

ОАО «Завод АИТ»

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор

ОАО «Завод АИТ»



В.В.Волынский

« 28 » 10 2013

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ  
ЩЕЛОЧНЫХ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ  
НЕОБСЛУЖИВАЕМЫХ СЕРИИ KGL ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

Главный конструктор ОКР

ОАО «Завод АИТ»



И.В.Чипига

« 28 » 10 2013

2013

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Применение аккумуляторных батарей в электроэнергетике характеризуется следующими основными особенностями:

- буферным режимом работы, т.е. нагрузка и батарея всегда подключены к выходным шинам выпрямителя;
- длительным сроком службы аккумуляторной батареи (до 25 лет);
- относительно большими токами нагрузки в аварийном (автономном) режиме продолжительностью от 30 минут до нескольких часов в сочетании с короткими «толчками» тока нагрузки в начале, середине и конце аварийного режима;
- строго заданным диапазоном изменения напряжения батареи во всех режимах.

Настоящий документ разработан для щелочных никель-кадмиевых аккумуляторов серии KGL необслуживаемых, состоящих из блоков положительных и отрицательных электродов, изолированных друг от друга специальными сепараторами, обеспечивающими рекомбинацию выделяющихся газов. Электроды имеют ламельную конструкцию, при которой активные материалы запрессованы в перфорированную никелированную стальную ленту, что обеспечивает механическую прочность электродов и полное отсутствие их коррозии. Блоки электродов помещены в пластмассовый бак.

Для работы в составе системы оперативного постоянного тока (СОПТ) с номинальным напряжением 220 В могут применяться аккумуляторные батареи из:

- 164 аккумуляторов (для новых подстанций, характеризующихся небольшим током управления);
- 184 аккумуляторов (для старых подстанций, имеющих в составе батареи «хвостовые» аккумуляторы в количестве 20 шт. для обеспечения больших токов включения соленоидов).

## 2 ПОРЯДОК РАСЧЕТА И МЕТОДИКА ВЫБОРА БАТАРЕИ

### 2.1 Предварительные расчеты

2.1.1 Предварительную оценку требуемой емкости батареи  $Q$ , А·ч, проводят по формуле

$$Q = I_{\text{ср}} \cdot t, \quad (1)$$

где  $I_{\text{ср}}$  - средний ток в течение всего автономного режима, А;

$t$  – полная длительность автономного режима, ч.

2.1.2 Число аккумуляторов в батарее  $N$  с округлением вниз до ближайшего целого значения определяют по формуле

$$N = U_{\text{max}} / 1,46, \quad (2)$$

где  $U_{\text{max}}$  – максимальное допустимое напряжение на входных клеммах нагрузки в дежурном режиме, В;

1,46 – зарядное напряжение никель-кадмиевого аккумулятора в буферном режиме, В.

2.1.3 Минимально допустимое напряжение на батарее  $U_{\text{min бат}}$ , В, с учетом падения напряжения на кабелях по среднему току разряда определяют по формуле

$$U_{\text{min бат}} = U_{\text{min}} + I_{\text{ср}} \cdot R_{\text{каб}}, \quad (3)$$

где  $U_{\text{min}}$  – минимально допустимое напряжение на входных клеммах нагрузки по наиболее критичной цепи в автономном режиме, В;

$I_{\text{ср}}$  - средний ток в течение всего автономного режима, А;

$R_{\text{каб}}$  – полное сопротивление кабельной линии (обе ветви) от батареи до входных клемм нагрузки, Ом.

2.1.4 Номинальную емкость аккумулятора определяют по таблице 1.

Таблица 1

Тип аккумулятора	Режим разряда					
	5-часовой		3-часовой		1-часовой	
	Сила тока, А	Емкость, А·ч	Сила тока, А	Емкость, А·ч	Сила тока, А	Емкость, А·ч
1	2	3	4	5	6	7
KGL60P	12	60	18	54	45	45
KGL70P	14	70	21	63	53	53

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
KGL100P	20	100	30	90	75	75
KGL125P	25	125	38	114	94	94
KGL140P	28	140	42	126	105	105
KGL160P	32	160	48	144	120	120
KGL200P	40	200	60	180	150	150
KGL250P	50	250	75	225	188	188
KGL300P	60	300	90	270	225	225
KGL350P	70	350	105	315	263	263
KGL400P	80	400	120	360	300	300
KGL450P	90	450	135	405	338	338
KGL500P	100	500	150	450	375	375
Примечание – Разряд до напряжения 1,0 В.						

