

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/216TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/216TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/216TVN515>)

УДК 621.3; 621.8

Квашнина Галина Владимировна

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

Россия, Липецк

Ассистент кафедры «Электрооборудования»

E-mail: g.v.kvashnina@ya.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=667627

Чашин Евгений Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева»

Россия, г. Ковров¹

Заведующий кафедрой «Электротехники»

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: kanircha@list.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=42261

Борзов Сергей Рудольфович

ООО «Энергостройэксперт»

Россия, г. Владимир²

Инженер

E-mail: srborzov@mail.ru

Ефремов Вячеслав Геннадьевич

ООО «Энергостройэксперт»

Россия, г. Владимир

Инженер

E-mail: vgefremovv@yandex.ru

Резервирование электропитания лифтового оборудования

¹ 601910, Россия, Владимирская обл., г. Ковров, ул. Маяковского, 19

² 600005, Россия, г. Владимир, ул. Студенческая, 5-А, 506

Аннотация. В статье предложена методика резервирования замещением электропитания грузоподъемных механизмов и лифтов путем параллельного подключения резервного источника питания. Обоснован выбор резервного источника питания и показана целесообразность использования в этом качестве свинцово-кислотной аккумуляторной батареи, подключаемой в зависимости от типа электропривода лифтов совместно либо без инвертора, преобразующего постоянное напряжение от аккумуляторной батареи в 3-х фазный электрический ток. Важным моментом в предложенной в статье методике выбора емкости аккумуляторной батареи, используемой в качестве резервного источника, является определение времени гарантированной работы электропривода непосредственно от резервного источника. В работе представлена апробация методики и приведены результаты моделирования на примере резервирования лифта грузоподъемностью 630 кг с электроприводом мощностью 4,5 кВт. Показано, что аккумуляторная батарея при заявленных параметрах лифтового электрооборудования не способна поддерживать его функционирование в течение длительного интервала времени, составляющего согласно ГОСТ Р 51617-2000 до 24 час. Однако ее использование становится целесообразным при применении для резервного электропитания с целью обеспечения безаварийной высадки пассажиров путем доводки лифтовой кабины до ближайшего этажа. Определено, какую продолжительность работы обеспечивают резервные источники питания на базе серийно выпускаемых автомобильных аккумуляторов.

Ключевые слова: система электроснабжения; резервирование; резервный источник; безотказность; резервирование замещением; аккумуляторная батарея; лифт; безопасность; электропривод.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Квашнина Г.В., Чащин Е.А., Борзов С.Р., Ефремов В.Г. Резервирование электропитания лифтового оборудования // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015)
<http://naukovedenie.ru/PDF/216TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/216TVN515

Электроснабжение лифтов – это сложный процесс, регулируемый несколькими законодательными актами, а правильное безопасное электроснабжение лифтов – это едва ли не первостепенная задача при возведении любого здания, оснащенного данным подъемным механизмом. В случае неправильного функционирования отказ лифтового оборудования может повлечь за собой не только материальный ущерб, но и нанести вред здоровью людей. Особенности электроснабжения лифтов зависят от многих факторов: типа лифта, его скорости, грузоподъемности, типа и характеристик электропривода и других. Однако в любом случае электроснабжение данного объекта должно отвечать требованиям бесперебойности.

Лифты являются потребителями электроэнергии I категории надежности [1] и в соответствии с требованиями ПУЭ, предъявляемыми к электропитанию подобных объектов, должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. При этом перерыв их электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания. Однако практика показывает, что данное требование зачастую нарушается, в связи с чем возникают ситуации, когда лифт не работает, в том числе нередки ситуации, когда внутри лифта в момент его отказа находятся пассажиры, которым порой приходится проводить длительное время в ожидании обслуживающего персонала, обеспечивающего аварийное открывание дверей. Нередко лифт останавливается между этажами, и у ремонтного персонала возникает необходимость поднять/опустить кабину на уровень необходимого этажа, чтобы обеспечить людям возможность выхода из кабины. В случае отсутствия электроснабжения данная задача может занять достаточно продолжительный интервал времени.

