

В.П. Степаненко

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И КОМБИНИРОВАННЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Рассмотрены перспективы применения в горной промышленности нетрадиционных возобновляемых источников НВНЭ и комбинированных накопителей энергии КНУ, комбинированных энергосиловых установок КЭСУ. Использование современных КЭСУ с возобновляемыми (альтернативными) источниками и накопителями энергии позволяет добиться повышения экологической безопасности, энергоэффективности и снижения расхода дизельного топлива в горной промышленности. Для достижения этих целей необходима модернизация систем электроснабжения горных предприятий, в первую очередь, удаленных от высоковольтных электрических сетей, питающихся в настоящее время от автономных электростанций с поочередно работающими дизель-генераторными установками. Рассмотрены способы повышения энергоэффективности горного локомотивного транспорта путем применения КЭСУ и увеличения точности расчетов коэффициентов сцепления с учетом абразивности горных пород. Предлагаемые технические решения позволяют существенно повысить энергоэффективность и экологическую безопасность, уменьшить расход электроэнергии на локомотивном транспорте на 15–20%, расход дизельного топлива не менее, чем в 3–5 раз.

Ключевые слова: экологическая безопасность, возобновляемые источники энергии энергосиловые установки, коэффициент сцепления, энергоэффективность, суперконденсатор, аккумуляторная батарея, дизельное топливо.

Проблемы применения в горной промышленности комбинированных энергосиловых установок КЭСУ, нетрадиционных возобновляемых источников НВИЭ и комбинированных накопителей энергии КНЭ являются актуальными [1—

28]. К НВИЭ относятся источники низкопотенциальной энергии окружающей среды, солнечной, ветровой, геотермальной, энергия морских приливов и волн, биомассы, гидроэлектростанции ГЭС и ветряные электрические установки ВЭУ мощностью до 30 МВт при мощности единичного агрегата не более 10 МВт [28]. У каждого вида источника энергии есть свои преимущества и недостатки. Преимущества НВИЭ по сравнению с традиционными источниками энергии: экологическая чистота, повсеместная распространенность большинства их видов, низкие эксплуатационные расходы и отсутствие платы за их использование. В некоторых случаях системы, использующие энергию из нескольких источников, является лучшим техническим решением, чем присоединение к электрическим сетям. Такие системы не требуют затрат на передачу электроэнергии, стимулируют использование энергосберегающих технологий и экологически более безопасны. В настоящее время НВИЭ находят применение для электроснабжения жилых домов и поселков. В комплект поставки входят ветряные или солнечные генераторы электрической энергии, электронные преобразователи, контроллеры, инверторы и аккумуляторные батареи. Срок службы комплектующего оборудования различный: солнечные панели 35–40 лет, ветрогенератор горизонтальный ВЭУ, контроллер гибридный и инвертор — 15–20 лет. Наименьший срок службы у дизельных двигателей и аккумуляторных батарей — от 3 до 7 лет. В системах с ВЭУ до 40% стоимости комплекта составляют горизонтальные ветрогенераторы. При частом изменении направления ветра рекомендуется установка вертикальных ветрогенераторов, которые в 2–3 раза дороже горизонтальных.

Мощность установок для питания жилых домов и поселков колеблется от 0,6 кВт до 30 кВт, запас энергии от 5 кВтч до 133 кВтч. При отключении генератора электрическая энергия может поступать из аккумуляторной батареи, что уменьшает расход дизельного топлива. При неработающем дизельном двигателе аккумуляторная батарея может заряжаться от ветрогенератора или от солнечной батареи. По сравнению с использованием системы из двух дизельных генераторов снижение затрат может составлять от 30 до 70%. Анализ показывает, что аккумуляторные батареи при длительных 2–3 кратных и пиковых 5–7 кратных перегрузках не смогут обеспечить устойчивое электроснабжение [6–8]. Для устранения этого недостатка необходимо применять комбинированные накопители энергии, в состав которых входят суперконденсаторы КДЭС и аккумуля-

