

Химические источники энергии для обеспечения безопасности в угольной промышленности: энергетический механизм образования постоянного электрического тока в аккумуляторе

И.Е. Колесниченко, Е.А. Колесниченко✉, Е.И. Любомищенко, Е.И. Колесниченко
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, г. Шахты,
Российская Федерация
✉Kolesnichenko-2718@rambler.ru

Резюме: Статья посвящена проблеме обеспечения пожарной и взрывобезопасности в угольной промышленности. В подземных горных выработках применяют аккумуляторные накопители электрической энергии в наиболее опасных горных выработках по газу метану и взрывоопасной угольной пыли. Проблема заключается в небезопасных конструкционных особенностях этих аккумуляторов и химических процессов при аккумуляции электрического тока. Показано, что проблема остаётся актуальной. Идея состоит в необходимости дополнять парадигму физических представлений в области энергетики современными знаниями из области квантовой теории. Целью работы является установление причинно-следственных явлений, силового взаимодействия атомов ингредиентов и обоснование энергетического механизма образования постоянного тока в химических источниках. Для обоснования идеи авторы рассмотрели химические процессы в свинцовом аккумуляторе. Аналитически обосновали физическую закономерность короткодействующих связей атомов. Показано, что эта связь обеспечивается силами притяжения и отталкивания. Распространённое в химии мнение, что ковалентная энергетическая связь обеспечивается электронами на совместной связующей орбитали, ошибочно, так как эти электроны при объединении атомов излучают энергию и перемещаются на основную орбиталь. Отпадает и необходимость в понятии спин электрона. Научной новизной является обоснование понятия о постоянном токе, закономерностях его хранения в химическом источнике и его параметрах. Впервые экспериментально зарегистрированы следующие результаты: а) проводники в электрической цепи химического источника постоянного тока производят электромагнитные излучения как в замкнутой, так и разомкнутой цепи при отсутствии тока; б) электрическая искра, образующаяся в зазоре разомкнутых проводников под электрическим током, излучает электромагнитные волны в видимом диапазоне частот, что доказывает продолжение тока вне проводника и физическое представление об электрическом токе как о потоке электромагнитных излучений, обладающих электрическим и магнитным полем; в) при замыкании проводников под током происходит сильное нагревание только одной ветви проводника от положительного катода до места замыкания, что доказывает направление постоянного тока во внешней цепи в одну сторону от катода.

Ключевые слова: взрывобезопасность, угольная промышленность, химические источники, постоянный ток, электромагнитные излучения, электрическая искра, квантовая теория, энергия связи атомов, силы притяжения и отталкивания атомов, хранение электрической энергии

Для цитирования: Колесниченко И.Е., Колесниченко Е.А., Любомищенко Е.И., Колесниченко Е.И. Химические источники энергии для обеспечения безопасности в угольной промышленности: энергетический механизм образования постоянного электрического тока в аккумуляторе. *Горная промышленность*. 2023;(1):80–88. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-1-80-88>

Chemical energy sources to ensure safety in the coal industry: the energy mechanism of direct electric current formation in a rechargeable battery

I.E. Kolesnichenko, E.A. Kolesnichenko✉, E.I. Lyubomishchenko, E.I. Kolesnichenko
Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty, Russian Federation
✉Kolesnichenko-2718@rambler.ru

Abstract: The article addresses the issues of fire and explosion safety in the coal industry. Electric energy accumulators are used in underground mines in workings that are most hazardous in terms of methane and explosive coal dust. The main challenge is the unsafe design features of these rechargeable batteries and the chemical processes involved in storing the electric power. It is shown that this issue still remains critical. The idea is that the paradigm of physical representations in the energy field should be supplemented with current knowledge in the quantum theory. The purpose of the research is to establish the cause and effect phenomena, the force interaction of the component atoms and to find the rationale for the energy mechanism of direct

current formation in chemical cells. The authors examined the chemical processes in a lead battery in order to justify the idea. The physical regularity of short-range bonding of atoms was analytically grounded. It was shown that this bonding is ensured by the forces of attraction and repulsion. The widespread opinion in chemistry that covalent energy bonding is provided by the electrons in the joint bonding orbital is erroneous, since these electrons emit energy when the atoms combine and move to the main orbital. The concept of electron spin is no longer necessary. The scientific novelty is the rationale behind the concept of direct current, the mechanisms of its storage in a chemical cell and its parameters. For the first time ever the following results have been experimentally confirmed: a) conductors in the electric circuit of a DC chemical cell produce electromagnetic emissions, both in closed and open circuit in the absence of current; b) an electric spark formed in the gap between energized open conductors radiates electromagnetic waves in the visible frequency range, which proves the existence of current outside the conductor and the physical idea of electric current as a flow of electromagnetic emissions possessing electric and magnetic fields; c) when the energized conductors are short circuited, only one branch of the conductor from the positively-charged cathode to the short circuit location is intensely heated, which proves that the direct current in the external circuit flows in one direction only, i.e. from the cathode.

Keywords: explosion safety, coal industry, chemical cells, direct current, electromagnetic emissions, electric spark, quantum theory, atomic bonding energy, atomic attraction and repulsion forces, electrical energy storage

For citation: Kolesnichenko I.E., Kolesnichenko E.A., Lyubomishchenko E.I., Kolesnichenko E.I. Chemical energy sources to ensure safety in the coal industry: the energy mechanism of direct electric current formation in a rechargeable battery. *Russian Mining Industry*. 2023;(1):80–88. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-1-80-88>

Введение

В подземных горных выработках применяют аккумуляторные накопители электрической энергии для оборудования шахтных электровозов. Шахтные аккумуляторные электровозы составляют 80% от общего числа локомотивов. Шахтные аккумуляторные электровозы применяют в наиболее опасных горных выработках по газу метану и взрывоопасной угольной пыли. Наибольшее распространение получили свинцово-кислотные аккумуляторные батареи [1]. Все 100% подземных работников угольных предприятий применяют переносные шахтные светильники индивидуального пользования с аккумуляторными батареями СГТ-9 и фонари типа коногонка. Опасность шахтных электровозных аккумуляторов заключается в выделении газа водорода H_2 в процессе зарядки. Водородно-воздушная смесь является взрывоопасной. Из практики известно, что в электрической цепи аккумуляторов и индивидуальных светильников при замыкании проводников возникают опасные токи короткого замыкания. Это может инициировать их нагревание и взрыв метановоздушной смеси в выработке. Применение аккумуляторных батарей регламентируется Нормами безопасности¹. Однако решение проблемы возможно при совершенствовании конструкций аккумуляторов и обосновании безопасных физико-химических процессов аккумуляции электрического тока.