В связи с этим возникает актуальная задача обеспечения возможности работы лифтового оборудования хотя бы в течение короткого промежутка времени после прекращения основного электроснабжения. Одним из возможных вариантов обеспечить возможность лифтовой кабины доехать хотя бы до ближайшего этажа и осуществить открывание дверей с целью беспрепятственного выхода пассажиров из кабины в случае если ее электроснабжение от основной питающей линии отказало, - установка резервного источника питания, способного вырабатывать электроэнергию, необходимую для аварийного завершения рабочего цикла подъема/спуска кабины. В качестве резервного источника питания для потребителей I категории допускается использование дизельного генератора или аккумуляторной батареи [2]. Второй вариант применительно к электропитанию лифтов представляется более предпочтительным, т.к. содержание и обслуживание дизель-генератора сопровождается необходимостью применения и хранения горючесмазочных материалов, что повышает пожароопасность. Поэтому более перспективным полагаем использование в качестве резервных источников питания необслуживаемых аккумуляторных батарей типа VRLA [3]. Известно, что лифтах и грузовых подъемниках может быть использован электропривод на базе двигателей постоянного тока. Однако наиболее широко последнее время применяется энергоэффективный электропривод с асинхронным двухскоростным электродвигателем либо асинхронный электропривод [4], включенный по системе тиристорный регулятор напряжения (ТРН) с двухскоростным асинхронным двигателем. В последних случаях аккумуляторная батарея подключается совместно с инвертором.

Рассмотрим влияние использования аккумуляторных батарей в качестве резервного источника питания на изменение параметров безотказности электропривода, обеспечивающего движение кабины лифтов и грузовых подъемников. Исследования, выполненные ранее [5-7] показали, что при использовании аккумуляторных батарей как резервных источников электропитания наиболее предпочтительным способом их подключения является резервирование замещением. В этом случае резервный источник питания подключен через коммутатор, который в нормальном режиме работы разомкнут, а

замыкается либо в случае отказа сети электроснабжения, либо при падении напряжения в ней ниже заданного уровня (рис. 1). Включение резервного источника питания может происходить либо автоматически, либо нажатием кнопки внутри лифта в случае отказа сети электроснабжения.

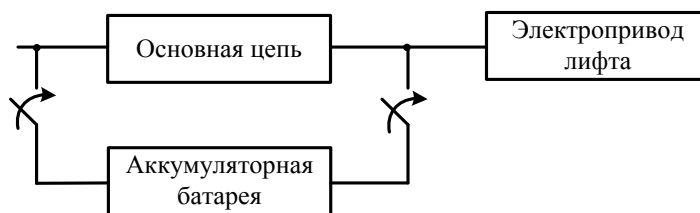


Рис. 1. Схема замещения для оценки эффективности включения аккумуляторной батареи в цепь (разработано авторами)

Оценим вероятность работы соединения (см. рис. 1)

$$p = p_{оц} \cdot p_{аб} + p_{оц} \cdot q_{аб} + p_{аб} \cdot q_{оц}, \quad (1)$$

где $p_{оц}$ и $q_{оц}$ – вероятность работы основной цепи и вероятность ее отказа соответственно; $p_{аб}$ и $q_{аб}$ – вероятность работы аккумуляторной батареи и вероятность ее отказа соответственно.

Используя известное приближение [8], задавая параметры интенсивности отказов основной и резервной цепи, оценим вероятность работы при резервировании замещением в случае, если интенсивность отказов основной цепи и резервного элемента различны:

$$P_{свн \text{ аб}} = e^{-\lambda t} + \frac{\lambda}{\lambda_a - \lambda} (e^{-\lambda t} - e^{-\lambda_a t}), \quad (2)$$

где λ – интенсивность отказов системы, t – наработка на отказ, λ_a – интенсивность отказов батареи.