ляторные батареи [9–13]. Низкие удельные показатели мощности и энергии, изменение параметров во времени заставляет создавать НВИЭ с большой площадью приемных поверхностей солнечных установок, протяженные плотины приливных электростанций и т.д. Дневная удельная производительность солнечной фотоэлектрической батареи на широте г. Волгограда (50° с.ш.) равна примерно 2 кВтч/м² в сутки, удельная мощность от 80 до 250 Вт/м². Фотоэлектрические батареи используют 14–18% от поступающей к ним солнечной энергии, КПД солнечных вакуумных коллекторов достигает 70–85%, т.к. коллекторы используют не только световую, но и тепловую энергию солнца и концентрируют ее. Один солнечный вакуумный коллектор и пять солнечных фотоэлектрических панелей отдают примерно одинаковое количество энергии, но цена вакуумного коллектора в три раза меньше суммарной цены пяти фотоэлектрических панелей. К системам горячего водоснабжения с вакуумными солнечными коллекторами необходимо подключать источник электрической энергии для подогрева и прокачки теплоносителя электрическим насосом. Вакуумные коллекторы являются одним из типов КЭСУ, они потребляют два вида энергии: в среднем 70% солнечной энергии и 30% электрической. Такие КЭСУ, состоящие из солнечных коллекторов и электронагревателей, в 2,5 раза дешевле дизельных и почти в два раза дешевле чисто электрических установок. В пассивных системах горячего водоснабжения электрическая энергия не требуется, солнечный коллектор и бак с водой объединены в единую систему «солнечного водонагревателя». Такая система дешевле, проста по своей конструкции и легко устанавливается, ее основной недостаток — низкая эффективность использования зимой в холодном климате.

ВЭУ имеют высокую эффективность при размещении их на территориях, прилегающих к незамерзающим морям и океанам. Существенным недостатком ВЭУ является нестабильность развиваемой ими мощности вследствие изменчивости направления и силы ветра во времени. Этот недостаток можно скомпенсировать, если в автономной системе электроснабжения объединить достаточно большое количество ветряных и солнечных генераторов, то средняя их мощность будет постоянной.

Использование солнечных и ветряных НВИЭ с аккумуляторными батареями в качестве накопителя энергии без резервного источника питания неэффективно. В случае нескольких безветренных дней аккумуляторная батарея без подзарядки мо-

Таблица 1

Сравнение источников энергии

Источник энергии	Относительные затраты		Стоимость 1 кВтч энергии	
	капиталь- ные	эксплуатационные		
		за 10 лет		за 20 лет
Дизельное топливо	1,0	1,0	1,0	
Электрические сети	0,13	0,75	0,63	
Солнечные коллекторы	0,8	0,5	0,43	

жет разрядиться настолько, что система вообще перестанет вырабатывать электрическую энергию. В качестве резервного источника можно использовать дизель-электрический генератор, солнечные панели и суперконденсаторы. Солнечные панели и суперконденсаторы не требуют топлива и расходов на содержание, сохраняют свои паспортные параметры в широком температурном диапазоне от + 50 °С до -50 °С. В табл. 1 приведены результаты сравнения трех источников энергии – дизельного топлива, электрических сетей и солнечных вакуумных коллекторов.

Из анализа табл. 1 следует, что вакуумные солнечные коллекторы характеризуются большими материалоемкостью и капиталовложениями по сравнению с традиционными электрическими сетями. Эксплуатационные затраты при использовании солнечных вакуумных коллекторов примерно в два раза ниже, чем при питании от электрических сетей и дизель-электрических генераторов. Стоимость 1 кВтч энергии, полученной от солнечных вакуумных коллекторов, примерно в 3 раза ниже, чем при питании от электрических сетей и от дизель-генераторных установок. В табл. 2 приведена оценка потребной энергоемкости суперконденсаторов КДЭС для горных предприятий.

