

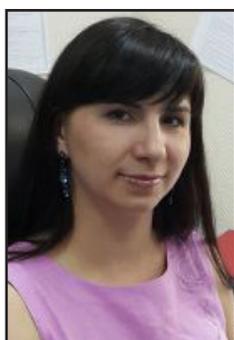


Оценка вредных химических факторов при обслуживании аккумуляторных батарей



Владимир АКСЕНОВ
Vladimir A. AKSENOV

Оксана ЮДАЕВА
Oksana S. YUDAIEVA



Елена ОВАНЕСОВА
Elena A. OVANESOVA

Аксенов Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» МИИТ, Москва, Россия.

Юдаева Оксана Сергеевна – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИ железнодорожной гигиены Роспотребнадзора, Москва, Россия.

Ованесова Елена Алексеевна – ассистент МИИТ, Москва, Россия.

Assessment of Harmful Chemical Factors in Maintenance of Batteries
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 194)

В статье анализируется специфика аспектов профессионального риска здоровью работников аккумуляторного отделения пассажирского вагонного депо, обусловленных химическим загрязнением производственной среды. Представлены результаты исследования содержания тяжелых металлов в рабочих помещениях, рассмотрены вопросы контроля и нормирования условий труда при наличии вредных химических факторов.

Ключевые слова: железная дорога, вагонное депо, аккумуляторные батареи, химический фактор, тяжелые металлы, контроль и нормирование, производственная среда.

Обязательными аспектами обеспечения безопасных условий труда работающего населения являются расшифровка этиологической обусловленности заболеваний человека, выявление факторов риска нарушений состояния здоровья как у отдельного индивидуума, так и у определенных профессиональных организованных групп лиц. В рамках модернизации системы охраны труда, проводящейся сегодня на государственном и отраслевом уровне, должны быть решены задачи перехода к превентивной системе сохранения здоровья граждан и трудового потенциала страны [1]. До сих пор вопросам оценки вредного воздействия факторов производственной среды аккумуляторных отделений уделялось недостаточно внимания, нет достоверных данных о степени химического загрязнения помещений обслуживания и заряда аккумуляторных батарей (АБ) подвижного состава.

Отдельной задачей представляется в этом плане исследование неблагоприятного химического воздействия на персонал в процессе обслуживания АБ в пассажирских вагонных депо.

При этом парк пассажирских вагонов локомотивной тяги в Российской Федерации насчитывает более 23 тысяч единиц [2, 3]. Работы с АБ производятся при всех видах технического обслуживания (ТО), капитального и деповского ремонта (КР и ДР) вагонов, а качество обслуживания батарей зависит от квалификации персонала и условий, в которых работники выполняют свои должностные обязанности.

В процессе ремонта и технического обслуживания АБ и аккумуляторных ящиков задействованы такие профессии, как аккумуляторщики, стропальщики, столяры, маляры по ходовым частям, мастера электроцеха. Кроме того, к обслуживанию данных операций относятся мойщики-уборщики аккумуляторных отделений. В пути следования контроль состояния АБ обеспечивает поездной электромеханик.

Эксплуатируемые виды АБ подразделяются на обслуживаемые (требуют доливки электролита и периодического проведения циклов полного заряда/разряда), малообслуживаемые (требуют доливки только дистиллированной воды, обслуживание производится без снятия АБ с вагона) и необслуживаемые (не требуют обслуживания в течение всего срока эксплуатации). Необслуживаемые АБ должны быть полностью герметичными, вследствие чего выделение каких-либо вредных веществ в окружающую среду при их эксплуатации изначально исключается. Батареи такого типа считаются наиболее экологичными в своих группах, при их использовании практически снимается вопрос защиты аккумуляторщиков от воздействия вредного химического фактора.

Вследствие этого зачастую ведущим направлением в борьбе с вредным воздействием АБ считается переход на необслуживаемый тип аккумуляторов. В вагонах новой постройки применяют преимущественно АБ именно такого типа [2]. Методическими рекомендациями по экологической безопасности пассажирских вагонов локомотивной тяги производства ОАО «ТВЗ», разработанными ВНИИЖГ Роспотребнадзора, предусмотрена замена и установка необслуживаемых АБ как мера обеспечения экологической эффективности пассажирского подвижного состава [4].

Однако отмечается, что такой переход может оказаться сегодня нецелесообразным с экономической точки зрения. Кроме того, до сих пор не дана оценка экологиче-

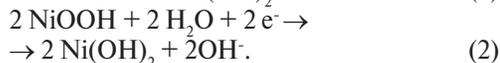
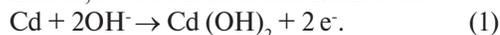
ских рисков, связанных с увеличением валового количества отходов аккумуляторов за счет их меньшего фактического срока службы [5]. Основной объём эксплуатируемых аккумуляторов на данный момент составляют АБ обслуживаемого и малообслуживаемого типа.

