

А.В. Дунаев

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ИЗНОШЕННОЙ ТЕХНИКИ

Изложены инновационные методы повышения ресурса изношенных сопряжений трения машин и оборудования при их техническом обслуживании путем введения в картерные масла минеральных триботехнических составов и электрических зарядов от портативного преобразователя в системе электрооборудования машин. Введение в масла химически активных веществ, суспензий частиц природных и искусственных минералов, масляных растворов активных органических веществ, солей металлов органических кислот, электрических зарядов с потреблением менее 1 Вт, создающих противоизносные покрытия, повышающих адгезию смазки технически и экономически оправданно с рентабельностью 500—800 % и более. Серпентиновые трибосоставы создают прочные антифрикционные покрытия. Эти минералы обуславливают образование алмазоподобных углеродных пленок. Их поверхность высокой чистоты и твердости, под ними видны следы механической обработки, на 90% состоят из углерода, их сопротивление 10—300 Ом/см. Эффект серпентиновой обработки проявляется через час и наращивается в эксплуатации даже без трибосостава. Приведены лабораторные триботехнические испытания трибосоставов и подачи зарядов в масла, которые подтверждают эффективность нетрадиционной триботехники.

Ключевые слова: масла смазочные, триботехнические ремонтно-восстановительные составы, электрический заряд, коэффициент трения, износ.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-144-150

Введение

В настоящее время парк машин и оборудования во многих отраслях значительно изношен, имеет низкую надежность, пониженную работоспособность и требует повышенных затрат на обслуживание и частые ремонты. В то же время с 1930 г. развиваются новые, нетрадиционные приемы повышения ресурса, надежности, работоспособности изношенных машин и оборудования нетрадиционными приемами [1—3, 7—10, 12—17]. В их числе — образование антифрикционных покрытий в сопряжениях трения (рис. 1) введением профилактических, ремонтно-восстановительных, при-

рабочных, например, минеральных триботехнических составов.

В последнее же время апробированы приемы электрического воздействия на масла, которые повышают адгезию масел на поверхностях трения и тем самым уменьшают трение и изнашивание деталей, работающих в маслах [4, 6, 11].

Цель настоящих исследований — подтвердить эффективность действия ремонтно-восстановительных триботехнических составов и подачи в масла электрических зарядов.

Теория предметов исследований проведена недостаточно. Но на основании исследований в России, Китае, Фин-

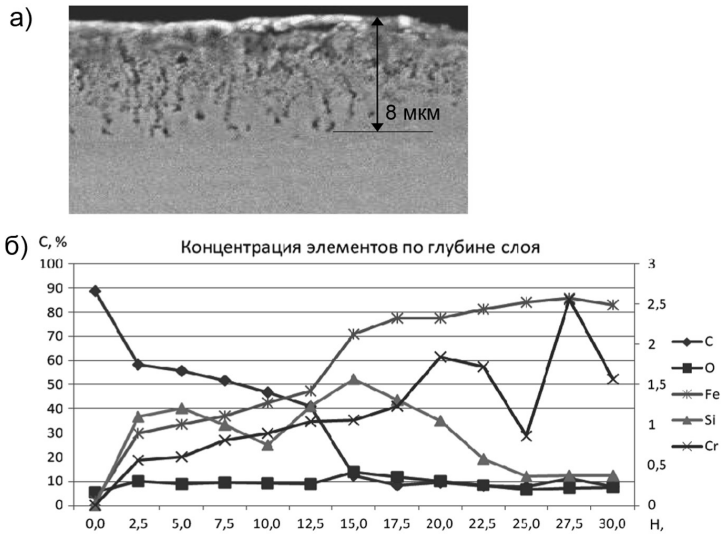


Рис. 1. Шлиф среза гильзы цилиндра дизеля 16V280Z Китайского тепловоза с пробегом 150 тыс. км от трибообработки составом «А.Р.Т.» (а); элементный состав покрытия по данным химического Центра в г. Хельсинки (табличные данные в график перевел к.т.н. Ю.Г. Лавров) (б); на дне покрытия — металлы, выше — состав меняется с накоплением углерода

Fig. 1. Thin section of slice cylinder diesel 16V280Z Chinese locomotive with mileage 150 thousand km from triboacting composition of «A.R.T.» (a); The elemental composition of the coating according to the chemistry Centre in Helsinki (tabular data in graph translated Ph.D. Y.G. Lavrov) (b); at the bottom of the coating — metal, above — the composition varies with the accumulation of carbon