В табл. 2 энергоемкость конденсаторов КДЭС была принята равной 2% от энергоемкости аккумуляторных батарей. В системах аварийного питания шахтного подъема КДЭС должны обеспечивать не менее двух циклов «спуск-подъем» клетьевого подъема и развивать мощность не менее 2000 кВт. Энергоемкость КДЭС накопителей в системе освещения подземных горных выработок должна быть достаточной для обеспечения периодического заряда индивидуальных головных светильников подземных рабочих в течение не менее трех суток. Сум-

Таблица 2

Энергоемкость суперконденсаторных накопителей энергии КДЭС для горных предприятий

Оборудование	Энергоемкость, МДж	Количество модулей МЛСК-130-57, шт.
Подъемные установки	60 000	120 000
Подземное аварийное освещение шахт и рудников	17 500	35 000
Аварийное освещение карьеров	50 000	100 000
Жилые комплексы	40 000	80 000
Автономные электростанции	20 000	40 000
Рудничные электровозы	15 000	30 000
Рудничное тяговое электроснабжение	50 000	100 000
Тяговые агрегаты	40 000	80 000
Автосамосвалы с электроприводом	7500	15 000
Система тягового электроснабжения карьеров	50 000	100 000
ВСЕГО	350 000	700 000

марная потребность горной промышленности в КДЭС накопителях составляет 350 000 МДж. Для удовлетворения этой потребности потребуется 700 000 модулей МЛСК-130-5.

Предлагается использовать комбинированный накопитель, энергии состоящий из аккумуляторной батареи ЭХН и КДЭС (суперконденсаторы), а для подзаряда ЭХН и КДЭС применять НВИЭ. Параметры суперконденсаторного модуля МЛСК-130-57, разработанного ООО «ТЭЭМП», инвестором которого является группа «Ренова», приведены в [9, 10]. Расчетная потребность в суперконденсаторных накопителях составляет 350 000 МДж, для удовлетворения этой потребности потребуется 700 000 модулей МЛСК-130-57.

На открытых горных работах, как показывает опыт Соколовского карьера в Чехии, разработка и освоение производства новых высокопроизводительных и энергоэффективных комбинированных тяговых агрегатов обходится гораздо дороже, чем переоборудование на рудоремонтных предприятиях серийных тяговых агрегатов в комбинированные. Для переоборудования

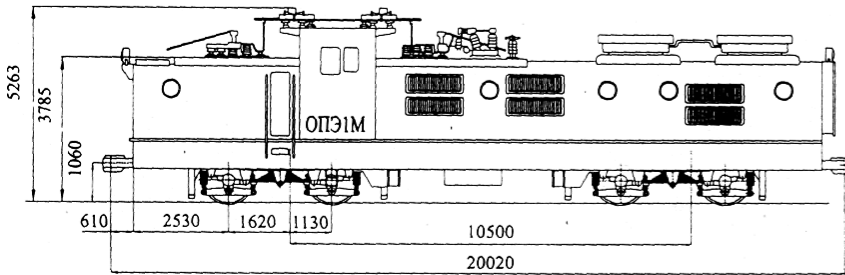


Рис. 1. Электровозная секция ОПЭ1М

следует выбирать тяговые агрегаты, находящиеся в эксплуатации менее 15–20 лет, механическая часть которых пригодна для дальнейшей эксплуатации. Для переоборудования можно использовать отечественные разработанные институтом ВЭЛНИИ и серийно выпускаемые Новочеркасским электровозостроительным заводом НЭВЗ тяговые агрегаты НП-1.

На рис. 1 представлен чертеж общего вида электровозной секции, на рис. 2 — тепловозной секции, на рис. 3 — моторного думпкара тягового агрегата ОПЭ1М. Расчеты показывают, что габаритные размеры электровозной и тепловозной секций и моторных думпкаров агрегатов НП-1 и ОПЭ1М позволяют разместить новое современное электротехническое и электронное оборудование, тиристорные и транзисторные преобразователи, аккумуляторы, суперконденсаторы, реверсивные преобразователи, инверторы и т.д. Длина моторного думпкара, электровозной и тепловозной секций тягового агрегата ОПЭ1М равна 20,02 м, длина их кузовов — 18,78 м. На рис. 4 приведен чер-

