

УДК 629.764.01

А.Л. АЗАРНОВ<sup>1</sup>, К.В. БЕЗРУЧКО<sup>1</sup>, А.О. ДАВИДОВ<sup>1</sup>, В.И. ЛАЗНЕНКО<sup>1</sup>,  
В.П. ФРОЛОВ<sup>2</sup>, А.А. ХАРЧЕНКО<sup>1</sup>, С.В. ШИРИНСКИЙ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина*

<sup>2</sup> *Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля, Украина*

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РАКЕТОНОСИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КОСМОДРОМА АЛКАНТАРА

*В статье показана необходимость обеспечения надежности и качества электроснабжения технологического оборудования стартовых комплексов ракетносителей. Показано, что основную роль в обеспечении надежной работы технологического оборудования стартовых комплексов играют электрохимические аккумуляторы в составе источников бесперебойного питания. Приведена схема системы электроснабжения стартового комплекса ракетносителя «Циклон-4» и показана роль источников бесперебойного питания в работе данной системы. Приведено экспериментальное исследование герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов, предложенных к использованию в составе источников бесперебойного питания систем электроснабжения стартовых комплексов в условиях космодрома Алкантара.*

**Ключевые слова:** герметичный, система электроснабжения, источник бесперебойного электропитания, свинцово-кислотный аккумулятор, зарядно-разрядная характеристика, вольтамперная характеристика.

### Введение

В современной жизни трудно представить себе жизнь человечества без средств связи, систем телекоммуникаций, систем контроля и предупреждения стихийных бедствий, экологических катастроф и т.п. систем, которые даны человеку благодаря разнообразным спутникам и другим космическим аппаратам.

С тех пор как был запущен первый искусственный спутник Земли, космическая отрасль шагнула далеко вперед. Остались позади те времена, когда в космосе соревновались два гиганта СССР и США.

Сейчас доступ к космическим исследованиям обеспечили себе также Франция, Южная Корея, Италия, Япония, Китай и другие страны. В тоже время многие страны также стремятся попасть в число «космических держав». Среди них находится и Бразилия, создающая в настоящее время космодром Алкантара (штат Моранью) в содружестве с Украиной. С этой целью Украиной разрабатывается космический ракетный комплекс «Циклон-4», который является космической инфраструктурой, предполагающей создание и эксплуатацию комплекса сложнейших систем, состоящих из большого числа подсистем, структурно объединенных в одно целое.

Одной из таких важнейших систем, обеспечивающих работоспособность всего комплекса, является система электроснабжения.

Данная статья посвящена вопросу применения герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов в технологическом оборудовании стартовых комплексов в условиях космодрома Алкантара.

### 1. Постановка задачи

Система электроснабжения стартового комплекса представляет собой совокупность систем генерирования, преобразования и распределения электрической энергии.

Потребляемая технологическим оборудованием при подготовке и пуске носителей легкого и среднего класса, электрическая мощность достигает на стартовом комплексе тысяч киловатт, на техническом комплексе – нескольких сотен киловатт [1-2], а потребители электроэнергии подпитываются постоянным и переменным токами с напряжением от 12В (переносные светильники в опасных зонах) до 6000 В (электродвигатели компрессоров).

Как правило, для обеспечения требуемой надежности электроснабжения при построении систем электроснабжения наземных комплексов требуется

наличие трех независимых взаиморезервируемых источников электропитания. Для решения данного вопроса на существующих космических ракетных комплексах, как правило, использовались один-два независимых источника электропитания от существующих государственных энергосетей, а также автономные источники в виде мощных дизельных электростанций, энергопоездов, газотурбинных установок, а также местных дизельных электростанций с напряжением 380/220В.

Существующая в настоящее время на космодроме Алкантара система электроснабжения может обеспечить только один независимый ввод переменного тока напряжением 13,8 кВ частотой 60 Гц, от коммерческой линии электропередач "СЕМАР", характеризующейся нестабильностью подачи электропитания, в связи с чем его нецелесообразно использовать как основной источник электроэнергии.

В связи с этим, в состав системы электроснабжения наземного комплекса космического ракетного комплекса «Циклон-4» включен энергоблок, который содержит в своем составе три шины электропитания потребителей стартового комплекса и группу дизельных электрических станций на напряжение 13,8 кВ, которые в зависимости от режима работы и текущей потребляемой мощности комплекса, могут автоматически подключаться в работу на соответствующие шины электропитания и тем самым обеспечивать три независимых источника электроэнергии для нужд наземного комплекса [3].

В связи с тем, что климат окружающей среды на месте размещения космодрома Алкантара - тропический влажный с морским типом атмосферы, особое внимание уделяется исполнению оборудования составных частей системы электроснабжения, которое должно эксплуатироваться в относительно сложных климатических условиях (высокая влажность и температура, повышенное содержание солей в атмосфере и пр.)

