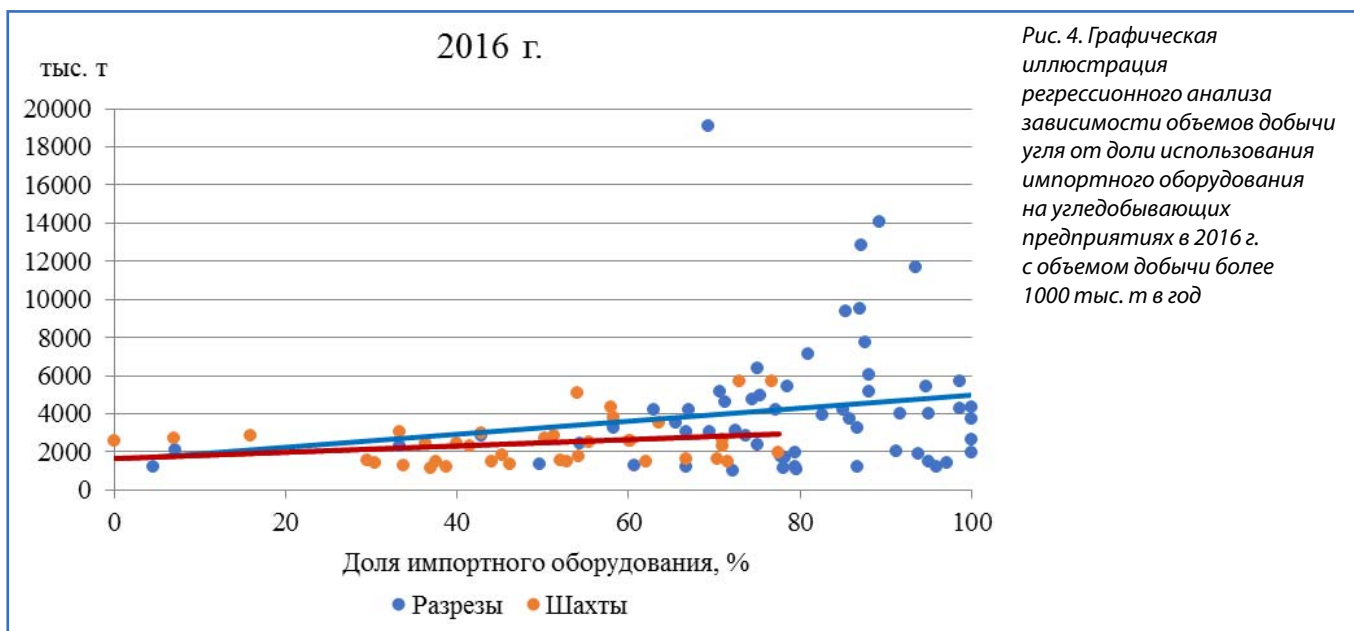


Рис. 4. Графическая иллюстрация регрессионного анализа зависимости объемов добычи угля от доли использования импортного оборудования на угледобывающих предприятиях в 2016 г. с объемом добычи более 1000 тыс. т в год