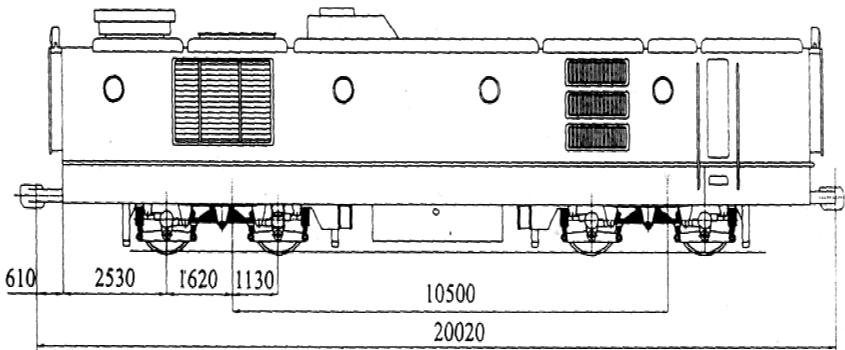


Рис. 2. Тепловозная секция ОПЭ1М

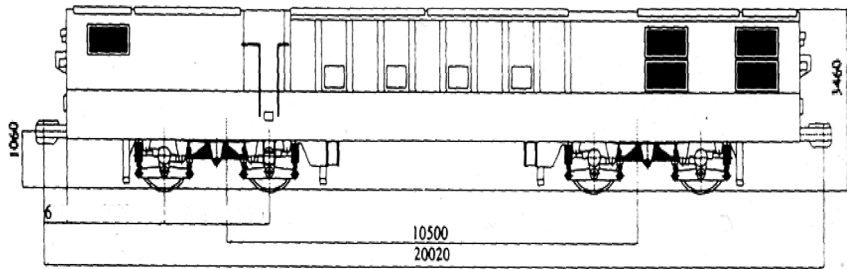


Рис. 3. Моторный думпкав ОПЭ1М

теж общего вида моторного думпкава старых тяговых агрегатов ОПЭ1АМ. Анализ конструкторской документации агрегатов НП-1 и ОПЭ1АМ показывает, что для размещения новой аппаратуры тяговые агрегаты НП-1 имеют объем примерно на 18 м³ больше, чем ОПЭ1АМ.

Автономные локомотивы имеют худшие тяговые свойства, чем комбинированные. Значения и пределы изменений потенциальных коэффициентов сцепления Ψ_0 при питании от контактных сетей и от аккумуляторных батарей определяются из табл. 3 [2, 4, 15]. Вследствие протекания электрического тока через контакты колес с рельсами и большого внутреннего сопротивления аккумуляторных батарей потенциальный коэффициент сцепления $\Psi_{ок}$ контактных электровозов больше, чем у аккумуляторных $\Psi_{оаб}$ на величину $\Delta\Psi_0$.

Значения $\Delta\Psi_0$ определяются из выражения (1).

