

В. А. ДЗЕНЗЕРСКИЙ, С. В. БУРЫЛОВ, А. А. БУРЯК,  
В. Ю. СКОСАРЬ, Е. Л. ВЫДУТАЯ (ИТСТ НАН Украины «Трансмаг»),  
Ю. И. СКОСАРЬ, Е. В. АНИКЕЕВ (ЗАО «ВЕСТА-Днепр»)

## **ФОРМИРОВАНИЕ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТА**

Розроблено пристрій для формування свинцево-кислотних акумуляторів, у якому використовується примусова керована циркуляція електроліту. Пристрій сприяє досягненню ідентичності технічних характеристик акумуляторів. Завдяки цьому збільшується термін служби свинцево-кислотних акумуляторів і акумуляторних батарей.

Разработано устройство для формирования свинцево-кислотных аккумуляторов, в котором используется принудительная управляемая циркуляция электролита. Устройство способствует достижению идентичности технических характеристик аккумуляторов. Благодаря этому увеличивается срок службы свинцево-кислотных аккумуляторов и аккумуляторных батарей.

A device for formation of lead-acid accumulators has been developed, which employs a forced controlled circulation of the electrolyte. The device is aimed at equalizing the technical characteristics of the accumulators. It helps extend the lifetime of the lead-acid accumulators and the batteries.

Свинцово-кислотные аккумуляторы широко используются на железнодорожном транспорте в качестве автономных источников тока. Прежде всего, это: стационарные аккумуляторы для питания устройств автоматики, сигнализации, телемеханики, связи и др. потребителей постоянного тока; стартерные аккумуляторы для комплектования аккумуляторных батарей для пуска двигателей внутреннего сгорания тепловозов, а также питания цепей управления, освещения и другого электрооборудования при неработающем дизеле. Кроме того, свинцово-кислотные аккумуляторы могут быть использованы как вагонные для освещения пассажирских вагонов и кондиционирования воздуха.

Технические характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов в значительной мере определяются условиями их формирования (первого заряда) при изготовлении. В настоящее время формирование электродов свинцовых аккумуляторов проводят либо в специальных баках (баковое формирование), либо непосредственно в аккумуляторном корпусе (блочное формирование). Разновидностью блочного формирования является батарейное формирование, при котором формирование электродов проводится в составе аккумуляторной батареи [1]. Каждая технология формирования имеет свои преимущества и недостатки. Преимуществом бакового формирования является повы-

шенная идентичность технических характеристик электродов, сформированных в общем объеме электролита, к тому же – в условиях его избытка, перемешивания и максимальной однородности состава.

Недостатками такой технологии являются повышенная трудоемкость из-за неизбежности ручных операций установки электродов в баки и извлечения их из баков, а также увеличенный процент брака продукции из-за ненадежной временной приварки электродов к токоведущим шинам баков. Указанные недостатки преодолеваются в блочном формировании, поскольку в этом случае электроды надежно соединены с токоведущими деталями аккумулятора. Однако при использовании блочного формирования снижается идентичность технических характеристик электродов, сформированных в отдельных аккумуляторных ячейках, в условиях ограниченного объема электролита [2; 3].

Достижение идентичности характеристик электродов особенно важно для аккумуляторных батарей, поскольку в состав батареи входит несколько аккумуляторов. В процессе эксплуатации отличия в технических характеристиках аккумуляторов заметно ускоряют выход батареи из строя. Аккумулятор, конструктивно имеющий минимальную емкость, может оказаться в неблагоприятных условиях перезаряда или, наоборот, глубокого разряда, что приводит к его деградации и уменьшению емкости.

Поэтому актуальной представляется задача разработки такой технологии формирования свинцово-кислотных аккумуляторов, при которой сочетаются преимущества уже известных способов, а именно – достижение максимальной идентичности технических параметров аккумуляторов и отдельных электродов, низкая трудоемкость за счет полной автоматизации технологического процесса, пониженный процент брака продукции.

Указанная задача решалась различными способами, наиболее перспективными из которых можно считать технологии, основанные на принудительной циркуляции электролита в группе формируемых аккумуляторов [4; 5]. При этом электроды формируются в составе аккумуляторов и надежно соединены с токоведущими деталями изделия, а электролит циркулирует через все аккумуляторы группы, перемешиваясь и увеличивая однородность своего состава. Тем не менее, известные технологии

имеют ряд недостатков, к которым следует отнести следующие: отсутствие коррекции температурного режима при формировании изделий; последовательное гидравлическое соединение аккумуляторов, не обеспечивающее достаточной идентичности основных физических и химических параметров процесса формирования; отсутствие вакуумной обработки аккумуляторов перед заполнением электролитом и по окончании формирования, что ухудшает условия пропитки электродов и сепараторов, а также оставляет возможность накопления в них пузырьков газа.

Для устранения перечисленных недостатков и повышения эффективности предложенных технологий нами разработано устройство для формирования свинцово-кислотных аккумуляторов, в котором используется принудительная управляемая циркуляция электролита. На рис. 1 представлена подробная схема этого устройства.

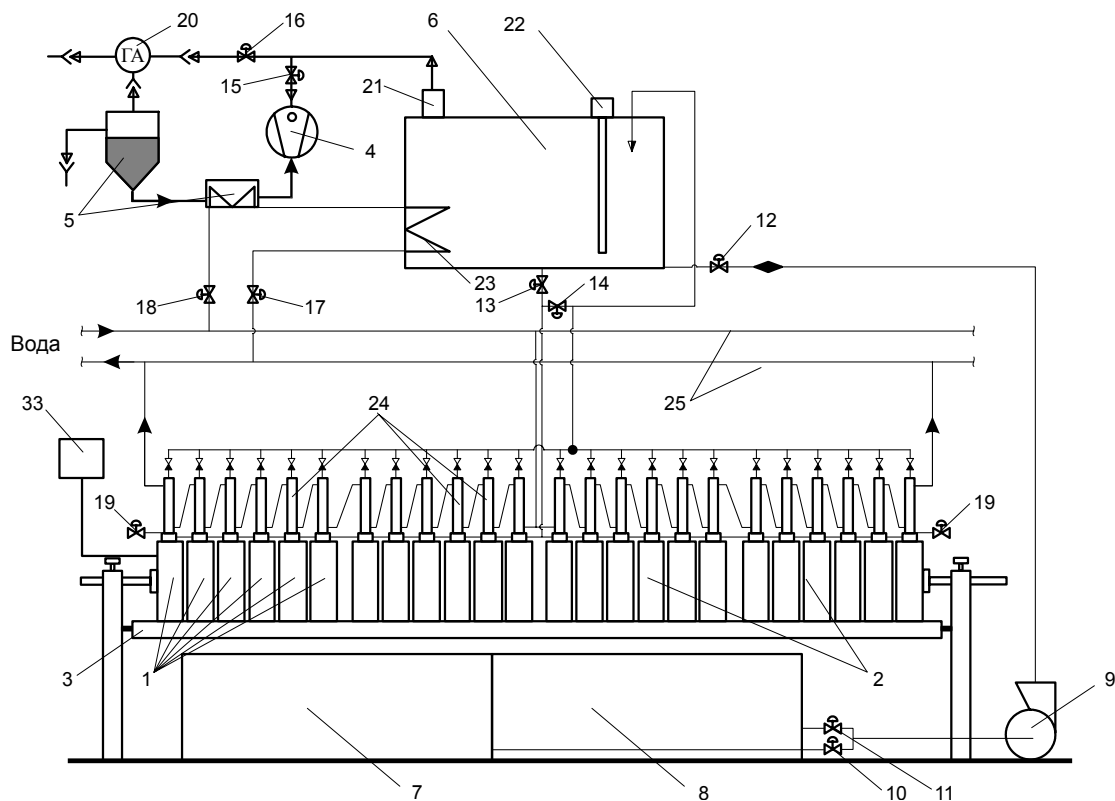


Рис. 1. Устройство для батарейного формирования

Аккумуляторы 1 собраны в группы 2 или батареи, установлены на технологическом столе 3 и подключены к замкнутому гидравлическому контуру, содержащему вакуумный насос 4 с блоком охлаждения 5, резервуар 6 с электролитом, питающие емкости 7 и 8, жидкостный насос 9 и систему управляемых клапанов (10–19), с помощью которых осуществляется оперативное управление потоками газов и жид-

костей (последовательность и согласованность их коммутации регламентированы технологическим процессом обработки изделий). На выходе гидравлического контура установлен газоанализатор 20. Резервуар 6 с электролитом снабжен штуцером 21 для откачки газов, датчиком уровня 22 и внутренним теплообменником 23.

Каждый аккумулятор оснащен внешним автономным теплообменником 24 контактного

типа с водяным охлаждением, соединенный с резервуаром *б* с электролитом гидравлического контура и магистралью водоснабжения 25. Конструкция автономного теплообменника 24 приведена на рис. 2.

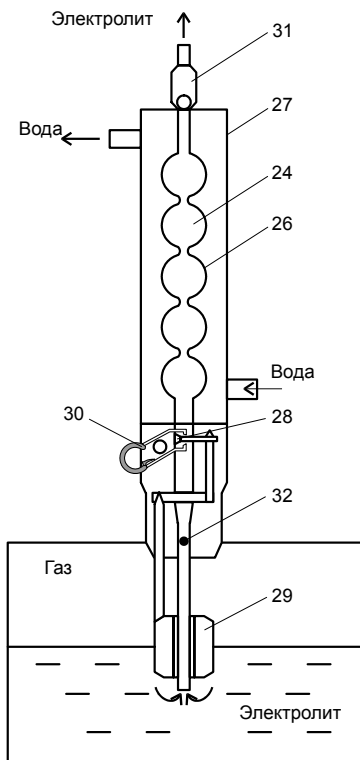


Рис. 2. Автономный теплообменник

Каждый автономный теплообменник 24 представляет собой сложнопрофильную трубку 26, охваченную кожухом 27 для циркуляции воды. Клапанная система теплообменника состоит из клапана 28, связанного рычажной передачей с поплавковым уровнем 29 (поплавково-клапанный узел), и обратных клапанов 30 и 31.

В нижней части трубки теплообменника имеется прерыватель струи 32. Устройство оснащено автоматизированным зарядно-разрядным узлом 33. Распределение клапанов по узлам гидравлического контура следующее: 10 – клапан питающей емкости 7; 11 – клапан питающей емкости 8; 12 – клапан между насосом 9 и резервуаром *б* с электролитом; 13 и 14 – клапаны между резервуаром *б* с электролитом и теплообменниками 24; 15 – клапан вакуумного насоса 4; 16 – клапан газоанализатора 20; 17 – клапан теплообменника 23; 18 – клапан блока охлаждения 5; 19 – выпускной клапан системы теплообменников 24. Устройство для формирования функционирует следующим образом. В процессе формирования горячий электролит выводится из всех аккумуляторов, охлаждается во внешних локальных теплообменниках 24,

после чего поступает в общую емкость *б* (резервуар *б* с электролитом). В общей емкости происходит выравнивание состава, плотности и температуры электролита.

Охлажденный электролит вновь поступает в аккумуляторы по параллельной сети трубопроводов. Для возбуждения циркуляции электролита по гидравлическому контуру используется избыточное давление кислородно-водородной газовой смеси, являющейся побочным продуктом реакций формирования. Обратные клапаны 30, 31 теплообменников 24 создают возможность использования перепада давлений газовой смеси в резервуаре *б* с электролитом и аккумуляторах для перегонки электролита при отключенном насосе 4.

Вакуумный насос 4 обеспечивает газовое разрежение в объеме аккумуляторов 1 перед пропиткой электролитом, что существенно улучшает условия пропитки электродов, а также финальную деаэрацию электролита от газовых пузырьков в конце формирования, что способствует повышению эксплуатационных качеств аккумуляторов. Жидкостной насос 9 служит для перекачки установленного количества заливочного электролита из питающих емкостей 7, 8 в резервуар *б* с электролитом. При этом из емкости 7 электролит поступает перед началом формирования, а из емкости 8 – в конце при доливке электролита до нормативного уровня.

Уровень заполнения электролитом полости аккумуляторов контролируется поплавково-клапанным узлом 28, 29 теплообменников 24. Газоанализатор 20 дает возможность точно определять все стадии формирования по количественному составу выделяющейся из аккумуляторов газовой смеси и, что особенно важно, момент прекращения обработки. А это позволяет оперативно управлять процессом формирования. Пример зависимости процентного содержания водорода ( $H_2$ ), кислорода ( $O_2$ ) и углекислого газа ( $CO_2$ ) в газовой смеси от стадии обработки свинцово-кислотных аккумуляторов приведен в таблице.

В процессе формирования протекает побочная реакция электролиза воды, выражающаяся в выделении кислорода на положительных электродах, водорода – на отрицательных электродах, а также углекислого газа вследствие разложения гидроксидного карбоната свинца, содержащегося в пасте. Последний довольно интенсивно образуется при взаимодействии свеженамазанных электродных пластин с атмосферным углекислым газом [2].

Состав газовой смеси, выделяющейся при формировании аккумуляторов

Время, ч	Стадия формирования		Содержание газа в смеси, %			
			H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	ÑO <sub>2</sub>	
До 4-х часов	пропитка электролитом		–	–	–	
5	(+) 50 %	(–) 50 %	0	83	–	
6			0	85	–	
7			0	85	15	
8			1	90	9	
9			5	81	14	
10			25	61	14	
11	(+) 30 %	(–) 30 %	64	27	9	
12		(–) H <sub>2</sub>		72	28	–
13				–	–	0
14				–	28	–
15			(+) O <sub>2</sub>		–	–
16			–	–	–	
17			72	28	0	

Примечание: (+) 50 % и (–) 50 % – выход по току реакций формирования положительного и отрицательного электродов, превышающий 50%; (+) 30% и (–) 30 % – выход по току реакций формирования положительного и отрицательного электродов, превышающий 30%; (+) O<sub>2</sub> и (–) H<sub>2</sub> – стадия деформирования и интенсивного выделения кислорода и водорода.

Локальные автономные теплообменники 24 с водяным охлаждением ускоряют процесс охлаждения электролита, что дает возможность проводить формирование токами высокой плотности и ускорить всю технологическую операцию. Теплообменник 23 включают только при необходимости дополнительного охлаждения электролита и общей коррекции температурного режима.

Оценка параметров автономного теплообменника 24 производилась по следующей формуле в предположении ламинарного течения жидкости [6]:

$$N_{ud} = \alpha d / \lambda \approx 3,7 - 4,4$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи вода – материал трубки 26;  $d$  – средний диаметр трубки 26;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности воды.

Устройство для формирования позволяет управлять формирующим процессом, способствует стабилизации и усреднению параметров формирования в аккумуляторах, а также максимальной идентичности технических характеристик аккумуляторов. Это продлевает срок службы свинцово-кислотных аккумуляторов и аккумуляторных батарей [7; 8].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дасоян М. А. Основы расчета, конструирования и технологии производства свинцовых аккумуляторов / М. А. Дасоян, И. А. Агуф. – Л.: Энергия, 1978. – 152 с.
2. Русин А. И. Основы технологии свинцовых аккумуляторов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 184 с.
3. Дзензерський В. О. Прискорені технології батарейного формування свинцево-кислотних акумуляторних батарей / В. О. Дзензерський, С. В. Васильєв, М. М. Хачапуридзе, С. В. Бурилов, В. Ю. Скосар / Вісник Національного транспортного університету та Транспортної академії України. – К., – 2002. – № 6. – С. 25–35.
4. А.с. СССР № 1653030, МКП<sup>5</sup> H01M 2/36, 1991, бюл. № 20.
5. А.с. СССР № 1292566, МКП<sup>5</sup> H01M 10/04, 10/50, 1985.
6. Исаченко В. П. Теплопередача. Изд-е 4-е. / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 417 с.
7. Патент України № 54270 А, МПК<sup>7</sup> H01M 10/50, 10/44, H02J 7/00, 2003, бюл. № 2.
8. Патент РФ № 2250539, МПК<sup>7</sup> H01M 10/12, 2/36, 2005, бюл. № 11.

Поступила в редколлегию 18.07.2005.