

Г. С. ИГНАТОВ (ОАО «КВСЗ», Кременчуг), В. Р. РАСПОПИН, С. Д. СЫЧЕВ,
С. В. ШМАКОВ, П. А. ХОЗЯ, А. А. СУЛИМ, А. А. МЕЛЬНИК (ГП «УкрНИИВ»,
Кременчуг)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В АККУМУЛЯТОРНЫХ ЯЩИКАХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

У роботі наведено експериментальне визначення концентрації водню в акумуляторних ящиках пасажирського вагона в режимі заряду нікель-кадмієвих батарей в умовах експлуатації (стоянки та руху). Виконано порівняння отриманих характеристик за різних кліматичних і експлуатаційних умов та зроблено відповідні висновки.

Ключові слова: пасажирський вагон, акумуляторний ящик, концентрація водню, нікель-кадмієва батарея

В работе приведено экспериментальное определение концентрации водорода в аккумуляторных ящиках пассажирского вагона в режиме заряда никель-кадмиевых батарей в условиях эксплуатации (стоянки и движения). Выполнено сравнение полученных характеристик при различных климатических и эксплуатационных условиях и сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: пассажирский вагон, аккумуляторный ящик, концентрация водорода, никель-кадмиевая батарея

In the work the experimental determination of the hydrogen concentration in accumulator boxes of the coach in a charging mode of nickel-cadmium batteries in operating conditions (stop and operation) is presented. The comparison of the obtained characteristics at different environmental and operating conditions as well as the corresponding conclusions are made.

Keywords: coach, accumulator box, hydrogen concentration, nickel-cadmium battery

Аккумуляторные батареи (АБ) с жидкими щелочными электролитами, применяемые на пассажирских вагонах локомотивной тяги, в процессе эксплуатации являются источниками повышенной опасности. В режиме заряда АБ происходит выделение водорода [1], который, в сочетании с атмосферным кислородом, образует в аккумуляторных ящиках (АЯ) взрывоопасную смесь. Предельные концентрации водорода в воздушном пространстве аккумуляторного ящика не должны превышать 4 % [2]. С учетом требований [1], расчет необходимого воздухообмена должен производиться с коэффициентом запаса, равным 5,7. Таким образом, допустимая концентрация водорода в аккумуляторных ящиках при движении вагона и на стоянке не должна превышать 0,7 % [3, 4].

Оснащение современных пассажирских вагонов энергоемким оборудованием, таким как климатические установки, экологически чистые туалеты, преобразователи 110/220 В для различных потребителей и т.д. предъявляет высокие требования к системе резервного энергообеспечения, источником энергии для которой является АБ. Ранее пассажирские вагоны комплектовались никель-железными АБ, однако, на данный момент широко применяются ни-

кель-кадмиевые АБ. Согласно [5], данные АБ обладают высокими технико-экономическими показателями в реальных условиях эксплуатации. Также в статье [5] рассмотрены зарядно-разрядные характеристики этих аккумуляторов. Актуальность данной статьи состоит в изучении вопросов, касающихся взрывобезопасности АЯ с установленными в них никель-кадмиевыми АБ. Исследования проводились в реальных условиях движения вагона в составе поезда и на стоянке.

Исследование концентрации водорода в АЯ осуществлялось в процессе проведения сертификационных испытаний пассажирского вагона модели 61-788Б с централизованной системой электроснабжения в режиме заряда никель-кадмиевых АБ в различных условиях эксплуатации (движения и стоянки).

Исследованиям подвергался АЯ улучшенной конструкции, изготовленный ОАО «КВСЗ» с установленными в нем секциями из 84 штук никель-кадмиевых аккумуляторов типа KL 350 Р. Измерения концентрации водорода проводились портативным газоанализатором типа ФП 11.2. Регистрация тока и напряжения АБ осуществлялась измерительным комплексом на базе персонального компьютера и ана-

лого-цифрового преобразователя с датчиками тока ДИТ-100 и напряжения LV 25-P соответственно. Вагон оснащен системой управления зарядом, которая ограничивает ток заряда АБ до 70 А. Контроль температуры окружающей среды осуществлялся с помощью измерителя УКТ 38 Щ4-ТС. Значения атмосферного давления определялись с помощью барометра типа MKD производства Fischer. Скорость движения вагона определялась посредством GPS-навигатора, установленного в вагоне.