В связи с тем, что для потребителей электрической энергии объектов космического ракетного комплекса категории 1а не допускается разрыв кривой питающего напряжения, в случае возникновения внештатных ситуаций очень важно обеспечить постоянство параметров электросети в процессе перехода с одного источника на другой [3].

С целью обеспечения данных требований в схему системы электроснабжения стартового комплекса ракеты носителя «Циклон-4» были включены источники бесперебойного питания (ИБП).

Основными составляющими ИБП, позволяющими выполнять заданные функции, являются аккумуляторные батареи, ассортимент которых просто огромен. Проблеме выбора аккумуляторных батарей в составе системы электроснабжения стартового

комплекса ракеты носителя «Циклон-4» и посвящена данная статья.

## 2. Система электроснабжения стартового комплекса космического ракетного комплекса «Циклон-4»

Система электроснабжения стартового комплекса «Циклон-4» предназначена для обеспечения электроэнергией требуемого вида и качества во всех режимах эксплуатации наземного вспомогательного электрического оборудования, участвующего в подготовке космического аппарата и ракеты-носителя на стартовой позиции.

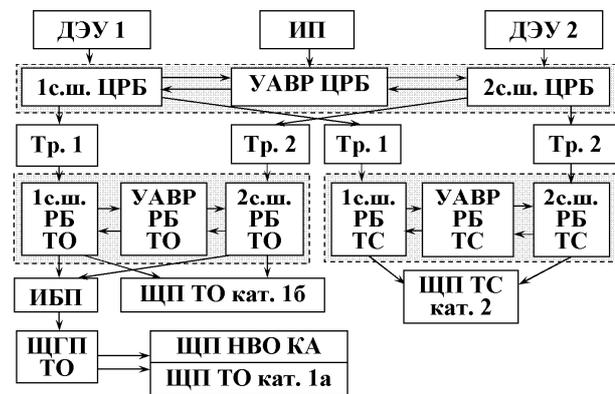


Рис. 1. Структурная схема системы электроснабжения стартового комплекса космического ракетного комплекса «Циклон-4»

Система электроснабжения стартового комплекса «Циклон-4» структурно состоит из следующих составных частей (рис. 1) [3]: дизельных энергоустановок (ДЭУ); источника питания (ИП); секций шины центрального распределительного блока (с.ш. ЦРБ); устройства автоматического ввода резерва центрального распределительного блока (УАВР ЦРБ); трансформаторов (Тр.); секций шины распределительного блока технологического оборудования (с.ш. РБ ТО); секций шины распределительного блока технических систем (с.ш. РБ ТС); устройства автоматического ввода резерва распределительного блока технологического оборудования (УАВР РБ ТО); устройства автоматического ввода резерва распределительного блока технических систем (УАВР РБ ТС); источника бесперебойного электропитания (ИБП); щита питания технологического оборудования категории 1б (ЩП ТО кат. 1б); щита питания технологического оборудования категории 1а (ЩП ТО кат. 1а); щита питания наземного вспомогательного оборудования космического аппарата (ЩП НВО КА); щита питания технических систем категории 2 (ЩП ТС кат. 2); щита гарантированного питания технологического оборудования (ЩГП ТО).

Наличие в системе электроснабжения стартового комплекса устройства автоматического ввода резерва и наличие источника бесперебойного питания в составе системы электроснабжения обеспечивает выполнение принципа горячего резервирования.

Реальное время срабатывания устройства автоматического ввода резерва на порядок меньше времени включения дизельной энергоустановки, поэтому электропитание технологического оборудования категории I группы IA осуществляется от блоков гарантированного питания, которые получают электроэнергию от параллельно включенного на общую нагрузку источника бесперебойного питания с 50 % загрузкой по мощности каждого.

Источник бесперебойного питания позволяет исключить амплитудные и частотные искажения, работать в слабых и нестабильных сетях, эффективно подавлять импульсные помехи. При пропадании входного напряжения происходит переход на питание инвертора от аккумуляторных батарей с нулевым временем переключения без скачка амплитуды и фазы входного напряжения. Время работы от аккумуляторной батареи определяет период, в течение

которого источник бесперебойного питания обеспечивает электропитанием защищаемые устройства. В общем случае время работы аккумуляторной батареи следует принимать равным, по крайней мере, десяткам минут, иначе гарантировать работу компонентов сети в течение периода времени, превышающего обычную продолжительность питания весьма проблематично.

### 3. Применение герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов в источниках бесперебойного электроснабжения стартового комплекса «Циклон-4»

При формировании систем электроснабжения стартового комплекса космического ракетного комплекса «Циклон-4» в составе источника бесперебойного питания предложено использовать герметичные свинцово-кислотные аккумуляторы, производства фирмы FAAM, серий FTS12-7,2, FHP12-24, FLL12-31 и FHP12-42. Рассмотрим кратко особенности и технические характеристики данных аккумуляторов (табл. 1) [4].