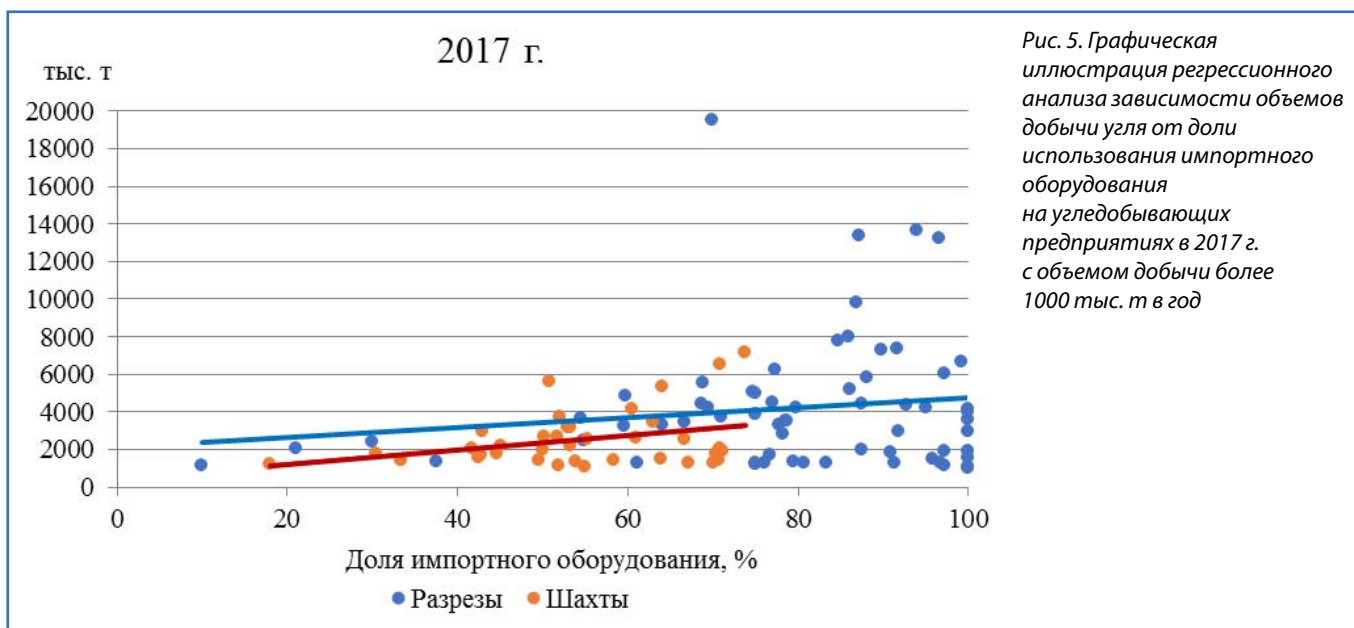


Рис. 5. Графическая иллюстрация регрессионного анализа зависимости объемов добычи угля от доли использования импортного оборудования на угледобывающих предприятиях в 2017 г. с объемом добычи более 1000 тыс. т в год

Результаты расчета коэффициентов эластичности в разрезе крупных и малых/средних предприятий приведены в табл. 1.

Графические иллюстрации регрессионного анализа зависимости объема добычи от доли использования импорт-

ного оборудования на угледобывающих предприятиях с объемом добычи более 1000 тыс. т/год в 2016 и 2017 гг. приведены на рис. 4 и 5.

По данным за 2016–2017 гг., для малых и средних предприятий с объемом добычи менее 1000 тыс. т отмечается прак-

тически отсутствие зависимости добычи от вооруженности импортным оборудованием (увеличение доли импортного оборудования на 1% приводит к росту добычи в среднем на 0,05–0,06%, т.е. рост добычи практически отсутствует) [12].

Для крупных предприятий с объемом добычи более 1000 тыс. т выявлена зависимость добычи от вооруженности импортным оборудованием (увеличение доли импортного оборудования на 1% приводит к росту добычи в среднем на 0,58–0,7%). При этом сильная зависимость добычи от доли импортного оборудования (коэффициент парной корреляции – 0,7) выявлена для шахт с объемом добычи более 2500 тыс. т. (средний коэффициент эластичности – 1,82) и для разрезов с объемом добычи более 4500 тыс. т (коэффициент парной корреляции – 0,52, средний коэффициент эластичности – 1,68), *рис. 6*.

**АНАЛИЗ СООТНОШЕНИЙ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИМПОРТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ**

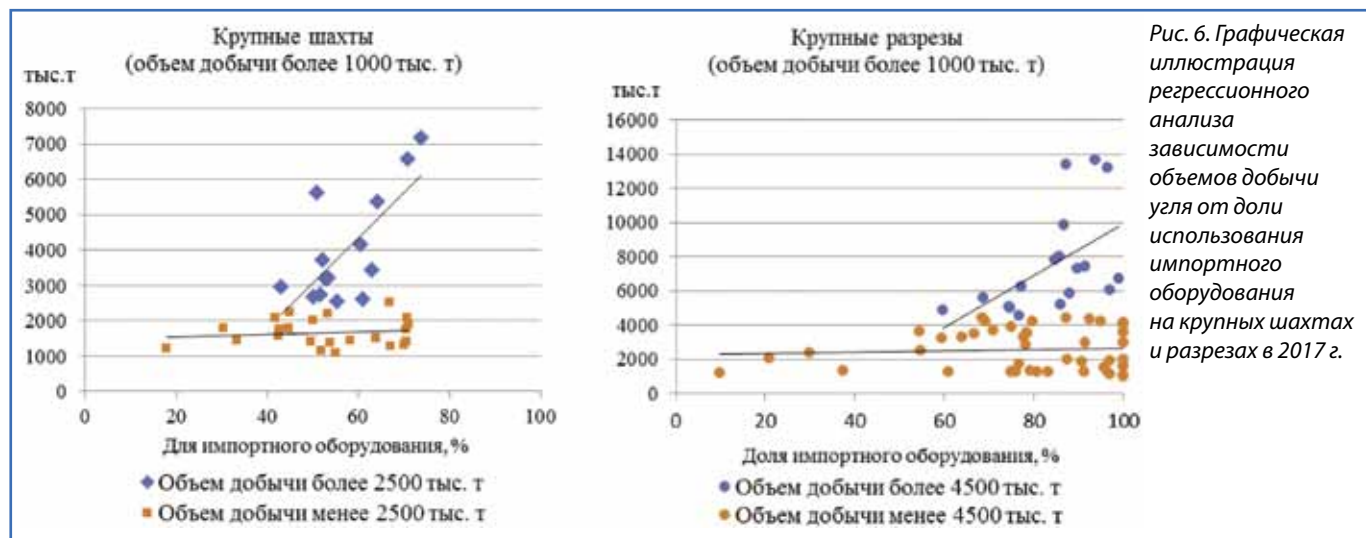
За период 2012-2017 гг. доля наличия основного импортного оборудования для ведения подземных горных работ незначительно (за исключением погрузочных машин), но выросла по следующим позициям (*рис. 7*):