Учитывая, что плотность водорода (H_2) меньше плотности воздуха, то наибольшая концентрация водорода находится в верхней части АЯ. Схема размещения точки измерения в АЯ, где проводился отбор проб воздуха при определении концентрации водорода, приведена на рис. 1.

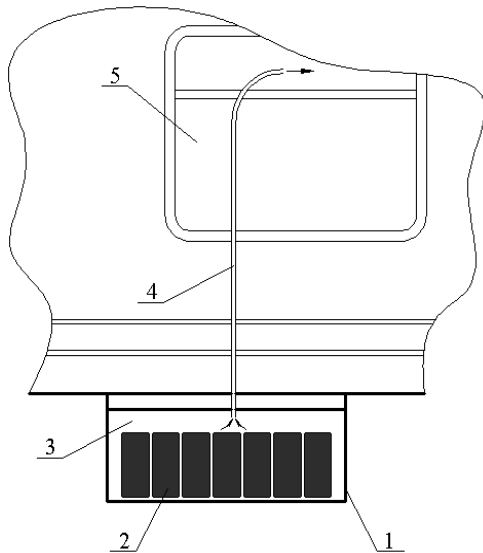


Рис. 1. Схема размещения точки измерения в АЯ для отбора проб воздуха:

1 – аккумуляторный ящик; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – свободное пространство ящика; 4 – полимерная трубка диаметром 4 мм для отбора водородно-воздушной смеси; 5 – окно вагона

Исследование концентрации водорода в АЯ проводилось на стоянке и во время движения пассажирского вагона (рис. 2 – 4).

На стоянке измерения концентрации водорода проводились при питании электрооборудования вагона от внешней трехфазной сети 380 В при различных температурах окружающей среды. Во время движения пассажирского вагона измерения проводились на различных эксплуатационных скоростях от 40 км/час до 100 км/час при питании электрооборудования вагона от подвагонной высоковольтной магистрали 3 кВ. На рис. 2 – 4 видно, что при заряде АБ с использованием системы ограничения то-

ка [6] имеется явно выраженный максимум выделения водорода. Для первого случая максимальная концентрация водорода составляет 0,23 %, для второго – 0,17 %, для третьего – 0,23 % (рис. 2 – 4).

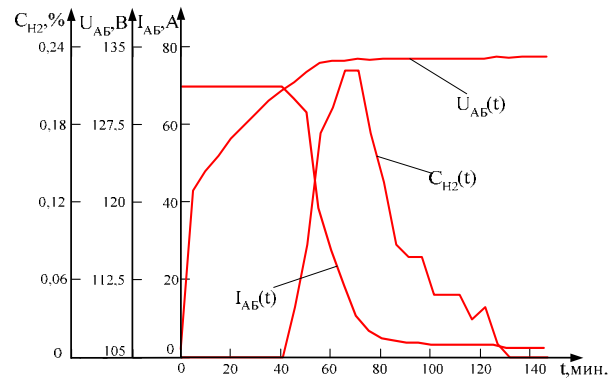


Рис. 2. Концентрация водорода, значения напряжения и зарядного тока АБ на стоянке при температуре окружающей среды 26,5 °C и нормальном атмосферном давлении

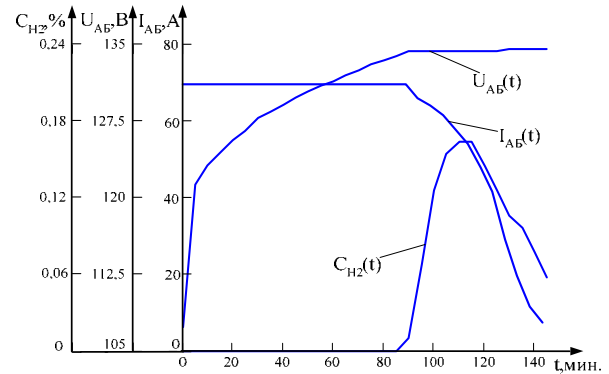


Рис. 3. Концентрация водорода, значения напряжения и зарядного тока АБ на стоянке при температуре окружающей среды 14,5 °C и нормальном атмосферном давлении