## 2.2 Порядок расчета и выбор батареи при отсутствии толчковых режимов

2.2.1 При отсутствии импульсной (толчковой) нагрузки в течение автономного режима ток нагрузки (ток разряда)  $I = I_{\text{ср}}$ .

После определения  $U_{\text{min бат}}$  и зная время автономной работы батареи, по соответствующей таблице 1 выбирают тип аккумулятора, обеспечивающий заданный или больший ток разряда.

Удобнее воспользоваться графическим представлением разрядных характеристик рис. 1.1 приложение 1.

2.2.2 Рассмотрим конкретный пример со следующими исходными данными:

- ток разряда – 100 А;
- время разряда – 60 мин;
- минимальное допустимое напряжение на входных клеммах нагрузки – 190В;
- батарея из 164 аккумуляторов.

Порядок расчета:

- определяют требуемую емкость от батареи

$$Q = 100 \cdot 1 = 100 \text{ (А·ч)}$$

- определяют минимальное допустимое напряжение на аккумулятор

$$190 \text{ В} / 164 = 1,16 \text{ (В/ак)}$$

- на номограмме рис.1 приложение 1 проводят горизонтальную прямую на уровне 1,16 В/ак, что соответствует минимально допустимому напряжению под нагрузкой;

- находят точку пересечения этой прямой с пунктирной линией, представляющей разрядную характеристику в часовом режиме;

- через найденную точку проводят вертикальную прямую до пересечения с горизонтальной осью номограммы и считывают процентное значение от требуемой емкости аккумулятора (37%) и рассчитывают номинальную емкость

$$Q_n = 100 / 0,37 = 270 \text{ (А·ч)}$$

Округляют это значение вверх до ближайшего значения из таблицы 1 (300 А·ч).

### **2.3 Порядок расчета и выбор батареи при наличии толчковых режимов**

2.3.1 Для применения в электроэнергетике характерно наличие толчковых режимов на фоне некоторого среднего потребления. При этом толчки тока могут быть в самом начале автономного режима, в середине и в конце.

Расход энергии (снимаемый заряд) за время толчка (обычно длительностью порядка или менее 1 секунды) невелик по сравнению с общим расходом за все время автономной работы и поэтому не вносит существенной поправки в расчет требуемой емкости. Главное требование при расчете и выборе батареи состоит в том, чтобы во время толчков обеспечить напряжение не ниже минимально допустимого значения. При этом приходится учитывать, на какой стадии автономного режима, при какой глубине разряда батареи происходит очередной толчок.

2.3.2 Рассмотрим конкретный пример со следующими исходными данными:

#### **Вариант 1**

- минимальное допустимое напряжение во время толчка – 190 В;
- длительность толчка – менее 1 с., толчок сразу после перехода в автономный режим;

- ток толчка – 200 А;

- батарея из 164 аккумуляторов.

#### **Порядок расчета:**

- определяют минимальное допустимое напряжение на аккумулятор

$$190 \text{ В} / 164 = 1,16 \text{ (В/ак)}$$

- если минимально допустимое напряжение во время толчка составляет 1,16 В /ак., ток – 200 А, длительность толчка 0,1 секунды, то следует воспользоваться кривой для времени разряда 0,5 секунды по рис. 2.1 приложения 2.

- на графике рис.2. 1 проводят горизонтальную прямую на уровне 1,16 В/ак., что соответствует минимально допустимому напряжению под нагрузкой;

- находят точку пересечения этой прямой с линией для времени разряда 0,5 секунды;

- через найденную точку проводят вертикальную прямую до пересечения с горизонтальной осью графика и считывают значение тока в долях емкости аккумулятора (1,32) и рассчитывают номинальную емкость

$$Q_n = 200 / 1,32 = 151 \text{ (А·ч)}$$

Округляют это значение вверх до ближайшего значения из таблицы 1 (160 А·ч);

- если после первого токового толчка следует режим разряда постоянным током, то дальнейшая процедура расчета выглядит точно так же, как и при отсутствии толчковых режимов.

### **Вариант 2**

- минимальное допустимое напряжение во время толчка – 190 В;
- постоянный ток разряда – 28 А;
- время разряда – 60 мин;
- длительность толчка – 1 с, толчок в конце разряда постоянным током;
- ток толчка – 100 А;
- батарея из 184 аккумуляторов.