$$\Delta\Psi_0 = 100 (\Psi_{ок} - \Psi_{оаб}) / \Psi_{оаб}, \% \quad (1)$$

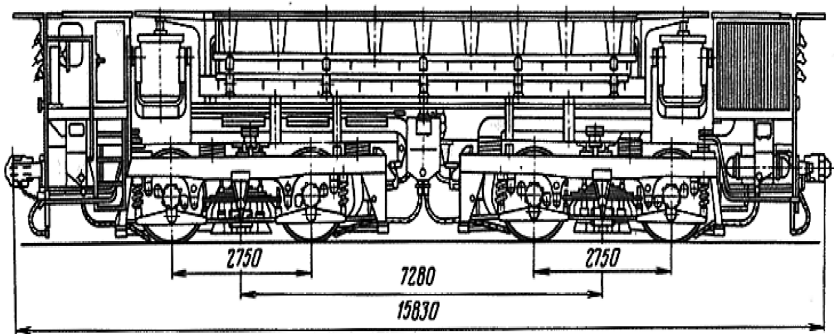


Рис. 4. Моторный думпкав ОПЭ1АМ

Таблица 3

Зависимость $\Delta\Psi$, % от абразивности β

Загрязнения головок рельсов	Абразивность β , Мг/км	$\Delta\Psi$	
		Рельсы мокрые	Рельсы сухие
Чистые рельсы	—	5,6%	10,5%
Угли: коксующиеся Ж, ПЖ, КС, СС, КСН, К	20–40	13%	20%
Глинистый сланец	40–350	6,5%	18
Углисто-глинистый сланец, горючий сланец, бурый уголь	800	8,5	5,8
Антрацит А	800–1000	8,3	4,9
Углистые сланцы, силур С1	1500	6,6	4,5
Известняки глинистые и песчаные (силур С2)	2300	5,6	4,3
Слюдисто-глинистые сланцы ОЖ (ордовик)	3000	4,6	4,1
Песок из песочницы	8000	4,0	3,5

Выводы

1. Уменьшить расход дизельного топлива и ГСМ не менее, чем в три раза и улучшить экологическую безопасность уменьшить емкость и повысить срок службы аккумуляторных батарей возможно при использовании НВИЭ и суперконденсаторов.

2. Исследована степень влияния на коэффициент сцепления абразивность горных пород и протекание тока через места контакта колес электровоза с рельсами.

3. В России развитие НВИЭ существенно осложняет отсутствие соответствующей законодательной базы. Закон РФ «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии» до настоящего времени не вступил в силу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степаненко В. П. Применение комбинированных (гибридных) энергосиловых установок в горной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 11. – С. 322–328.

2. Степаненко В. П. Электровозная откатка на урановых рудниках Советско-германского акционерного общества «Висмут». 1980–

1987 годы // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 6. — С. 141–147.

3. Степаненко В. П., Сорин Л. Н. Энергоэффективность подземной локомотивной откатки с гибридными накопителями энергии // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 6. — С. 135–140.

4. Степаненко В. П. Исследование зависимости коэффициентов сцепления рудничных электровозов от абразивности горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 2. — С. 168–173.

5. Степаненко В. П., Белозеров В. И. Применение комбинированных (гибридных) энергосиловых установок горнотранспортных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 2. — С. 174–181.

6. Степаненко В. П., Сорин Л. Н. Актуальность ресурсо- и энергосбережения на подземных рудничных локомотивах с комбинированными накопителями энергии // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 5. — С. 323–328.

7. Степаненко В. П., Белозеров В. И., Сорин Л. Н. Перспективы применения комбинированных накопителей энергии на карьерном железнодорожном транспорте // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 5. — С. 317–322.

8. Белозеров В. И., Степаненко В. П. Актуальность создания карьерных локомотивов с накопителями энергии // Горная промышленность. — 2014. — № 5(117). — С. 76.

9. Степаненко В. П. Пути повышения энергоэффективности и ресурсосбережения горного локомотивного транспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 9. — С. —.

10. Степаненко В. П. Определение параметров накопителей энергии комбинированных энергосиловых установок // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 8. — С. 166–174.

11. Степаненко В. П. Применение возобновляемых источников энергии и суперконденсаторов на открытых горных работах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 8. — С. 175–182.

12. Степаненко В. П. Применение в горной промышленности КЭСУ с возобновляемыми источниками и накопителями энергии // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 9. — С. —.

13. Степаненко В. П. Перспективы применения в горной промышленности нетрадиционных возобновляемых источников и комбинированных накопителей энергии // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 10. — С. —.

14. Степаненко В. П. Особенности организации локомотивной откатки с использованием комбинированных электровозов / Научные сообщения ИГД им. Скочинского. Горная механика, рудничный транспорт, техническое обслуживание и ремонт ГШО. — М., 1988. — С. 130–138.

15. Спивак А. И. Абразивность горных пород. — М.: Недра, 1972.

16. Степаненко В. П., Венцлафф В., Дайнеке Р., Василенко В. И. Разработка и испытание контактно-аккумуляторных электровозов V-860 // Уголь. — 1986. — № 12. — С. 32–33.