ГОСТом Р 51617-2000 «Жилищно-коммунальные услуги. Общие технические условия» установлен нормативный срок устранения неисправностей лифта 1 сутки с момента обнаружения. Будем считать этот интервал за расчетное максимально возможное время восстановления основного электроснабжения, считая, что интенсивность отказа основной цепи составляет $0,01 \text{ год}^{-1}$. Принимаем, что согласно [9] интенсивность отказов

$$\lambda = q/\theta, \quad (3)$$

где q – вероятность отказа, θ – время восстановления.

Тогда, вероятность отказа цепи основного электроснабжения при отсутствии резервной батареи будет равна

$$q_{оц} = \lambda_{оц} \theta_{оц} = 0,01 \cdot 24 / 8760 = 2,7 \cdot 10^{-5}. \quad (4)$$

Соответственно вероятность работы в этом случае будет составлять

$$p_{оц} = 1 - q_{оц} = 0,999973 \quad (5)$$

Согласно ГОСТ 22011-95 «Лифты пассажирские и грузовые» средняя наработка на отказ составляет не менее 440 ч. Тогда, используя выражение (2-5), оценим изменение вероятности отказа работы системы электроснабжения лифта при использовании резервного

источника для различных значений продолжительности отказа основного электроснабжения (рис. 2).

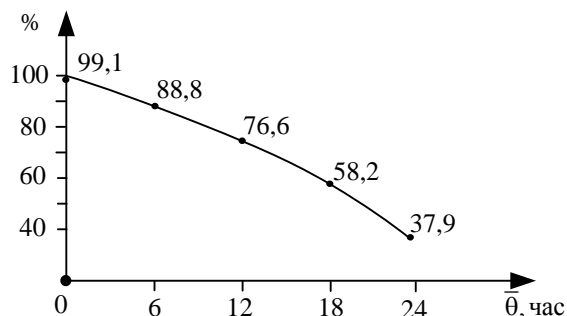


Рис. 2. Вероятность обеспечения работы лифта при разной длительности перерыва основного электроснабжения (разработано авторами)

Видно, что с увеличением продолжительности отказа электроснабжения основной цепи, вероятность того, что аккумуляторная батарея обеспечит возможность функционирования электропривода лифта, падает нелинейно. Полученная зависимость качественно соответствует известным представлениям [10], что подтверждает адекватность предложенной математической модели резервирования замещением, обеспечивающего аварийное питание лифтового электрооборудования в случае отказа основной цепи (1-5).

Девятиэтажные дома – это едва ли не самая популярная форма застройки в типовых городах России. Оценим на примере лифта ZIRCON компании «LM LIFTMATERIAL GmbH» (Германия) грузоподъемностью 630 кг влияние резервирования на повышение безаварийности работы лифта для типового жилого 9-этажного дома. Номинальная мощность привода данного типа лифта составляет $P=4,5$ кВт, номинальный ток – 12,3 А [11]. Лифты изготавливают для работы от сети переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 380 В. Принимаем, что в качестве резервного источника питания используется аккумуляторная батарея номинальным напряжением $U=12$ В. Оценим время, в течение которого использование аккумуляторной батареи позволяет обеспечить функционирование электропривода лифта.

Номинальный ток лифта является величиной интенсивности разряда. Принимая, что номинальная мощность привода лифта остается неизменной, оценим пусковой ток аккумуляторной батареи:

$$I_{i\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}} = P/U = 4.5/12 = 375 \text{ А.} \quad (6)$$

Принимая коэффициент мощности электропривода лифта 0,9 и учитывая потери в инверторе, будем считать, что пусковой ток аккумуляторной батареи должен быть не менее 450 А. Тогда емкость аккумуляторной батареи можно оценить как

$$C = t_{i\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}} \cdot I_{i\ddot{a}\ddot{a}\ddot{o}}, \quad (7)$$

где $t_{необх}$ – необходимое расчетное время работы батареи; $I_{нагр}$ – номинальный ток нагрузки.