### **Порядок расчета:**

- определяют минимальное допустимое напряжение на аккумулятор

$$190 \text{ В} / 184 = 1,03 \text{ (В/ак)}$$

- на номограмме рис. 1.1 приложение 1 проводят горизонтальную прямую на уровне 1,03 В/ак., что соответствует минимально допустимому напряжению под нагрузкой;

- находят точку пересечения этой прямой с пунктирной линией, представляющей разрядную характеристику в часовом режиме;

- через найденную точку проводят вертикальную прямую до пересечения с горизонтальной осью номограммы, считывают процентное значение от требуемой емкости аккумулятора (68%) и рассчитывают номинальную емкость

$$Q_n = 28 / 0,68 = 41 \text{ (А·ч)}$$

Округляют это значение вверх до ближайшего значения из таблицы 1 (60А·ч).

- определяют степень разряженности от 60 А·ч после разряда током 28 А в течение 1 ч (47 %), по номограмме определяют ток, обеспечивающий заданное минимальное напряжение (0,9С) и рассчитывают требуемую емкость

$$Q_n = 100 / 0,9 = 111 \text{ (А·ч)}$$

Округляют это значение вверх до ближайшего значения из таблицы 1 (125 А·ч).

### **Вариант 3**

• несколько толчков во время разряда постоянным током и толчок в конце автономного режима

Считаем параметры всех толчков, в том числе и последнего, одинаковыми. Тогда, с учетом того, что расход емкости на каждый толчок очень мал, расчет этого режима производится так, как будто есть только один последний толчок, то есть по варианту 2. Действительно, любой толчок в пределах автономного режима происходит при меньшей глубине разряда, чем для последнего толчка, значит, напряжение батареи не опускается ниже минимального, что всегда остается главным критерием выбора.

## **2.4 Ступенчатый разряд. Пример расчета**

2.4.1 Рассмотрим конкретный пример со следующими исходными данными:

- минимальное допустимое напряжение во время толчка – 190 В;
- ток разряда ( $I_1$ ) – 28 А;
- время разряда ( $t_1$ ) – 30 мин.;
- ток разряда ( $I_2$ ) – 70 А;
- время разряда ( $t_2$ ) – 30 мин.;
- батарея из 164 аккумуляторов.

Порядок расчета:

- определяют минимальное допустимое напряжение на аккумулятор

$$190 \text{ В} / 164 = 1,16 \text{ (В/ак)}$$

- снимаемую емкость на первом участке определяют

$$Q_1 = I_1 \cdot t_1 = 28 \cdot 0,5 = 14 \text{ (А·ч)}$$

- снимаемую емкость на втором участке определяют

$$Q_2 = I_2 \cdot t_2 = 70 \cdot 0,5 = 35 \text{ (А·ч)}$$

- полную емкость, снимаемую за весь режим, определяют

$$Q = Q_1 + Q_2 = 14 + 35 = 49 \text{ (А·ч)}$$

- на номограмме рис. 1.1 приложение 1 проводят горизонтальную прямую на уровне 1,16 В/ак, что соответствует минимально допустимому напряжению под нагрузкой;

- находят точку пересечения этой прямой с пунктирной линией, представляющей разрядную характеристику в часовом режиме;

- через найденную точку проводят вертикальную прямую до пересечения с горизонтальной осью номограммы и считывают процентное значение от требуемой емкости аккумулятора (37%) и рассчитывают номинальную емкость

$$Q_n = 49 / 0,37 = 132 \text{ (А·ч)}$$

Выбирают аккумулятор по таблице 1 (140А·ч);

- проводят оценку, до какого напряжения разрядится батарея, для чего, пользуясь номограммой рис. 1.1 приложение 1, двигаются по кривой разряда при постоянном токе 28 А (0,2С) до пересечения с пунктирной линией получасового разряда. Далее опускаются вертикально вниз до кривой разряда при токе 70 А (0,5С) и двигаются по ней до уровня снятой емкости 49А·ч (35%). На вертикальной оси считывают значение напряжения в конце разряда – 1,13 В.

В рассмотренном варианте условие примера оказалось невыполнимым по величине конечного напряжения.

По этой же номограмме видно, что конечному напряжению 1,16 В/ак может удовлетворять режим с током разряда на втором участке около 0,35С.

Рассчитывают требуемую емкость:

$$Q_n = 70 / 0,35 = 200 \text{ (А·ч)}$$

Выбирают аккумулятор по таблице 1 (200 А·ч).



Проводят проверку расчета полученной емкости выше указанным методом.

## 2.5 Расчет внутреннего сопротивления и тока короткого замыкания

2.5.1 При выборе устройства защиты в системах электроснабжения постоянного тока, содержащих аккумуляторную батарею, необходимо знать величину тока короткого замыкания, причем порог срабатывания защиты следует выбирать ниже тока короткого замыкания разряженной батареи.

