

УДК 622.7:622.371:621.31

А.В. Ляхомский, А.В. Скоробогатов, В.В. Евсеенко

**ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ
ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК
АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ**

Семинар № 17

В настоящее время развитие алмазной промышленности широко требует повышения эффективности в потреблении энергоресурсов в частности электроэнергии. В алмаза добывающей отрасли в нашей стране себестоимость продукции очень высока и значительную долю в ней составляют энергозатраты. В следствии указанного, задача по снижению и рационализации электропотребления является актуальной.

Для выявления возможностей повышения эффективности потребления электроэнергии при обогащении алмазосодержащей руды на обогатительных фабрика компании ЗАО «АЛРОСА» в период с января по октябрь 2004 года был проведен ряд экспериментов по определению режимов электропотребления основного электрооборудования.

Экспериментальные обследования режимов электропотребления базируется на следующем:

1. Наблюдаемые признаки, обуславливающие процесс ЭП, являются случайными величинами, что предполагает соответствующее обеспечение планирования эксперимента (обследования) на основе выборочного метода. В числе основных вопросов в этом случае встают вопросы образования выборочной совокупности и определения числа членов (числа наблюдений) выборок.

Число членов (выборок) определяется как в случае собственно-случайной повторной выборки.

$$n = t^2 \cdot \sigma_0^2 / \delta^2, \quad (1)$$

где t - значение случайной величины, при котором нормальная функция распределения $F(x)$ равна выбранной доверительной вероятности β ; σ_0^2 - дисперсия случайной величины в генеральной совокупности; Δ - предельная ошибка выборки, характеризующаяся наи-

большим отклонением выборочной средней от генеральной средней при заданной доверительной вероятности.

Имеются рекомендации о числе измерений (наблюдений) при исследовании режимов ЭП. В соответствии с этими рекомендациями точность при определении расчетных величин должна быть в пределах $\pm 10\%$.

При индивидуальных экспериментальных исследованиях, когда дисперсия определяется из статистической обработки замеров, рекомендуемое значение относительной ошибки составляют $\pm 15\%$, которое дает допуск в значении расчетной нагрузки на уровне 3-5%. При этом количество замеров должно быть не менее 30-60, а число смен, в течение которых идет эксперимент, не менее 3-х.

При планировании экспериментальных исследований для обеспечения должной степени репрезентативности выбор электроустановок осуществляется с охватом всех технологических групп горных машин, механизмов, установок методом серийного отбора с последующей организацией технических выборок, на основе технологического признака.

2. Оценка энергозатрат должна производиться в нормализованных условиях, предполагающих: комплектацию оборудования в соответствии с проектной документацией; соответствие исполнения электрического и механического оборудования условиям эксплуатации, а их основных технических характеристик – паспортным данным; эксплуатация электромеханического оборудования в условиях, регламентированных правилами технической эксплуатации и др. инструкциями; соответствием качества электроэнергии стандарту (ГОСТ-13109-87*).

3. Экспериментальная установка должна обеспечить измерения и регистрацию значений расхода электроэнергии за определенные промежутки времени при работе электроприемников основных технологических процессов. В качестве интервала осреднения, при определении параметров режимов ЭП, приняты интервалы от 5 секунд до 1 часа.

Регистрация режимов электропотребления выполнялась с помощью приборов – анализаторов электропотребления AR-5, который позволяет измерять, вычислять, сохранять в памяти и трансформировать в память компьютеров основные параметры: пофазные и суммарные (для трехфазной системы) активные, емкостные, индуктивные мощности, токи, напряжения, частоту, коэффициент мощности, показатели качества электрической энергии.

Экспериментальные обследования режимов электропотребления машин и установок и энергоёмкости процессов выполняются в следующем порядке:

1. Составляется первичная документация по эксперименту, включающая: карту эксперимента; схему исследуемой электроустановки; сведения об установленном оборудовании.

2. На выбранном фидере производится измерение и регистрация параметров режимов электропотребления с помощью экспериментальной установки, а так же снимаются контрольные показания приборов учета электроэнергии, расположенных в ячейке, питающей исследуемый электроприемник.

3. Регистрируются сменные расходы электроэнергии и производительности основных энергоёмких потребителей.

4. По результатам измерений строятся графики электрических нагрузок, показатели энергоёмкости, электробаланс.

5. Производится статистическая обработка результатов эксперимента.

Полученная в результате экспериментальных исследований информация характеризует процесс ЭП как сложное явление, для установления параметров, зависимостей и закономерностей которого тре-

буется выполнение процедур, основанных на положениях теории распределений, факторного и корреляционного анализа и др.

Для обработки статистических данных целесообразно использовать существующие пакеты программ. Для анализа данных по режимам электропотребления были применены пакеты программ Statistica, SPSS и др.

База данных для анализа режимов электропотребления производственных комплексов включает в себя данные измерений проведенных исследований и статистические данные оперативной отчетности предприятий.

Объемы проведенных экспериментальных исследований характеризуются следующим.

1. Периоды исследований с 03.01. по 18.01., с 26.04. по 15.05, с 15.07. по 08.10., с 30.10. по 6.11. 2004 г.

2. Предприятия, на которых производились экспериментальные исследования:

Таблица 1
Объем экспериментального материала при исследовании режимов электропотребления УГОКа

№	Потребитель	Кол-во измерений в реализациях
1	Мельница самоизмельчения	1663
2	Пластинчатый питатель	1754
3	Наклонный ленточный конвейер	744
4	Ленточный конвейер	101
5	Дробилка	360
6	Питатель дробилки	360
7	Главный ленточный конвейер №1 первый двигатель	772
8	Главный ленточный конвейер №1 второй двигатель	772
9	Насос № 16	360
10	Насос № 23	360
11	Насос № 24	360
12	Пульпонасосная станция №1 первый двигатель	48
13	Пульпонасосная станция №2 первый двигатель	360

Таблица 2
Объем экспериментальных исследований режимов
электропотребления потребителей АГОКа

№	Потребитель	Кол-во измерений
Фабрика № 8		
1	Мельница №1	300
2	Мельница № 2	820
3	Воздуходувка	356
4	Насос ГРАТ 350/40	84
5	Насос № 2 ГРАТ 225/40	167
6	Насос ГРАТ 400	162
7	Насос ГРАТ 600/65	39
8	Питатель пластинчатый	600
9	Питатель пластинчатый	336
10	Насосная свежей воды	120
Фабрика № 14		
1	Вентилятор № 2	39
2	Дренажный насос	41
3	Воздуходувка отсадочных машин	56
4	Мельница № 3	1498
5	Конвейер, рудоподготовка	36
6	Конвейер, обогащение	1350
7	Конвейер, обогащение	1170
8	Насос обогащения ГРАТ1400/40	210
9	Насос обогащения ГРАТ1400/40	1400
10	Отсадочная машина 3	1508
11	Отсадочная машина 2	640

Таблица 3
Объем экспериментальных исследований режимов
электропотребления потребителей МГОКа

№	Потребитель	Кол-во измерений
Фабрика № 3		
1	Дробилка	1030
2	Насос ГР 1	940
3	Насос ГРАТ 17	275
4	Насос ГРАТ 19	480
5	Ввод с трансформатора	270
6	Мельница 1	285

- Удачинский ГОК (карьер «Удачный», Фабрика №12, ЦХХ, ПТЭС и ЖХ)
- Айхальский ГОК (карьер «Юбилейный», Фабрика №8, Фабрика №14)
- Мирнинский ГОК (рудник «Интернациональный», рудник «Мир», Фабрика № 3, драга 202)

3. Исследования охватили следующие основные технологические потребители электрической энергии: дробилки, питатели, мель-

ницы конвейера, насосы, воздуходувки, экскаваторы, буровые станки, драги и др.

4. По каждому электроприемнику получены реализации следующих параметров:

- Напряжения (пофазные и среднее по трем фазам);
- Тока (пофазный и средний по трем фазам);
- Активной мощности (пофазная и средняя по трем фазам);
- Реактивной мощности (пофазная и средняя по трем фазам);
- Активной энергии (пофазная и средняя по трем фазам);
- Реактивной энергии (пофазная и средняя по трем фазам);
- Коэффициента мощности (пофазный и средний по трем фазам);
- Гармоники (с 3-й по 52-ю);
- Частоты.

5. Объемы экспериментального статистического материала приведены в табл. 1-3.

Общий объем составил свыше 37 тысяч экспериментальных точек.

В связи с тем, что большая доля электропотребления относится к участку рудоподготовки обогатительных фабрик компании была поставлена задача в определении режимов работы силового электрооборудования вышеуказанного участка. Из всего имеющегося на участке оборудовании было принято к исследованию нижеперечисленное:

- мельницы мокрого самоизмельчения(ММС)
- пластинчатые питатели
- дробилки и их питатели
- ленточные конвейера
- насосы гидротранспорта
- воздуходувки

У указанных потребителей с помощью прибора AR.5 были сняты их электрические

Таблица 4

Статистические характеристики распределений активной мощности (кВт) электропотребителей УГОКа

Наименование электропотребителя	Руст кВт	Кол-во знач.	Среднее	Медiana	Мода	Ассиметрия	Эксцесс	с.к.о.
Фабрика №12								
ММС1	3300	563	2896	2894	2889	-0,03	-0,004	18,44
ММС2	3300	32	2264	2213	2201	0,22	-0,872	122,5
ММС4	4000	96	2334	2345	2306	0,08	-1,6	30,2
ММС6	3300	66	2553	2637	Multiple	-1,91	2,69	180,4
ММС7	3300	96	2567	2614	2614	-1,37	0,58	113,7
ПП1	55	559	17,81	19,03	20,54	-1,33	1,3	4,2
ПП2	55	32	5,64	5,56	Multiple	0,65	-0,38	2,35
ПП4	55	96	11,02	11,37	11,88	-0,45	-0,52	2,12
ПП6	55	68	13,68	13,88	15,26	-0,4	0,94	2,6
ПП7	55	96	15,73	16,64	Multiple	-0,88	0,11	4,11
Дробилка	400	358	74,11	45,75	45,22	2,32	5,86	52,97
Питатель дробилки	32	351	10,3	13,14	Multiple	-0,48	-1,29	6,6
ГЛК1 первый двигатель	315	53	128,01	135	Multiple	-0,67	-0,001	40,32
ГЛК1 второй двигатель	315	51	103,01	107	121	-0,68	0,07	27,61
ЛК123	90	96	18	18,23	Multiple	-0,41	-0,7	1,57
НЛК1	40	24	11,13	11,04	Multiple	0,13	1,06	1,14
Насос №16	1000	296	684,3	683,54	683,54	-5,34	62,79	19,14
Насос №23	1000	360	796,41	797,73	807,22	0,21	1,25	30,04
Насос № 24	1000	960	549,89	542,25	Multiple	0,1	-0,24	34,04

параметры (напряжение, активная и реактивная энергия, ток, частота и т.д.)

Статистические характеристики распределений активной мощности электропотребителей УГОКа приведены в табл. 4.

Анализ статистических характеристик показывает, что средние нагрузки технологических электроприемников по активной мощности находятся в пределах (от номинальных мощностей приведенных электродвигателей):

- для мельниц от 0,58 до 0,88;
- для питателей от 0,10 до 0,32;
- для дробилки – 0,18;
- для ленточных конвейеров от 0,2 до 0,41;
- насосы от 0,55 до 0,8.

Значительная часть технологических электроприемников имеет статистически неоднородный характер нагрузок, о чем свидетельствует полимодальность распределений. Это указывает на нестабильный характер работы технологического оборудования.

Варьирование активных нагрузок около срединных значений имеет относительно невысокий уровень, о чем свидетельствуют значения среднеквадратических отклонений.

Статистические характеристики распределений активной мощности электропотребителей АГОКа приведены в табл. 5.

Анализ статистических характеристик свидетельствует, что средние нагрузки технологических электроприемников по активной мощности находятся в пределах (от номинальных мощностей приведенных электродвигателей):

- для мельниц от 0,51 до 0,58;
- для питателей от 0,49 до 0,64;
- для насосов гидротранспорта от 0,56 до 1,08;
- для насоса свежей воды 0,75;
- для насоса пенной сепарации 0,40;
- для отсадочных машин 0,47;
- для воздуходувок от 0,65 до 0,74.

Полученные данные показывают, что практически все электроприемники работают со значительной недогрузкой. Исключение

Таблица 5
**Статистические характеристики распределений активной мощности (кВт)
 электропотребителей АГОКа**

Наименование электропотребителя	Руст кВт	Кол-во знач.	Среднее	Медиана	Мода	Ассиметрия	Экссесс	с.к.о.
Фабрика №14								
ММС3	5600	1446	2846	3147	3248	-1,65	1,49	808,25
Конвейер обогащения	132	1329	92	107	107	-2,12	2,58	36,26
Насос обогащения	630	194	696	718	754	-2,89	16,46	71,24
Дренажный насос	132	56	73	74	75	-1,48	2,79	2,26
Отсадочная машина	9000 (Вт)	162	425	419	419	2,45	5,58	19,36
Воздуходувка	200	56	147	149	149	-6,84	49,55	20,72
Фабрика №8								
ММС1	1600	300	882	903,01	Multiple	-3,69	24,42	89,91
ММС2	1600	754	908	928,32	Multiple	-2,54	10,35	120,71
ПП1	75	479	48	20,00	20,00	2,15	2,71	70,11
ПП2	75	344	36	50,00	50,00	-0,46	-1,03	22,96
Насосная свежей воды	530	122	397	398,93	398,93	-9,49	97,87	20,73
Насос пенной сепарации	160	167	64	65,00	66,00	4,89	36,78	3,37
воздуходувка	200	373	131	135,00	135,00	-5,77	32,27	20,46

составляет один из обследованных насосов, у которого даже наблюдалась перегрузка (насос разгрузки мельниц). В целом режимы электропотребления технологических потребителей АГОКа, так же как и УГОКа, могут характеризоваться как недостаточно эффективные.

Неоднородный характер энергетических нагрузок для электроприемников АГОКа наблюдается несколько реже, чем для электроприемников УГОКа. Изменчивость режимов электропотребления характеризуется уровнем, аналогичным для режимов электропотребления

УГОКа.

Статистические характеристики распределений активной мощности электропотребителей МГОКа приведены в табл. 6.

Анализируемые статистики распределений показывают, что средние нагрузки технологических электроприемников по активной мощности находятся в пределах (от номинальных мощностей приводных двигателей):

- для мельниц – 0,67;
- для дробилок – 0,10 (режим холостого хода);
- для насосов гидротранспорта – 0,78;

Таблица 6
**Статистические характеристики распределений активной мощности (кВт)
 электропотребителей МГОКа**

Наименование электропотребителя	Руст кВт	Кол-во знач.	Среднее	Медиана	Мода	Ассиметрия	Экссесс	с.к.о.
Фабрика №3								
Ввод	16000	259	8806	9926	9958	-2	2,66	2545,08
ММС1	1600	274	1075	1088	Multiple	-3,89	18,17	105,67
Дробилка	250	558	25	25	26	-0,33	-0,94	0,30
Насос ГРАТ 1600	1600	399	1252	1253	1245	-0,12	-0,34	35,93

- для вводного трансформатора фабрики – 0,55;

- для вводных трансформаторов драг – от 0,38 до 0,45;

Таблица 7
Законы распределения потребления активной мощности основными технологическими приемниками УГОКа

№	Наименование потребителя	Закон распределения
Фабрика №12		
1	Мельница самоизмельчения №1	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 18,44} e^{-\frac{(P-2896,92)^2}{2*18,44^2}}$
2	Мельница самоизмельчения №2	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 122,46} e^{-\frac{(P-2264,64)^2}{2*122,46^2}}$
3	Мельница самоизмельчения №4	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 30,2} e^{-\frac{(P-2334,34)^2}{2*30,2^2}}$
4	Мельница самоизмельчения №6	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 180,39} e^{-\frac{(P-2553,11)^2}{2*180,39^2}}$
5	Мельница самоизмельчения №7	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 113,73} e^{-\frac{(P-2587,48)^2}{2*113,73^2}}$
6	Пластинчатый питатель №1	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 4,2} e^{-\frac{(P-17,18)^2}{2*4,2^2}}$
7	Пластинчатый питатель №2	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 2,35} e^{-\frac{(P-5,64)^2}{2*2,35^2}}$
8	Пластинчатый питатель №4	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 2,12} e^{-\frac{(P-11,02)^2}{2*2,12^2}}$
9	Пластинчатый питатель №6	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 2,6} e^{-\frac{(P-13,68)^2}{2*2,6^2}}$
10	Пластинчатый питатель №7	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 4,11} e^{-\frac{(P-15,73)^2}{2*4,11^2}}$
11	Наклонный ленточный конвейер	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 1,14} e^{-\frac{(P-11,13)^2}{2*1,14^2}}$
12	Ленточный конвейер	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 1,57} e^{-\frac{(P-18)^2}{2*1,57^2}}$
13	Дробилка	$f(P) = 0,01e^{-0,01*P}$
14	Питатель дробилки	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 6,6} e^{-\frac{(P-10,3)^2}{2*6,6^2}}$
15	Главный ленточный конвейер №1 первый двигатель	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 40,32} e^{-\frac{(P-128,01)^2}{2*40,32^2}}$
16	Главный ленточный конвейер №1 второй двигатель	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 27,61} e^{-\frac{(P-103,01)^2}{2*27,61^2}}$
17	Насос № 16	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 19,14} e^{-\frac{(P-684,3)^2}{2*19,14^2}}$
18	Насос № 23	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 24,18} e^{-\frac{(P-796,41)^2}{2*24,18^2}}$
19	Насос № 24	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 34,04} e^{-\frac{(P-549,89)^2}{2*34,04^2}}$

Таблица 8
Законы распределения потребления активной мощности основными технологическими приемниками АГОКа

№	Наименование потребителя	Закон распределения
Фабрика №14		
1	Дренажный насос	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 2,26} e^{-\frac{(P-73,5)^2}{2*2,26^2}}$
2	Воздуходувка отсадочных машин	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 20,72} e^{-\frac{(P-147,96)^2}{2*20,72^2}}$
3	Мельница № 3	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 808,24} e^{-\frac{(P-2846,89)^2}{2*808,24^2}}$
4	Конвейер, обогащение	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 36,25} e^{-\frac{(P-92,05)^2}{2*36,25^2}}$
5	Насос обогащения ГРАТ1400/40	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 71,24} e^{-\frac{(P-696,92)^2}{2*71,24^2}}$
6	Отсадочная машина 2	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 19,36} e^{-\frac{(P-425,42)^2}{2*19,36^2}}$
Фабрика №8		
7	Мельница №1	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 89,91} e^{-\frac{(P-882,41)^2}{2*89,91^2}}$
8	Мельница № 2	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 120,71} e^{-\frac{(P-908,73)^2}{2*120,71^2}}$
9	Воздуходувка	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 20,45} e^{-\frac{(P-131,06)^2}{2*20,45^2}}$
10	Насос № 2 ГРАТ 225/40	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 3,36} e^{-\frac{(P-64,67)^2}{2*3,36^2}}$
11	Питатель пластинчатый №1	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 7,01} e^{-\frac{(P-4,81)^2}{2*7,01^2}}$
12	Питатель пластинчатый №2	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 2,29} e^{-\frac{(P-3,69)^2}{2*2,29^2}}$
13	Насосная свежей воды	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 20,73} e^{-\frac{(P-387,21)^2}{2*20,73^2}}$

- для черпаковой цепи – от 0,33 до 0,38;
- для вводного трансформатора рудника – 0,40;
- для вентилятора главного проветривания – 0,48;
- для станции замораживания – 0,71;
- для компрессоров – 0,75.

Приведенные данные показывают, что загрузка основных технологических электроприемников производится недостаточно, что приводит к ухудшению энергетических пока-

зателей и, как следствие, к снижению эффективности режимов электропотребления.

Изменчивость потребляемой активной мощности, как случайной величины имеет относительно невысокий уровень.

Часть электроприемников имеет статистически неоднородный характер электропотребления, что говорит о нестабильности работы технологических установок, оборудования, что приводит к снижению эффективности электропотребления.

Таблица 9
Законы распределения потребления активной мощности основными технологическими приемниками МГОКа

№	Наименование потребителя	Закон распределения
Фабрика №3		
1	Дробилка	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 0,3} e^{-\frac{(P-25,37)^2}{2*0,3^2}}$
2	Насос ГРАД 1	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 35,93} e^{-\frac{(P-1252,05)^2}{2*35,93^2}}$
3	Ввод с трансформатора	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 2545,07} e^{-\frac{(P-8806,34)^2}{2*2545,07^2}}$
4	Мельница 1	$f(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * 105,67} e^{-\frac{(P-1075,33)^2}{2*105,67^2}}$

Для описания режимов электропотребления технологических машин и установок, как случайных величин требуется установить их законы распределения. В этой связи с помощью критерия Колмагорова (при доверительной вероятности 0,95) были проверены гистограммы о принадлежности полученных экспериментальных распределений, к законам: нормальному, экспоненциальному, бета, гамма, Вейбула, логарифмически нормальному. Проверка статистических гипотез показала, что экспериментальные распределения лучше всего соответствуют нормальному закону распределения.

В одном случае (для дробилки фабрики №12) экспериментальное распределение

лучше соответствует экспоненциальному закону.

Законы распределения активной мощности основных типов технологических электроприемников предприятий АК «Алроса» приведены в табл. 7–9.

Полученные законы распределения достаточно надежно и достоверно позволяют идентифицировать режимы потребления активной мощности основными технологическими установками машинами и оборудованием предприятий АК «Алроса».

По результатам проделанной работы были получены зависимости электропотребления основного технологического оборудования обогатительных фабрик компании, определены параметры и режимы электропотребления, их статистические характеристики. Определены законы распределения активной мощности потребителей.

Вышеизложенные результаты исследования режимов потребления активной мощности могут служить базой для принятия управленческих решений по планированию, повышению, энергетических показателей, повышению эффективности электропотребления на предприятиях АК «Алроса».

Коротко об авторах

Ляхомский А.В., Скоробогатов А.В. – Московский государственный горный университет,
Евсеев В.В. – ЗАО «АЛРОСА».



УДК 622:621.316

А.В. Пичуев, А.В. Брюханцев

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РЕЖИМОВ УТЕЧКИ ТОКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

Семинар № 17

Математическое моделирование электрических сетей с различными режимами нейтрали позволяет решить большой спектр научных задач в области анализа режимов работы электроустановок, оценки надежности, эффективности и безопасности их эксплуатации. Несомненным преимуществом моделирования является возможность изменения параметров исследуемых объектов в более широком диапазоне, чем это позволяют производственные условия или использование физических моделей. Недостатком моделирования в некоторых случаях является введение допущений и ограничений в исходные параметры и режимы из-за сложности применяемого для решения задачи математического аппарата или необходимости учета множества факторов, не оказывающих серьезного влияния на исследуемый процесс, но существенно усложняющих модель [1].

При математическом моделировании электрических сетей с изолированной нейтралью трансформатора для анализа изменения режимных параметров при различных видах несимметрии, вызванной изменением параметров фазной изоляции или прикосновением человека к фазе электрической сети, а также анализа переходных процессов при коротких замыканиях, обрывах фаз, режимах генерирования обратной ЭДС электродвигателя как правило используются классические и операторные методы моделирования, имеющие ряд существенных ограничений. Например при анализе переходных процессов в качестве исходных используются схемы замещения нулевой последовательности, в которых параметры изоля-

ции сети представляются пассивным двухполюсником с эквивалентными (общими) сопротивлениями и последующим обратным пересчетом расчетных параметров через коэффициенты несимметрии [2].

Исходная система уравнений для анализа режимов утечки (схема замещения сети представлена на рисунке) в системе координат а, в, с может быть записана в виде

$$\begin{aligned} u_a &= r_a \cdot i_{ar}; & u_a &= \frac{1}{c_a} \int i_{ac} dt \\ u_b &= r_b \cdot i_{br}; & u_b &= \frac{1}{c_b} \int i_{bc} dt \\ u_c &= r_c \cdot i_{cr}; & u_c &= \frac{1}{c_c} \int i_{cc} dt \end{aligned} \quad (1)$$

где c_a, c_b, c_c - емкости изоляции фаз сети относительно земли; r_a, r_b, r_c - активные сопротивления фаз сети относительно земли; i_{ar}, i_{br}, i_{cr} - токи утечки через активные сопротивления изоляции фаз; i_{ac}, i_{bc}, i_{cc} - токи утечки через емкостные сопротивления изоляции фаз; u_a, u_b, u_c - фазные напряжения.

При условии равенства суммы $i_a + i_b + i_c = 0$ система (1) имеет вид

$$i_a = c_a \cdot \frac{du_a}{dt} + \frac{u_a}{r_a}$$

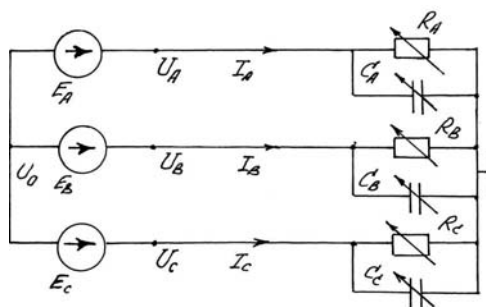


Схема замещения электрической сети

$$i_b = c_b \cdot \frac{du_b}{dt} + \frac{u_b}{r_b} \quad (2)$$

$$i_c = c_c \cdot \frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{r_c}$$

При математическом моделировании электрических сетей наиболее приемлимым является представление трехфазной сети двухфазной моделью в координатах $\alpha, \beta, 0$, используемой для анализа нестационарных процессов в условиях несимметрии внешних цепей нагрузки и симметрии внутренних цепей источника ЭДС. В этом случае модель представляется в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка без гармонических коэффициентов. Для этого необходимо использовать уравнения связи напряжений $u_{\alpha\beta}$ с заданной несимметричной системой трехфазных напряжений

$$u_a = u_\alpha + u_0;$$

$$u_b = -\frac{1}{2}u_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}u_\beta + u_0; \quad (3)$$

$$u_c = -\frac{1}{2}u_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}u_\beta + u_0.$$

В систему уравнений (1) необходимо ввести постоянные времени затухания электромагнитных колебаний в RC-контурах фазной изоляции

$$T_A = \frac{x_A}{r_A}, \quad T_B = \frac{x_B}{r_B}, \quad T_C = \frac{x_C}{r_C}. \quad (4)$$

Уравнения внешней сети в общем виде представлены системой

$$\frac{du_\alpha}{dt} = \frac{1}{6} \cdot [-u_\alpha \cdot (4T_A + T_B + T_C) + \sqrt{3} \cdot u_\beta \cdot (T_B - T_C) - 2u_0 \cdot (2T_A - T_B - T_C) + i_\alpha \cdot (4x_A + x_B + x_C) - \sqrt{3} \cdot i_\beta \cdot (x_B - x_C)];$$

$$\frac{du_\beta}{dt} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot [u_\alpha - 2u_0 \cdot (T_B - T_C) - \sqrt{3} \cdot u_\beta \cdot (T_B + T_C) - i_\alpha \cdot (x_B - x_C) + \sqrt{3} \cdot i_\beta \cdot (x_B + x_C)];$$

$$(5)$$

$$\frac{du_0}{dt} = \frac{1}{6} \cdot [-u_\alpha \cdot (2T_A - T_B - T_C) + \sqrt{3} \cdot u_\beta \cdot (T_B - T_C) - 2u_0 \cdot (T_A + T_B + T_C) + i_\alpha \cdot (2x_A - x_B - x_C) + \sqrt{3} \cdot i_\beta \cdot (x_B - x_C)];$$

Уравнения внешней сети в режиме однофазной утечки тока (например в фазе С) при

условии равенства параметров неповрежденных фаз, т.е. когда выполняются условия

$$x_A = x_B = x_I; \quad x_C = x_{(1)}; \quad r_A = r_B = r_I;$$

$$r_C = r_{(1)}; \quad T_A = T_B = T_I; \quad T_C = T_{(1)}, \text{ имеют вид}$$

$$\frac{du_\alpha}{dt} = \frac{1}{6} \cdot [-u_\alpha \cdot (5T_I + T_{(1)}) + (\sqrt{3} \cdot u_\beta - 2u_0) \cdot (T_I - T_{(1)}) + i_\alpha \cdot (5x_I + x_{(1)}) - \sqrt{3} \cdot i_\beta \cdot (x_I - x_{(1)})];$$

$$(6)$$

$$\frac{du_\beta}{dt} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot [u_\alpha - 2u_0 \cdot (T_I - T_{(1)}) - \sqrt{3} \cdot u_\beta \cdot (T_I + T_{(1)}) - i_\alpha \cdot (x_I - x_{(1)}) + \sqrt{3} \cdot i_\beta \cdot (x_I + x_{(1)})];$$

$$\frac{du_0}{dt} = \frac{1}{6} \cdot [(-u_\alpha + \sqrt{3} u_\beta) \cdot (T_I - T_{(1)}) - 2u_0 \cdot (2T_I + T_{(1)}) + (i_\alpha + \sqrt{3} \cdot i_\beta) \cdot (x_I - x_{(1)})]$$

Уравнения внешней сети в режиме двухфазной утечки тока (например в фазах В и С) при условии равенства параметров поврежденных фаз, т.е. когда выполняются условия

$$x_B = x_C = x_{(2)}; \quad x_A = x_I; \quad r_B = r_C = r_{(2)};$$

$$r_A = r_I; \quad T_B = T_C = T_{(2)}; \quad T_A = T_I, \text{ имеют вид}$$

$$\frac{du_\alpha}{dt} = \frac{1}{3} \cdot [-u_\alpha \cdot (2T_I + T_{(2)}) + 2u_0 \cdot (T_I - T_{(2)}) + i_\alpha \cdot (2x_I + x_{(2)})];$$

$$\frac{du_\beta}{dt} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot [u_\alpha - u_\beta \cdot T_{(2)} + i_\beta \cdot x_{(2)}]; \quad (7)$$

$$\frac{du_0}{dt} = \frac{1}{3} \cdot [-u_\alpha \cdot (T_I - T_{(2)}) - u_\beta \cdot (T_I + 2T_{(2)}) + i_\alpha \cdot (x_I - x_{(2)})]$$

Для получения решения систем (5,6,7) необходимо к ним добавить представленные в системе $\alpha, \beta, 0$ уравнения, описывающие электромагнитные процессы в источнике ЭДС [1, 3, 4]. В этом случае уравнения представляются в соответствии с теорией Парка-Горева (приведением нелинейных параметров к линейному виду и системе относительных единиц) и записываются в форме Коши.

Решение общей системы дифференциальных уравнений реализуется на ПЭВМ методом численного интегрирования Рунге-Кутты с автоматической коррекцией шага (т.к. представ-

ленная математическая модель относится в типу «жестких» задач [5]).

Применение данного метода математического моделирования электрической сети с изолированной нейтралью трансформатора позволяет установить соотношения между токами

утечки и фазными напряжениями для различных режимов несимметрии.

Модель электрической сети в сочетании с аналогичными моделями электрических машин позволяет выполнить анализ и оценку влияния режимов их работы на надежность и безопасность работы электроустановок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сипайлов Г.А., Лоос А.В.* Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 1980.
2. *Ким К.Е.* Исследование нестационарных режимов шахтных электрических сетей напряжением до 1000 В и их влияние на условия электробезопасности. Дисс. канд. техн. наук. – М.: МГИ, 1971.
3. *Иванов-Смоленский А.В.* Электрические машины. – М.: Энергия, 1980.
4. *Бацежев Ю.Г., Пичуев А.В., Суворов И.Ф.* Моделирование электрической сети с асинхронной нагрузкой. Сб. науч. трудов «Электрификация и автоматизация горного производства». – М., МГИ, 1993.
5. *Терри Шуп.* Решение математических задач на ЭВМ. – М.: Мир, 1982.

Коротко об авторах

Пичуев А.В., Брюханцев А.В. – Московский государственный горный университет.



© Н.М. Кузнецов, М.Г. Петров,
Ф.В. Власов, 2005

УДК 621.31

Н.М. Кузнецов, М.Г. Петров, Ф.В. Власов

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА СТОЙЛЕНСКОМ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОМ КОМБИНАТЕ

Семинар № 17

Технологический процесс обогащения железистых кварцитов на Стойленском горно-обогатительном комбинате (ГОК) ведётся с большим потреблением воды, электроэнергии, тепловой энергии и топлива. Добытая взрывным способом руда перевозится автотранспортом в промежуточный склад, откуда думпкарами она поступает на обогатительную фабрику, где происходит основной технологи-

ческий процесс. Исходная руда попадает в корпус дробления и проходит стадию крупного, среднего и мелкого дробления. После трех стадийного дробления руда поступает в шаровые мельницы. Измельчение является самой дорогой и энергоёмкой операцией в процессе подготовки руд к обогащению. Сухой концентрат после обезвоживания поступает на склад.

Технологическая схема обогащения железистых кварцитов на Стойленском горно-обогатительном комбинате представлена на рис. 1.

В изменяющихся условиях деятельности Стойленского ГОКа важным является анализ электропотребления для оценки затрат электроэнергии. Для исследования и планирования электропотребления, правильной разработки методики нормирования расхода электроэнергии в условиях ОАО “Стойленский ГОК” необходимо установление энергоёмкости каждой технологической операции. В табл. 1 приведены данные расхода электроэнергии и основные технологические показатели ОАО “Стойленский ГОК”. На рис. 2 показана динамика изменения энерготехнологических показателей. Самым энергоёмким технологическим процессом является обогатительное производство.

Установление закономерностей электропотребления для технологических переделов и энергоёмких потребителей Стойленского ГОКа от производственных факторов является важной задачей при анализе, нормировании и планировании расхода электроэнергии, а также для оптимизации режимов потребления энергии. При этом достоверность и точность результатов, полученных на этом этапе, в значительной степени определяет обоснованность плановых расчетов и экономических показателей производства в целом. Для повышения научной обоснованности перспективных удельных расходов на Стойленском ГОКе необходимо дифференцировать их по видам продукции, энергетическим процессам в увязке с основными технологическими и производственными факторами. Наиболее точные результаты при определении зависимостей электропотребления от основных факторов в производственных условиях дают математические методы анализа удельных расходов электроэнергии. Факторный корреляционный анализ позволяет установить как изменяется электропотребление в зависимости от основных факторов и какова теснота связи между определяемым параметром и факторами, влияющими на его изменение. Программа расчета расхода электроэнергии состоит из следующих этапов:

- составление временных рядов исходных данных;

- определение уравнений расхода электроэнергии;

- определение расчетного расхода электроэнергии и нормы по прогнозной модели.

В результате проведения корреляционного анализа по обогатительной фабрике Стойленского ГОКа получены энергетические характеристики электропотребления, которые приведены на рис. 3.

В новых условиях хозяйствования для научного обоснования управленческих решений и автоматизации их подготовки на Стойленском ГОКе необходимо внедрение информационно-моделирующей системы электропотребления. Построение системы должно осуществляться на основе концепции единства методического, программного, информационного, технического и организационного обеспечения (рис. 4).

Методическое обеспечение системы представляет собой комплекс математических моделей, описывающих исследуемые технологические переделы и электроустановки с различной степенью детализации и на разных иерархических уровнях.

Программное обеспечение включает общесистемные и прикладные программы, предназначенные для реализации математических моделей, организации вычислительных процедур, обеспечение диалога пользователя с системой, выдачи информации в удобном для пользователя виде. Программы должны разрабатываться на основе модульного принципа, обеспечивающего наращиваемость и нерасстраиваемость структуры информационно-моделирующей системы электропотребления.

Информационное обеспечение включает в себя базу данных и средства управления базой данных. В этой базе должны содержаться все необходимые справочные и расчетные данные, требующиеся и получаемые в ходе решения задач, которые могут быть сгруппированы по следующим признакам: показатели энергетических ресурсов и электропотребления, энерготехнологические показатели оборудования, физико-химические показатели руды, экономические показатели предприятия, структурные и социально-экономические изменения, экологические факторы и т.д.

Техническое обеспечение базируется на использовании современных средств вычислительной техники, обладающих необходимым быстродействием, объемом памяти и

широким набором сервисных возможностей, предоставляемых пользователю.

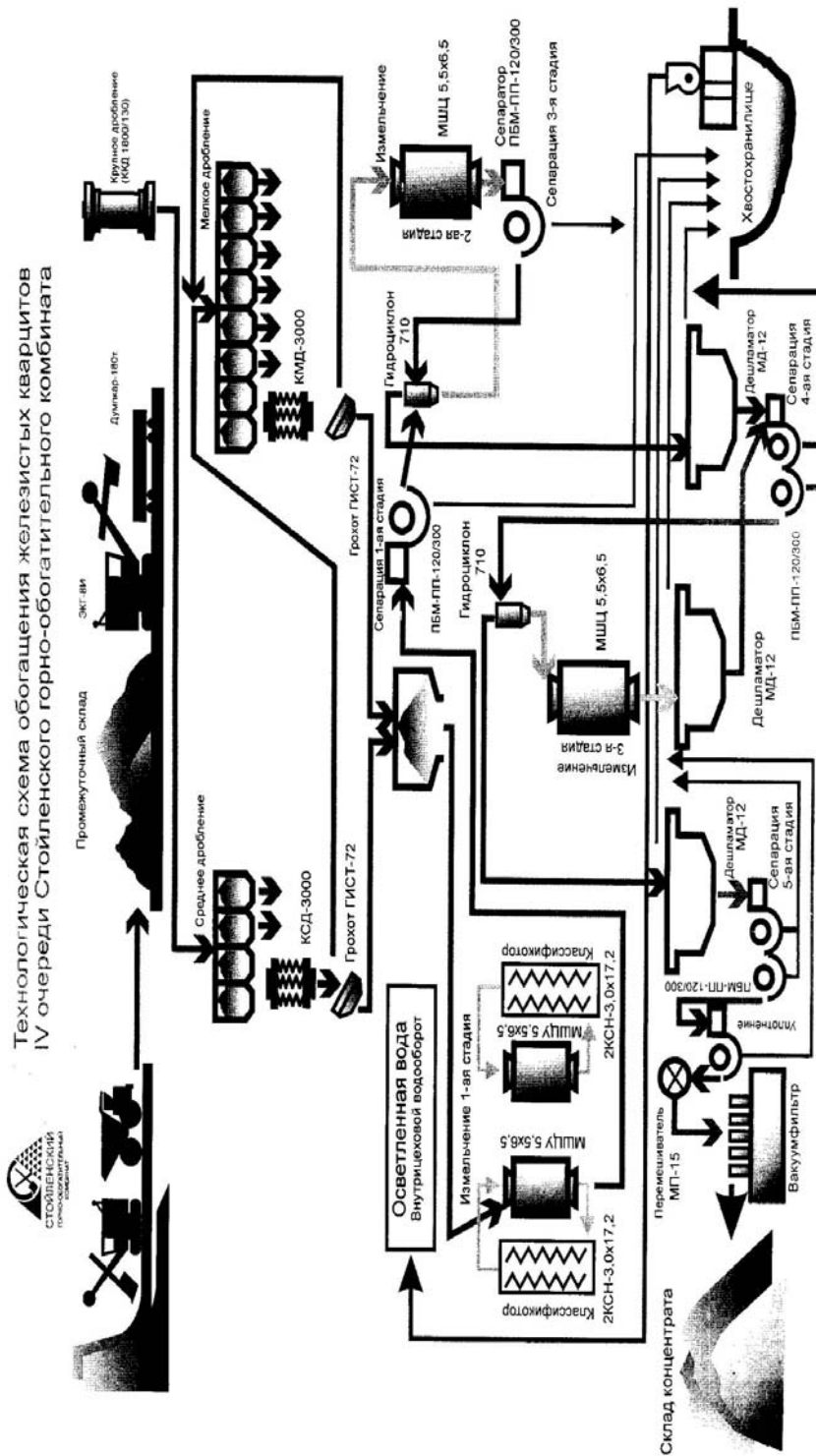
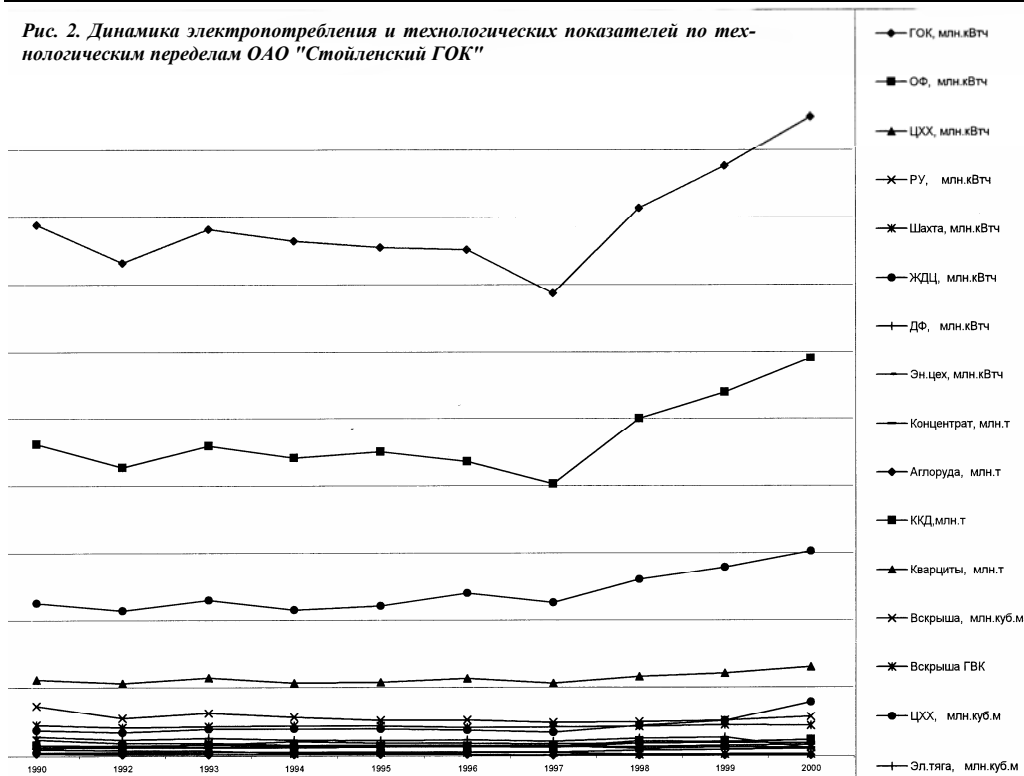


Рис. 1. Технологическая схема обогащения железистых кварцитов на Стойленском горно-обогатительном комбинате

Рис. 2. Динамика электропотребления и технологических показателей по технологическим переделам ОАО "Стойленский ГОК"



Организационное обеспечение подразумевает налаживание четкого взаимодействия между разработчиками отдельных блоков информационно-моделирующей системы электропотребления, программистами и специалистами в области энергопотребления.

Информационно-моделирующая система электропотребления должна включать в себя обширный банк данных энерготехнологических и производственных показателей предприятия, в ней должны быть предусмотрены возможности агрегирования и разверстки информации, а также аппарат заполнения отсутствующей информации ее экспертно-оценочными значениями, должна быть адаптируема к технологической системе

любой структуры (энергоустановка, технологический передел, предприятие).

Важную роль для анализа и планирования электропотребления, ведения технически обоснованного нормирования играет правильная организация учета расхода электроэнергии. Правильно поставленный учет расхода электроэнергии позволяет выявить потери энергии и нерациональные расходы. Правильная организация учета электрической энергии необходима еще и потому, что допущенная ошибка в учете электроэнергии при потреблении не поддается исправлению методом повторного измерения.

Приборный учет электроэнергии должен обеспечивать требуемую точность измерения электрических параметров при минимальных затратах. Поэтому система учета и измерений должна включать необходимый минимум приборов и не допускать необоснованного дублирования их на различных ступенях электроснабже-

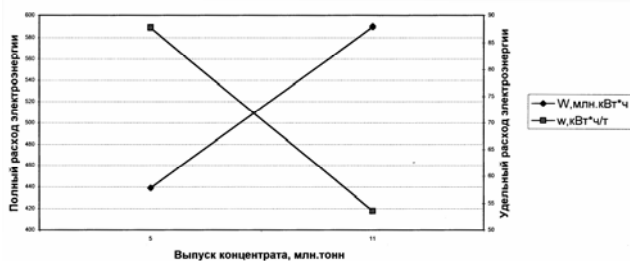


Рис. 3. Зависимость расхода электроэнергии от выпуска концентрата



Рис. 4. Структурная блок-схема построения информационно-моделирующей системы электропотребления

- сбор и хранение результатов измерения; преобразование формы представления измеряемых параметров;

- визуализация выходных значений в виде, удобном для восприятия контролирующим лицом и принятия им управленческого решения;

- контроль и сравнение фактического электропотребления с предельно допустимым.

Дальнейшее повышение точности выдерживания заданного лимита электропотребления с учетом графика изменения суммарной мощности предприятия и снижение отрицательного влияния регулировочных мероприятий на технологический процесс возможно при автоматизации управления режимами электропотребления установок, используемых в качестве потребителей-регуляторов мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы. Система управления, сравнивая фактическую мощность предприятия с лимитируемой в часы действия ограничений, включает потребители-регуляторы только тогда, когда фактический расход электроэнергии не превышает предельного допустимого. В остальных случаях число одновременно работающих потребителей-регуляторов автоматически уменьшается до их полного отключения.

Анализ электропотребления, проводимый информационно-моделирующей системой электропотребления, позволит прогнозировать расход электроэнергии, разрабатывать рекомендации по формированию политики технического перевооружения, рассчитывать плановые и фактические удельные расходы электроэнергии при отклонении технологических параметров от плановых, указывая при этом, какие факторы повлияли на изменение удельных расходов.

Технические средства учета и контроля электроэнергии должны:

- обеспечивать с необходимой точностью коммерческий учет потребляемой электроэнергии в соответствии с действующими тарифами;

- контролировать расход электроэнергии на отдельных производствах, в цехах, на технологических установках, т.е. осуществлять технический контроль;

- выдавать необходимую информацию для диспетчера по управлению электропотреблением или осуществлять автоматическое регулирование потребления электроэнергии в рамках договорных или заданных режимов электропотребления;

- обеспечивать контроль и фиксацию превышения уровней разрешенного лимита электропотребления и максимальной совмещенной получасовой мощности;

- осуществлять контроль качества электроэнергии;

- документировать необходимую информацию.

Качество управления электропотреблением определяется количеством и качеством информации о процессах изменения мощности и потребления электроэнергии.

В основу технических средств контроля электропотребления, повышающих информационную обеспеченность предприятия, должны быть положены следующие базисные функции:

- связь системы с объектом контроля;

Коротко об авторах

Кузнецов Н.М.,

Петров М.Г. – аспирант,

Власов Ф.В. – студент,

Московский государственный горный университет

© В.И. Дремов, В.Г. Ивахник,
А.В. Ляхомский, 2005

В.И. Дремов, В.Г. Ивахник, А.В. Ляхомский

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МОЩНЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ КАТАКЛИЗМОВ

Семинар № 17

Глобальные мировые изменения природно-техногенного характера ориентируют специалистов различных отраслей промышленности на создание эффективных технических и технологических средств снижения риска и смягчения последствий аварий и катастроф. Проблема обеспечения «безопасности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» в значительной степени является актуальной для всех стран и, в частности, для России, так как: «в настоящее время в экономике нашей страны сложилась ситуация, когда сама экономика – основные производственные фонды, устаревшие технологии и технические системы являются источниками аварий и катастроф» [1].

В числе чрезвычайных ситуаций одним из основных источников опасности техносферы и аварий являются мощные подъемно-транспортные средства (строительные, мостовые и козловые краны), эксплуатирующиеся в сложных природно-техногенных условиях [2].

В Московском государственном горном университете (Инженерный центр: вузовская инновационно-технологическая организация, кафедра «Аэрологии и охраны труда» и кафедра «Электрификации и энергоэффективности горных предприятий») выполняются на инициативной основе инновационно-технологические работы, направ-

ленные на создание анкерных кранов с большой грузоподъемностью (30-50 т). Общий вид крана-Деррик приведен на рис. 1.

В настоящее время обоснованы основные параметры и подготовлена рабочая документация на кран типа «Деррик» [3] с унифицированной стрелой (длиной 50–70 м, грузоподъемностью 30 т), ориентированный к масштабному использованию в различных отраслях промышленности для работы на открытом воздухе при резкоконтинентальном климате, с годовыми колебаниями температуры от +400 °С до – 400 °С при влажности – до 100 % и скорости ветра – до 20 м/с (рис. 2).

В изготовлении кранов типа «Деррик» участвуют заводы ОАО «Опытный завод гидромонтаж» (экспериментальные и опытные образцы) и ОАО «Кран-УМЗ им. И.И. Федунца» (серийное производство). Монтаж кранов типа «Деррик» и авторский надзор за их эксплуатацией планируется осуществлять специалистами МГТУ с участием монтажных заводских бригад, имеющие профессиональный опыт выполнения аналогичных работ. На рис. 3 (а, б) приведены основные схемы анкерного крепления кранов типа «Деррик».*

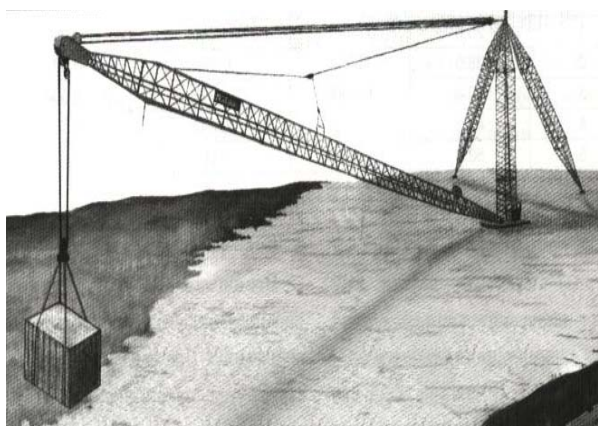


Рис. 1



Рис. 2

Требования к подготовительным работам по оценке мест крепления кранов типа «Деррик» и специфика монтажных работ заключается в следующем. Устойчивость крана обеспечивается соответствующим выполнением креплений основания и расстрелов. Основание крана «Деррик» представляет собой железобетонную плиту с анкерными креплениями, конструкции которых зависят от типа грунта, максимальной величины поднимаемого груза, ветровых и статистических нагрузок, возникающих при эксплуатации грузоподъемного механизма. Аналогичные факторы учитываются и при выборе места установки основания расстрелов и их крепления. При расчете крепления оснований учитываются также вибрационные параметры электропривода и динамические нагрузки, возникающие при различных режимах работы крана-Деррик (скорость подъема груза, ускорение и т.д.).

В результате изучения мирового и отечественного опыта применения приводов различных электро-механических систем [4] установлены основные условия их снижения динамической нагруженности конструкций и обоснованы следующие технические требования к электрооборудованию электропривода крана типа «Деррик»:

Техническая характеристика

Максимальный грузовой момент, т·м	1500
Длина стрелы, м	50(70)
Высота колонны, м	25
Максимальная высота подъема при нулевой отметке, м	42
Максимальное положение крюка ниже нулевой отметки	30
Скорость поворота платформы, мин ⁻¹	0,0915
Угол поворота платформы, град	220
Установленная мощность электродвигателей, кВт	47
Общая масса крана, т	45 (50)
Группа режима работы механизмов	2М (3М)
Грузоподъемность, т	
при углах наклона:	
	55-75 30(21)
	45-75 27(19)
	30-75 21(15)
	15-75 17(12)
	0-75 14 (10)
Скорость подъема груза, м/мин	1.82...13.6
Скорость подъема стрелы, м/мин	0.673...3.4

1. Режим работы – круглогодичный, при двух рабочих сменах в сутки.

2. Климат: резко континентальный с годовыми колебаниями температуры от +400 °С до – 400 °С, влажность – до 100 %, скорость ветра – до 20 м/с.

3. Электродвигатели (с глубиной регулирования частоты вращения – 1:8):

- механизма подъема груза - типа МТКФ–416–6 с номинальной мощностью

РН = 22 кВт при ПВ = 40 %, частота вращения $n = 935$ 1/мин;

- механизма подъема стрелы - типа МТКФ–416–6 с номинальной мощностью РН = 22 кВт при ПВ = 40%, частота вращения $n = 935$ 1/мин;

- механизма поворота - типа МТФ с номинальной мощностью РН = 5 кВт, частота вращения $n = 930$ 1/мин.

4. Тормоза:

- механизма подъема груза - типа ТКГ–500 с электрогидротолкателем, с тормозным моментом МТ = 2500 н.м;

- механизма подъема стрелы - типа ТКГ–400 с электрогидротолкателем, с тормозным моментом МТ = 1500 н.м;

5. Все механизмы должны быть оснащены тормозами нормально-замкнутого типа.

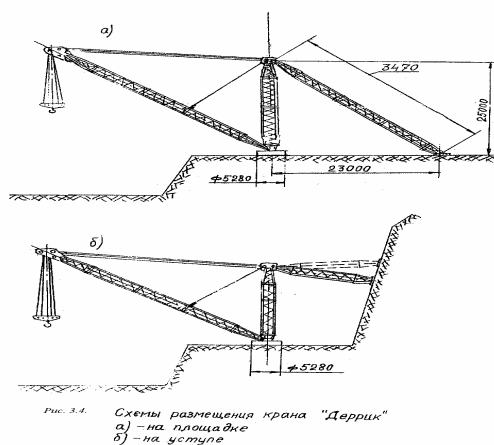


Рис. 3.4. Схемы размещения крана «Деррик»
а) – на площадке
б) – на уступе

Рис. 3. Схемы размещения крана «Деррик»: а) на площадке; б) на уступе

6. При срабатывании электрической защиты или выключении электрического тока тормоз должен автоматически замыкаться.

7. Вводное устройство (защитная панель) должно быть оборудовано специальным контактным замком с ключом (ключом-маркой), без которого не может быть подано напряжение на кран. Оно должно быть оборудовано приспособлением для запирания их на замок.

8. Кран должен быть оборудован низковольтным ремонтным освещением напряжением не – более 42 В.

9. Электрооборудование должно быть выполнено в пылевлагозащитном исполнении.

10. Электрооборудование должно соответствовать требованиям правил промышленной безопасности производственных объектов.

Широкое внедрение кранов типа «Деррик» позволит, наряду с получением технико-экономических преимуществ, повысить уровень безопасности подъемно-транспортных систем в экстремальных условиях.

Результативность в выполнении этой инициативной работы, а частности, требует, безусловно, не только привлечение различных производственных и организационных структур, но и заинтересованность государственных органов к практической реализации отечественных инноваций. Поводом к акцентированию внимания на эти обстоятельства является отсутствие в России условий к развитию инновационной деятельности. Так, возникновение инновационного движения в вузовской сфере, в том числе и Горном Университете, характеризует не только

приверженность к прогрессивным организационным формам практической реализации новшеств научно-технического профиля, но и демонстрирует, к сожалению, недостаточность действий российских властных государственных органов (законодательных и исполнительных) для создания благоприятных условий развития российской экономики, в части ее инновационной направленности.

Практические шаги научно-технических структур инновационного профиля Высшей школы

России, направленные на организацию вузовского инновационно-технологического процесса и формирование методологии развития инновационной сферы, в целом, выявили ряд принципиально важных пробелов в нормативно-правовой базе, сдерживающих активное использование инноваций в отечественной экономике. В этой связи, целесообразно обратить внимание руководителей властных структур на необходимость реализации нижеследующих законодательных мероприятий.

- Приоритетность отечественной инновационной сферы необходимо юридически закрепить в Гражданском Кодексе РФ, где целесообразно отразить правовые аспекты и регламент инновационной деятельности.

- В целях повышения инновационной активности российской промышленности необходимо внести изменения в налогооблагаемую базу предприятий:

- разрешить включение затрат на выполнение инновационных работ в прямые расходы и формировать себестоимость продукции с учетом расходов предприятий на внедрение новшеств;

- применить налоговое льготирование на прибыль, получаемую от реализации инновационной продукции, производство которой осуществляется по региональным программам на период срока их окупаемости; на прибыль, получаемую совместными, венчурными предприятиями от производства инновационной продукции в регионах; на прибыль, получаемую за счет реализации лицензий и «ноу-хау»;

-освободить от налога на добавленную стоимость предприятия, участвующие в изготовлении инновационной продукции (с целью снижения цен на инновационную продукцию и расширение рынка ее сбыта).

- Для повышения престижа авторов интеллектуальной инновационной собственности и их материальной заинтересо-ванности:

- исключить из налогообложения налоги на авторские вознаграждения за инновации (по авторским свидетельствам, патентам РФ и лицензиям);

- освободить от налогообложения средства юридических и физических лиц, инвестируемые в создание инноваций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзыбов М.М., Шахрамьян М.А., Авдоткин В.П. Экономическая политика государства в области развития предпринимательства в интересах обеспечения снижения риска и смягчения последствий аварий и катастроф.- В сб. «Предпринимательство в промышленности: пути развития (III-я Межрегиональная конференция, Москва: 17-18 ноября 2004 года)», М., 2004, с. 29-30.

2. Катастрофы и человек: Книга 1. Российский опыт противодействия чрезвычайным ситуациям / Под ред. Ю.Л. Воробьева. - М.: АСТ- ЛТД, 1997. - 256 с.

3. Головин В.И., Ивахник В.Г., Сероштан В.И. Кран-Деррик КД-30/50. Подъемно-транспортное дело. - М.: 2002. - №1-2. - С. 8-9.

4. Ляхомский А.В., Ивахник В.Г. Создание унифицированного параметрического ряда приводов мощных электромеханических систем горных машин и оборудования / Горный информационно-аналитический бюллетень, №6. - М.: Изд-во МГТУ, 2004, с. 297-298.

Коротко об авторах

Дремов В.И. – доктор технических наук,
Ивахник В.Г. – кандидат технических наук,
Ляхомский А.В. – доктор технических наук,
Московский государственный горный университет,

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ДРЫГИН Сергей Юрьевич	Обоснование метода вибродиагностики технического состояния одноковшовых карьерных экскаваторов	05.05.06	к.т.н.
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (ИПТЭР)			
ЩЕРБИНИНА Наталья Викторовна	Геолого-технологическое обоснование и прогнозирование применения глинокислотных обработок призабойной зоны пласта	25.00.17	к.т.н.

© А.Т. Ерыгин, А.Н. Шатило, 2005

**ОБ ОЦЕНКЕ ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ
ОБОЛОЧЕК ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ,
ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ПРИ ВЫСОКОЙ
ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Современные испытания на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования осуществляются во взрывных камерах, заполненных испытательной взрывоопасной смесью при давлении 0,1 МПа (760 ± 20 мм рт. ст.) и температуре (20–30) °С. Результаты проведенных испытаний на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования будут справедливы только для данного диапазона температур окружающей среды.

В настоящее время современный стандарт [1] допускает испытанные при нормальных условиях оболочки электрооборудования эксплуатировать его до температуры окружающей среды 60 °С. Это является определенным допущением, так как взрывоопасная смесь при температуре 60 °С является более легко воспламеняемой в сравнении с температурой (20–30) °С. Так поступают из-за недостаточной изученности зависимости значения критериального параметра взрывоопасной смеси от ее температуры. Справедливо было бы проведение испытаний на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования при температуре испытательной взрывоопасной смеси, равной максимальной температуре окружающей среды, при которой будет эксплуатироваться данное электрооборудование. Однако такой метод испытаний имеет недостатки, связанные с технической трудностью выполнения таких испытаний при различной температуре испытательной взрывоопасной смеси.

В настоящее время положение таково, что разработчики электрооборудования с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» применяют ее при максимальной температуре окружающей среды выше 60 °С после обычных сертификационных испытаний, что недопустимо.

Целью данной работы является доказательство значительного влияния температуры испытательной взрывоопасной смеси на снижение зазоров взрывонепроницаемых оболочек и необходимость внесения корректив в современную методику испытаний в зависимости от максимальной

температуры окружающей среды, при которой будет эксплуатироваться испытуемое электрооборудование.

Для ответа на поставленные вопросы воспользуемся исследованиями Н.Д. Гавриленко [2] по установлению минимальных воспламеняющих энергий электрического разряда в зависимости от температуры для четырех представительных взрывоопасных смесей. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что минимальная воспламеняющая энергия электрического разряда при увеличении температуры взрывоопасной смеси до 150 °С снижается практически вдвое, что нельзя не учитывать в процессе испытаний на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования.

Приняв за единицу минимальные воспламеняющие энергии электрического разряда, установленные при температуре взрывоопасной смеси 25 °С, были определены в относительных единицах минимальные воспламеняющие энергии электрического разряда при других температурах взрывоопасных смесей. Полученные данные затем были обработаны с помощью математической статистики. Результаты анализа сведены в табл. 2.

Полученные результаты анализа могут быть использованы для совершенствования испытаний на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования с точки зрения учета максимальной температуры окружающей среды, при которой будет эксплуатироваться электрооборудование. Для этого необходимо определить степень снижения безопасного экспериментального максимального зазоров (БЭМЗ) и зазоров в испытанной на взрывонепроницаемость оболочке при нормальных условиях из выражения (1)

$$\text{БЭМЗ/БЭМЗ}_0 = (W/W_0)^{0,467}, \quad (1)$$

где W_0 – минимальная энергия электрического разряда при температуре 25 °С; W – минималь-

Таблица 1

Представительный газ	Значения минимальной воспламеняющей энергии электрического разряда (мДж) при различной температуре (°С) взрывоопасной смеси					
	25	50	75	100	125	150
Метан	0,3	0,276	0,26	0,239	0,203	0,167
Петролейный эфир	0,25	0,225	0,202	0,185	0,167	0,159
Этилен	0,121	0,096	0,078	0,075	0,066	0,062
Водород	0,011	0,0098	0,0086	0,0076	0,007	0,0051

Таблица 2

Представительный газ	Уравнения	Коэффициент детерминации
Метан	$W/W_0 = 1,1044 - 0,0034T$	$R^2 = 0,9758$
Петролейный эфир	$W/W_0 = 1,0504 - 0,0034T$	$R^2 = 0,9773$
Этилен	$W/W_0 = 3,3367T - 0,3744$	$R^2 = 0,9904$
Водород	$W/W_0 = 1,1 - 0,004545T$	$R^2 = 0,9840$

ная энергия электрического разряда при температуре T .

В соответствии с предложенным методом взрывонепроницаемая оболочка испытывается обычным способом в соответствии с ГОСТ Р 51330.1-99 в представительных взрывоопасных смесях с увеличенными зазорами в оболочке на коэффициент безопасности и дополнительно для учета температуры окружающей среды зазоры в ней дополнительно увеличиваются зазоры на величину, определяемую выражением (2).

$$\frac{БЭМЗ_0}{БЭМЗ} = 1/(W/W_0)^{0,467} = (W_0/W)^{0,467} \quad (2)$$

где $БЭМЗ_0/БЭМЗ$ – коэффициент дополнительного увеличения зазора для учета температуры окружающей среды;

Значение $(W_0/W)^{0,467}$ вычисляется на основании аналитических выражений для представительных взрывоопасных смесей с учетом максимальной температуры окружающей среды, приведенных в табл. 2. Однако данный метод не всегда может быть реализован из-за невозможности увеличения зазоров в оболочке. Например, в цилиндрических взрывозащитных соединениях зазор увеличить невозможно.

Другим методом, на наш взгляд, более простым и доступным, являются испытания на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования в активизированных испытательных взрывоопасных смесях, обеспечивающих коэффициент безопасности. Дополнительная активизация испытательных взрывоопасных смесей (уменьшение $БЭМЗ$ и увеличение коэффициента безопасности) определяется максимальной температурой окружающей среды,

при которой будет эксплуатироваться электрооборудование, определяется из выражения (3)

$$БЭМЗ = БЭМЗ_0 \times (W/W_0)^{0,467} \quad (3)$$

где $БЭМЗ$ – значение классификационного параметра активизированной испытательной взрывоопасной смеси, учитывающей максимальную температуру окружающей среды; $БЭМЗ_0$ – значение классификационного параметра активизированной испытательной взрывоопасной смеси, приведенной в ГОСТ Р 51330.1-99;

Значение $(W/W_0)^{0,467}$ вычисляется на основании аналитических выражений для представительных взрывоопасных смесей с учетом максимальной температуры окружающей среды, приведенных в табл. 2.

Пример 1. Выбрать коэффициент безопасности (степень увеличения зазоров в оболочке) при испытаниях на взрывонепроницаемость оболочки электрооборудования в представительной взрывоопасной смеси категории ПА, предназначенного для работы при максимальной температуре окружающей среды 100°C . Используя уравнение, приведенное в табл. 2 для представительной взрывоопасной смеси категории ПА, вычислим значение $(W/W_0) = 1,0504 - 0,003 \times 100 = 0,7504$. Откуда $(W_0/W)^{0,467} = (1/0,7504)^{0,467} = 1,14$. Коэффициент безопасности при испытании оболочки должен быть равен $1,42 \times 1,14 = 1,62$.

Пример 2. Выбрать состав активизированной испытательной взрывоопасной смеси для проведения испытаний на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования подгруппы ПА, предназначенного для работы при максимальной температуре окружающей среды 150°C . Исполь-

зую уравнение, приведенное в табл. 2 для представительной взрывоопасной смеси категории ПА, вычислим значение $(W/W_0) = 1,0504 - 0,003 \times 150 = 0,6004$. Откуда $(W/W_0)^{0,467} = (0,6004)^{0,467} = 0,7880$. Значение классификационного параметра активизированной водородовоздушной $(55 \pm 0,5)$ % об. смеси БЭМЗ, учитывающей максимальную температуру окружающей среды 150°C , определится из выражения (3). Значение классификационного параметра активизированной испытательной взрывоопасной смеси БЭМЗ₀, учитывающей максимальную температуру окружающей среды 25°C , равно $0,65$ мм. Откуда $\text{БЭМЗ} = \text{БЭМЗ}_0 \times 0,7880 = 0,51$ мм и позволяет провести испытания на взрывонепроницаемость оболочки с учетом температуры окружающей среды 150°C . Водородовоздушная смесь с содержанием водорода 51 % характеризуется классификационным параметром БЭМЗ, равным $0,51$ мм.

Пример 3. Выбрать состав активизированной испытательной взрывоопасной смеси для проведения испытаний на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования подгруппы ПС, предназначенного для работы при максимальной температуре окружающей среды 100°C . Используя уравнение, приведенное в табл. 2 для представительной взрывоопасной смеси категории ПС, вычислим значение $(W/W_0) = 1,1 - 0,004545 \times 100 = 0,6455$. Откуда $(W/W_0)^{0,467} = (0,6455)^{0,467} = 0,8148$. Значение классификационного параметра активизированной испытательной взрывоопасной смеси БЭМЗ, учитывающей максимальную температуру окружающей среды 100°C , определится из выражения (3). Значение классификационного параметра активизированной испытательной взрывоопасной смеси БЭМЗ₀, учитывающей максимальную температуру окру-

жающей среды 25°C , равно $0,19$ мм. Откуда $\text{БЭМЗ} = \text{БЭМЗ}_0 \times 0,8148 = 0,19 \times 0,8148 = 0,155$ мм. Водородовоздушная смесь с содержанием водорода 28 % под давлением $1,9$ атм. характеризуется классификационным параметром БЭМЗ, равным $0,155$ мм. Увеличение давления водородовоздушной смеси до $1,9$ атм. позволяет при испытаниях учесть максимальную температуру окружающей среды 100°C .

Заключение

1. Повышение температуры окружающей среды и как следствие взрывоопасной смеси снижает уровень воспламеняющей энергии электрического разряда и допустимый уровень зазоров во взрывонепроницаемых оболочках электрооборудования. При температуре испытательной взрывоопасной смеси 150°C минимальная воспламеняющая энергия электрического разряда в сравнении с температурой 25°C снижается в два раза, что нельзя не учитывать при испытаниях на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования.

2. На основании экспериментальных данных о минимальных воспламеняющих энергиях электрического разряда в диапазоне от 25°C до 150°C установлены с высокой степенью достоверности законы ее изменения от температуры для 4 представительных взрывоопасных смесей.

3. Установлены взаимосвязи между максимальной температурой окружающей среды и составами испытательных взрывоопасных смесей.

4. Предложены способы испытаний на взрывонепроницаемость оболочек электрооборудования, эксплуатируемого при температуре окружающей среды в диапазоне от 25°C до 150°C . Способы испытаний проиллюстрированы примерами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51330.1-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 1. Вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка». – М., Издательство стандартов, 2000. – 36 с.
2. Гавриленко Н.Д. Исследование воспламеняющей способности разрядов статического электриче-

ства в паро-газо-воздушных средах и разработка методов и средств защиты. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Севастополь, 1975. – 27 с.

Коротко об авторах

Ерыгин Александр Тимофеевич – профессор, доктор технических наук, ИПКОН РАН.
Шатило Алексей Николаевич – доктор технических наук, МОС «Сертиум».

© А.Л. Гремощкин, 2005

УДК 621.31:622

А.Л. Трембицкий

**ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ВЗРЫВООПАСНОЙ СМЕСИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ РАЗМЫКАНИЯ
В ИНДУКТИВНЫХ ЦЕПЯХ НА ИСКРООБРАЗУЮЩЕМ
МЕХАНИЗМЕ I-ГО ТИПА И МЕХАНИЗМЕ
С ПОСТОЯННОЙ РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ
РАЗМЫКАНИЯ КОНТАКТОВ**

Семинар № 17

Исследования на искрообразующем механизме с постоянной регулируемой скоростью размыкания контактов [1] показали, что в малоиндуктивных цепях минимальные значения воспламеняющих токов достигаются, начиная со скоростей размыкания 6-7 м/с и практически остаются неизменными до скорости размыкания 10 м/с. Для цепей с большой индуктивностью воспламеняющий ток продолжает снижаться, хотя и незначительно, до скорости размыкания 10 м/с. Однако общий ход зависимостей позволяет считать, что при скоростях размыкания около 10 м/с значения воспламеняющих токов уже достаточно близки к минимальным.

Характер движения вольфрамового контакта искрообразующего механизма I-типа существенно отличается от реализуемого искрообразующим механизмом с постоянной регулируемой скоростью размыкания контактов. Вольфрамовый контакт искрообразующего механизма I-типа размыкается с начальной скоростью, равной скорости вращательного движения держателя проволоочек, по сложному колебательному закону, который

достаточно точно описывается первыми тремя формами собственных колебаний вольфрамо-

вой проволоочки. Под действием силы упругости скорость движения вольфрамового контакта уже на начальной стадии своего движения (приблизительно через 30-40 мкс) достигает 10 м/с, а максимальная скорость размыкания превышает 20 м/с [2].

В цепях с небольшой индуктивностью значения минимальных воспламеняющих токов, которые получаются на искрообразующем механизме I-го типа, могут быть получены при относительно небольших значениях постоянных скоростей размыкания контактов, составляющих 4,5-5 м/с, а при скоростях размыкания 6,5-7 м/с значения воспламеняющих токов будут меньше, чем дает искрообразующий механизм I-го типа. Скорость размыкания контактов механизма I-го типа значительно больше указанных выше значений.

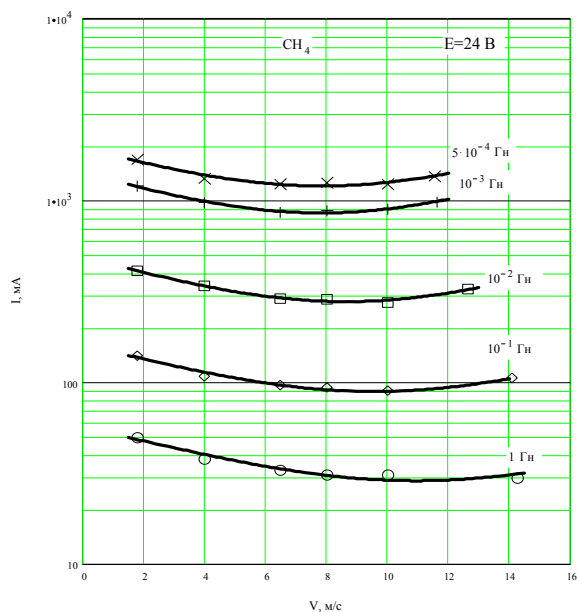


Рис. 1. Зависимости минимального воспламеняющего тока от скорости размыкания индуктивной цепи для представительной смеси I-ой категории взрывоопасности

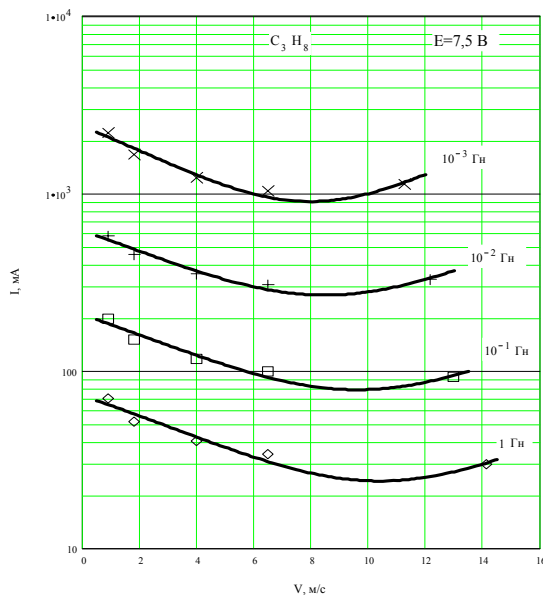
Рис. 2. Зависимости минимального воспламеняющего тока от скорости размыкания индуктивной цепи для представительной смеси ПА категории взрывоопасности

При этом пламегасящее действие контактов меньше, а энергии в разряде при том же токе, как показывают расчеты, выделяется больше. Казалось бы, разряды механизма I-го типа должны быть более опасными. Однако мы наблюдаем противоположный результат. Следовательно, за счет большой скорости движения контактов разряды механизма I-го типа становятся менее опасными. Этот результат объясняется тем, что на процесс воспламенения взрывоопасной смеси в противоположных направлениях влияют такие факторы как пламегасящее действие контактов, длина разряда и плотность энергии в разряде. При больших скоростях размыкания контактов за счет увеличения длины разряда снижается плотность энергии в разряде, и этот фактор приводит к увеличению воспламеняющего тока.

В механизме I-го типа разряд происходит при непрерывно

изменяющейся скорости размыкания контактов. Возникает вопрос: разряду с какой постоянной скоростью размыкания контактов он соответствует по опасности? Чтобы ответить на этот вопрос необходимо эти два разряда каким-то образом сопоставить. Для сопоставления был принят следующий критерий: при достаточно больших скоростях размыкания разряды,

Рис. 3. Зависимости минимального воспламеняющего тока от скорости размыкания индуктивной цепи для представительной смеси ПВ категории взрывоопасности



получающиеся при размыкании одной и той же цепи на двух механизмах, имеют одинаковую воспламеняющую способность, если их средняя плотность энергии и длина имеют одинаковые (достаточно близкие) значения. При этом, как показывают расчеты, такие параметры разрядов как энергия и длительность оказываются также достаточно близкими между собой. Этот критерий эквива-

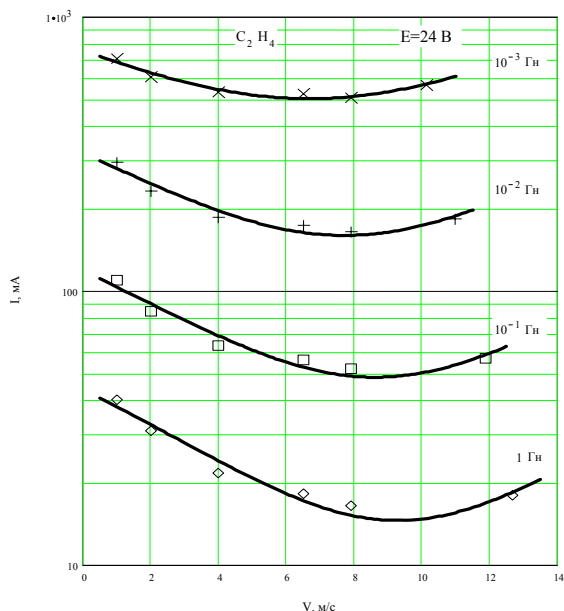
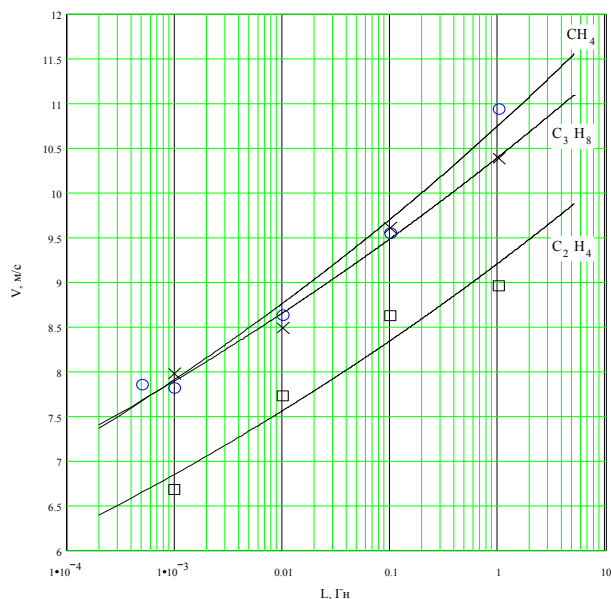


Рис. 4. Зависимости наиболее опасной скорости размыкания от индуктивности цепи

лентности разрядов позволяет учитывать в среднем как энергетические, так и пространственно-временные характеристики разряда.

Из-за большого различия в законах движения контактов рассматриваемых механизмов подобрать постоянную скорость размыкания, при которой длины разрядов и средние плотности энергий оказываются одновременно равными между собой, не представляется возможным. Поэтому подбирались два значения постоянной скорости размыкания контактов – одно для обеспечения равенства плотностей энергий, другое – длин разрядов. Расчеты показывают, что подобранные для этих двух параметров разряда значения постоянных скоростей размыкания достаточно близки между собой. В качестве искомой постоянной скорости размыкания принималось среднее из двух полученных значений. На этой основе для механизма I-го типа применительно к индуктивным цепям были рассчитаны эквивалентные постоянные скорости размыкания.

На рис. 1, рис. 2 и рис. 3 для трех представительных взрывоопасных смесей приведены зависимости воспламеняющего тока от скорости размыкания индуктивной цепи. В каждой из зависимостей крайняя правая точка рассчитана с использованием указанного критерия. Остальные точки получены на основе экспериментов с использованием механизма с регулируемой скоростью размыкания контактов. Из приведенных зависимостей видно, что скорости размыкания контактов механизма I-го типа соответствуют эквивалентным постоянным скоростям размыкания контактов, которые значительно превышают значение 6,5 м/с, принимаемое в качестве максимального при аварийном обрыве медных проводников. Минимальные значения



воспламеняющих токов в индуктивных цепях также реализуются на скоростях превышающих максимальную скорость аварийного размыкания и в зависимости от индуктивности цепи и взрывоопасности смеси лежат в диапазоне от 6,7 до 10,7 м/с.

На базе зависимостей рис.1 – рис. 3 для представительных взрывоопасных смесей были построены зависимости, связывающие индуктивность цепи и скорость ее размыкания в условиях получения минимального воспламеняющего тока. Эти зависимости приведены на рис. 4.

Из рассмотрения зависимостей рис. 4 вытекает следующее:

1. С увеличением взрывоопасности смеси наиболее опасная скорость размыкания индуктивной цепи снижается;
2. Максимальное значение наиболее опасной скорости размыкания индуктивных цепей, в основном используемых на практике (с индуктивностью до 1 Гн), составляет менее 11 м/с. Поэтому все аварийные ситуации, связанные с обрывом проводников, изготовленных из любых материалов, могут быть оценены при скоростях размыкания до 11 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерыгин А.Т., Трёмбицкий А.Л., Яковлев В.П. Методы оценки искробезопасности элетрических цепей. - М.: Наука, 1984. - 256 с.

2. Трёмбицкий А.Л. Исследование движения вольфрамовой проволоки искрообразующего механизма I-го типа. Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2003. - №11. - С. 237 - 238.

Коротко об авторах

Трёмбицкий А.Л. – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ИПКОН РАН.



© В.А. Голубев, С.Н. Башмаков,
А.А. Комаров, Н.И. Тархова,
А.С. Кирьянов, 2005

УДК 622.012.3:621.311

В.А. Голубев, С.Н. Башмаков, А.А. Комаров, Н.И. Тархова, А.С. Кирьянов

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КАРЬЕРНЫХ ОДИНОЧНЫХ ПРИКЛЮЧАТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ И СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ

Семинар № 17

Особенностью электроснабжения открытых горных работ является рассредоточение электроустановок по всей территории и глубине карьеров. Для подключения карьерных электроустановок к карьерным электrorаспределительным сетям применяются специальные распределительные пункты (КРУ), называемые приключательными пунктами (ПП). На большинстве горных предприятий применяются ПП типа ЯКНО-6(10)У1В.

Приключательные пункты типа ЯКНО представляют собой отдельно стоящий шкаф КРУ, оснащенный собственным независимым источником оперативного напряжения и системой релейной защиты.

Конструкторские, компоновочные и схемные решения приключательных пунктов тре-

буют повышенной степени защищённости их от ошибочных или неквалифицированных действий обслуживающего персонала.

Источником оперативного напряжения для схем управления и освещения в этих ПП служат трансформаторы напряжения НАМИ (ЗНОЛ), НОЛ-11 или же однофазный силовой трансформатор ОМП-10.

Существующие схемы главных соединений практически всех типов приключательных пунктов обеспечивают возможность включения освещения и проведения работ по присоединению высоковольтного кабеля к выводным контактам силового выключателя и работ по обслуживанию оборудования в отсеке выключателя только при включении вводного разъединителя и отключении его заземляющих ножей, т.е. при наличии высокого напряжения на

трансформаторе напряжения, на верхних контактах силового выключателя и на других аппаратах и токоведущих частях приключательного пункта, расположенных до силового выключателя.

Включение разъединителя и подача напряжения на трансформатор напряжения при открытой задней двери невозможно из-за наличия механической блокировки между силовым выключателем и разъединителем не допускающей включение разъединителя при открытой двери отсека силового выключателя и при отключённых заземляющих ножах разъединителя.

Следовательно, при существующих схемах главных соединений приключательных пунктов типа ЯКНО-6(10)У1, появляется возможность сознательного нарушения обслуживающим персоналом требований безопасности заключающегося в том, что обслуживающий персонал при производстве работ в отсеке силового выключателя, вынужден выводить из работы блокировку двери отсека силового выключателя, открывать дверь, включить разъединитель для подачи напряжения на трансформатор напряжения и тем самым обеспечить наличие оперативного напряжения и внутреннего освещения приключательного пункта

При этом обслуживающий персонал вынужден работать при наличии высокого напряжения внутри корпуса ПП, и что самое опасное, при наличии высокого напряжения на верхних контактах силового выключателя, расположенных в непосредственной близости от места подключения отходящего кабеля. Малейшая неосторожность при проведении работ в отсеке силового выключателя может привести к поражению обслуживающего персонала электротоком.

Во избежание этого при разработке новых конструкторских и схемных решений приключательных пунктов была предусмотрена установка трансформатора напряжения до высоковольтного разъединителя на вводе в шкаф ПП, что исключила возможность нарушения требований безопасности при обслуживании высоковольтной обмотки на «землю» в одном из трансформаторов напряжения срабатывают защиты от

замыканий на «землю» во всех присоединённых к линии приключательных пунктах, т.к. трансформатор подключён непосредственно к линии без разъединителя. Для обнаружения повреждённого трансформатора напряжения приходится снимать напряжение со всей питающей линии, отсоединять трансформатор в одном из приключательных пунктов, испытывать его изоляцию и устанавливать его на место, если он исправен.

Такую операцию необходимо проводить поочередно в каждом приключательном пункте до тех пор, пока не будет обнаружен повреждённый трансформатор напряжения.

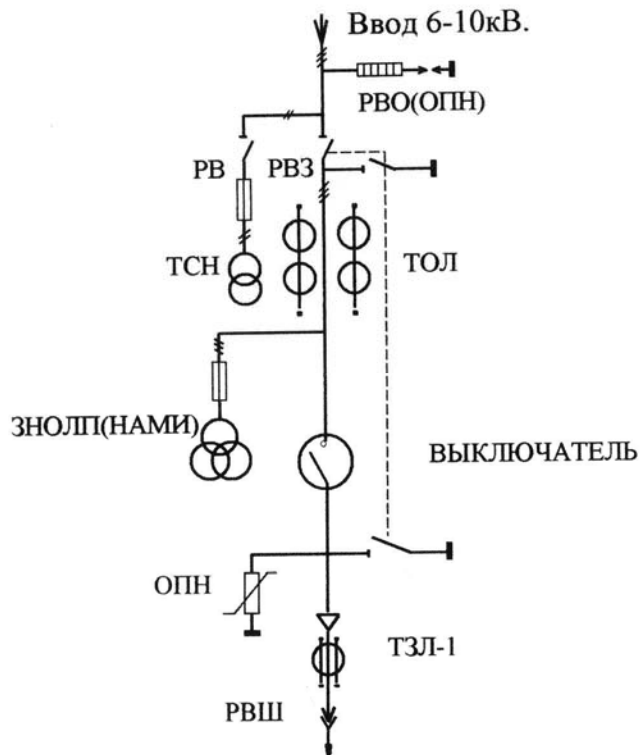
Это связано с большими потерями из-за простоя технологических электропотребителей, присоединённых к линии приключательными пунктами. Поэтому трансформаторы напряжения, чаще всего повсеместно, заранее выводятся из работы.

Отсюда следует, что единственной мерой безопасной эксплуатации приключательных пунктов ЯКНО может быть подведение к ним линии низкого напряжения от постороннего источника питания, обеспечивающего освещение внутри шкафа и вокруг него независимо от положения вводного разъединителя в приключательных пунктах, особенно, при проведении работ по присоединению отходящего от ПП кабеля при наличии напряжения на вводе.

В специфических условиях карьеров подвод линии низкого напряжения к ЯКНО является сложной задачей и практически не применяется.

С учетом этого в настоящее время ЗАО «Электроаппаратстрой» разработало и освоило в производстве новый тип одиночного высоковольтного приключательного пункта типа ЯКНО-(6)10У1В-9.

При разработке этого типа приключательного пункта исключено комплектование ПП морально устаревшим маломасляным выключателем ВПМ управляемым ручным приводом ПРБА или пружинно-моторным приводом ПП-67 не позволяющим применить дистанционное управление приключательным пунктом и современную автоматику.



Упомянутый приключательный пункт комплектуется только вакуумными выключателями с электромагнитным приводом типа: ВВ/ТЕЛ-10-20/1000У2, ВВТЭ-10-20/630У2, ВБЭМ-10-20/1000УХЛ2, ВБП-10-20/1000УХЛ2 с пружинно-магнитным приводом.

Приключательный пункт типа ЯКНО-(6)10У1В-9 – это традиционная и привычная для горных предприятий конструкция шкафа двухстороннего обслуживания с воздушным или кабельным вводом и кабельным выводом, со стационарной установкой высоковольтного электрооборудования (без выкатных элементов, плохо работающих в передвижных электроустановках).

Приключательный пункт может поставляться предприятиям как с салазками, так и без них.

Отличительной особенностью конструкции этого приключательного пункта является более совершенная схема главных соединений (рис. 1), которой предусмотрено наличие, кроме трансформатора напряжения НАМИ (ЗНОЛП), дополнительного трансформатора собственных

нужд (ТОН) мощностью от 0,8 до 3,75 кВА, установленного в обособленном отсеке корпуса и подсоединенного к вводу через отдельный разъединитель.

Такое конструктивное и схемное решение исключает все упомянутые выше конструкторские, компоновочные и схемные недостатки всех существующих в настоящее время одиночных приключательных пунктов и обеспечивает надежность, экономичность и безопасность энергообеспечения технологических электропотребителей карьеров.

Кроме того, наличие дополнительного трансформатора собственных нужд решает вопрос автоматического обогрева шкафа при низких температурах.

Конструктивно и схемой главных соединений на выводах силового выключателя предусмотрена установка нелинейных ограничителей перенапряжений типа ОПН-КР/ТЕЛ, защищающих кабель и присоединяемое к ним оборудование от коммутационных перенапряжений.

Предусмотрена по требованию заказчика установка высоковольтного приборного кабельного разъема РВШ-6(10)УХЛ1 на отходящей кабельной линии, что исключает необходимость доступа в высоковольтный отсек для отключения и присоединения отходящего кабеля.

Приключательный пункт типа ЯКНО-(6)10У1В-9 оснащен следующими видами релейной защиты:

- токовая отсечка на реле прямого действия РТМ-1 встроенного в выключатели ВБП, ВБПС;
- токовая отсечка на реле РТ-40 для вакуумных выключателей ВВ/ТЕЛ, ВВТЭ-М;
- максимальная токовая защита на реле РТ-40 с реле времени РВ для вакуумных выключателей ВВ/ТЕЛ, ВВТЭ-М;
- защита от однофазных замыканий на “землю” с реле РТЗ-51 и РН-53/60Д, ЗЗН-1, ЗЗМ (ЗЕРО);
- защита от однофазных замыканий на “землю” в цепи наружного освещения;

- защита минимального напряжения на реле РН-54/160;

- защита от исчезновения напряжения для вакуумных выключателей ВВ/TEL, ВВТЭ-М;

- защита от обрыва заземляющей жилы высоковольтного кабеля на реле РТ-40/2;

- защита от неполнофазного режима и неправильного чередования фаз на реле ЕЛ-11 (по заказу).

Предусмотрены цепи:

- контроля тока и напряжения,

- учёта активной и реактивной энергии счётчиками СА3У, СА4У или универсальным электронным счётчиком СЭТЗР-01-09А с выходами на систему централизованного учёта электроэнергии (по заказу);

- наружного освещения площади, прилегающей к приключательному пункту;

- опробования защиты от однофазных замыканий на “землю” в цепи высоковольтного отходящего кабеля;

- опробования защиты от однофазных замыканий на “землю” в цепи, наружного освещения;

- дистанционного управления освещением площади, прилегающей к приключательному пункту;

- дистанционного управления приключательным пунктом;

- автоматического регулирования обогрева датчиками температуры ДТКБ-49;

- наружной сигнализации срабатывания защиты от однофазных замыканий на “землю”.

Конструкция воздушного ввода питающей линии в корпус ПП выполнена в виде съёмного короба из листового металла, на котором установлены проходные изоляторы и кронштейн с линейными разрядниками РВО (ОПН), входящими в комплект поставки приключательного пункта.

Это конструктивное решение исключает необходимость установки проходных изоляторов на крыше ПП и установки сетчатого ограждения.

Недостатком сетчатого ограждения высоковольтного ввода является то, что сетка снижает скорость движения воздушного потока внутри ограждения и, как следствие, установленные на крыше ПП проходные изоляторы и шины к ним покрыты слоем снега, намного превышающим среднее значение толщины снежного покрова.

По требованию заказчиков защита вводной линии выполняется ограничителями грозовых перенапряжений ОПН-КС/TEL-6(10)УХЛ1, устанавливаемыми внутри шкафа на вводных контактах вводного разъединителя или на вводном коробе.

В верхней части приключательного пункта с фасадной стороны установлена сигнальная лампа с жёлтым светофильтром, сигнализирующая об аварийном отключении силового выключателя защитой от замыкания на “землю» и видимая на большом расстоянии от него.

Для увеличения жёсткости конструкции ячеек, толщина материала корпуса увеличена до 3 мм, применена сварка в среде углекислого газа, конструкция сетчатых ограждений отсеков вводных высоковольтных разъединителей выполнена в виде несъёмных сетчатых дверей.

При изготовлении ПП выполняется 100 % проверка работоспособности в объёме приёмосдаточных испытаний.

Приключательный пункт имеет сертификат соответствия Госстандарта России и разрешение Госгортехнадзора России № РРС 04-11245 на применение от 18.02.2004 г.

Продолжаются работы по дальнейшему совершенствованию приключательных пунктов типа ЯКНО на основе внедрения модулей микропроцессоров, модуля управления и модуля бесперебойного питания, направленные на повышение электробезопасности обслуживающего персонала, снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание и сокращение потерь от вынужденных простоев технологического оборудования карьеров из-за перерывов энергообеспечения.

Коротко об авторах

Голубев В.А. Башмаков С.Н., Комаров А.А., Тархова Н.И. – ИГД УрО РАН.
Кирьянов А.С. – ЗАО «Электроаппаратстрой».