Из (7) видно, что емкость аккумулятора меняется линейно с ростом времени работы, в частности автомобильный аккумулятор емкостью 100 А·час соответствует продолжительности работы $t_{необх} = 16$ мин. Следует заметить, что приведенная зависимость (7) справедлива для установившегося режима работы, составляющего для большинства свинцово-кислотных аккумуляторов временной интервал не менее 8-10 часов [10], а при

работе в кратковременном режиме эффективная емкость аккумуляторной батареи нелинейно спадает (рис. 3).

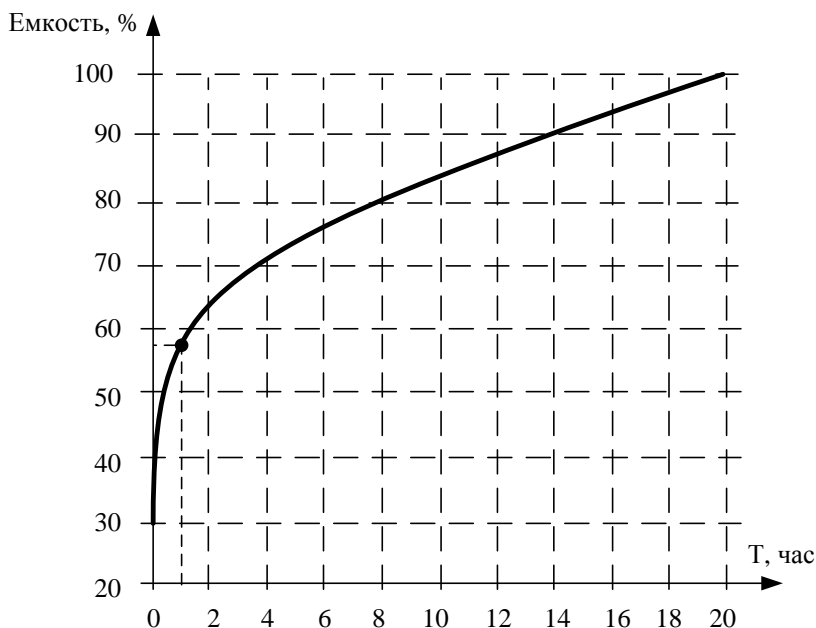


Рис. 3. Зависимость отдаваемой аккумулятором емкости в зависимости от времени разряд [10]

Видно, что согласно приведенной зависимости (см. рис. 3), эффективная емкость для интервала работы 16 мин. снижается до 50% от номинальной емкости используемой аккумуляторной батареи. Следовательно, согласно зависимости (7) получаем, что при заданных условиях максимальное время работы резервного источника питания пропорционально падает до 8 минут. Этот интервал времени является достаточным для обеспечения передвижения кабины лифта до ближайшего этажа и открывания ее дверей.

Учитывая, что емкость аккумуляторной батареи влияет на технико-экономические параметры системы резервирования, оценим время эффективной работы резервного источника питания при использовании типовых аккумуляторных батарей другой емкости. Результаты расчета приведены в таблице.

Таблица

Время аварийной работы электропривода лифта типа ZIRCON грузоподъемностью 630 кг при разных емкостях батареи

Емкость аккумуляторной батареи, А·час	Пусковой ток, А	Время работы, мин	Тип	Цена ³ , руб.
55	550	4	Titan Arctic Silver 6CT-55.0	4750
60	480	4,3	Cobat 6CT-60.0	3850
65	570	4,7	Delkor 75D23R Asia	5500
70	640	5	Bosch S3 008	5100

³ <http://www.auto-bat.ru/shop/emkosti/batteries-50-55-ah>.

Емкость аккумуляторной батареи, А·час	Пусковой ток, А	Время работы, мин	Тип	Цена ³ , руб.
75	750	5,4	Titan Arctic Silver 6СТ-75.0	5400
80	740	5,8	Bosch S4 010	6450
90	780	6,5	Cobat 6СТ-90.0	5300
100	830	7,7	Bosch S5 013	8700
110	950	8,5	Titan Euro Silver 6СТ-110.0	7750
140	900	10,9	Titan Maxx 6СТ-140	9600
190	1350	15,2	Зверь ТТ 6СТ-190.1	11400
225	1150	19,1	VARTA Promotive Silver №9	16250

Сравнивая полученные значения длительности работы, обеспечиваемой резервным источником питания, видно, что аккумуляторная батарея при заявленных параметрах лифтового электрооборудования не способна поддерживать его функционирование в течение длительного интервала времени, составляющего согласно ГОСТ Р 51617-2000 до 24 час. Однако при ее применении для резервного электропитания с целью обеспечения безаварийной высадки пассажиров путем доводки лифтовой кабины до ближайшего этажа, ее использование становится целесообразным. Действительно, ограничивая время гарантированной работы электропривода лифта интервалом 4 минуты видно (см. табл.), что в качестве резервного питания может быть использован аккумулятор емкостью 55 А·час. Применение с этой целью аккумуляторов большей емкости позволит обеспечить питание в течение более длительного периода времени, но при этом происходит более глубокий разряд батареи, что снижает срок ее эксплуатации, а также значительно увеличиваются экономические затраты на приобретение батарей большой емкости и их обслуживание.

Согласно проведенному анализу можно сделать следующие выводы:

1. установка аккумуляторной батареи в качестве резервного источника питания системы электроснабжения лифтового электрооборудования позволяет обеспечить работоспособность лифта в аварийном режиме;
2. использование батареи, обладающей ёмкостью, рассчитанной исходя из номинальных параметров лифта, приемлемо на кратковременный интервал времени;
3. длительность возможности питания оборудования от резервной батареи зависит как от параметров самого источника, так и от параметров сети и электрооборудования, к которому батарея подключается.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 31-110-2003. Свод правил по проектированию и строительству проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. Одобрен и рекомендован к применению в качестве нормативного документа Системы нормативных документов в строительстве постановлением Госстроя России от 26 октября 2003 г. №194. Дата введения 2004-01-01.
2. Введение в специальность: учеб.-метод. пособие / Е.А. Чашин [и др.]. – Ковров: ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярева», 2012. 368 с.
3. Потапов С.И., Чашин Е.А. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебное пособие. Ковров: ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярева», 2014. 88 с.
4. Манухин С.Б., Нелидов И.К. Устройство, техническое обслуживание и ремонт лифтов. М.: Академия, 2004. 336 с.
5. Квашнина Г.В. Повышение безотказности электроснабжения временным резервированием при включении в цепь емкостного накопителя / Интернет-журнал «Наукovedение». 2014. №5 (24). Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN514.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
6. Квашнина Г.В. Оценка обеспечения безотказности электроснабжения потребителей при использовании в системе временной избыточности / Омский научный вестник, Омск. 2014. №2 (130).
7. Квашнина Г.В. Об актуальности использования временной избыточности при передаче электрической энергии // Энергосбережение – теория и практика: труды Седьмой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. В 2 томах. Том 1. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. 280 с.
8. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: учебное пособие. М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2002. 113 с.
9. Корчагин А.Б., Сердюк В.С., Бокарев А.И. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. пособие: в 2 ч. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. 140 с.
10. Расчет времени работы от аккумулятора (аккумуляторной батареи). Режим доступа: <http://www.at-systems.ru/quest/ups-quest/ups-time-count.shtml> (дата обращения 21.10.2015).
11. Ежемесячный информационно-аналитический журнал «Лифтинформ» №11 (158), ноябрь 2010.

Рецензент: Потехин Дмитрий Станиславович, профессор кафедры «Физики», доктор техн. наук, ФГБОУ ВПО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева».