- механизированных крепей – с 45,1 до 52,6% (в 1,17 раза);
- очистных комбайнов – с 75,9 до 86,9% (в 1,14 раза);
- погрузочных машин – с 20,8 до 58,8% (в 2,83 раза).

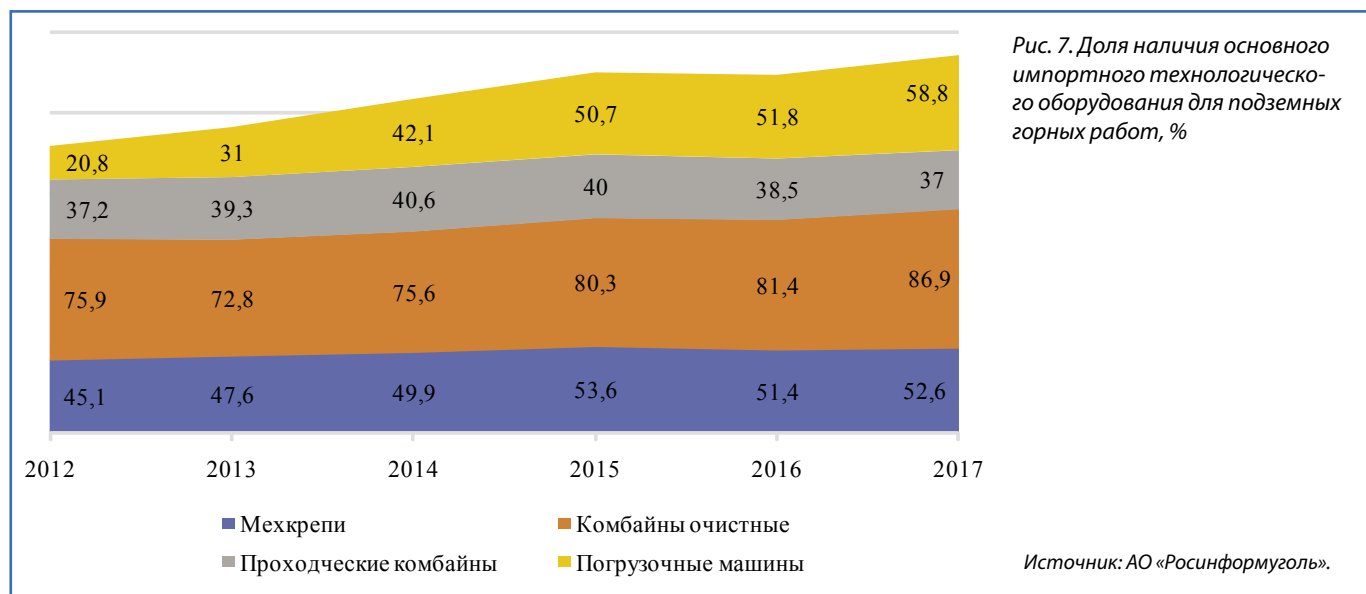
Доля проходческих комбайнов практически не изменилась и осталась на уровне 37%.

На *рис. 8* приведены коэффициенты использования основного горношахтного оборудования для подземных горных работ в 2016-2017 гг. Наибольшими коэффициентами использования оборудования характеризуются толкатели, вагонетки, дизелевозы, электровозы и конвейерный транспорт: 0,71-0,75 – ленточные конвейеры и 0,69-0,71 – скребковые.

