

УДК 621.3:658.34

**ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ  
ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ**

***В. Н. АБАБУРКО<sup>1</sup>, Л. Г. ЧЕРНАЯ<sup>1</sup>, П. Ф. НИКИТИН<sup>1</sup>, В. Ч. КАНТОР<sup>2</sup>,  
А. Е. САЗОНКО<sup>2</sup>, Е. М. КАЗАК<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

<sup>2</sup>Департамент по надзору за безопасным ведением работ в промышленности  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь  
(Госпромнадзор)

Минск, Беларусь

UDC 621.3:658.34

**GENERALIZED TEST PROCEDURE FOR ASSESSING EXPLOSION  
SAFETY OF EQUIPMENT**

***V. N. ABABURKO, L. G. CHORNAYA, P. F. NIKITIN, V. CH. KANTOR,  
A. Y. SAZONKA, Y. M. KAZAK***

**Аннотация.** В статье рассматривается обобщенная методика проведения оценки взрывобезопасности оборудования для применения во взрывоопасных средах при его сертификации.

**Ключевые слова:** взрывобезопасность, испытания, методика, сертификация.

**Abstract.** The article discusses a generalized technique for assessing the explosion safety of equipment for use in explosive environments during its certification.

**Key words:** explosion safety, testing, methodology, certification.

Обеспечение безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах связано с обязательной сертификацией на основании проведенных испытаний. Процедура испытаний по оценке взрывобезопасности описана в ряде различных нормативных документов и правил, что вызывает затруднения как у заявителя, так и у представителей испытательных центров при планировании временных и материальных затрат. С этой целью разработана обобщенная методика испытаний при оценке взрывоопасности оборудования. Образец (или прототип) подвергают испытаниям в соответствии с требованиями к типовым испытаниям и испытаниям, связанными с конкретными видами взрывозащиты.

Исходными данными для оценки взрывобезопасности отобранных образцов оборудования являются:

- вид оборудования: электрическое или неэлектрическое;
- вариант исполнения: взрывозащищённое оборудование, кабельный ввод или Ex-компонент;

– группа оборудования, регламентирующая область применения: I – рудничное, II – для применения в газозвдушных взрывоопасных смесях, III – для применения в пылевоздушных зонах;

– используемые виды взрывозащит;

– вид электрооборудования: источник электрической энергии, вращающаяся электрическая машина, коммутационный аппарат, прибор, светильник или система электрического обогрева;

– конструктивное исполнение оболочки: металлическая конструкция со стеклянными элементами или без них, неметаллические оболочки или металлические оболочки с учитываемыми металлическими частями;

– наличие в оборудовании источников электромагнитного, ультразвукового или оптического излучения;

– требуемый уровень защиты от проникновения твердых тел и воды (код IP);

– возможный диапазон температур окружающей среды при эксплуатации оборудования;

– возможность воздействия химически агрессивных жидкостей;

– климатическое исполнение и категория размещения оборудования.

Типовая схема испытаний оценки взрывобезопасности оборудования всех устройств, устанавливаемых во взрывоопасных средах, включает:

1) испытание оболочки, при котором учитывается ее конструкция и использованные для ее материалы, а также группа оборудования;

2) тепловые испытания;

3) проверка целостности заземления;

4) испытания переносимости заряда (для оболочек и элементов, способных накапливать электричество);

5) испытания используемых специализированных несертифицированных элементов оборудования: вентиляторов, эластомерных уплотнительных колец;

6) специализированные испытания в зависимости от вида взрывозащиты оборудования.

Оболочки оборудования (металлические, содержащие части из стекла и керамики) должны быть подвергнуты типовым испытаниям на:

– ударостойкость;

– сбрасывание;

– соответствие степени защиты (IP), обеспечиваемой оболочкой.

Тепловые испытания включают следующие этапы:

1) измерение эксплуатационной температуры;

2) определение максимальной температуры поверхности оборудования с учетом максимально допустимой температуры окружающей среды, при этом для оборудования группы III учитывается глубина слоя пыли, накапливаемой на оборудовании.

Особое внимание необходимо уделять испытаниям, связанным с определением максимальной температуры поверхности оборудования, так как нагретые части оборудования выше температуры самовоспламенения окружающей взрывоопасной среды могут стать источником воспламенения. Максимальная температура поверхности указывается в маркировке взрывозащиты оборудования и учитывается при его выборе при проектировании установок для работы во взрывоопасных зонах.

При определении максимальной температуры поверхностей необходимо обращать внимание на электродвигатели, получающие питание от преобразователей. Если электродвигатель подключен к преобразователю для обеспечения возможности работать с разными скоростями и нагрузками, необходимо выполнить ряд типовых испытаний и расчетов для определения тепловых характеристик двигателя при работе от преобразователя для всего диапазона указанных скоростей и крутящих моментов.