Kvashnina Galina Vladimirovna

Lipetsk State Technical University
Russia, Lipetsk
E-mail: g.v.kvashnina@ya.ru

Chashchin Evgeniy Anatol'evich

Kovrov State Technical Academy
Russia, Kovrov
E-mail: kanircha@list.ru

Borzov Sergey Rudol'fovich

«Energostroyekspert» Co.
Russia, Vladimir city
E-mail: kanircha@list.ru

Efremov Vyacheslav Gennad'evich

«Energostroyekspert» Co.
Russia, Vladimir city
E-mail: vgefremovv@yandex.ru

The redundancy of elevator's power supply system

Abstract. The method of replacement redundancy by parallel connection of back-up power source to the power supply systems of hoisting apparatus and lifts has been suggested in the article. It was shown the feasibility of using lead-acid battery which depending on the type of electric elevators can be connected with the inverter or without it. The inverter converts the DC voltage from the battery into three-phase electrical current. An important point in the proposed method of selecting the battery capacity, which used as a back-up source, is the determination of the assured drive's operating time from a back-up source. The paper presents the approbation of methods and the results of simulation. The elevator with lifting capacity of 630 kg with the electric drive 4.5 kW is analyzed as an example. It is shown that the battery with the stated parameters of the elevator's electric is not able to maintain its operation for a long period of time. According to GOST R 51617-2000 this period up to 24 hours. However, the use of the battery becomes appropriate for ensure of incident-free passenger unloading by finishing the elevator car to the nearest floor. It was determined the duration of the operation provided by back-up power supplies based on the mass-produced car batteries.

Keywords: electric power supply system; redundancy; back-up power source; reliability; replacement redundancy; storage battery; elevator; safety; electric drive.

REFERENCES

1. SP 31-110-2003. Svod pravil po proektirovaniyu i stroitel'stvu proektirovanie i montazh elektroustanovok zhilykh i obshchestvennykh zdaniy. Odobren i rekomendovan k primeneniyu v kachestve normativnogo dokumenta Sistemy normativnykh dokumentov v stroitel'stve postanovleniem Gosstroya Rossii ot 26 oktyabrya 2003 g. №194. Data vvedeniya 2004-01-01.
2. Vvedenie v spetsial'nost': ucheb.-metod. posobie / E.A. Chashchin [i dr.]. – Kovrov: FGBOU VPO «KGTA im. V.A. Degtyareva», 2012. 368 s.
3. Potapov S.I., Chashchin E.A. Elektrooborudovanie avtomobiley i traktorov: uchebnoe posobie. Kovrov: FGBOU VPO «KGTA im. V.A. Degtyareva», 2014. 88 s.
4. Manukhin S.B., Nelidov I.K. Ustroystvo, tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont liftov. M.: Akademiya, 2004. 336 s.
5. Kvashnina G.V. Povyshenie bezotkaznosti elektrosnabzheniya vremennym rezervirovaniem pri vklyuchenii v tsep' emkostnogo nakopitelya / Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2014. №5 (24). Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/40TVN514.pdf>, svobodnyy. – Zagl. s ekrana. - Yaz. rus., angl.
6. Kvashnina G.V. Otsenka obespecheniya bezotkaznosti elektrosnabzheniya potrebiteley pri ispol'zovanii v sisteme vremennoy izbytochnosti / Omskiy nauchnyy vestnik, Omsk. 2014. №2 (130).
7. Kvashnina G.V. Ob aktual'nosti ispol'zovaniya vremennoy izbytochnosti pri peredache elektricheskoy energii // Energoberezhenie – teoriya i praktika: trudy Sed'moy Mezhdunarodnoy shkoly-seminara molodykh uchenykh i spetsialistov. V 2 tomakh. Tom 1. M.: Izdatel'skiy dom MEI, 2014. 280 s.
8. Matveevskiy V.R. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem: uchebnoe posobie. M.: Moskovskiy gosudarstvennyy institut elektroniki i matematiki, 2002. 113 s.
9. Korchagin A.B., Serdyuk V.S., Bokarev A.I. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyy risk: ucheb. posobie: v 2 ch. Omsk: Izd-vo OmGTU, 2011. 140 c.
10. Raschet vremeni raboty ot akkumulyatora (akkumulyatornoy batarei). Rezhim dostupa: <http://www.at-systems.ru/quest/ups-quest/ups-time-count.shtml> (data obrashcheniya 21.10.2015).
11. Ezhemesyachnyy informatsionno-analiticheskiy zhurnal «Liftinform» №11 (158), noyabr' 2010.