Наименее эффективно используют комбайны для очистных работ – всего на 45%, несмотря на то, что это оборудование является самым важным компонентом технологического процесса выемки угля длинными очистными забоями [9]. Основной проблемой в эффективности использования очистных комбайнов отечественного производства является низкая максимальная рабочая скорость подачи (9,5 м/мин) – она ниже аналогичного показателя комбайнов производства Польши (20 м/мин) и производства Германии (33; 60 м/мин) [10]. На шахтах России по состоянию на начало 2018 г. доля наличия очистных комбайнов ведущих стран-экспортеров составляла: Польша (25,4%), Германия (23,8%) и США (17,7%) [6].

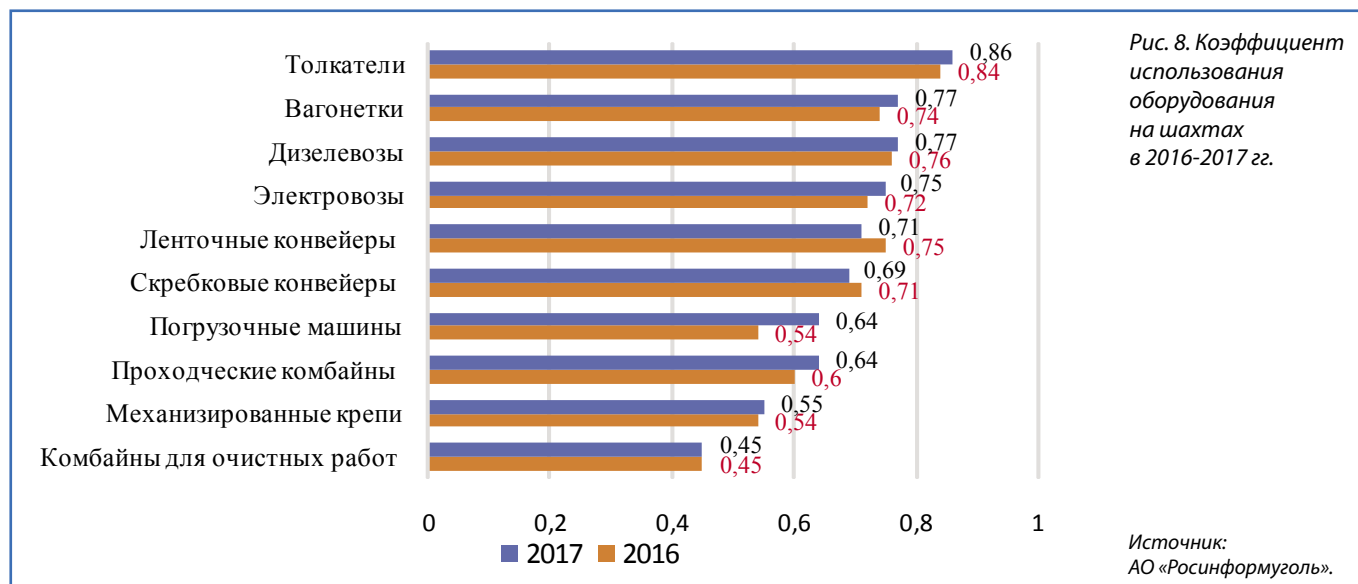


*Рис. 6. Графическая иллюстрация регрессионного анализа зависимости объемов добычи угля от доли использования импортного оборудования на крупных шахтах и разрезах в 2017 г.*



*Рис. 7. Доля наличия основного импортного технологического оборудования для подземных горных работ, %*

Источник: АО «Росинформуголь».



**АНАЛИЗ СООТНОШЕНИЙ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИМПОРТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ**

За период 2012-2017 гг. доля основных видов импортного технологического оборудования для ведения открытых горных работ росла следующим образом (рис. 9):

- одноковшовые экскаваторы – с 33,1 до 47,4% (в 1,43 раза);
- погрузчики – с 83,7 до 95,2% (в 1,14 раза);
- буровые станки – с 44,0 до 59,8% (в 1,36 раза);
- бульдозеры 25 тс и выше – с 69,1 до 77,7% (в 1,12 раза).

На рис. 10 приведены коэффициенты использования основного горношахтного оборудования для открытых горных работ в 2016-2017 гг., которые в целом значительно выше, чем аналогичные коэффициенты по некоторым типам оборудования для подземных горных работ (см. рис. 8).