17. Степаненко В. П., Ремизов И. П., Чуприн В. П. Результаты испытаний рудничного электровоза с футерованными бандажами колес // Известия ИГД им. А.А. Скочинского. — 1991. — № 1. — С. 50–57.

18. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Berger M., Oehme U., Malz M. Grubenlokomotive für Batterie-und-Fahrleitungsbetrieb. DDR, Patentschrift WP B61 C № /254 798 3, 1983.

19. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V. Schaltungsanordnung zur Fernsteuerung batteriegetriebener Lokomotiven. DDR, Patentschrift 207523, WP B60L/2394636, 1984.

20. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Wassilenko W. I. Schaltungsanordnung zur Steuerung der Bahnmotoren von Verbundlokomotiven. DDR, Patentschrift WPB60L 15/32, № 224280AI. 1984.

21. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Wassilenko W. I., Lewey W. Untersuchungen zur Fremdbelüftung der Bahnmotoren BM360. Wissenschaftlich-technische Information. DDR, KDT, Karl-Marx-Stadt. 1985, № 5, S. 6–13. 1982, № 10, S. 19–31.

22. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V. Ein Berechnungsverfahren für Lokomotiv-und Wagenförderung mit Hilfe von Nomogrammen. Wissenschaftlich-technische Information. DDR, Karl-Marx-Stadt, KDT, 1982, № 10, S. 19–31.

23. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Wassilenko W. I. Die Umrüstung von Batteriegrubenlokomotiven zu Verbundlokomotiven. Wissenschaftlich-technische Information, DDR, Karl-Marx-Stadt, KDT, 1984, № 12, S. 14–22.

24. Антонов В. Ф., Степаненко В. П., Цодик И. А., Чубаров Л. А. Электрическая машина постоянного тока. Авторское свидетельство SU 955395 Н 02 К 23/04 М10/42 от 30.08.1982.

25. Синчук О. Н., Гузов Э. С., Луценко И. А., Степаненко В. П. Тяговый электропривод постоянного тока. Авторское свидетельство SU 1534728A1 Н 02 Р 5/06 от 28.03.1988.

26. Степаненко В. П., Чуприн В. П., Леонтьева Г. В. Рудничный автономный локомотив с электрическим приводом. Авторское свидетельство SU 169167A1B60L 11/00 от 24.02.1989.

27. Степаненко В. П., Иващенко В. В., Чуприн В. П., Ремизов И. П. Способ подготовки разряженной шахтной аккумуляторной батареи к работе. Авторское свидетельство SU 1700646 А1 Н 01 М10/42 от 22.08.1991.

28. Сирин В. Е., Ларин А. И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Их плюсы и минусы. — Екатеринбург, 2010. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Степаненко Валерий Павлович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: valestepanenko@yandex.ru, МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC
620.91/.92

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 10, pp. 93–104.

V.P. Stepanenko

PROSPECTS OF APPLICATION IN THE MINING INDUSTRY RENEWABLE AND COMBINED ENERGY STORAGE

This article considers the prospects of application in the mining industry, renewable, and combined energy storage, combined power plants. The use of modern combined power plants with renewable (alternative) sources and energy storage allows to increase ecological safety, energy efficiency and reduction of diesel fuel consumption in the mining industry. To achieve these goals, the modernization of power supply systems of mining companies in the first place, far from the high-voltage electrical networks that feed at the present time from the Autonomous power plants with alternately operating diesel generator sets. Also discussed ways to improve the efficiency of mining locomotive transport by applying and increase the accuracy of calculations of coefficients of adhesion given the abrasiveness of rocks. The proposed technical solution will significantly improve the energy efficiency and environmental safety, to reduce electricity consumption by locomotive transport by 15–20%, diesel fuel consumption at least 3–5 times.

Key words: environmental security, renewable energy, power installation, coefficient of coupling, energy efficiency, supercapacitor, battery, diesel fuel.