Химические источники энергии применяют не только в угольной промышленности. Распространение получили как стационарные источники, так и автономные накопители электрической энергии (НЭЭ)² [2–7]. В соответствии с ГОСТом³ автономные накопители должны «поглощать электрическую энергию, хранить ее в течение определенного времени и отдавать электрическую энергию обратно, в ходе чего могут происходить процессы преобразования энергии». К автономным накопителям предъявляются определённые требования. Основным требованием при совершенствовании и разработке новых аккумуляторов является увеличение их ёмкости, т.е. количества электри-

ческой энергии, накапливаемой за 1 полный цикл заряда. Проблемой является то, что современные методы разработки конструкции накопителей основаны в основном на экспериментальных исследованиях различных активных химических веществ [2–4; 6]. По данным Е.А. Островидова [7], наиболее распространёнными являются 17 активных химических веществ. Авторы полагают, что проблема увеличения ёмкости может быть решена в результате установления научно обоснованных закономерностей накопления электрической энергии в процессе зарядки, а затем преобразования этой энергии и получения электрического тока в химических накопителях. В отличие от экспериментального разнообразия химических элементов, распространённая парадигма образования электрического тока в химических источниках продолжает отражать только химическую сторону проблемы [8–10]. Это происходит потому, что первые источники были изобретены учёными-химиками А. Вольта (1800 г.), В.В. Петровым (1802 г.), Г. Плантэ (1859 г.), Ж. Лекланше (1865 г.), К. Губертом (1890 г.) [4]. До настоящего времени известны различные взгляды на механизм образования электрического тока. Считается, что электрический ток – это поток носителей заряженных частиц [7; 10; 11]. По теории химической термодинамики образование электрического тока происходит за счёт убыли свободной энергии Гиббса [6; 7]. В.Н. Варыпаев и др. предполагают, что «вещества обладают скрытой внутренней энергией, от которой частично освобождаются при химических и при некоторых физических процессах» [6]. Электрический химический ток вырабатывается в результате высвобождения электронов в процессе окислительно-восстановительных реакций [12]. Генерирование электронов происходит при окислении на отрицательном электроде восстановителя, а поглощение электронов на другом конце ёмкости аккумулятора на положительном электроде [6]. Понятия о том, что вещества освобождаются от скрытой энергии при некоторых физических процессах, а электрический химический ток – это результат освобождения электронов, раскрывают отсутствие представлений о физических процессах. Остаётся неизвестным, как генерируются электроны на отрицательном электроде, и как они поглощаются на другом конце аккумулятора положительным электродом. Неизвестна роль электролита и химических процессов в нём.

Распространённая концептуальная парадигма обра-

¹ ГОСТ РД 05-325-99 Нормы безопасности на основное горнотранспортное оборудование для угольных шахт. Госгортехнадзор России. Дата актуализации: 01.01.2021.

² ГОСТ Р 5893-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Источники тока термические. Термины и определения. Дата введения 2020-05-01

³ ГОСТ Р 5893-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Источники тока термические. Термины и определения. Дата введения 2020-05-01

зования тока в химических источниках не раскрывает физический механизм образования тока. Вместе с представлениями о свободных электронах в атомах и переносе электрических зарядов свободными радикалами она закрывает пути повышения эффективности работы химических элементов и аккумуляторов. Поэтому эволюционный процесс совершенствования физических знаний с пополнением фактографических данных и природных закономерностей должен продолжаться. Перспективным методом совершенствования компетенций в области хранения и получения постоянного тока в химических накопителях является квантовая теория энергетических процессов в атомно-молекулярных структурах химических ингредиентов [13; 14].

Цель работы заключается:

- в установлении закономерностей причинно-следственных химических и энергетических явлений, параметров зарядного и генерируемого электрического тока в химических накопителях;
- установлении характеристики отдаваемого в сеть постоянного тока;
- уточнении закономерностей силового взаимодействия атомов ингредиентов в аккумуляторе и природного электронно-энергетического механизма преобразования электрической энергии в электрический ток;
- объяснении процесса преобразования зарядного тока в электрическую энергию в химическом накопителе, а затем этой энергии в постоянный ток, отдаваемый во внешнюю сеть;
- подтверждению полученных выводов результатами экспериментов.

Методы

Объектом исследования приняты свинцово-кислотные аккумуляторы, изобретённые полтора столетия назад [10; 11] и используемые с 1859 г. по настоящее время. Выбор объекта исследования обоснован тем, что позволяет исследовать в сложной цепи процессы зарядки, хранения зарядного тока в аккумуляторе и отдачи идентичного постоянного тока в электрическую сеть. В аккумуляторе происходят сложные физико-химические явления, в процессе которых образуется электрический ток. По мнению авторов, эта сложная трансформация позволяет подтвердить или установить новые представления об электрическом токе вообще и отличительные характеристики постоянно от переменного в частности.

Обзор технической и учебной литературы [3; 5; 9; 10; 15] позволил оценить распространённое представление о химических процессах в химических источниках получения электричества [16]. Парадигма образования электрического тока отражает только химическую сторону процессов. Физические и химические процессы проверялись при изучении сложной цепи при перемещении зарядного тока от внешнего источника по проводникам электродов и ингредиентам электролита. Были рассмотрены эндотермические процессы распада молекул под действием зарядного тока. Химизм процессов изучен по данным из технической и учебной литературы [2; 10; 11; 15]. Представления об электрическом токе и энергетических закономерностях объединения и разъединения атомов в молекуле рассмотрены с известных позиций в химии [17] и предлагаемых в квантовой теории [14]. Энергетическая схема объединения атомов, значительно отличающаяся от известных схем в химии [17], закономерности хранения энергии в аккумуля-

торе и электромагнитных излучений этой энергии в сеть объяснены на основе квантовой теории [14].

Экспериментальный метод применён для доказательства направления движения постоянного по направлению и пульсирующего по величине электрического тока во внешней цепи аккумулятора.