2.5.2 Рассмотрим расчет значения внутреннего сопротивления полностью заряженного аккумулятора KGL500P.

### Порядок расчета:

- используя вольтамперную кривую на 10 секунде рис. 1, находят при токе разряда  $I_1 = 320$  А напряжение  $U_1 = 1,247$  В, при токе разряда  $I_2 = 1670$  А напряжение  $U_2 = 0,722$  В;

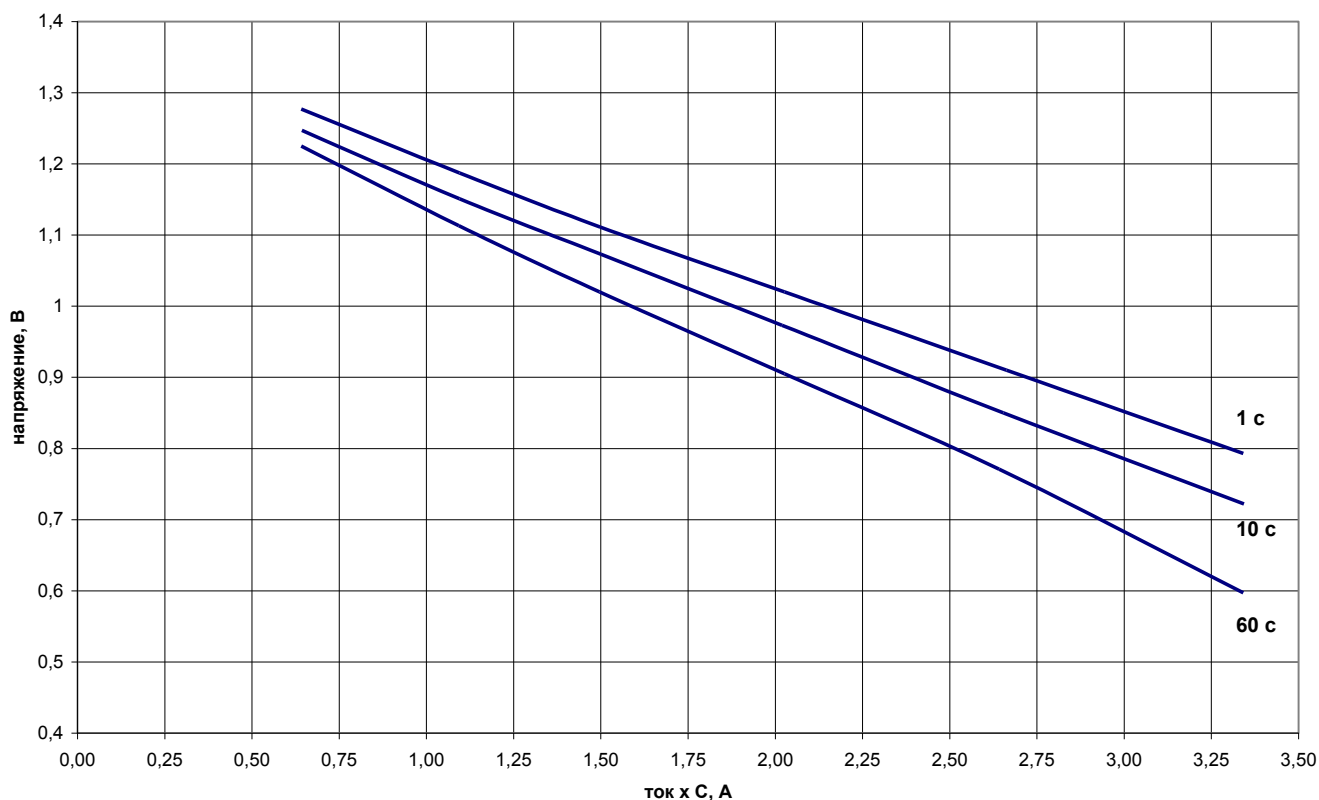


Рис. 1 – Вольтамперные характеристики аккумуляторов серии KGL

- для расчета берется напряжение аккумулятора на 10 секунде с целью исключения ошибки вследствие резкого провала напряжения в первый момент включения аккумулятора на разряд, объясняемого быстрым разрядом емкости двойного слоя,

образуемого на границе электрод-электролит. При больших токах разряда данная емкость разряжается практически мгновенно;

- внутреннее сопротивление аккумулятора  $R_{вн}$ , Ом, определяют по формуле

$$R_{вн} = (U_1 - U_2) / (I_2 - I_1) \quad (4)$$

$$R_{вн} = (1,247 - 0,722) / (1670 - 320) = 0,0004 \text{ Ом} = 0,4 \text{ мОм}.$$

Результаты расчетов внутреннего сопротивления аккумуляторов представлены в таблице 2.