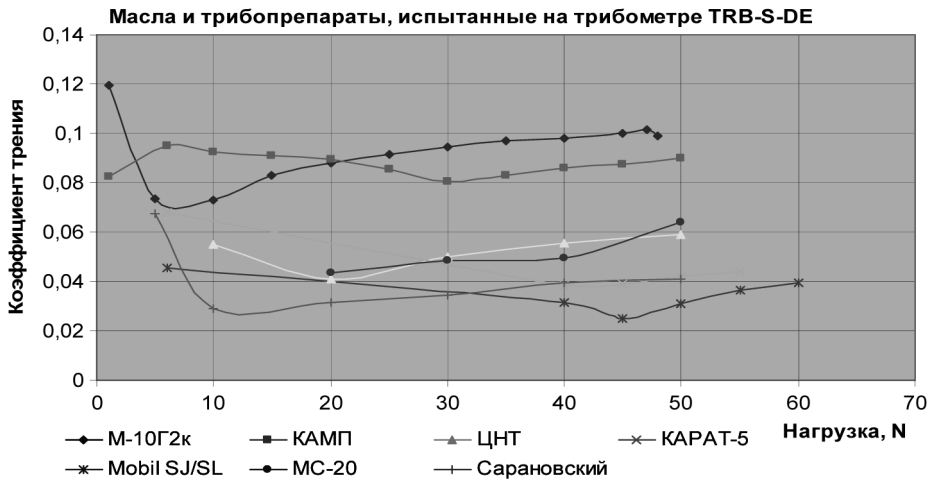


Рис. 2. Коэффициенты трения пары палец-диск в масле Mobil API SJ/SL SAE 05W-30, в масле М-10Г2К (ЗАО «Роснефть»), а также с введенными в последнее трибосоставами: профилактический КАМП (ООО «Автостанкопром»), ГМТ от ООО «ЦНТ», МС-2 (ГОСНИ-ТИ и ООО «РИП»), «Сарановский» (ГОСНИТИ и ВИЭСХ), нанодIAMAZHный КАРАТ (ООО «РеалДжержинск» и Красноярский ИХХТ)

Fig. 2. Friction coefficients of the pair of the finger-disk in the Mobil oil API SJ/SL SAE 05W-30, in the oil M-10G2K (Rosneft), as well as introduced in the last triboactive: preventive KAMP, from locus of OOO CNT, MS-2 (GOSNITI and OOO «RIP»), «Sarnowski» (GOSNITI and VIESH), nanodiamond CARAT («RealDserjinsk» and Krasnoyarsk Institut, Russia)

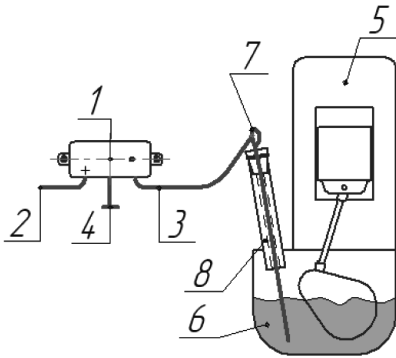


Рис. 3. Схема подключения ЭРТ на ДВС по Д.Н. Любимову [11]: 1 – ЭРТ; 2 – вход электропитания 1 Вт; 3 – выход на масломерный щуп; 4 – выход на массу агрегата; 5 – агрегат; 6 – масло агрегата; 7 – масломерный щуп; 8 – изолирующая трубка

Fig. 3. Connection diagram of instrument of D.N. Lyubimov [11]: 1 – ERT-instrument; 2 – input power 1 W; 3 – output on the dipstick; 4 – output to ground unit; 5 – unit; 6 – oil unit; 7 – dipstick; 8 – insulating tube

ляндии, Франции предположено, что высокодисперсные порошки минералов группы серпентина, включающие частицы лизардита, антигорита, хризотила, об-

разуют на поверхностях трения покрытия, как алмазоподобные углеродные пленки [2, 15–17].

Новыми исследованиями в России показано, что действие на масла электрического поля до 1000 В/см [4] или эмиссия в них электрических зарядов с электрода под напряжением 12–100 В [6, 11], повышают нагрузочную способность масляных пленок, уменьшает силу трения и изнашивание сопряжений. При этом предположено, что наэлектризованное масло, проникая в сопряжения трения, отдает им электрический заряд и закрепляется в них с повышенной прочностью.

Полученные результаты испытаний

Для проверки эффективности трибоставов в наноцентре ГОСНИТИ на трибометре TRB-S-DE Швейцарской фирмы SCM Instruments в режиме 13-ти ступенчатого нагружения до 212 МПа трибопары «палец-диск» в моторном масле М-10Г2К при скорости скольжения

Динамика высоты положения индентора при испытании макетов ЭРТ конструкторского отдела ГОСНИТИ с медным электродом

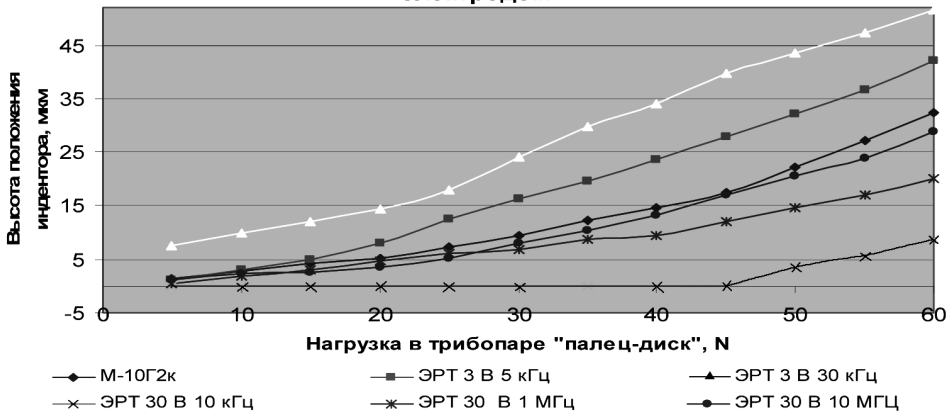


Рис. 4. Результаты испытаний образцов ЭРТ при подаче в масла электричества через медный электрод: выявлено, что для уменьшения изнашивания целесообразно использовать повышенное униполярное напряжение частотой до 10 кГц

Fig. 4. Results of sample testing of ERT in the feed to the oil electricity through a copper electrode revealed that the reduction of wear, it is advisable to use a high unipolar voltage frequency up to 10 kHz

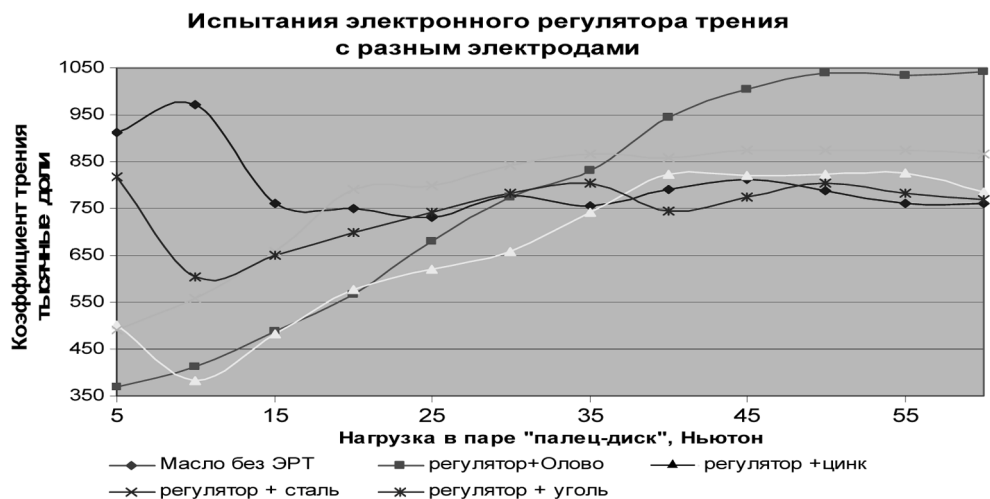


Рис. 5. Результаты испытаний ЭРТ с различными электродами: с цинковым электродом и нагрузке 10 Н коэффициент трения снизился на 0,0589

Fig. 5. Test results of ERT with different elect-rod: Zinc electrode and a load of 10 N. the coefficient of friction decreased by 0,0589

100 см/с проведены испытания 80 минеральных и органических трибосоставов [7]. Они позволили выявить те, которые при нагрузках до 80 МПа снижают коэффициента трения с 0,09–0,10 в чистом масле до 0,0243.

Но нагрузочная способность этих составов оказалась не достаточной, поэтому сделана попытка создать новый трибосостав. Для этого использованы порошки отходов Сарановского горнорудного комбината Пермской области. Они исследованы на дифрактометре XRD 6000 Японской фирмы Shimadzu, на инвертированном металлографическом микроскопе OLIMPUC GX-51, а на последней стадии на трибометре. TRB-S-DE (рис. 2) и показано, что удалось создать один из лучших ремонтно-восстановительных составов [7].

Для подтверждения триботехнической эффективности электризации масел на трибометре проведены аналогичные испытания, но с применением электронного регулятора трения (ЭРТ) (рис. 3) [4]. С ЭРТ подавали ток на медный, алюминии-

вый, оловянный, цинковый, стальной и угольный электроды, погружаемые в бурен масла за пальцем трибопары (рис. 3–5).

Эксплуатационные испытания на автомобилях показали, что ЭРТ уменьшает путь расход топлива от 3% (полностью трибообработанный автомобиль ВАЗ-2131М) до 23% (не трибообработанный автомобиль Хундай АХ 35).

Для продвижения инновационной триботехники нужна активная работа НИИ и вузов, частных компаний, государственное внимание. Нужны отработка приемов комплексного обслуживания машин, разработка НТД, государственных и отраслевых стандартов для реализации инновационного сервиса машин.

Выводы

Разработаны эффективные нетрадиционные методы и вещества, позволяющие при техническом обслуживании восстанавливать работоспособность и повышать ресурс узлов трения изношенных машин и оборудования с рентабельностью до 800%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белый И. Ф., Меркулов А. Ф., Белый В. И., Голубев И. Г. Эффективное использование антифрикционных добавок к трансмиссионным и моторным маслам. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. — 52 с.
2. Васильков Д. В., Пустовой И. Ф., Пустовой Н. И. Анализ поверхностного слоя, формируемого минеральными модификаторами поверхности трения // Труды ГОСНИТИ. — 2011. — Т. 107. — Ч. 2. — С. 11–13.
3. Ващенко А. В., Казарезов В. В., Таловина И. В., Костенко В. В. Серпентины в триботехнике // Минералогия. — 2002. — № 1. — С. 12–17.
4. Воронин С. В., Дунаев А. В. Влияние электрического и магнитного поля на механизм действия присадок к маслам // Трение и износ. — 2015. — Т. 36. — № 1. — С. 41–49.
5. Дроздов Ю. Н. и др. Новая противоизносная и антифрикционная ресурсовосстанавливающая композиция присадок к смазочным материалам // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2004. — № 5. — С. 50–53.
6. Дубинин А. Д. Энергетика трения и износа деталей. — Киев: Машгиз (южное отделение), 1963. — 140 с.
7. Дунаев А. В., Шарифуллин С. Н. Модернизация изношенной техники с применением трибопрепаратов. — Казань: Казанский университет, 2013. — 272 с.
8. Зуев В. В. Конституция, свойства минералов и строение земли (энергетические аспекты). — СПб.: Наука, 2005. — 400 с.
9. Лавров Ю. Г. Повышение долговечности корабельных ДВС введением неорганических присадок природного происхождения. Дис. ... канд. техн. наук. — СПб.: Военно-морская академия, 1997. — 288 с.
10. Лазарев С. Ю. О концептуальных вопросах исследований в области трибологии природных минеральных материалов // Труды ГОСНИТИ. — 2016. — Т. 124. — Ч. 2. — С. 47–52.
11. Любимов Д. Н., Долгополов К. Н., Вершинин Н. К., Дунаев А. В. Применение эффекта поля для снижения фрикционных потерь машин // Тракторы и сельхозмашины. — 2014. — № 10. — С. 40–43.
12. Пузырь А. П. и др. Перспективы использования детонационных наноалмазов с повышенной коллоидной устойчивостью в технических областях // Нанотехника. — 2006. — № 4 (8). — С. 96–95.
13. Пустовой И. Ф. 14-летний опыт Питерской PVC-технологии // Труды ГОСНИТИ. — 2011. — Т. 107. — Ч. 2. — С. 38–40.
14. Шабанов А. Ю. Очерки современной автохимии, мифы или реальность. — СПб.: СПбГПУ, 2004. — 216 с.
15. *Christophe Donnet, Ali Erdemir Editors. Tribology of Diamond-Like Carbon Films Fundamentals and Applications / University Institute of France and University Jean Monnet Laboratoire Hubert Curien UMR 5513 18 avenue Professeur Benoît Lauras 42000 Saint-Etienne, France. Argonne National Laboratory Energy Systems Division 9700 South Cass Avenue Argonne, IL 60439, USA. 2008, Springer Science + Business Media, L, 664 p.*
16. *Sung Chul Cha, Ali Erdemir Editors. Coating Technology for Vehicle Applications / Sung Chul Cha Materials Development Center R&D. Ali Erdemir Argonne National Laboratory Energy Systems Division Argonne, IL, USA. Division, Hyundai Motor Group Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea. Springer International Publishing Switzerland, 2015, 240 p.*
17. *Yuansheng J., Shenghua L. Superlubricity of in situ generated protective layer on worn metal surfaces in presence of Mg₆Si₄O₁₀(OH)₈ / Superlubricity. Edited by Ali Erdemir Argonne National Laboratory. Argonne, USA and Jean-Michel Martin Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France. B. V. Elsevier, 2007. Pp. 445–469. **PLAB***

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Дунаев Анатолий Васильевич — кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: dunaev135@mail.ru,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ.

A.V. Dunaev

INNOVATIVE METHODS TO EXTEND LIFE OF FOREWORN MACHINES

The innovative methods to extend life of foreworn friction joints in machines and equipment in maintenance period consist in addition of motor oils with mineral tribotechnical compositions and with electric charges from portable transformer in the system of electric equipment of machines. An efficient approach to improving wear resistance and to extending life of foreworn friction parts is antifriction coating of the parts with various tribotechnical compositions included in standard lubrications during maintenance service. Addition of oils with chemically active substances, pulps of natural and artificial mineral particles, oil solutions of active organic substances, metallic salts of organic acids and electric charges at the voltage less than 1 W, which create wear-preventive coats improving adhesion of lubricants is technically and economically efficient at the profitability of 500–800 % and more. In-place service as a part of the general system of maintenance and repair agrees with all periods of life of machines and includes running-in, diagnosis, introduction of preventive tribotechnical compositions, cleaning of lubrication systems for motors, fuel feed and cooling units, and, above all, revitalization of foreworn units and parts by repair-and-recovery mixtures. In the latter case, mineral particles open catalytically active friction surfaces, are subjected to mechanical hardening, participate in adhesion, physicochemical processes, tribopolymerization and catalysis of triboprocesses. As a result, a repair-and-recovery coat is generated. Serpentine-based tribocompositions allow strong antifriction coating. Serpentine conditions formation of diamond-like carbon films. The films features high purity and hardness, unhide traces of mechanical treatment, contain carbon to 90 % and have resistance of 10–300 Ω /cm. The effect of the serpentine-based treatment becomes notable in an hour and is enhancing during operation even without tribomixtures. The lab-scale tribotechnical tests of tribocompositions and charge feed in oils prove the efficiency of the nonconventional tribotechnology.

Key words: lubrication oils, tribotechnical repair-and-recovery compositions, electric charge, friction coefficient, wear.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-144-150

AUTHOR

Dunaev A.V., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, The Federal agricultural research centre «All-Russian Scientific Research Institute of Mechanization of Agriculture», 109428, Moscow, Russia, e-mail: dunaev135@mail.ru.

REFERENCES

1. Bely I. F., Merkulov A. F., Bely V. I., Golubev I. G. *Effektivnoe ispol'zovanie antifriktsionnykh dobavok k transmissionnym i motornym maslam* (Effective use of antifriction additives for the transmission and engine oils), Moscow, FGNU «Rosinformagrotekh», 2011, 52 p.
2. Vasil'kov D. V., Pustovoy I. F., Pustovoy N. I. *Trudy GOSNITI*. 2011, pp. 107, pp. 2, pp. 11–13.
3. Vashchenok A. V., Kazarezov V. V., Talovina I. V., Kostenko V. V. *Mineralogiya*. 2002, no 1, pp. 12–17.
4. Voronin S. V., Dunaev A. V. *Trenie i iznos*. 2015, pp. 36, no 1, pp. 41–49.
5. Drozdov Yu. N. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*. 2004, no 5, pp. 50–53.
6. Dubinin A. D. *Energetika treniya i iznosa detaley* (Energy friction and wear), Kiev, Mashgiz, 1963, 140 p.
7. Dunaev A. V., Sharifullin S. N. *Modernizatsiya iznoshennoy tekhniki s primeneniem tribopreparatov* (Upgrading worn-out equipment with the use of truboadditives), Kazan', Kazanskiy universitet, 2013, 272 p.
8. Zuev V. V. *Konstitutsiya, svoystva mineralov i stroenie zemli (energeticheskie aspekty)* (The constitution and properties of minerals and earth structure (power aspects)), Saint-Petersburg, Nauka, 2005, 400 p.
9. Lavrov Yu. G. *Povyshenie dolgovechnosti korabel'nykh DVS vvedeniem neorganicheskikh prisadok prirodnogo proiskhozhdeniya* (Increase of durability of ship engine by the introduction of

inorganic additives of natural origin), Candidate's thesis, Saint-Petersburg, Voenno-morskaya akademiya, 1997, 288 p.

10. Lazarev S. Yu. *Trudy GOSNITI*. 2016, pp. 124, pp. 2, pp. 47–52.

11. Lyubimov D. N., Dolgopolov K. N., Vershinin N. K., Dunaev A. V. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2014, no 10, pp. 40–43.

12. Puzyr' A. P. *Nanotekhnika*. 2006, no 4 (8), pp. 96–95.

13. Pustovoy I. F. *Trudy GOSNITI*. 2011, pp. 107, pp. 2, pp. 38–40.

14. Shabanov A. Yu. *Ocherki sovremennoy avtokhimii, mify ili real'nost'* (Essays on modern chemistry, myth or reality), Saint-Petersburg, SPbGPU, 2004, 216 p.

15. Christophe Donnet, Ali Erdemir Editors. *Tribology of Diamond-Like Carbon Films Fundamentals and Applications* / University Institute of France and University Jean Monnet Laboratoire Hubert Currien UMR 5513 18 avenue Professeur Benoît Lauras 42000 Saint-Etienne, France. Argonne National Laboratory Energy Systems Division 9700 South Cass Avenue Argonne, IL 60439, USA. 2008, Springer Science + Business Media, L, 664 p.

16. Sung Chul Cha, Ali Erdemir Editors. *Coating Technology for Vehicle Applications* / Sung Chul Cha Materials Development Center R&D. Ali Erdemir Argonne National Laboratory Energy Systems Division Argonne, IL, USA. Division, Hyundai Motor Group Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea. Springer International Publishing Switzerland, 2015, 240 p.

17. Yuansheng J., Shenghua L. Superlubricity of in situ generated protective layer on worn metal surfaces in presence of Mg₆Si₄O₁₀(OH)₈ / Superlubricity. Edited by Ali Erdemir Argonne National Laboratory. Argonne, USA and Jean-Michel Martin Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France. B. V. Elsevier, 2007. Pp. 445–469.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

(2017, № 6, СВ 11, 8 с.)

*Воропаева Елизавета Викторовна*¹ — аспирант,

*Агафонов Валерий Владимирович*¹ — доктор технических наук, профессор,

¹ НИТУ «МИСиС», e-mail: msmu-prpm@yandex.ru.

На основе методов теории принятия сложных решений и квалиметрии изложены общие положения методики обоснования необходимости реконструкции технологических систем угольных шахт, включающую алгоритмически определенные этапы и последовательность их реализации на базе наиболее адаптивного научно-методического обеспечения. Предложена система критериев оценки георесурсного потенциала, технологической и экономической составляющей функциональных структур угольных шахт. Установлены основные принципы периодичности проведения реконструкции технологических систем угольных шахт. В целях повышения технико-экономической эффективности работы действующих шахт рассмотрены основные вопросы научно-методического обеспечения выбора первоочередных объектов реконструкции и периодичности ее проведения.

SUBSTANTIATION OF DIRECTIONS OF INCREASE OF TECHNOLOGICAL LEVEL OF COAL MINES

*Voropaeva E.V.*¹, Graduate Student,

*Agafonov V.V.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

¹ National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia.

On the basis of methods of the theory of making difficult decisions and qualimetry the General provisions of a technique of justification of need of reconstruction of technological systems of coal mines including algorithmically certain stages and sequence of their realization on the basis of the most adaptive scientifically-methodical providing are stated. A system of criteria for assessing the georesources potential, technological and economic components of the functional structures of coal mines is proposed. Basic principles of periodicity of carrying out reconstruction of technological systems of coal mines are established. In order to improve the technical and economic efficiency of operating mines, the main issues of scientific and methodological support for the selection of priority reconstruction facilities and the frequency of its implementation are considered.