Результаты и обсуждение

У авторов статей по квантовой теории [13; 14] сформировались принципиально отличные представления о физической стороне механизма генерирования постоянного электрического тока. Возникли вопросы к понятию «электрический ток» в традиционном представлении. Полагаем, что на первом этапе основным вопросом является установление физического способа воздействия электрического тока на разъединение атомов. На втором этапе энергетические закономерности соединения и разъединения атомов в молекулу являются основными в генерировании электрического тока в аккумуляторе.

Для доказательства этих отличий рассмотрим структуру и химические ингредиенты свинцово-кислотного аккумулятора. Основу его составляют электроды, состоящие из металлических решёток, на одну из которых наносится двуокись свинца PbO_2 , а на другую губчатый свинец Pb . Двуокись свинца в электрической цепи определяется как катод (+), а губчатый свинец – как анод (–). После погружения в электролит, состоящий из воды H_2O и серной кислоты H_2SO_4 (29–34 %), на электродах в разряженном аккумуляторе реагенты PbO_2 и Pb соединяются с H_2SO_4 и образуют на обоих электродах сульфат свинца $PbSO_4$. Физико-химические процессы в аккумуляторе происходят в два этапа. На первом этапе во время зарядки с точки зрения химии происходят химические окислительные процессы реагентов. Считается, что «при химических реакциях происходит взаимное превращение внутренней энергии вещества, с одной стороны, и тепловой, лучистой, электрической или механической энергии, с другой» [17]. Рассмотрим, что происходит в это время с химическими ингредиентами в аккумуляторе. Молекулы сульфата свинца, серной кислоты и воды поглощают эту энергию и разъединяются на отдельные свободные радикалы [11; 17]. Без объяснения физических энергетических процессов этот распад можно представить, как разделение молекулы на пазлы для последующей сборки. Например, два атома водорода H отсоединяются от молекулы H_2SO_4 и образуют отдельные пазлы H , H и SO_4 . На этом процесс зарядки заканчивается. Неизвестна роль зарядного тока в этих разъединениях и в получении отдельных пазлов или свободных радикалов.

После отключения зарядного тока начинается восстановительный процесс, т.е. воссоединение этих отдельных пазлов. В химии [17] считается, что «Поскольку в экзотермической реакции теплота выделяется, то это происходит за счёт уменьшения теплосодержания системы. Значит, энтальпия системы в конечном состоянии H_2 становится меньше энтальпии системы в исходном состоянии H_1 , тогда $\Delta H = (H_2 - H_1) < 0$. В эндотермической реакции $\Delta H > 0$. Неизвестно, причём здесь теплота, если из сохранённой энергии должен образовываться постоянный ток. Рассмотрим существующее представление об этом электрическом токе.

В физике, химии и электродинамике утвердилась парадигма, что электрический ток в проводнике создаётся и переносится свободными электронами.

По версии химии «при любой окислительно- восстано-

вительной реакции происходит переход электронов от восстановителя к окислителю. Окислитель принимает электроны. Можно осуществить эту реакцию таким образом, что ... электроны будут переходить от восстановителя к окислителю не непосредственно, а по проводнику электрического тока – по внешней цепи. Этот направленный поток электронов представляет собою электрический ток» [17]. Версии об электрическом токе, представленные в литературе по физике, необходимо рассмотреть подробнее. В справочнике по физике в переводном издании [10] подтверждается, что «Электрический ток в проводнике создаётся так называемыми свободными электронами, движущимися с относительно малой скоростью». По расчётам⁴ скорость движения таких электронов в медном проводнике 0,0008 м/с, а ток в сети распространяется мгновенно. Авторы этих взглядов уверены, что свободные электроны могут выйти из атома, погулять, а затем найти себе свободную «дырку» в электростатическом поле атома. Полагаем, что такая интерпретация физических процессов в области пограничных знаний химии отражает период начала зарождения теоретических аспектов квантовой теории. Ещё в 1873 г. М.В. Волькенштейн в статье «Успехи физических наук» отмечал [18], что «сейчас совершенно ясно, что в химических превращениях нет никаких явлений, кроме физических, и химия «сводится» к квантовой механике, статистической механике и физической кинетике. Это ни в коей мере не отменяет самостоятельности и значимости великой науки – химии».

Приведенное выше описание этапов заряда и разряда аккумулятора позволяет обосновать различие физических аспектов получения электрического тока в физике, химии и в квантовой теории. По нашему мнению, различия заключаются в интерпретации энергетических закономерностей механизма взаимодействия двух атомов при их соединении и разъединении, и явлений формирования и перемещения электрического тока. Результат химических процессов зарядки реален и известен. Происходит отделение отдельных атомов от молекул и образование ионов с положительным или отрицательным зарядом, т.е. свободных радикалов: атома свинца Pb, сульфата серной кислоты SO₄, гидроксогруппы OH, атомов водорода H и кислорода O. Все эти образования ионов произошли в результате энергетического разрыва короткодействующих связей между атомами Pb-S, H-S, H-O, O-O, H-H, Pb-O. Возникает вопрос: каким образом свободные электроны зарядного тока разрушают энергию связи между атомами?

Электромагнитная связь короткодействующего взаимодействия атомов в молекуле. В химии к стандартным параметрам короткодействующей связи двух атомов относятся расстояние между центрами объединённых атомов и энергия связи. В разделе квантовой химии [17] известны два объяснения свойств химической связи атомов. Метод валентных связей (ВС) предполагает, что эта связь обеспечивается двумя электронами, движущимися в ограниченном участке электростатического поля двух ядер. Метод молекулярных связей (МО) рассматривает систему из ядер и электронных оболочек. Предполагается, что «энергия системы двух атомов понижается тогда, когда электроны с большой вероятностью находятся в межъядерном пространстве (как бы «задерживаются» в этой области). Такая задержка приводит к понижению их кинетической энергии». В результате отрицательная энергия

преобладает, молекула становится устойчивой, образуется химическая связь.

В основе метода ВС принято, что ковалентная связь тем прочнее, чем в большей степени перекрываются взаимодействующие электронные облака. Введено понятие связующих и разрыхляющих молекулярных связей. Переход электронов с атомных 1s-орбиталей на связывающую МО, приводящий к возникновению химической связи, сопровождается выделением энергии. Напротив, переход электронов на разрыхляющую МО требует затраты энергии. Следовательно, энергия электронов на связывающей орбитали ниже, а на разрыхляющей выше, чем на атомных 1s-орбиталях (рис. 1).