Таблица 2- Расчетные значения внутреннего сопротивления полностью заряженных аккумуляторов при температуре электролита 25 °С

Тип аккумулятора	Внутреннее сопротивление, мОм
1	2
KGL60P	2,4
KGL70P	1,8
KGL100P	2,0
KGL125P	1,65
KGL140P	1,5
KGL160P	1,2
KGL200P	0,95
KGL250P	0,8
KGL300P	0,65
KGL350P	0,55
KGL400P	0,5
KGL450P	0,45
KGL500P	0,4

2.5.3 Рассмотрим расчет тока короткого замыкания полностью заряженного аккумулятора KGL500P.

Порядок расчета:

- ток короткого замыкания заряженного аккумулятора  $I_{кз}$ , Ом, определяют по формуле

$$I_{кз} = 1,32 / R_{вн}, \quad (5)$$

где 1,32 – ЭДС заряженного щелочного никель-кадмиевого аккумулятора, В;  
 $R_{вн}$  – внутреннее сопротивление полностью заряженного аккумулятора, Ом.

$$I_{кз} = 1,32 / 0,0004 = 3300 \text{ А}$$

В приведенном выше примере не учитывалось сопротивление цепи, внешней по отношению к батарее, то есть сопротивление кабелей, внутренних сопротивлений

защитных аппаратов, переходных сопротивлений контактов, а также сопротивления электрической дуги, возникающей при КЗ. Очевидно, что реальные значения токов короткого замыкания сильно зависят как от перечисленных параметров, так и от места, где может возникнуть короткое замыкание.

## **2.6 Расчет объема газовыделения аккумуляторов в процессе подзаряда**

2.6.1 В процессе заряда никель-кадмиевых аккумуляторов возможно разложение воды в электролите с образованием водорода и кислорода на отрицательном и положительном электродах соответственно. Это, во-первых, представляет определенную пожароопасность, а во-вторых, вызывает необходимость периодического добавления воды в электролит. Газовыделение при заряде щелочных аккумуляторов обусловлено тем, что зарядное напряжение источников тока выше напряжения разложения воды.

Образование водорода на кадмиевом электроде начинается лишь в конце заряда, поэтому данного нежелательного процесса можно избежать, если емкость кадмиевого электрода будет больше емкости оксидно-никелевого электрода. В результате этого на практике активная масса на кадмиевом электроде закладывается с некоторым избытком (в 1,2 – 2 раза больше, чем на оксидно-никелевом электроде). Таким образом, кадмиевый электрод при заряде не заряжается полностью, что позволяет избежать нежелательного выделения водорода.

Выделение кислорода на оксидно-никелевом электроде начинает протекать с заметной скоростью после того, как электрод приобретет примерно 50% своей электрохимической емкости. Скорость этого процесса возрастает по мере увеличения степени заряженности электрода. Герметизация НКА основана на том, что на кадмиевом электроде в растворе щелочи возможно протекание процесса электрохимического восстановления кислорода с достаточной скоростью. Если скорость выделения кислорода на оксидно-никелевом электроде будет равняться скорости его электрохимического восстановления на кадмиевом электроде, то аккумулятор становится герметичным. Для этого необходимо, во-первых, обеспечить подачу кислорода с положительного электрода на отрицательный с достаточно большой скоро-

стью, и, во-вторых, обеспечить высокую скорость самого процесса электрохимического восстановления кислорода на кадмиевом электроде.

Высокая скорость переноса кислорода обеспечивается за счет выбора свойств пористой структуры сепаратора и количества электролита в нем. Наиболее эффективным способом транспортировки кислорода через сепаратор является его газофазное течение, поэтому необходимо, чтобы сепарационный материал содержал крупные поры. Учитывая, что сепаратор должен иметь незначительное электросопротивление по электролиту при его частичном газозаполнении, обязательным является наличие также и мелких пор, обеспечивающих определенное содержание электролита в сепараторе. Таким образом, сепарационный материал для герметичного аккумулятора должен обладать бидисперсионной структурой, т.е. содержать как большие, так и мелкие поры. В роли такого материала могут выступать перфорированные мелкопористые сепараторы и сепараторы с ворсистой поверхностью, а также ткани и нетканые материалы (войлоки, фетры) из поливинилхлорида, полипропилена, полиамида, капрона, асбеста и других материалов. В аккумуляторах серии KGL в качестве сепаратора используется нетканое полотно марки Геоком Д-160.

2.6.2 Максимальный расчетный объем газа  $v$ , л, выделяющийся в процессе подзаряда необслуживаемых аккумуляторов серии KGL, рассчитывают по формуле:

$$v = 0,673 \cdot I_3 \cdot t_3 \cdot 0,02, \quad (6)$$

где  $0,673$  л – теоретическая величина объема, выделяющегося газа в одном аккумуляторе при перезаряде на  $1\text{А}\cdot\text{ч}$ ;

$I_3$  – ток подзаряда ( $I_3 = Q/200$ , А, где  $Q$  – емкость аккумулятора, А·ч);

$t_3$  – время подзаряда, ч;

$0,02$  – коэффициент, определяемый эффективностью газовой рекомбинации.

2.6.3 При эксплуатации в составе источника электропитания в режиме длительного подзаряда аккумуляторы не выбрасывают в атмосферу вредных компонентов и не требуют применения искусственной вентиляции при соблюдении рекомендуемых режимов заряда.

## 2.7 Тепловые эффекты

2.7.1 При электрохимическом накоплении энергии неизбежны потери, которые проявляются в виде тепла:

- выделение тепла происходит в период получения и возврата энергии;
- выделение тепла может ограничивать режим заряда батареи большими токами или ее быстрого разряда;
- выделение тепла может вызвать снижение срока службы батареи.

2.7.2 Вопросы выделения тепла имеют большое значение для различных условий применения батарей. При этом возможно протекание двух процессов:

- обратимого теплового эффекта, связанного с химической реакцией. Этот эффект может быть положительным или отрицательным, т.е. превращение энергии может потреблять или высвобождать дополнительную теплоту. Обратимый тепловой эффект при заряде аналогичен тепловому эффекту при разряде с противоположным знаком, поэтому в целом потерь энергии не происходит;

- выделение джоулева тепла, происходящее всегда с потерей энергии, пропорциональной падению напряжения  $\Delta U$ , которое вызвано прохождением электрического тока  $I$ .

Падение напряжения, вызванное током, является в электрохимическом аккумуляторе отклонением от уравновешенного состояния, вызванное током. Это означает, что при увеличении поляризации возрастает теплота потерь реакции заряда и разряда. Обратимый тепловой эффект может уменьшить полученную в целом теплоту или увеличить ее. При разрядах большими токами он играет, в основном, подчиненную роль. При разряде батареи в целом можно не учитывать побочные реакции, при этом верно уравнение:

$$Q_{\text{Дж}} = \Delta U \cdot I = I^2 \cdot R_{\text{вн}}, \quad (7)$$

где  $Q_{\text{Дж}}$  – количество джоулева тепла, выделяемого на участке электрической цепи, Вт;

$R_{\text{вн}}$  - внутреннее сопротивление полностью заряженного аккумулятора, Ом.

Если при неизменном напряжении аккумулятора параллельно идут различные реакции, например, реакция заряда, разложения воды, то для оценки выделяемого тепла следует учитывать разницу напряжений покоя протекающих реакций.

Дифференциальная форма основных уравнений теплоотдачи при протекании электрохимических реакций в водном электролите:

- выделяемое при заряде тепло, Вт, рассчитывают по формуле

$$dQ / dt = I \cdot (U - U_n), \quad (8)$$

где  $I$  – сила тока, А;

$U$  – напряжение на клеммах аккумулятора, В;

$U_n$  – «тепловое» напряжение для никель-кадмиевых аккумуляторов  $U_n = 1,30 + 0,14 = 1,44$  В)

- для процесса разложения воды  $U_n = 1,48$  В

$$dQ / dt = I \cdot (U - U_n). \quad (9)$$

При работе в буферном режиме при напряжении 1,46 В на аккумулятор тепловыделение практически отсутствует.

2.7.3 Разогрев щелочных никель-кадмиевых аккумуляторов необслуживаемых серии KGL на разряде установлен экспериментально. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение температуры электролита в аккумуляторах в процессе разряда

Сила тока, А	Изменение температуры электролита ( $\Delta T$ ) в процессе разряда, °С
0,10С	- 5,0
0,15С	- 3,0
0,20С	- 1,0
0,30С	2,0
0,40С	5,0
0,50С	7,0
0,60С	7,0
0,70С	11,0
0,80С	15,0
0,90С	17,0
1,00С	20,0
1,20С	26,5
1,40С	27,5
1,60С	24,0
1,80С	25,0
2,00С	26,0

Примечание – Со знаком «- » при разряде происходит снижении температуры электролита.