**ВЫВОДЫ**

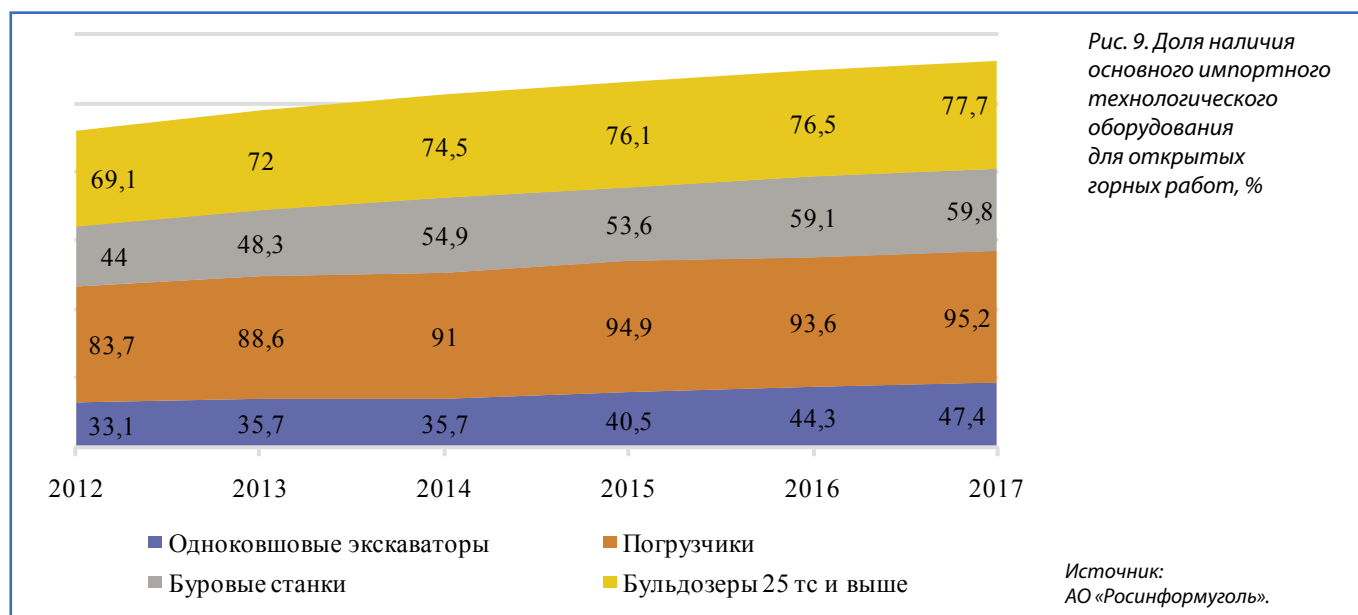
1. Проведенный регрессионный анализ зависимостей объемов добычи угля от доли использования импортного

оборудования на угледобывающих предприятиях в 2016-2017 гг. выявил следующее:

- для малых и средних предприятий с объемом добычи менее 1000 тыс. т отмечается практически отсутствие зависимости добычи от вооруженности импортным оборудованием;
- для крупных предприятий с объемом добычи более 1000 тыс. т отмечается наличие зависимости добычи от вооруженности импортным оборудованием; при этом сильная зависимость выявлена для шахт с объемом добычи более 2500 тыс. т и для разрезов с объемом добычи более 4500 тыс. т.

2. Анализ структуры технологического оборудования в подземной и открытой добыче угля в части соотношения используемого отечественного и зарубежного оборудования в динамике за 2012-2017 гг. по основным процессам производства, выявил следующее:

- наиболее критичными в части зависимости от поставок импортного горношахтного оборудования можно расценивать следующие позиции, для которых доля импортного оборудования составляет более 60% от общего количества в наличии в 2017 г.:



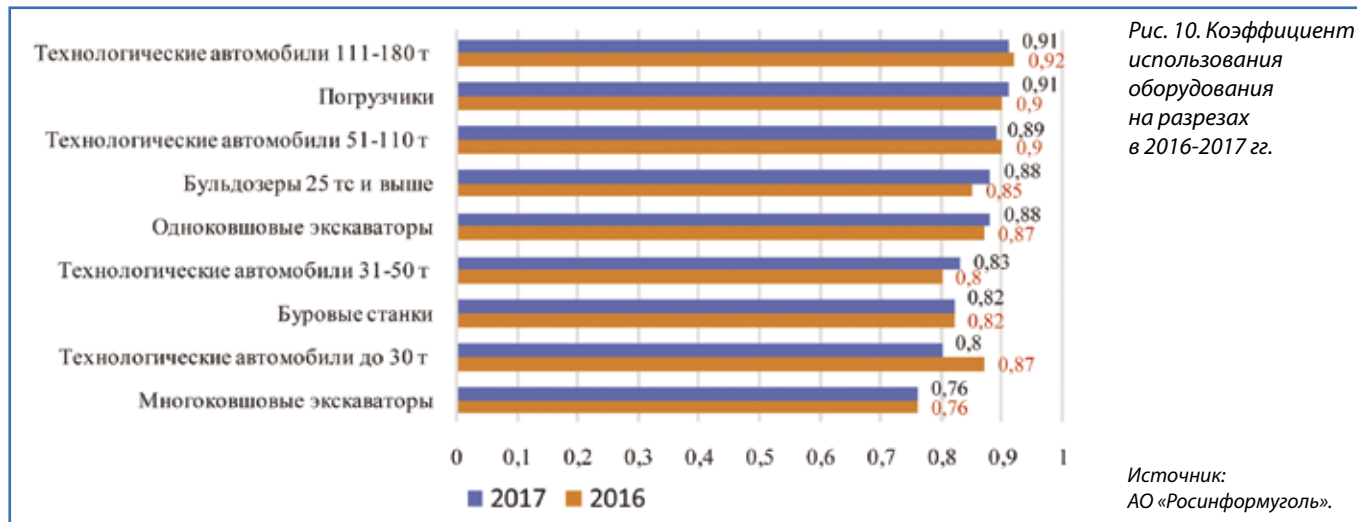


Рис. 10. Коэффициент использования оборудования на разрезах в 2016-2017 гг.

– для подземных горных работ – очистные комбайны (86,9%), электровозы (73%), дизелевозы (99,7%), а также погрузочные машины, наличие которых составляет 58,9%, но фактически в работе – 64%;

– для открытых горных работ – погрузчики (95,2%), мощные бульдозеры (25 т и выше) (77,7%), а также буровые станки, наличие которых составляло 59,8%, но фактически в работе – 63,4%;

– многоковшовые карьерные роторные экскаваторы хотя и полностью импортные (ЭР-1250, Украина, SRS(k)-4000, Германия и другие), но они применяются в ограниченном количестве (всего 34 штуки в наличии и 26 в работе) и только на вскрышных работах на буроугольных разрезах АО «СУЭК»;

– в части технологических автомобилей для открытых горных работ следует отметить, что основным и общепризнанным поставщиком этих машин является Республика Беларусь – от 23,8 до 98,1% импорта в зависимости от грузоподъемности. В данном случае импортозависимость можно расценивать как результат разделения труда между двумя странами в рамках Союзного Государства России и Белоруссии (СГРБ);

• умеренной можно считать импортозависимость по следующим видам горношахтного оборудования, доля импорта которого варьируется от 40 до 60% в общем количестве техники (наличии) и может быть снижена за счет увеличения загрузки мощностей российских машиностроительных заводов, а также увеличения коэффициента использования:

– для подземных горных работ – механизированные крепи (52,6%) и проходческие комбайны (37%);

– для открытых горных работ – одноковшовые экскаваторы (47,4%);

• слабой импортозависимостью можно считать уровень с долей импортного оборудования 20-40%, и отсутствует зависимость при доле импортного ГШО менее 20%. К последней градации импортозависимости относятся позиции по скребковым конвейерам (5%) и ленточным конвейерам (10,5%), вагонеткам (0%) и толкателям (0%) для подземных горных работ.

Таким образом, проведенный анализ подтверждает тенденцию усиления соотношения используемого отечественного и импортного технологического оборудования в угольной промышленности России в пользу зарубежного. Следует отметить, что сегодня зарубежное оборудова-

ние и запасные части к нему стали не только существенно дороже, но в условиях санкционной политики и геополитических неопределенностей импортозависимость угольной отрасли по важнейшей номенклатуре горного оборудования превратилась в один из основных факторов риска ее дальнейшего развития. Но потенциал импортозамещения по ряду позиций есть, прежде всего, в использовании российских запасных частей, что может быть заметным фактором снижения издержек производства [7, 8, 11].