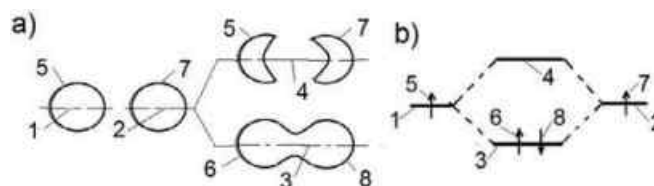


Рис. 1
Энергетическая схема молекулы водорода H₂ [по 17], где *a* – образование МО молекулы (по 17, рис. 4.10); *b* – образование связующей или разрыхляющей орбитали (по 17, рис. 4.7); 1, 2 – соответственно атомные орбитали (АО) в первом и втором атоме; 3, 4 – соответственно связующая и разрыхляющая орбитали МО; 5, 6 – соответственно электрон первого атома на АО первого атома и на связующей орбитали (МО); 7, 8 – соответственно электрон второго атома на АО второго атома и на связующей орбитали

Fig. 1
Energy diagram of a hydrogen molecule H₂ [17], where *a* is formation of the molecular bond (MO) [17, Fig. 4.10]; and *b* is formation of the bonding or antibonding orbitals [17, Fig. 4.7]; 1, 2 are the atomic orbitals (AO) in the first and second atom, respectively; 3, 4 are the bonding or antibonding orbitals of the molecular bond, respectively; 5, 6 is the first atom's electron on the atomic orbital of the first atom and on the bonding orbital (MO); 7, 8 is the second atom's electron on the atomic orbital of the second atom and on the bonding orbital, respectively

Необходимо отметить, что химические материалы [17] не дают представления о механизме разъединения молекулы на атомы зарядным электрическим током. Нахождение атомов в межъядерном пространстве и понижение «кинетической» энергии не может происходить одновременно. Объединение на связующей орбитали 3 двух атомов 6 и 8 невозможно (рис. 1, *b*), так как им нужно излучить поглощённую энергию и переместиться на орбитали 1 и 2. Только после этого происходит снижение энергии системы и образование электромагнитной (химической) связи атомов в молекуле.

Основные распространённые представления в физике и химии о механизме взаимодействия объединённых атомов в молекулу можно сгруппировать следующим образом.

1. Вокруг атомов существует электрическое поле в виде сферы [19].

2. При сближении двух атомов между ними возникают электростатические силы притяжения и отталкивания [10; 17; 19].

3. Сила, вызывающая образование химической связи, является равнодействующей сил притяжения и отталкивания [20].

⁴ Электронное учебное пособие по разделам курса физики. Режим доступа: <https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=31032>

4. Химическая связь атомов наиболее устойчива при минимальной энергии взаимодействия сил отталкивания и притяжения, которая образуется после возвращения валентного электрона с возбуждённой на основную энергетическую орбиталь, уменьшении между центрами ядер объединённых атомов расстояния до равновесного, соответствующего стандартного значения для этой пары атомов [17; 20; 21].

Энергетическая схема объединения двух атомов (рис. 2) с учётом этих представлений (разработанная авторами) принципиально отличается от схем на рис. 1.

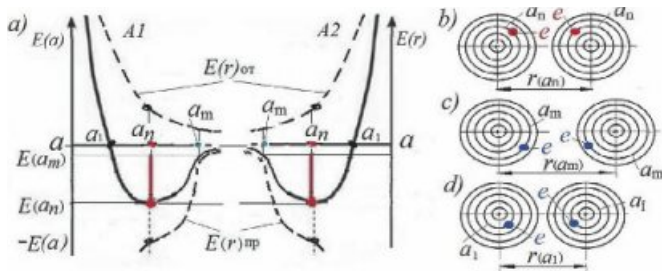


Рис. 2
Энергетическая схема соединённых атомов A1 и A2 (разработанная авторами), где a – радиус расположения энергетических орбиталей электрона; e – валентный электрон; a_1, a_n, a_m – номера орбиталей энергетических уровней в атоме; $E(r)$ – энергия силового взаимодействия в зависимости от расстояния между атомами; $E(r)$ от и $E(r)_{пр}$ – соответственно энергия сил отталкивания и притяжения; $E(a)$ – энергия энергетических уровней орбиталей электрона в зависимости от радиуса орбиты; $E(a_n), E(a_m)$ и $E(a_1)$ – соответственно энергия энергетических уровней при нахождении электрона на этих орбиталях; a_0 – основной энергетический уровень электрона при равновесном расстоянии r_0 от ядра

Fig. 2
The energy diagram of bonded atoms A1 and A2 (developed by the authors), where a is the radius of electron energy orbitals; e is the valence electron; a_1, a_n, a_m are the numbers of energy level orbitals in the atom; $E(r)$ is the energy of force interaction depending on the distance between the atoms; $E(r)$ от and $E(r)_{пр}$ are the energy of repulsive and attractive forces, respectively; $E(a)$ is the energy of the energy levels of electron orbitals depending on the orbital radius; $E(a_n), E(a_m)$ and $E(a_1)$ is the energy of the energy levels when the electron is in these orbitals; a_0 is the ground energy level of the electron at the equilibrium distance of r_0 from the nucleus

Короткодействующая связь атомов обеспечивается силами притяжения и отталкивания. Регулятором соотношения сил притяжения и отталкивания является положение отрицательно заряженного электрона на энергетической орбитали атома. Известны достоверные данные о расстоянии между ядрами и энергия связи различных пар атомов [14; 17]. Например, равновесное межъядерное расстояние в молекуле водорода Н-Н при температуре 298 К (25 °С) равно 0,074 нм, а энергия этой связи 436 кДж/моль. В пересчёте на одно соединение двух атомов Н-Н энергия равна 4,53 эВ. Каждый атом обладает самостоятельной энергией связи с другим атомом, которая равна 2,26 эВ [13; 14; 17]. При этом валентный электрон может передвигаться по энергетическим уровням и подуровням атома. Эти перемещения происходят при поглощении и излучении фотонов электромагнитной энергии. Движущийся электрон, элементарный отрицательный заряд которого $e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл (Кулона) в электрическом поле ядра атома имеет энергию $1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Дж или 1 эВ (электрон-вольт) [10]. При

поглощении (присоединении) электроном фотона электромагнитной энергии из окружающего пространства их суммарная отрицательная энергия увеличивается и они перемещаются дальше от ядра. Так, электрон при поглощении фотона энергии с орбитали a_n может переместиться на орбиталь a_m и обратно (рис. 2). На рис. 2 показано, что химическая связь атомов обеспечивается взаимодействием сложных зависимостей энергий притяжения и отталкивания. Электрон своим перемещением по энергетическим уровням изменяет межъядерное расстояние. При поглощении электронами обоих атомов фотонов энергии, равной энергии связи, они перемещаются на орбитали a_m , энергия отталкивания превысит энергию притяжения и атомы разъединятся, превращаясь в свободные радикалы. Электроны с фотонами энергии остаются на возбуждённых орбиталях a_m (рис. 2, с).