Данные получены при определении разрядных характеристик, представленных на номограмме рис.1 приложение 1.

Как видно из приведенных данных, при длительном разряде большими токами необходимо искусственное охлаждение.

## 2.8 Расчет удельных энергетических характеристик аккумуляторов

2.8.1 Рассмотрим расчет удельных энергетических характеристик аккумулятора KGL500P.

Порядок расчета:

- удельные энергетические весовые характеристики определяют

$$500 \cdot 1,2 / 20 = 30 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$$

где 500 – емкость никель-кадмиевого аккумулятора, А·ч;

1,2– номинальное напряжение никель-кадмиевого аккумулятора, В;

20 – масса аккумулятора с электролитом, кг;

- удельные энергетические объемные характеристики определяют

$$500 \cdot 1,2 / 1,74 \cdot 1,69 \cdot 4,11 = 50 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$$

где 1,74, 1,69, 4,11 – габаритные размеры аккумулятора, дм.

2.8.2 Результаты расчетов удельных энергетических характеристик аккумуляторов представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Расчетные значения удельных энергетических характеристик аккумуляторов

Тип аккумулятора	Удельные энергетические характеристики	
	весовые, Вт·ч/кг	объемные, Вт·ч/дм <sup>3</sup>
1	2	3
KGL60P	24,83	40,00
KGL70P	21,00	37,50
KGL100P	20,69	31,00
KGL125P	24,59	38,76
KGL140P	25,85	43,41
KGL160P	22,59	37,94
KGL200P	21,05	32,13

Продолжение таблицы 4

1	2	3
KGL250P	25,00	40,16
KGL300P	29,00	48,19
KGL300P	27,27	36,19
KGL350P	23,46	38,18
KGL400P	25,00	40,00
KGL450P	27,13	45,00
KGL500P	30,00	50,00

### 3 СРОК СЛУЖБЫ

3.1 Щелочные никель-кадмиевые аккумуляторы хорошо зарекомендовали себя на практике: они надежны, долговечны, хорошо выдерживают перегрузки, длительное время сохраняют заряд и достаточно просты в эксплуатации.

3.2 Температура окружающей среды является одним из самых значительных факторов внешнего воздействия, определяющим длительность работоспособного состояния аккумуляторов.

На процессы старения аккумуляторов наибольшее влияние оказывает высокая температура, при которой ускоряются все химические реакции (в 2-4 раза на каждые 10°C), в том числе и ведущие к порче аккумулятора.

3.3 Срок эксплуатации в режиме непрерывного подзаряда никель-кадмиевых аккумуляторов зависит как от тока подзаряда, так и от температуры окружающей среды. При повышении температуры выделение кислорода увеличивается и это приводит к ускорению деградиционных реакций в аккумуляторе.

3.4 Ориентировочная зависимость срока службы никель-кадмиевых аккумуляторов от температуры окружающей среды представлена на рис. № 2.