**Список литературы**

1. Твердов А.А., Никишичев С.Б., Захаров В.Н. Проблемы и перспективы импортозамещения в горной отрасли // Горная промышленность. 2015. № 5 (123). С. 54.
2. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А., Дьяченко К.И. Оценка импортозависимости российских угольных компаний от закупок зарубежного оборудования // Горная промышленность. 2018. № 3 (139). С. 35.
3. К вопросу импортозамещения и локализации производства основного технологического оборудования в угольной промышленности России / А.А. Рожков, Л.И. Кантович, А.А. Грабский, Е.П. Грабская // Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 2. С. 50-57.
4. Разработка научно обоснованных предложений по ограничению импортозависимости угольной промышленности за счет расширения использования отечественных технологий и локализации производства на территории России зарубежного горно-шахтного оборудования: Отчет НИР. М.: АО «Росинформуголь», 2016. 135 с.
5. Разработка научно обоснованных предложений по стратегическим направлениям технологического развития и импортозамещения в угольной промышленности: отчет НИР. М.: АО «Росинформуголь», 2017. 421 с.
6. Технологическое оборудование шахт и разрезов в 2017 г.: Сборник. М.: АО «Росинформуголь», 2018. 215 с.
7. Рожков А.А., Карпенко С.М., Сукачев А.Б. Импортозависимость в угольной промышленности и перспективы импортозамещения горношахтного оборудования // Горная промышленность. 2017. № 2 (132). С. 25-30.
8. Рожков А.А. Структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России: реальность и прогноз // Горная промышленность. 2017. № 6 (136). С. 8-17.
9. Очистные комбайны для разработки длинными забоями. Caterpillar Inc., 2011. URL: <https://www.zepelin.com>.

ua/upload/pdf/longwall\_shearers.pdf (дата обращения: 15.06.2019).

10. Галиев Ж.К., Галиева Н.В. Экономические и технологические аспекты повышения эффективности угольной промышленности // Уголь. 2015. № 1. С. 43-46. URL: <http://www.ugolino.ru/Free/012015.pdf> (дата обращения: 15.06.2019).

11. Зарубежная техника наступает на отечественные разрезы и карьеры. Горнопромышленный портал России. URL: <http://www.miningexpo.ru/articles/118> (дата обращения: 15.06.2019).

12. Статистический анализ моделей с переменной структурой / С.А. Айвазян, А.Н. Березняцкий, Б.Е. Бродский, Б.С. Дарховский // Прикладная эконометрика. 2015. № 3 (39). С. 84-105.

13. Hui Jin, Dale W. Jorgenson. Econometric modeling of technical change // Journal of Econometrics. 2010. Vol. 157. P. 205-219.

14. Baumeister C., Hamilton J.D. Sign restrictions, structural vector autoregressions, and useful prior information // Econometrica. 2015. Vol. 83(5). Pp. 1963-1999.

ECONOMIC OF MINING

UDC 658.511.3:622.33(470).002.5 © A.A. Rozhkov, N.V. Karpenko, 2019  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 7, pp. 00-00

**Title**  
**ANALYSIS OF THE USE OF DOMESTIC AND FOREIGN TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR COAL MINING ENTERPRISES OF RUSSIA**

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-7-00-00>

**Authors**

Rozhkov A.A.<sup>1,2</sup>, Karpenko N.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>“Rosinformugol” JSC, Moscow, 119049, Russian Federation

<sup>2</sup>National University of Science and Technology “MISIS” (NUST “MISIS”), Moscow, 119049, Russian Federation

<sup>3</sup>Russian University of Transport “MIT”, Moscow, 103030, Russian Federation

**Authors' Information**

**Rozhkov A.A.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of Science, Professor of “The Public and Municipal Administration in Industrial Regions” department, e-mail: [aarozhkov@mail.ru](mailto:aarozhkov@mail.ru)

**Karpenko N.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of “Mathematician” department, e-mail: [nvkarpenko@yandex.ru](mailto:nvkarpenko@yandex.ru)

**Abstract**

The relevance of the paper is justified by the growing import dependence of the Russian coal industry on the use of foreign equipment in the main technological processes of coal mining and transportation in the industry as a whole, and especially in open-pit mining, which is associated not only with certain risks in terms of sanctions policy and geopolitical uncertainties, but also growing technological backwardness of the domestic mining engineering. The paper presents the results of the structural and regression analysis of the presence and use of the main technological domestic and foreign equipment in the coal industry for the period 2012-2017, including: identifying dependencies of coal production on the proportion of imported equipment in mines and cuts in 2016-2017; assessment of levels of import dependence on the availability and use of technological equipment in underground and open-pit coal mining. The novelty of the results presented in the article lies, firstly, in a comparative structural analysis of statistical data on the use of basic process equipment for the years 2016-2017; secondly, in establishing the dependencies of coal production on the share of the use of imported equipment at coal mining enterprises in 2016-2017 based on regression analysis; thirdly, in determining the nomenclature of the main mining and mining-transport equipment with critical, moderate and weak import dependence.

**Keywords**

Regression analysis, Import dependence, Import substitution, Equipment utilization rate, Underground and surface coal mining, Technological equipment, Mines and open-pit mines, Coal mining enterprises.