Рабочий процесс обслуживания АБ складывается из проведения ряда подготовительных и основных операций. Большинство операций (разборка, промывка АБ, слив и замена электролита и т.д.) предполагает возможность контакта работника с электролитом.

Количество электролита и его компонентов, переходящих в окружающую среду при заряде аккумуляторов, нормируется как при разработке мероприятий по охране труда и проектировании систем вентиляции аккумуляторных отделений, так и при оценке воздействия предприятия на окружающую природную среду. Расчет количества вредных веществ, как правило, проводят по методике, разработанной и утвержденной в 1998 году министерством транспорта для автотранспортных предприятий [6]. При этом количество тяжелых металлов в рабочей среде аккумуляторных отделений не оценивается.

Рассмотрим устройство щелочных и кислотных аккумуляторов. Токообразующие реакции никель-кадмиевой системы представлены уравнениями (1–3). Никель-кадмиевые и никель-железные электрохимические системы весьма сходны между собой: основным их отличием является различный материал отрицательного электрода. Электролит, в качестве которого выступает в эксплуатируемых АБ водный раствор калия гидрат окиси с добавлением гидроокиси лития и едкого натра, в токообразующих реакциях не участвует. Активная масса положительного электрода также включает графит (20–40 мас.% к Ni), барий (1,7–2,7 мас.% к Ni) и кобальт (1,5 мас.% к Ni), может содержать сульфат-, хлорид-, нитрат-ионы (до 2 мас.% к Ni). Активная масса катода наряду с оксидом кадмия (II) содержит гидроксид никеля (II), двуокись марганца (IV) и индустриальное масло И8А (с содержанием серы не более 1 мас.%) [7, с. 19–31; 8, с. 204–205].

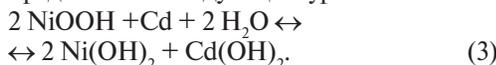
При разряде аккумулятора кадмий окисляется, а NiOOH восстанавливается:



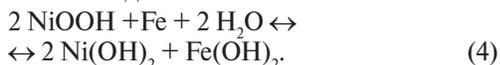
Результаты анализов смывов со стен аккумуляторных помещений в пассажирском вагонном депо Челябинска на содержание свинца, никеля и кадмия

Место смыва	Ед. изм.	Кадмий	Никель	Свинец
		Результат *10 ⁻³	Результат *10 ⁻³	Результат *10 ⁻³
Тыльная от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см ²	0,005	0,02	0,07
Фронтальная от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см ²	0,0061	0,054	0,023
Правая от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см ²	0,003	0,017	0,013
Левая от входа стена аккумуляторного отделения	мг/см ²	0,007	0,020	0,033
Пол зарядной камеры	мг/см ²	0,63	5,2	1,8

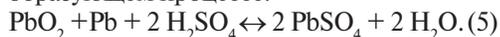
При заряде на электродах протекают обратные реакции. Суммарная реакция токообразующего процесса никель-кадмиевой электрохимической системы может быть представлена следующим уравнением:



Суммарная реакция токообразующего процесса никель-железной электрохимической системы аналогична рассмотренной никель-кадмиевой:



В свинцово-кислотном аккумуляторе, в отличие от щелочных, электролит, в качестве которого выступает водный раствор серной кислоты, принимает участие в токообразующем процессе:



Активная масса заряженного отрицательного электрода кислотного аккумулятора состоит из свинцового порошка, к которому добавляют депассиваторы (BaSO_4) и органические вещества (гуминовые кислоты, лигносульфонат калия, карбоксиметилцеллюлоза и др.). Активная масса положительно заряженного электрода состоит из порошка диоксида свинца. Для улучшения механических и литейных свойств в состав токоотводов обычно добавляют небольшое количество сурьмы [8, с. 199]. Для разделения положительных и отрицательных электродов применяются сепараторы: микропористые эбониты, поливинилхлорид и др. [8, с. 200].

На основании анализа компонентного состава батарей, используемых на пассажирском подвижном составе, можно предположить, что переходить в окружающую среду при обслуживании аккумуляторов могут не только соединения, входящие в состав электролита, но и соединения тяжелых ме-

таллов, входящих в состав электродов аккумулятора: никеля, кадмия и свинца.

Поступление в среду аккумуляторных цехов тяжелых металлов подтвердили данные, полученные ВНИИЖГ Роспотребнадзора. Определение ионов никеля, кадмия и свинца проводилось в смывах с поверхностей стен и пола аккумуляторного отделения в пассажирском вагонном депо Челябинска. Результаты испытаний представлены в таблице 1. Согласно полученным данным, соединения никеля, кадмия и свинца присутствуют во всех отобранных пробах. Наиболее загрязнена тяжелыми металлами зарядная камера аккумуляторного отделения. Объясняется это тем, что основная часть загрязнителей переходит в воздух рабочей зоны при выделении водорода и кислорода в процессе электролиза воды во время заряда АБ. Образующиеся газы всплывают в виде пузырьков и лопаются на поверхности электролита. При этом мельчайшие капельки электролита, содержащие примеси металлов, попадают в воздух, образуя аэрозоль.

При заряде аккумуляторов в воздух рабочей зоны могут также поступать следующие вещества: оксиды серы (IV, VI), хлористый водород, сурьмянистый водород (стибин), мышьяковистый водород (арсин). Стибин в кислотных аккумуляторах образуется в результате взаимодействия атомарного водорода с металлической сурьмой, которая присутствует на отрицательном электроде и как составная часть решетки. В воздухе помещения он постепенно (в течение десятков часов) разлагается до сурьмянистого ангидрида – белого кристаллического порошка. В результате реакции между мышьяком, содержащимся в свинцовых пластинах и электролите, и серной кислотой образу-

ется в небольшом количестве мышьяковистый водород. Образование сернистого ангидрида происходит при взаимодействии серной кислоты и водорода, выделяющегося в процессе заряда кислотных аккумуляторов. Однако содержание этих веществ в воздухе рабочей зоны незначительно. Так, например, содержание сернистого ангидрида в воздухе аккумуляторного отделения не превышает 1/80 содержания серной кислоты [9, с. 5–7].

Таким образом, при обслуживании АБ в окружающую среду в количествах, способных оказать воздействие на состояние здоровья персонала, переходят следующие вещества:

- никель и его соединения;
- кадмий и его соединения;
- свинец и его соединения;
- гидроксид калия;
- гидроксид лития;
- гидроксид натрия;
- серная кислота.

Никель, кадмий, свинец и их соединения относятся к тяжелым металлам, являются высокотоксичными и опасными веществами. Их воздействие на организм может вызывать, в частности, расстройства нервной системы, заболевания сердечно-сосудистой системы, легких, опорно-двигательного аппарата, почек, печени и других систем организма. Воздействие никеля и свинца на организм человека является установленным канцерогенным фактором. Канцерогенный эффект воздействия кадмия на сегодняшний день не доказан, однако многие исследования указывают на его наличие [10].

Наиболее активно процесс газовой выделенности протекает во время заряда АБ. «Кипение» электролита, при котором газовой выделенности становится особенно интенсивным, может начинаться по достижении 60% номинального напряжения и усиливается по мере приближения к окончанию заряда. Однако в той или иной степени электролиз воды происходит во всех состояниях АБ: во время заряда, подзаряда, разряда и бездействия. В необслуживаемых моделях АБ газовой выделенности происходит гораздо медленнее за счет рекомбинации кислорода и водорода. Тем не менее переход поллютантов в окру-

жающую среду возможен не только при «кипении» электролита, но и в случае наличия неплотностей или повреждений в корпусе аккумуляторов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что работы по обслуживанию АБ сопряжены с риском здоровью персонала, обусловленным негативным химическим фактором, в том числе канцерогенным – из-за присутствия тяжелых металлов в рабочей среде аккумуляторного отделения. В подобных условиях необходимо разработать меры по контролю и нормированию содержания тяжелых металлов в производственном помещении, а также по снижению воздействия химического фактора непосредственно на работников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов В. А., Раенок Д. Л., Завьялов А. М. Система охраны труда и профессиональные риски // Мир транспорта. – 2013. – № 2. – С. 164–169.

2. Ованесова Е. А. Эколого-гигиенические аспекты эксплуатации современных типов аккумуляторных батарей на пассажирском железнодорожном подвижном составе // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения: Материалы Международной научно-практ. конференции / Под ред. А. А. Платонова. – Воронеж: Руна, 2015. – № 1. – С. 59–62.

3. Юдаева О. С., Ованесова Е. А. Некоторые эколого-гигиенические аспекты обслуживания аккумуляторных батарей пассажирского подвижного состава железнодорожного транспорта // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 4. – С. 8–10.

4. Методические рекомендации по обеспечению экологической безопасности пассажирских вагонов локомотивной тяги производства ОАО «ТВЗ». – М.: ВНИИЖТ Роспотребнадзора, 2012.

5. Иванова Е. А., Бельков В. М. Эксплуатация и утилизация никель-кадмиевых аккумуляторов // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – № 2. – С. 32–34.

6. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). Утв. Минтранс РФ 28.10.1998.

7. Гришин С. В. Технология переработки кадмий-, никельсодержащих отходов и разрядные характеристики никель-кадмиевых аккумуляторов, изготовленных из вторичного сырья / Дис... канд. техн. наук. – Саратов, 2007. – 128 с.

8. Коровин Н. В. Электрохимическая энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.

9. Хрюкин Н. С. Вентиляция и отопление аккумуляторных помещений. – М.: Энергия, 1979. – 120 с.

10. Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2003. – 138 с.

Координаты авторов: **Аксенов В. А.** – v.aksenov@rgotups.ru, **Юдаева О. С.** – vniiig@yandex.ru, **Ованесова Е. А.** – e-toloknova@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 15.08.2016, актуализирована 08.09.2016, принята к публикации 27.10.2016.