Механизм излучения постоянного тока электроном. Считаем, что идеализированные представления об электрическом токе как потоке свободных электронов и отдельных частиц являются интуитивным обоснованием механизма «в чёрном ящике». Невозможность участия свободных электронов в электрическом токе заключается в следующем. Заряд электрона имеет фиксированную электрическую энергию, равную $e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Дж или 1 эВ. Энергия связи двух атомов не является целым числом и может быть больше или меньше энергии одного электрона. Трудно вообразить механизм переноса в электролите свободных электронов радикалами атомов и способ накопления этих электронов в химическом накопителе. Невозможно представить взаимодействие энергии свободного электрона с системой электромагнитного взаимодействия окружающих атомов. Квантовая теория атомно-молекулярных систем объясняет энергетические процессы в этом «чёрном ящике», т.е. в самом атоме.

Хранение электрической энергии в аккумуляторе. Электрон атома, обращаясь вокруг атома с большой частотой, обладает электромагнитными свойствами. Валентный электрон атома может присоединять только электромагнитную энергию в виде фотонов. Чтобы разъединить атомы водорода, как было показано выше, электрон должен присоединить фотон с энергией 2,26 эВ. После присоединения этого фотона энергия электрона увеличивается, и он перескакивает с основного энергетического уровня на возбуждённый. Атомы разъединяются, так как энергия их отталкивания превышает энергию притяжения. Присоединённая энергия остаётся на хранение электроном в атоме.

Излучение сохранённого тока в электрическую сеть. В результате соударений свободные радикалы сближаются и объединяются. Начальный импульс сближения происходит в результате перекрёстного притяжения ядром одного атома электрона другого атома. Валентные электроны излучают фотоны присоединённой энергии, перемещаются ближе к ядру атома, и атомы объединяются.

Сохранённый электрический ток – это и есть поток электромагнитных излучений валентными электронами при объединении атомов в аккумуляторе. Излучаемый электронами постоянный ток – пульсирующий, так как излучается вращающимся электроном. Фотоны имеют волновую форму, амплитуда которой равна постоянной Планка ($h = 4,1356 \cdot 10^{-15}$ эВ·с), а частота излучения зависит от излучаемой энергии, т.е. равна энергии связи атома с другим атомом. Например, электрон атома водорода при объединении с другим атомом излучает постоянный ток с частотой $\nu = 546,5 \cdot 10^{12}$ Гц. Атом можно представить в виде

цилиндра воздушного ручного насоса (насос Шинца), внутри которого перемещается поршень. В начальном положении поршня цилиндр заполняется воздухом из окружающей атмосферы. В процессе перемещения и нахождения поршня в конечном положении порция воздуха истекает из цилиндра. Это напоминает излучение фотона энергии электроном. Поршень возвращается за новой порцией воздуха. Так и электрон, прежде чем возвращаться на основной энергетический уровень, должен избавиться от присоединённой энергии.

Движение тока в электрической цепи. Во внешней цепи ток, излучаемый атомами ингредиентов, движется от катода к аноду. При этом ток в цепи не движется по замкнутому кругу, а имеет начало и окончание. Направления движения тока задают излучения электронов на катоде. В обратную сторону дорога затруднена, так как сопротивление электролита возрастает и возле анода нет излучений. Поэтому аккумулятор не может сам себя заряжать.

Полагаем, что и перемещение индуцированного генератором переменного тока заканчивается в цепи генератора. Если бы ток двигался по кругу, то не нужны были бы невозобновляемые источники энергии и генераторы.

Экспериментальные исследования сохранённого тока в электрохимическом элементе (источнике тока)⁵. Объектом исследования принята электрическая цепь с батареями первичных химических источников тока с низковольтным напряжением. Цель была экспериментально установить электромагнитные или магнитные излучения:

- проводниками электрического тока в замкнутой и разомкнутой цепи;
- проводниками при коротком замыкании;
- электрической искрой, образующейся в зазоре между двумя разомкнутыми проводниками.

Электрическая цепь состояла из химического источника постоянного тока в виде двух одинаковых параллельно соединённых батарей типа SmartBuy 3R12 4.5V, электрической лампы на 3,5 V и цифрового мультиметра DT-830B (рис. 3). Регистрация электромагнитных излучений осуществлялась индикатором-пробником типа ОП-2э. Прибор соответствует ГОСТ ИЕС 61010-031. Чувствительность высокочастотных полей от 2 мВт/см².

Наличие тока в цепи проверено показаниями мультиметра, звуковым сигналом и световым излучением электрической лампы (рис. 3, а). При включённой (На включение лампочки) электрической лампочке индикатор отреагировал световой и звуковой индикацией на электромагнитные излучения проводниками 6 и 7. При отключении электрической лампочки и разрыве электрической цепи, т.е. при отсутствии тока в цепи, устройство также зарегистрировало излучения этими проводниками. Электромагнитные излучения представляют собой волновую форму энергии, поэтому при отсутствии тока в соответствии с Квантовой теорией [13; 14] на концах проводника формируется ЭДС, а в проводнике вместо тока образуется его магнитная составляющая.

Для исследования характеристики постоянного тока в проводнике между проводниками 6 и 7 был оставлен небольшой зазор, в котором образовалась электрическая искра 5. Можно считать, что искра, являясь продолжением постоянного тока между концами разомкнутой цепи, сохраняет и его электромагнитные свойства (рис. 4).

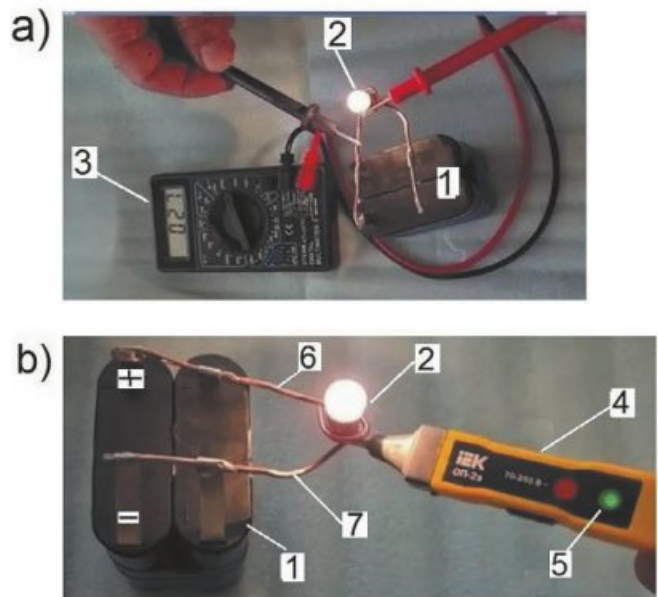


Рис. 3
Фото измерения электромагнитных излучений в электрической цепи, где 1 – 2 батареи типа SmartBuy 3R12 4.5V; 2 – электрическая лампа; 3 – мультиметр; 4 – индикатор-пробник; 5 – световой индикатор; 6 – медный проводник от катода (+); 7 – медный проводник от анода (-)

Fig. 3
A photograph of electromagnetic emissions measurement in an electrical circuit, where 1 are the SmartBuy 3R12 4.5V batteries; 2 is an electric lamp; 3 is a multimeter; 4 is a tester indicator; 5 is a light indicator; 6 is a copper conductor from the cathode (+); 7 is a copper conductor from the anode (-)

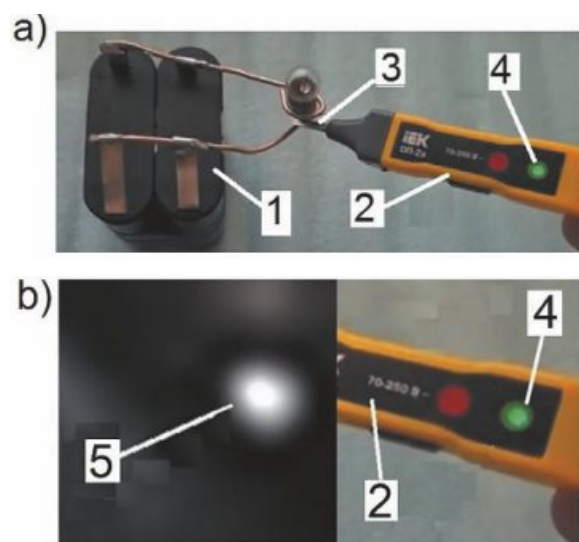


Рис. 4
Фото электрической искры и измерения электромагнитного излучения: а – электрической искрой; б – генерируемого организмом человека; 1 – индикатор-пробник; 2 – электрическая искра; 3 – световой индикатор электромагнитного излучения; 4 – место индикации электромагнитного излучения лобной части головы человека

Fig. 4
A photograph of an electric spark and measurement of electromagnetic emissions generated by a electric spark; b by the human body; 1 is a tester indicator; 2 is an electric spark; 3 is a light indicator of electromagnetic emissions; 4 is the place of displaying electromagnetic emissions on the frontal part of the human head

⁵ ГОСТ Р 5893-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Источники тока термические. Термины и определения. Дата введения 2020-05-01

Замеры показали, что индикатор зарегистрировал электромагнитные излучения электрической искрой. Результаты экспериментальных измерений позволяют считать, что постоянный ток, сохранённый в химическом источнике, обладает электрическим и магнитным полем. Это доказывает, что постоянный ток имеет волновой характер и частота его определяется энергией излучения. Можно отметить, что постоянный ток только по направлению постоянный, что было доказано экспериментом. По величине постоянный ток является пульсирующим высокочастотным.

Установлено, что при коротком замыкании медных проводников 6 и 7 происходит сильное нагревание только одной ветви проводника 6 между клеммой (плюс) батарейки и местом замыкания (рис. 3, б). Вторая ветвь проводника в цепи не нагревалась. Нагревание проводника с одной стороны от короткого замыкания подтверждает высказанное выше предположение, что постоянный ток во внешней цепи движется от положительно заряженного катода к месту замыкания.

Заключение

Аналитический анализ, выполненные эксперименты, опыт применения аккумуляторов шахтных электровозов, переносных шахтных светильников индивидуального пользования и светильников головных СГГ-7 показали, что наиболее опасными элементами с точки зрения инициирования взрывоопасных аварий являются проводники электрического тока. В индивидуальных светильниках подземных работников проводники, соединяющие аккумулятор с фарой, должны быть защищены от передавливания для предотвращения образования токов короткого замыкания (ТКЗ).

Впервые установлена закономерность причинно-следственных химических и энергетических явлений в сложной цепи процессов в химических источниках энергии. В аккумуляторах химическое разделение атомов различных ингредиентов электролита происходит в результате электронно-энергетических явлений при поглощении валентными электронами энергии зарядного тока. В результате химического объединения атомов происходят электронно-энергетические явления с излучением электромагнитной энергии в виде потока сохранённого постоянного тока во внешнюю электрическую сеть.

Впервые установлено на основании аналитического анализа методов валентных связей (ВС) и молекулярных связей (МО) квантовой химии, электростатических сил

вокруг атомов, что электромагнитная связь короткодействующего взаимодействия атомов в молекуле вызывается электростатическими силами притяжения и отталкивания. Валентные электроны свободных радикалов на возбуждённом энергетическом уровне образуют начальный импульс сближения атомов. После излучения поглощённой энергии эти электроны перемещаются с возбуждённого энергетического уровня на основной. Поэтому представления о связующей и разрыхляющей орбиталах объединённых электронов у двух атомов, а также теоретические представления о наличии различных спинов у электронов опровергаются возникающими силами притяжения и отталкивания.

Хранение электрической энергии зарядного тока атомами ингредиентов, участвующими в эндотермических и экзотермических реакциях, осуществляется после разделения атомов электронами свободных радикалов. Величина этой энергии равна электромагнитной (химической) энергии связи атома с другим атомом. При объединении атомов валентные электроны излучают фотоны сохранённой энергии в виде постоянного по направлению и пульсирующего по величине высокочастотного тока.

Во внешней электрической цепи излучаемый в аккумуляторе ток движется от катода к аноду. При этом ток движется не по замкнутому кругу, началом является излучение энергии электроном, а заканчивается движение тока на границе со свободными радикалами, электроны которых не могут поглощать энергию.

Практическое значение: впервые экспериментально зарегистрированы следующие результаты:

- электромагнитное излучение проводниками в электрической цепи химического источника постоянного тока имеется как в замкнутой, так и разомкнутой цепи при отсутствии тока;

- электрическая искра, образующаяся в зазоре разомкнутых проводников под электрическим током, излучает электромагнитные волны в видимом диапазоне частот, что доказывает продолжение тока вне проводника и физическое представление об электрическом токе как о потоке электромагнитных излучений, обладающих электрическим и магнитным полем;

- при замыкании проводников под током происходит сильное нагревание только одной ветви проводника от положительного катода до места замыкания, что доказывает направление постоянного тока во внешней цепи в одну сторону от катода.

Список литературы

1. Гутаревич В.О., Рябко К.А., Рябко Е.В., Захаров В.А. Обзор конструкций тяговых аккумуляторных батарей, применяемых на шахтных электровозах. Известия вузов. Горный журнал. 2020;(2):109–118. <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-2-109-118>
2. Нижниковский Е.А. Тенденции развития химических источников тока для автономного электропитания миниатюрной техники. Межведомственный научный совет по комплексным проблемам физики, химии и биологии при Президиуме РАН. Вестник Российской академии естественных наук. 2009;9(3):57–64.
3. Онищенко Д.В. Современное состояние вопроса использования, развития и совершенствования химических источников тока. ДВО РАН Институт химии. Исследовано в России. 2007;9:1341–1441. Режим доступа: <https://echemistry.ru/assets/files/stati/sovremennoe-sostoyanie-voprosa-ispolzovaniya-razvitiya-i-sovershenstvovaniya-himicheskikh-istochnikov-toka.pdf?ysclid=ld1kh3bgmq245738463>
4. Чуриков А.В., Казаринов И.А. Современные химические источники тока. Саратов; 2008. 50 с. Режим доступа: http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/657.pdf

5. Каменев Ю.Б., Чезлов И.Г. (сост.) *Современные химические источники тока. Гальванические элементы, аккумуляторы, конденсаторы*. СПб.: СПбГУКиТ; 2009. 90 с. Режим доступа: <https://books.gikit.ru/pdf/fulltext/39.pdf>
6. Варыпаев В.Н., Дасоян М.А., Никольский В.А. *Химические источники тока*. М.: Высшая школа; 1990. 240 с.
7. Островидов Е.А., Вольнец Н.Ф. Химия. *Химические источники электрической энергии*. СПб.: СЗПИ; 2000. 24 с.
8. Жерин И.И., Амелина Г.Н., Страшко А.Н., Ворошилов Ф.А. *Основы электрохимических методов анализа*. Томск: Изд-во Томского политехнического университета; 2013. Ч. 1. 101 с.
9. Простов В.Н. *Основы химической физики*. М.: Московский физико-технический университет (Государственный университет); 2003. 85 с.
10. Кухлинг Х. *Справочник по физике* [Пер. с нем.] М.: Мир; 1982. 520 с.
11. Кочуров А.А., Гумелёв В.Ю., Шевченко Н.П. *Теоретические основы решения проблемы увеличения сроков службы аккумуляторных батарей при хранении и повышения эффективности способов их восстановления*. Рязань: Ряз. высш. возд.-дес. ком. уч-ще (воен. ин-т); 2012. 252 с.
12. Наумов В.И., Паничева Г.А., Четырбок Л.Н., Мацулевич Ж.В. Атом. *Химическая связь и строение вещества*. Нижний Новгород: Нижнегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева; 2012. 344 с.
13. Колесниченко И.Е., Колесниченко Е.А., Любомищенко Е.И., Колесниченко Е.И. Теоретическое и экспериментальное обоснование первичной энергии и электронно-энергетических явлений образования электрического тока. *Горная промышленность*. 2022;(2):97–102. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-2-97-102>
14. Колесниченко И.Е., Артемьев В.Б., Колесниченко Е.А., Любомищенко Е.И. *Квантовая теория энергетических процессов в молекулярных структурах угольного пласта*. М.: Горная книга; 2020. 40 с.
15. Неचाев А.В. *Основы электрохимии*. Екатеринбург: УрФУ; 2010. 107 с. Режим доступа: <https://study.urfu.ru/Aid/Publication/9517/1/Nechyaev.pdf>
16. Зубович С.О., Суркаев А.Л., Сухова Т.А., Кумыш М.М., Рахманкулова Г.А. *Курс лекций. Физика. Часть III. Электричество*. Волгоград: ВПИ (филиал) ВолгГТУ; 2015 г. 81 с.
17. Глинка Н.Л. *Общая химия*. 30-е изд. М.: Интеграл-Пресс; 2002. 728 с.
18. Волькенштейн М.В. Биология и физика. *Успехи физических наук*. 1973;109(3):499–515. Режим доступа: http://www.ufn.ru/ufn73/ufn73_3/Russian/r733c.pdf
19. Кузнецов С.И. *Курс физики с примерами решения задач. Ч. II. Электричество и магнетизм. Колебания и волны*. 4-е изд. Томск: Изд-во ТПУ; 2013. 370 с.
20. Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков Ю.Ю. *Квантовая физика*. Томск: Изд-во Томского политехнического университета; 2009. 320 с.
21. Тюшев А.Н. *Физика в конспективном изложении. Часть III. Основы молекулярной физики и термодинамики. Квантовая физика*. Новосибирск: СГГА; 2000. 166 с.

References

1. Gutarevich V.O., Riabko K.A., Riabko E.V., Zakharov V.A. Review of structural battery designs used on mine electric locomotives. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2020;(2):109–118. (In Russ.) <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-2-109-118>
2. Nizhnikovskiy E.A. Tendencies of development of power sources for independent power supplies of portable technical equipment. *Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*. 2009;9(3):57–64. (In Russ.)
3. Onishchenko D.V. Current situation in using, developing and improving electrochemical cells. Institute of Chemistry, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. *Issledovano v Rossii*. 2007;9:1341–1441. (In Russ.) Available at: <https://echemistry.ru/assets/files/stati/sovremennoe-sostoyanie-voprosa-ispolzovaniya-razvitiya-i-sovershenstvovaniya-himicheskikh-istochnikov-toka.pdf?ysclid=ld1kh3bgmq245738463>
4. Churikov A.V., Kazarinov I.A. *Modern electrochemical cells*. Saratov; 2008. 50 p. (In Russ.) Available at: http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/657.pdf
5. Kamenev Yu.B., Chezlov I.G. (eds) *Modern electrochemical cells. Galvanic elements, rechargeable batteries, capacitors*. St. Petersburg: State University of Film and Television Saint Petersburg; 2009. 90 p. (In Russ.) Available at: <https://books.gikit.ru/pdf/fulltext/39.pdf>
6. Varypaev V.N., Dasoyan M.A., Nikolsky V.A. *Electrochemical cells*. Moscow: Vysshaya shkola; 1990. 240 p. (In Russ.)
7. Ostrovidov E.A., Volynets N.F. Chemistry. *Electrochemical cells*. St. Petersburg: SZPI; 2000. 24 p. (In Russ.)
8. Zherin I.I., Amelina G.N., Strashko A.N., Voroshilov F.A. *Fundamentals of electrochemical analysis methods*. Tomsk: Tomsk Polytechnic University; 2013. Part 1. 101 p. (In Russ.)
9. Prostov V.N. *Fundamentals of chemical physics*. Moscow: Moscow Physics and Technology University (State University); 2003. 85 p. (In Russ.)
10. Kuchling von H. *Reference Book of Physics*. Moscow: Mir; 1982. 520 p. (In Russ.)
11. Kochurov A.A., Gumelev V.Yu., Shevchenko N.P. *Theoretical basis for solving the issue of increasing the service life of rechargeable batteries during their storage and improving the efficiency of their reconditioning methods*. Ryazan: Ryazan Higher Airborne Command School (military institute); 2012. 252 p. (In Russ.)
12. Naumov V.I., Panicheva G.A., Chetyrbok L.N., Matsulevich Zh.V. *An atom. Chemical bonding and structure of matter*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev; 2012. 344 p. (In Russ.)
13. Kolesnichenko I.E., Kolesnichenko E.A., Lyubomishchenko E.I., Kolesnichenko E.I. Theoretical and experimental justification of primary energy and electron-energy phenomena of electric current generation. *Russian Mining Industry*. 2022;(2):97–102. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-2-97-102>
14. Kolesnichenko I.E., Artemiev V.B., Kolesnichenko E.A., Lyubomishchenko E.I. *Quantum theory of the energy processes in molecular structures of coal layers*. Moscow: Gornaya kniga; 2020. 40 p. (In Russ.)
15. Nechaev A.V. *Basics of electrochemistry*. Ekaterinburg: Ural Federal University; 2010. 107 p. (In Russ.) Available at: <https://study.urfu.ru/Aid/Publication/9517/1/Nechyaev.pdf>

16. Zubovich S.O., Surkaev A.L., Sukhova T.A., Kumysh M.M., Rakhmankulova G.A. *A course of lectures. Physics. Part III. Electricity*. Volgograd: Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University; 2015 г. 81 p. (In Russ.)
17. Glinka N.L. *General Chemistry*. 30th ed. Moscow: Integral-Press; 2002. 728 p. (In Russ.)
18. Volkenshtein M.V. *Biology and Physics. Physics-Uspekh*. 1973;109(3):499–515. (In Russ.) Available at: http://www.ufn.ru/ufn73/ufn73_3/Russian/r733c.pdf
19. Kuznetsov S.I. *A course in physics with examples of problem solving. Part II. Electricity and magnetism. Oscillations and waves*. 4th ed. Tomsk: Tomsk Polytechnic University; 2013. 370 p. (In Russ.)
20. Tyurin Yu.I., Chernov I.P., Kryuchkov Yu.Yu. *Quantum Physics*. Tomsk: Tomsk Polytechnic University; 2009. 320 p. (In Russ.)
21. Tyushev A.N. *Physics in brief. Part III. Basics of molecular physics and thermodynamics. Quantum Physics*. Novosibirsk: Siberian State University of Geosystems and Technologies; 2000. 166 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Колесниченко Игорь Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой проектирования и строительства автомобильных дорог, заместитель директора – научный руководитель Шахтинского автодорожного института (филиала), Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова; г. Шахты, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1063-5304>; e-mail: kolesnichenko_igor@rambler.ru

Колесниченко Евгений Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры проектирования и строительства автомобильных дорог Шахтинского автодорожного института (филиала), Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова; г. Шахты, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5595-1079>; e-mail: kolesnichenko-2718@rambler.ru

Любомищенко Екатерина Игоревна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования и строительства автомобильных дорог Шахтинского автодорожного института (филиала), Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова; г. Шахты, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9495-7385>; e-mail: katya87lk@mail.ru

Колесниченко Евгений Игоревич – студент кафедры проектирования и строительства автомобильных дорог Шахтинского автодорожного института (филиала), Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова; г. Шахты, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8740-9356>; e-mail: z_kolesnichenko@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.12.2022

Поступила после рецензирования: 16.01.2023

Принята к публикации: 19.01.2023

Information about the authors

Igor E. Kolesnichenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Construction and Technogenic Safety Department, Deputy Director – Academic Advisor at the Shakhty Road Institute (branch), Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty, Russian Federation; e-mail: kolesnichenko_igor@rambler.ru

Evgeny A. Kolesnichenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Construction and Technogenic Safety Department of the Shakhty Road Institute (branch), Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty, Russian Federation; e-mail: kolesnichenko-2718@rambler.ru

Ekaterina I. Lyubomishchenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor at the Motor Road Design and Construction Department of the Shakhty Road Institute (branch), Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9495-7385>; e-mail: katya87lk@mail.ru

Evgeny I. Kolesnichenko – Student at the Motor Road Design and Construction Department of the Shakhty Road Institute (branch), Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty, Russian Federation; e-mail: z_kolesnichenko@mail.ru

Article info

Received: 10.12.2022

Revised: 16.01.2023

Accepted: 19.01.2023