Целью испытаний является определение возможности взрывобезопасной эксплуатации стандартного самовентилируемого взрывозащищенного электродвигателя, питаемого от преобразователя частоты с помощью длинного кабеля в регулируемом электроприводе.

Специалисты НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета совместно со специалистами Госпромнадзора разработали программы и методики проведения совместных испытаний частотно-регулируемых электроприводов и приводных механизмов, установленных во взрывоопасных зонах с учетом вида взрывозащиты электродвигателя, типа преобразователя, конструкции приводного механизма для определения безопасных условий эксплуатации.

Программа испытаний состоит из следующих этапов:

- 1) измерение сопротивления изоляции обмоток статора относительно корпуса электродвигателя;
- 2) измерение сопротивления обмотки статора при постоянном токе в практически холодном состоянии;
- 3) испытание повышенным напряжением промышленной частоты обмоток статора электродвигателя;
- 4) измерение пиков линейного напряжения на зажимах электродвигателя и среднеквадратичного значения линейного напряжения;
- 5) измерение действующего значения тока электродвигателя;
- 6) измерение вибрации подшипников (вала) электродвигателя;
- 7) измерение сопротивления изоляции силового кабеля электродвигателя;
- 8) испытание изоляции силового кабеля электродвигателя повышенным выпрямленным напряжением;
- 9) измерение (контроль) теплового состояния электродвигателя;
- 10) определение дополнительных потерь и полезной мощности на валу электродвигателя;

11) проверка выполнения заземления всех элементов привода и уравнивания потенциалов.

Так как возникают трудности при проведении испытаний для определения дополнительных потерь (этап 10), обусловленных питанием двигателя от преобразователя частоты как полигармонического источника напряжения, предлагается метод имитационного исследования (моделирования) тепловых процессов в электродвигателе при питании от АИН-ШИМ с различными законами частотного управления. Программное обеспечение TermoDrive v. 1.6.1, разработанное НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета, позволяет определить допустимую полезную мощность на валу электродвигателя.

На рис. 1 представлено окно разработанного программного обеспечения TermoDrive v. 1.6.1 по тепловому расчету частотно-регулируемого взрывозащищенного электропривода бустерного компрессора, установленного на ОАО «Нафтан» завода «Полимир».

**Интегрированные исходные данные теплового расчета**

Предприятие: Завод "Полимир" ОАО "Нафтан"  
 Установка(цех): поз.43С1, цех №102  
 Класс зоны: В-Ia

Требуемая мощность приводной установки, кВт: 202

**Технические характеристики преобразователя**  
 Тип преобразователя: АИН-ШИМ  
 Фирма-производитель: Англия  
 Максимальная мощность, кВт: 215

**Технические характеристики двигателя**  
 Тип электродвигателя: BS187120TEFCWP  
 Маркировка взрывозащиты АД: FLP-GIII (1ExdIIBT3Gb)

Номинальная мощность  $P_{2n}$ , кВт: 202,0  
 Ном. напряжение статора  $U_{1n}$ , В: 6000  
 $\cos \varphi_n$ : 0,66  
 Ном. ток статора  $I_{1n}$ , А: 31,5  
 Класс изоляции: В  
 Доп. перегрев обм. статора  $T$ , град: 80  
 Номинальная частота  $f_{1n}$ , Гц: 50  
 Число пар полюсов  $p$ : 6  
 Ном. частота вращения  $n$ , об/мин: 595  
 Коэфф. ухудш. теплоотд.  $\beta_0$  (0,25...0,35-"e" / 0,35...0,55-"de"): 0,35

Активн. сопрот. статора  $R_1$ , Ом: 1,4160  
 Приведенное сопр. ротора,  $R'_2$ : 2,8512  
 Приведенный ток ротора  $I'_2$ : 10,1  
 Диаметр статора  $D$ , м: 0,6600  
 Масса магнитопровода  $m$ , кг: 444,57  
 Уд. магнитные потери  $P_{1,0/50}$  (1...2,5): 1,20  
 Магнитная индукция В.Тл (1...1,7): 1,200  
 Коэфф. завис. от марки стали  $\beta$  (1,5...1,16): 1,20  
 Коэфф. греющих потерь  $p$  (0,425...0,6): 0,425  
 Max темп. пов-ти в соответствии с маркировкой взрывозащиты, град: 300

**Законы частотного управления**  
  $U/f = \text{const}$   
  $U/f^2 = \text{const}$   
 Векторное управление

**Вид приводного механизма**  
 Вентилятор  
 Насос  
 Демонмеризатор  
 Компрессор

**Параметры кабеля**  
 Марка кабеля: RJLCSWAPVC  
 Сечение кабеля, мм<sup>2</sup>: 97  
 Длина кабеля, м: 95  
 Экранированный  
 Неэкранированный

Диапазон изменения частот: 50 - 10,00  
 Число точек расчета: 49

N	f, Гц
1	49,18
2	48,37
3	47,55
4	46,73
5	45,92
6	45,10
7	44,29
8	43,47
9	42,65
10	41,84
11	41,02
12	40,20
...	...