AUTHOR

Stepanenko V.P., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: valestepanenko@yandex.ru, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Stepanenko V.P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 11, pp. 322–328.
2. Stepanenko V.P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 6, pp. 141–147.
3. Stepanenko V.P., Sorin L.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 6, pp. 135–140.
4. Stepanenko V.P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 2, pp. 168–173.
5. Stepanenko V.P., Belozherov V.I. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 2, pp. 174–181.
6. Stepanenko V.P., Sorin L.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 5, pp. 323–328.
7. Stepanenko V.P., Belozherov V.I., Sorin L.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 5, pp. 317–322.

8. Belozherov V. I., Stepanenko V. P. *Gornaya promyshlennost'*. 2014, no 5(117), pp. 76.
9. Stepanenko V. P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 9, pp. .
10. Stepanenko V. P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 8, pp. 166–174.
11. Stepanenko V. P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 8, pp. 175–182.
12. Stepanenko V. P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 9, pp. .
13. Stepanenko V. P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 10, pp. .
14. Stepanenko V. P. *Nauchnye soobshcheniya IGD im. Skochinskogo. Gornaya mekhanika, rudnichnyy transport, tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont GShO* (Transactions of the Skochinsky Institute of Mining. Rock mechanics, mine transport, mining equipment maintenance and repair), Moscow, 1988, pp. 130–138.
15. Spivak A. I. *Abrazivnost' gornyykh porod* (Rock abrasiveness), Moscow, Nedra, 1972.
16. Stepanenko V. P., Ventslaff V., Dayneke R., Vasilenko V. I. *Ugol'*. 1986, no 12, pp. 32–33.
17. Stepanenko V. P., Remizov I. P., Chuprin V. P. *Izvestiya IGD im. A.A. Skochinskogo*. 1991, no 1, pp. 50–57.
18. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Berger M., Oehme U., Malz M. Grubenlokomotive für Batterie- und Fahrleitungsbetrieb. DDR, *Patentschrift WP B61 C № /254 798 3*, 1983.
19. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V. Schaltungsanordnung zur Fernsteuerung batteriegetriebener Lokomotiven. DDR, *Patentschrift 207523, WP B60L/2394636*, 1984.
20. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Wassilenko W. I. Schaltungsanordnung zur Steuerung der Bahnmotoren von Verbundlokomotiven. DDR, *Patentschrift WPB60L 15/32, no 224280AI*. 1984.
21. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Wassilenko W. I., Lewey W. Untersuchungen zur Fremdbelüftung der Bahnmotoren BM360. *Wissenschaftlich-technische Information*. DDR, KDT, Karl-Marx-Stadt. 1985, no 5, S. 6–13. 1982, no 10, S. 19–31.
22. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V. Ein Berechnungsverfahren für Lokomotiv- und Wagenforderung mit Hilfe von Nomogrammen. *Wissenschaftlich-technische Information*. DDR, Karl-Marx-Stadt, KDT, 1982, no 10, S. 19–31.
23. Stepanenko W. P., Wenzlaff W., Andrees V., Kuhnert L., Wassilenko W. I. Die Umrüstung von Batteriegrubenlokomotiven zu Verbundlokomotiven. *Wissenschaftlich-technische Information*, DDR, Karl-Marx-Stadt, KDT, 1984, no 12, S. 14–22.
24. Antonov V. F., Stepanenko V. P., Tsodik I. A., Chubarov L. A. *Copyright certificate SU 955395 N 02 K 23/04 M10/42*, 30.08.1982.
25. Sinchuk O. N., Guzov E. S., Lutsenko I. A., Stepanenko V. P. *Copyright certificate SU 1534728A1 N 02 R 5/06*, 28.03.1988.
26. Stepanenko V. P., Chuprin V. P., Leont'eva G. V. *Copyright certificate 169167A1V60L 11/00*, 24.02.1989.
27. Stepanenko V. P., Ivashchenko V. V., Chuprin V. P., Remizov I. P. *Copyright certificate SU 1700646 A1 N 01 M10/42*, 22.08.1991.
28. Sirin V. E., Larin A. I. *Netraditsionnye i vozobnovlyemye istochniki energii. Ikh plyusy i minusy* (Non-conventional renewable energy sources. Merits/demerits), Ekaterinburg, 2010.