**References**

1. Tverdov A.A., Nikishichev S.B. & Zakharov V.N. Problemy i perspektivy importozameshcheniya v gornoj otrasli [Problems and prospects of import substitution in the mining industry]. *Gornaya promyshlennost' – Mining industry*, 2015, No. 5 (123), pp. 54.
2. Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A. & Dyachenko K.I. Ocenka importozavisimosti rossijskih ugolnyh kompanij ot zakupok zarubezhnogo oborudovaniya [Evaluation of dependence on import of Russian coal companies from purchasing foreign equipment]. *Gornaya promyshlennost' – Mining industry*, 2018, No. 3 (139), p. 35.
3. Rozhkov A.A., Kantovich L.I., Grabskiy A.A. & Grabskaya E.P. K voprosu importozameshcheniya i lokalizacii proizvodstva osnovnogo tekhnologicheskogo oborudovaniya v ugolnoj promyshlennosti Rossii [To the question of import substitution and localization of production of the main technological equip-

ment in the coal industry in Russia] *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika – Mining equipment and electromechanics*, 2018, No. 2, pp. 50-57.

4. *Razrabotka nauchno obosnovannykh predlozheniy po ogranicheniyu importozavisimosti ugolnoj promyshlennosti za schet rasshireniya ispolzovaniya otechestvennykh tekhnologiy i lokalizacii proizvodstva na territorii Rossii zarubezhnogo gornoshahtnogo oborudovaniya* [Development of evidence-based proposals to limit the import dependence of the coal industry by expanding the use of domestic technologies and localization of production in Russia of foreign mining equipment]. Research Report. Moscow, “Rosinformugol” JSC, 2016, 135 p.

5. *Razrabotka nauchno obosnovannykh predlozheniy po strategicheskim napravleniyam tekhnologicheskogo razvitiya i importozameshcheniya v ugolnoj promyshlennosti* [Development of science-based proposals on strategic directions of technological development and import substitution in the coal industry]. Research Report. Moscow, “Rosinformugol” JSC, 2017, 421 p.

6. *Tekhnologicheskoe oborudovanie shaht i razrezov v 2017 g.*: Sbornik [Technological equipment of mines and sections in 2017: Collection]. Moscow, “Rosinformugol” JSC, 2018, 215 p.

7. Rozhkov A.A., Karpenko S.M. & Sukachev A.B. Importozavisimost v ugolnoj promyshlennosti i perspektivy importozameshcheniya gornoshahtnogo oborudovaniya [Import dependence in coal industry and prospects of import substitution of mining equipment]. *Gornaya promyshlennost' – Mining industry*, 2017, No. 2 (132), pp. 25-30.

8. Rozhkov A.A. Strukturnyi analiz importozameshcheniya v ugolnoj promyshlennosti Rossii: realnost i prognoz [Structural analysis of import substitution in the Russian coal industry: reality and forecast]. *Gornaya promyshlennost' – Mining industry*, 2017, No. 6 (136), pp. 8-17.

9. Shearers for the development of longwall faces. Caterpillar Inc., 2011. Available at: [https://www.zepelin.ua/upload/pdf/longwall\\_shearers.pdf](https://www.zepelin.ua/upload/pdf/longwall_shearers.pdf) (accessed 15.06.2019).

10. Galiev Zh.K. & Galieva N.V. Ekonomicheskie i tekhnologicheskie aspekty povysheniya effektivnosti ugolnoj promyshlennosti [Economic and technological aspects of improving the efficiency of the coal industry]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2015, No. 1, pp. 43-46. Available at: <http://www.ugolino.ru/Free/012015.pdf> (accessed 15.06.2019).

11. Foreign technology comes to domestic open-pit mines and careers. Mining portal of Russia. Available at: <http://www.miningexpo.ru/articles/118> (accessed 15.06.2019).

12. Aivazian S.A., Berезняцкий A.N., Brodsky B.E. & Darkhovskiy B.S. Statisticheskii analiz modeley s peremennoy strukturoy [Statistical analysis of variable-structure models]. *Prikladnaya ekonometrika – Applied Econometrics*, 2015, No. 3 (39), pp. 84-105.

13. Hui Jin & Dale W. Jorgenson. Econometric modeling of technical change. *Journal of Econometrics*, 2010, Vol. 157, pp. 205-219.

14. Baumeister C. & Hamilton J.D. Sign restrictions, structural vector autoregressions, and useful prior information. *Econometrica*, 2015, Vol. 83 (5), pp. 1963-1999.