Кнопки: Принять данные, Сохранить, Загрузить, Печать, Закреть

Рис. 1. Исходные данные теплового расчета частотно-регулируемого взрывозащищенного электропривода

По результатам проведенных расчетов определены графики допустимой мощности электродвигателя по нагреву и требуемой мощности на валу приводного механизма при изменении частоты вращения приводного механизма (рис. 2).

По результатам испытаний на электродвигатели, предназначенные для работы с преобразователем, должна быть нанесена дополнительная маркировка. На рис. 3 представлен пример дополнительной маркировки электродвигателя, питаемого от преобразователя частоты, на основании испытаний и тепловых расчетов, представленных на рис. 1 и 2.

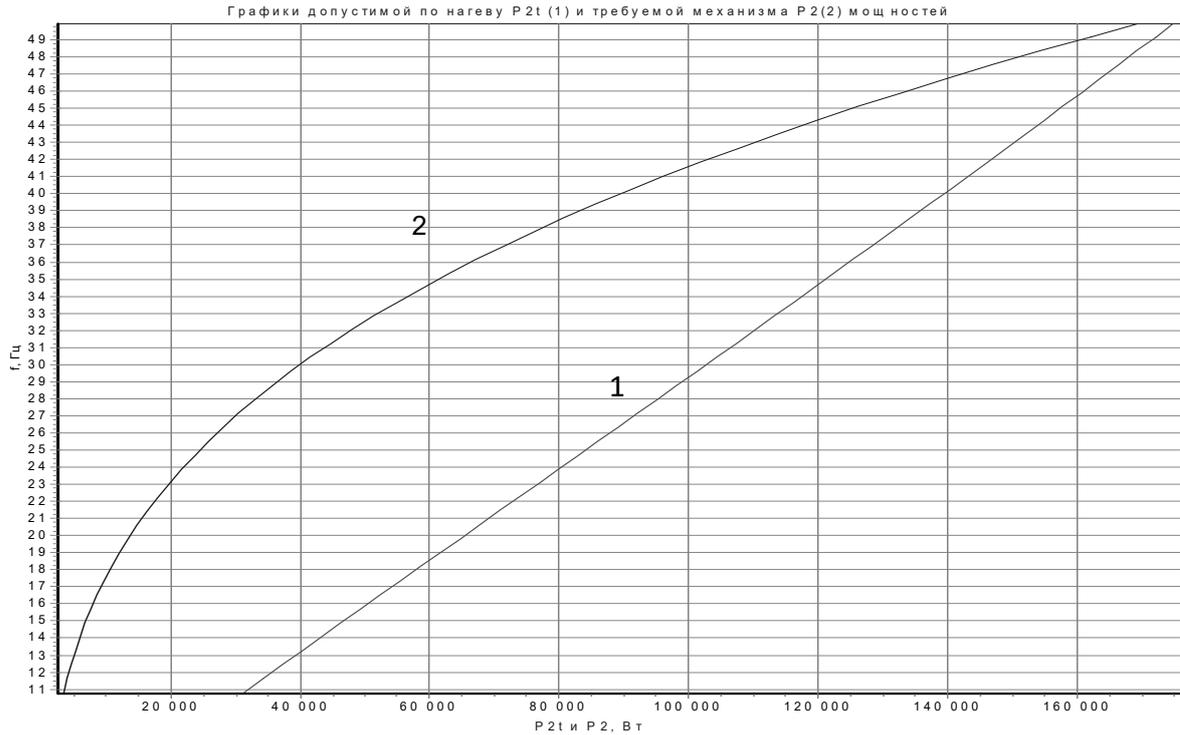


Рис. 2. Графики допустимой мощности электродвигателя по нагреву (1) и необходимой мощности на валу приводного механизма (2) бустерного компрессора при законе управления частотного преобразователя  $U/f = \text{const}$

<b>Асинхронный электродвигатель</b>			
<b>тип BS187120TEFCWP</b>			
<b>FLP-III (1Ex d IIВ Т3 Gb)</b>			
<b>питается от преобразователя частоты</b>			
<b>типа АИН-ШИМ</b>			
<b>установленного во взрывобезопасной зоне</b>			
<b>с диапазоном регулирования скорости 1:4</b>			
<b>175,0 кВт</b>	<b>50 Гц</b>	<b>595 об/мин</b>	<b>6000 В</b>
<b>110,3 кВт</b>	<b>32 Гц</b>	<b>381 об/мин</b>	<b>3845 В</b>
<b>37,3 кВт</b>	<b>12,4 Гц</b>	<b>148 об/мин</b>	<b>1494 В</b>
<b>Преобразователь с ШИМ</b>			
<b>Режим S1</b>			
<b>Нагрузка электродвигателя – компрессор</b>			

Рис. 3. Маркировка электродвигателя, питаемого от преобразователя частоты

Специализированные испытания для оборудования с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка d» заключаются в испытаниях на взрывоустойчивость, которые проводятся на испытательном стенде.

На рис. 4 представлена схема гидравлических испытаний подшипникового щита электродвигателя.

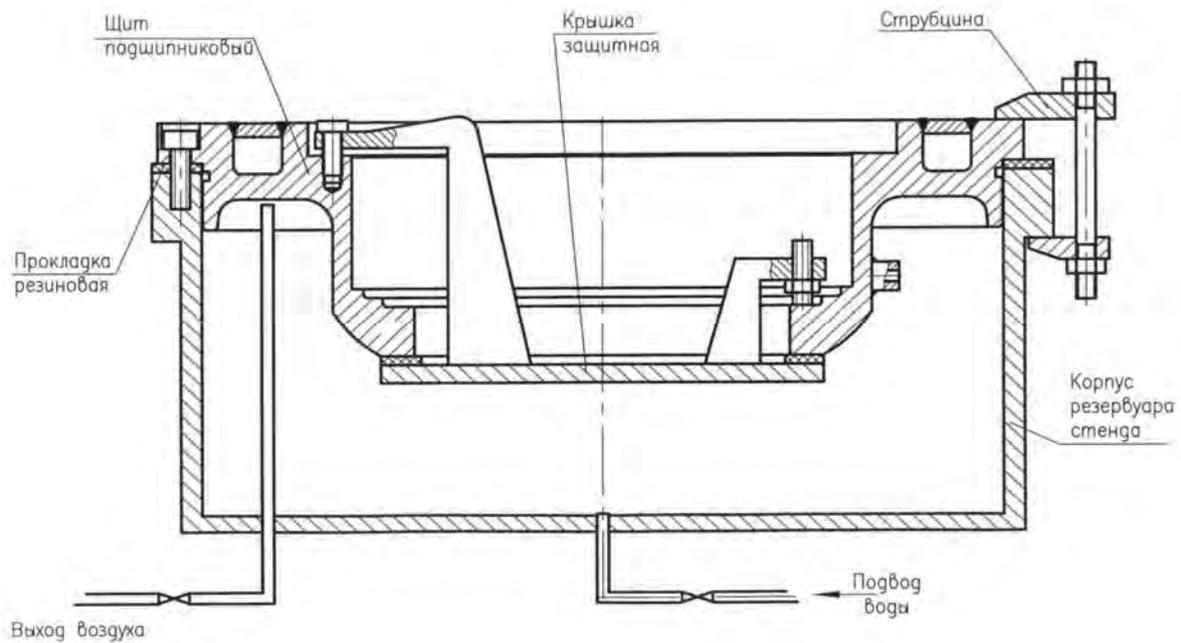


Рис. 4. Схема гидравлических испытаний подшипникового щита электродвигателя

Специализированные испытания для оборудования с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» включают: испытания на искробезопасность с контролем параметров искрозащиты; испытание электрической прочности изоляции; испытание на токопроводящую способность соединений печатных плат; испытание искробезопасного кабеля на растяжение; испытание гальванических элементов и батарей (при наличии); типовые испытания искробезопасных барьеров и шунтов безопасности присоединенного электрооборудования.

НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» в сотрудничестве с представителями Госпромнадзора при взаимодействии с Госстандартом Республики Беларусь участвуют в деятельности рабочей группы технического регламента ТР ТС 012/2011 с целью совершенствования нормативной базы и межгосударственных стандартов, регламентирующих вопросы проектирования, производства, сертификации и эксплуатации оборудования для взрывоопасных сред.

НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» выполняет индивидуальные разработки локальных программ и методик испытаний определенного вида взрывозащищенного электрооборудования по договорам с промышленными предприятиями Республики Беларусь (ОАО «Беларуськалий», ОАО «Нафтан», ОАО «Гродно Азот», ОАО «Мозырский НПЗ», РУП «Производственное объединение Белоруснефть»).