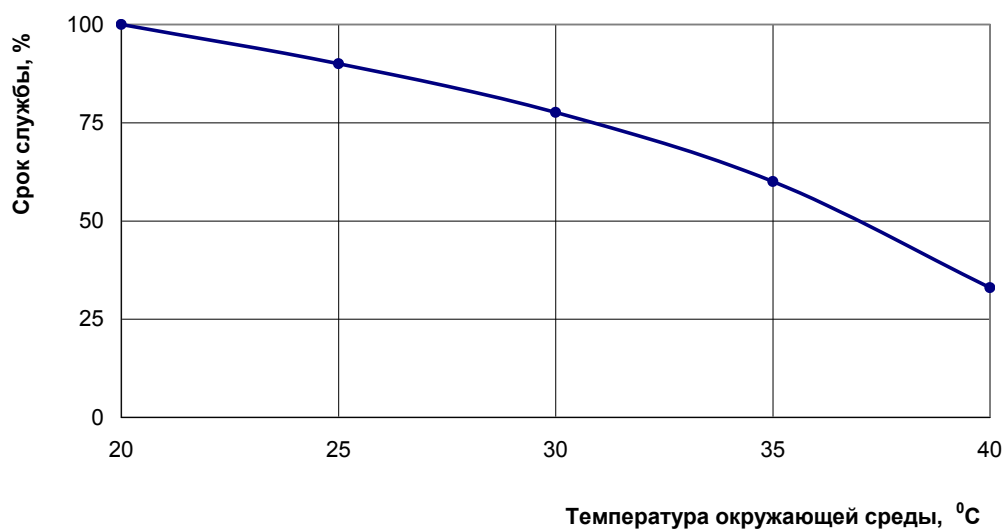
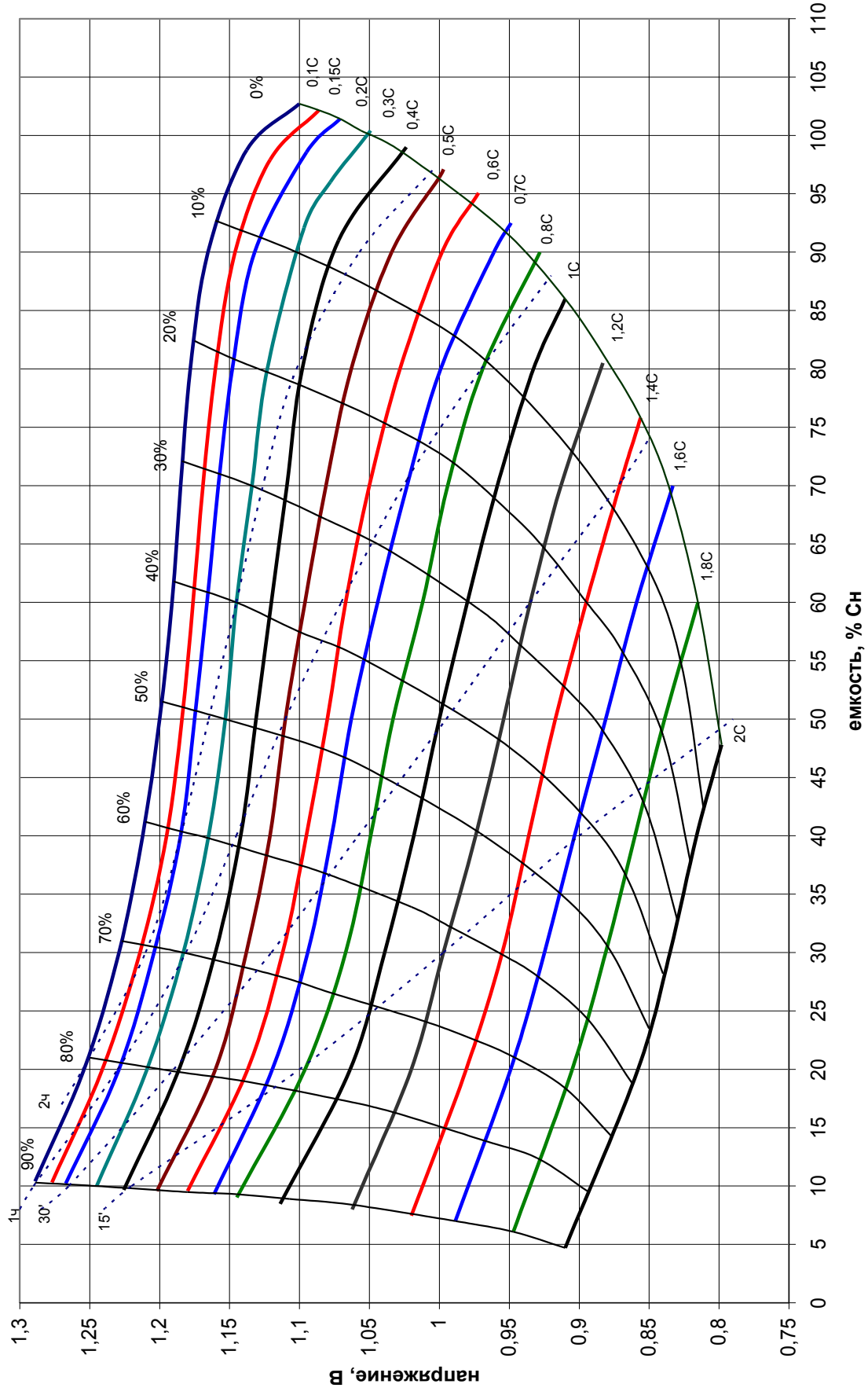


Рис.2– График зависимости срока службы аккумуляторов от температуры окружающей среды

Приложение 1  
(обязательное)

Рис. 1.1 Разрядные характеристики аккумуляторов серии KGL



Приложение 2  
(обязательное)

Рис. 2.1 Вольтамперные характеристики аккумуляторов серии KGL