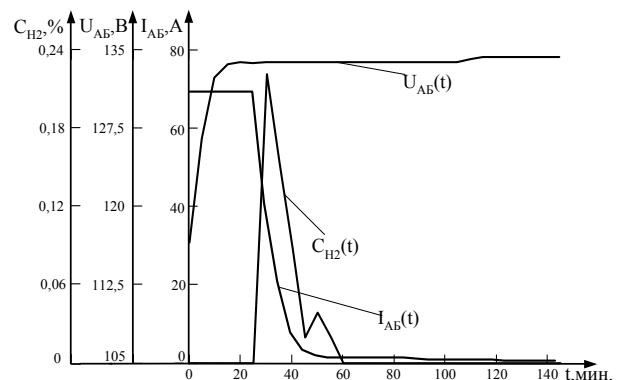


Рис. 4. Концентрация водорода, значения напряжения и зарядного тока АБ во время движения при температуре окружающей среды 24 °C и атмосферном давлении 748 ± 6 мм. рт. ст.

По результатам испытаний, произведенных при различных внешних условиях (температура, давление, скорость движения воздуха) максимальная концентрация водорода в аккумуляторном ящике наблюдается при следующем режиме заряда:

- зарядный ток находится в пределах от 10 А до 55 А (см. рис. 2 – 10 А, см. рис. 3 – 20 А, см. рис. 4 – 55 А), т.е. во всех случаях в период, когда АБ подзарядилась и значение зарядного тока заряда менее 70 А;

- величина напряжения на АБ находится в пределах от 133,8 В до 134,3 В (см. рис. 2 – 133,8 В, см. рис. 3 – 133,8 В, см. рис. 4 – 134,3 В), что составляет во всех случаях 1,6 В на один аккумулятор;

Наибольшая концентрация водорода наблюдается в первом и третьем случае, поскольку экспериментальное определение проводится в условиях более высокой температуры, чем во втором случае, и пониженного давления, однако процесс выделения водорода в этом случае непродолжителен. Характер изменения концентрации водорода для первого и второго случаев подобен. Однако максимумы для этих случаев разные, поскольку температура окружающей среды для первого случая больше на 11,5 °С. Анализ графиков концентрации водорода показывает, что максимальное значение концентрации водорода имеет место только на определенном этапе зарядного процесса; выделение водорода было непостоянным, с лавинообразным нарастанием и спадом.

При достижении на каждой банке АБ напряжения, близкого к максимальному значению и величины зарядного тока на уровне максимально допустимого, создаются условия для протекания гидролиза электролита, в результате которого выделяется молекулярный водород. При снижении зарядного тока до величины 5 А выделение водорода незначительно. Из графиков видно, что наиболее интенсивное выделение водорода происходит в момент времени, когда значение напряжения уже стабильно и близко к номинальному, а значение тока заряда АБ при этом продолжает уменьшаться. Данный процесс необходимо рассмотреть более детально с учетом анализа потребляемой мощности в период заряда АБ. На рис. 5 изображены графики концентрации водорода в АЯ и потребляемой мощности во время заряда АБ.

Выделение водорода начиналось только при достижении максимального значения потребляемой мощности (точка А₁ для первого случая и точка А₂ для второго случая). Процессы, про-

текающие во время заряда никель-кадмиевой АБ, можно разделить на три этапа: отсутствие выделения, интенсивное выделение и снижение интенсивности выделения водорода. Для первого этапа характерно плавное увеличение потребляемой мощности, при этом отсутствует выделение водорода.

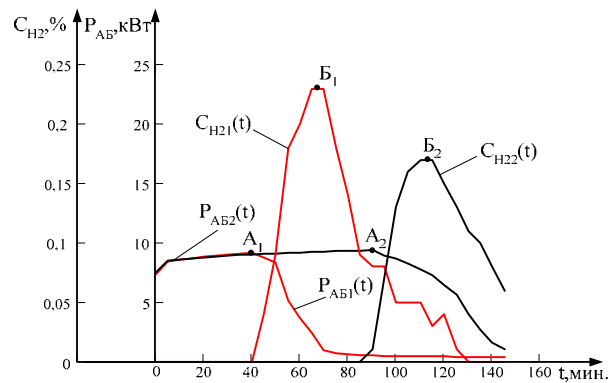


Рис. 5. Концентрация водорода и энергопотребление АБ на стоянке при различных температурах окружающей среды

На втором этапе при уменьшении энергопотребления батареи наблюдается выделение водорода, максимальное значение концентрации которого достигает в конце этапа (точки B_1 и B_2 для первого и второго случаев), т.е. на втором этапе значительная часть потребляемой мощности идет на электролиз электролита. На первом же этапе мощность идет на заряд АБ (полезная). Следовательно, зарядный ток, проходящий через аккумулятор, может быть разделен на две составляющие: полезно используемый на заряд активных масс и идущий на электролиз электролита [1]. На третьем этапе потребляемая мощность продолжает уменьшаться и, как следствие, уменьшается концентрация водорода в АЯ.

Выводы

По результатам исследований концентрации водорода в АЯ и процессов, протекающих в никель-кадмиевой батарее, в условиях эксплуатации следует:

- максимальное значение концентрации водорода в АЯ для различных условий эксплуатации пассажирского вагона модели 61-788Б при использовании АБ типа KL 350 Р не превышает значений, установленных нормами безопасности железнодорожного транспорта России;

- наибольшая интенсивность газовыделения при одинаковых начальных значениях напряжения АБ наблюдается при высоких температурах и пониженном атмосферном давлении;

- процесс выделения водорода в никель-кадмиевых АБ описывается графиком с явно выраженным максимумом;

- наибольшая концентрация выделяемого водорода в аккумуляторном ящике наблюдается в период времени, когда значение напряжения заряда стабилизировалось и составляет 1,6 В на один аккумулятор, а значение зарядного тока продолжает уменьшаться. В этом случае основная часть энергии идет на электролиз электролита;

- полученные результаты не позволяют учитывать повышение выделения водорода с учетом периода эксплуатации АБ, поскольку измерения проводились только на новых АБ. Поэтому в дальнейшем необходимо провести анализ выделения водорода с учетом ресурса эксплуатации АБ (длительной эксплуатации и вновь выпускаемых) на одинаковых типах аккумуляторных ящиков.

Следует отметить, что измерения концентрации водорода проводились только в одной точке аккумуляторного ящика, что не позволяет учитывать неравномерность распределения концентрации водорода по площади в верхней части АЯ. Поэтому необходимо проработать вопрос экспериментального определения верхней области аккумуляторного ящика, в котором концентрация водорода при заряде АБ будет наибольшей (методом трассирующих газов или иными методами).

По результатам экспериментальных измерений, в дальнейшем можно провести прогнози-

рование условий (температуры окружающей среды, атмосферного давления, зарядного тока, напряжения, скорость движения воздуха) для появления предельных концентраций водорода.

Вышеуказанные рекомендации могут быть темой дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хрюкин, Н. С. Вентиляция и отопление аккумуляторных помещений [Текст] / Н. С. Хрюкин. – М.: Энергия, 1979. – 120 с., ил.
2. Хитрин, Л. Н. Физика горения и взрыва [Текст] / Л. Н. Хитрин. – М.: Издание МГУ, 1957.
3. НБ ЖТ ЦЛ 01-98 Вагоны пассажирские железнодорожные. Нормы безопасности на железнодорожном транспорте [Текст].
4. М 6.5.00365–2009 Акумуляторні ящики пасажирських вагонів локомотивної тяги. Методика попередніх випробувань з визначення концентрації водню, що утворюється в акумуляторних ящиках [Текст].
5. Калинин, Е. Н. Новое поколение аккумуляторных батарей для пассажирских вагонов [Текст] / Е. Н. Калинин // Вестник ВНИИЖТ. – 2002. – № 1. – С. 23-25.
6. ААОТ.421417.103-07 РЭ Руководство по эксплуатации шкафа распределительного системы автоматизированного управления, контроля и диагностики электрооборудования пассажирского вагона [Текст].

Поступила в редколлегию 09.06.2010.

Принята к печати 22.06.2010.