Таблица 1

Технические характеристики герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов

Тип аккумулятора	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, А·ч					Зависимость емкости от температуры, %			Внутреннее сопротивление, мкОм
		C <sub>20</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	40°C	25°C	0°C	
FTS 12-7,2	12	7,2	6,84	6,12	5,4	4,32	102	100	85	25
FHP 12-24	12	24	22	18,5	17	16,3	102	100	85	10
FHP 12-42	12	42	37	31	28,5	23	102	100	85	7
FLL 12-31	12	31	25	21	19	15,5	102	100	85	9

Тип аккумулятора	Габариты, мм				Вес, кг	Тип терминала
	Длина	Ширина	Высота	Полная высота		
FTS 12-7,2	151	65	95	101	2,3	F2
FHP 12-24	176	166	128	128	8,5	B2
FHP 12-42	198	166	172	172	14,2	B3
FLL 12-31	194	133	172	172	11,2	B3

Аккумуляторы фирмы FAAM представляют собой прямоугольный контейнер, изготовленный из акрилонитрил-бутадиен-стирола, внутри которого находятся положительные и отрицательные электроды, не содержащие сурьмы, разделенные сепараторами из микропористого стекловолокна. Корпус герметично закрыт крышкой из акрилонитрил-бутадиен-стирола, которая содержит защитный клапан избыточного давления с системой удержания кислоты. Аккумуляторы данных серий характеризуются низким внутренним сопротивлением, широким диапазоном рабочих температур, высокой надежностью, долгим сроком службы,

низким саморазрядом, отсутствием необходимости технического обслуживания, высокой удельной плотностью энергии и компактностью.

### 4. Экспериментальное исследование характеристик герметичных свинцово-кислотных аккумуляторов

В лаборатории автономной энергетики Национального аэрокосмического университета было проведено экспериментальное исследование характеристик герметичных свинцово-кислотных

аккумуляторов, производства фирмы FAAM, серий FTS12-7,2, FHP12-24, FLL12-31 и FHP12-42. Результаты данных исследований приведены в виде зарядно-разрядных (рис. 2) и вольт-амперных

характеристик (рис. 3). Также с помощью экспериментально полученных данных были получены значения основных параметров данных аккумуляторов (табл. 2).

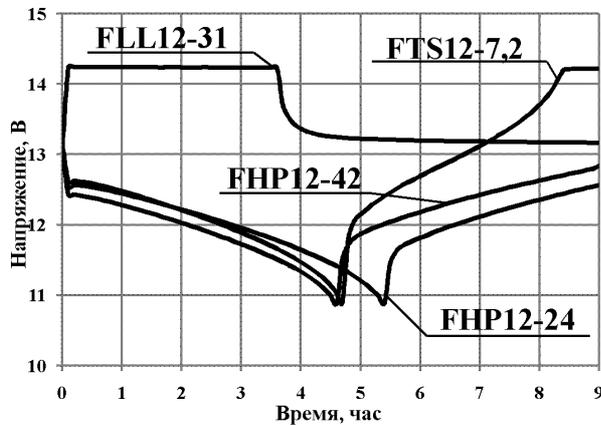


Рис. 2. Зарядно-разрядные характеристики аккумуляторов

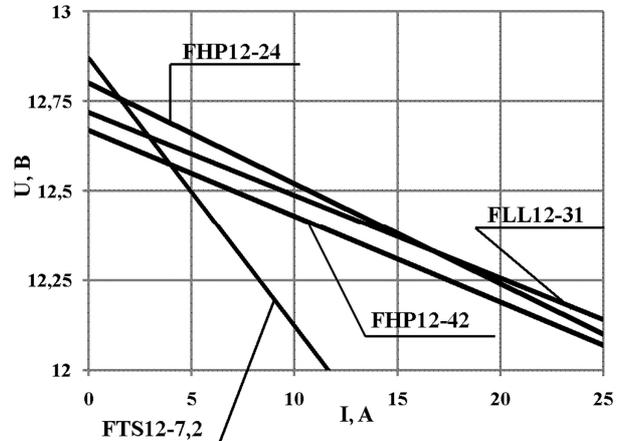


Рис. 3. Вольтамперные характеристики аккумуляторов

Таблица 2

Экспериментально определенные значения основных параметров аккумуляторов

Аккумулятор	$U_0$ , В	$r$ , Ом	$I_{кз}$ , А	$U_{нрц}$ , В	$Q$ , А·ч
FTS12-7,2	12,99	0,08	163	13,4	6,79
FHP12-24	12,84	0,03	431	13,8	26
FLL12-31	12,76	0,02	517	13,5	26,45
FHP12-42	12,71	0,03	498	12,46	38,78

### Заключение

Таким образом, из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- аккумуляторы фирмы FAAM (серии FTS12-7,2, FHP12-24, FLL12-31 и FHP12-42) могут быть использованы в источниках бесперебойного питания в условиях тропического климата на стартовом комплексе космодрома Алкантара;

- аккумуляторы серии FTS12-7,2 могут быть использованы в составе источников бесперебойного питания, однако требуют постоянного контроля их параметров и характеристик в связи с тем, что имеют высокое внутреннее сопротивление, низкий ток короткого замыкания, а также экспериментальные значения емкости не совпадают с заявленными производителем;

- аккумуляторы серий FHP12-24, FLL12-31 и FHP12-42 могут быть использованы в качестве накопителей электроэнергии в составе источников бесперебойного питания систем электроснабжения

стартовых комплексов космического ракетного комплекса «Циклон-4» на космодроме Алкантара.

### Литература

1. Бирюков, Г.П. Основы построения ракетно-космических комплексов [Текст] / Г.П. Бирюков, В.Н. Кобелев. – М.: Издательство МАТИ им. К.Э. Циолковского, 2000. – 294 с.
2. Стартовое оборудование ракетно-космических комплексов [Текст] / под ред. Б.К. Гранкина. - СПб.: ВИКА им. А.Ф. Можайского, 1994. – 286 с.
3. Фролов, В.П. Метод формирования структур систем бесперебойного электроснабжения стартовых комплексов ракет-носителей на основе моделирования [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.06; защищена 20.01.11 / Фролов Виктор Петрович. – Харьков, 2011. - 171 с.
4. Аккумуляторы производства фирмы FAAM Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.faam.com/en/stand-by-products/> – 30.08.2012 г.

Поступила в редакцию 21.09.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. каф. 106 А.В. Бетин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

### **ВИКОРИСТАННЯ ГЕРМЕТИЧНИХ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ОБЛАДНАННІ СТАРТОВИХ КОМПЛЕКСІВ РАКЕТОНОСІЇВ В УМОВАХ КОСМОДРОМУ АЛКАНТАРА**

*О.Л. Азарнов, К.В. Безручко, А.О. Давідов, В.І. Лазненко, В.П. Фролов, А.А. Харченко, С.В. Ширінський*

В статті показано необхідність забезпечення надійності та якості електропостачання технологічного обладнання стартових комплексів ракетноносіїв. Показано, що основну роль в забезпеченні надійної роботи технологічного обладнання стартових комплексів грають електрохімічні акумулятори у джерелах безперебійного електропостачання. Приведено схему системи електропостачання стартового комплексу ракетноносія «Циклон-4» та показано роль джерел безперебійного електропостачання при роботі такої системи. Проведено експериментальне дослідження герметичних свинцево-кислотних акумуляторів, які запропоновані до використання у складі джерел безперебійного електропостачання систем електропостачання стартових комплексів в умовах космодрому Алкантара.

**Ключові слова:** герметичний, система електропостачання, джерело безперебійного електропостачання, свинцево-кислотний акумулятор, зарядно-розрядна характеристика, вольт-амперна характеристика.

### **THE USE OF SEALED LEAD-ACID BATTERIES IN THE PROCESSING EQUIPMENT OF THE LAUNCHER OF THE LAUNCH VEHICLES IN ALCANTARA SPACEPORT**

*A.L. Azarnov, K.V. Bezruchko, A.O. Davidov, V.I. Laznenko, V.P. Frolov, A.A. Kharchenko, S.V. Shirinsky*

In this paper the need to ensure the reliability and quality of electricity supply technological equipment launchers of the launch vehicle is shown. The main role of electrochemical batteries in the UPS, while ensuring reliable operation of process equipment launchers shows. The diagram of the power-supply system of the launcher of the launch vehicle "Cyclone-4" is shown. Role of the UPS in the power-supply system of the launcher of the launch vehicle "Cyclone-4" is shown. The experimental study of sealed lead-acid batteries used in the UPS power-supply systems of the launchers in Alcantara spaceport is given.

**Keywords:** sealed, power-supply system, uninterruptible power supply, lead-acid battery, charge-discharge characteristics, current-voltage characteristics.

**Азарнов Александр Леонидович** - ст. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

**Безручко Константин Васильевич** – д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

**Давидов Альберт Оганезович**, - канд. техн. наук, вед. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

**Лазненко Виктор Иванович** – ст. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

**Фролов Виктор Петрович** - канд. техн. наук, нач. отдела, Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля, г. Днепропетровск.

**Харченко Андрей Анатольевич** – ст. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.

**Ширинский Семен Владимирович** - канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков.