

УДК 681.51

М. П. Слука, Л. Г. Черная, канд. техн. наук, доц.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ И ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрены перспективы обеспечения безопасной эксплуатации производственных объектов, обусловленные принятием в Республике Беларусь комплекса межгосударственных стандартов на взрывозащищенное электрооборудование, и связанные с этим вопросы проектирования электроустановок во взрывоопасных зонах, выбора взрывозащищенного электрооборудования в зависимости от класса и размера взрывоопасной зоны, категории взрывоопасной смеси и ее температуры самовоспламенения, данных о факторах внешних воздействий, особых условий монтажа и эксплуатации.

Введение

Предприятия нефтегазоперерабатывающего комплекса и химические предприятия характеризуются повышенной взрывоопасностью. Это налагает особые требования при проектировании технологических процессов и электроустановок во взрывоопасных зонах, выборе и эксплуатации взрывозащищенного электрооборудования.

Организация систем противоаварийной автоматической защиты опасных производственных объектов

Для повышения надежности работы оборудования, безаварийной его эксплуатации технологические процессы, имеющие в своем составе объекты с блоками I категории взрывоопасности, должны при проектировании оснащаться автоматическими системами управления и противоаварийной автоматической защитой (ПАЗ) на базе микропроцессорной и/или вычислительной техники и обеспечивать:

1) постоянный контроль за параметрами процесса и управление режимами для поддержания их регламентированных значений; регистрацию срабатывания и контроль за работоспособностью состояния технических средств средств ПАЗ; постоянный контроль состояния загазованности воздушной среды в пре-

делах объекта по нижнему концентрационному пределу взрываемости;

2) постоянный анализ изменения параметров, определяющих взрывоопасность процесса, в сторону критических значений и прогнозирование возможной аварии; действие средств управления и ПАЗ, прекращающих развитие опасной ситуации; действие средств локализации аварийной ситуации, выбор и реализация оптимальных управляющих воздействий; проведение операций безаварийной остановки и переключения технологического объекта; выдачу информации о состоянии безопасности на объекте на автоматизированное рабочее место оператора и в вышестоящую систему управления на базе SCADA и локальной сети Ethernet.

Надежность и время срабатывания системы ПАЗ должны исключать опасное развитие технологического процесса. Вероятность безотказной работы должна быть не ниже 0,99 за 1 000 ч для блоков I категории и не ниже 0,9–0,99 за 1 000 ч для блоков II и III категорий.

С этой целью значения установок систем защиты определяются с учетом погрешности срабатывания сигнальных устройств, средств измерений, быстродействия микропроцессорной системы, возможной скорости изменения параметров, определяющих взрывоопас-

ность технологического объекта.

Для технологических объектов с блоками I категории взрывоопасности должны предусматриваться микропроцессорные средства ПАЗ с самодиагностикой и индикацией исправности состояния на дисплее компьютера промышленного исполнения или на видеоадаптере и, как правило, резервируемые. Контроль за параметрами, определяющими взрывоопасность технологического объекта, необходимо осуществлять не менее чем от двух независимых датчиков с различными точками отбора, допускается контроль по двум параметрам (например, давление и температура, температура и концентрация).

Для систем контроля, управления и ПАЗ технологических объектов I категории взрывоопасности, относящихся по обеспечению надежности электроснабжения к особой группе электроприемников I категории, должен предусматриваться третий независимый источник питания для безаварийной остановки технологического объекта в расчетное время. Запрещается использовать приборы, устройства, отработавшие регламентированный срок службы. Для всех взрывоопасных технологических объектов должен быть предусмотрен резерв средств, исходя из времени ремонта, надежности изделия, условий эксплуатации и категории взрывоопасности.

Обеспечение противоаварийной устойчивости объектов повышенной опасности

Одной из важнейших с точки зрения обеспечения промышленной безопасности является также проблема выбора взрывозащищенного электрооборудования (ВЗЭО) и его техническое обслуживание, включающее проверки различных видов и уровней, правильную организацию текущего и капитального ремонтов.

Проектируемое и выбираемое ВЗЭО должно соответствовать классу взрывоопасной зоны (ВЗОЗ), категории взрывоопасной смеси (ВЗОС), поскольку согласно

[1] данные показатели с исчерпывающей полнотой идентифицируют соответствующие показатели ВЗЭО: уровень взрывозащиты, группу (подгруппу), температурный класс. Кроме того, электрооборудование должно быть выбрано и установлено так, чтобы обеспечивались как общие требования (стойкость к факторам климатического характера, степень защиты электрооборудования согласно коду IP), так и специальные требования, обусловленные возможным воздействием местных факторов, включая химические, механические, вибрационные, тепловые, электрические, влажностные и т. п., которые могут оказать отрицательное влияние на взрывозащиту.

На завершающем этапе необходимо определить требуемый либо рекомендуемый стандартами вид (виды) взрывозащиты для данного уровня взрывозащиты или класса ВЗОЗ. В результате получают довольно широкую номенклатуру ВЗЭО, пригодного для практического применения. Причем возможности выбора тем больше, чем меньше уровень опасности ВЗОС и класс ВЗОЗ, а следовательно, ниже требования к устройству взрывозащиты и наоборот.

С введением новой концепции классификации ВЗОЗ оптимизируется выбор ВЗЭО по уровням взрывозащиты. Классификация ВЗОЗ базируется на подразделении зон, опасных по возникновению взрывоопасных смесей горючих паров и газов с воздухом, на три класса вместо четырех. Определение каждого из трех классов зон связано с вероятностью, частотой и длительностью присутствия в них взрывоопасной газопаровоздушной смеси [4]:

– зона класса 0: зона, в которой взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени;

– зона класса 1: зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации;

– зона класса 2: зона, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко и существует очень непродолжительное время.

Важной особенностью новой классификации является ее универсальность, поскольку впервые ранее принятым трем уровням взрывозащиты электрооборудования теперь соответствуют три класса ВЗОЗ. Теперь первая цифра маркировки ВЗЭО одновременно свидетельствует и о классе зоны, и об уровне взрывозащиты электрооборудования: особовзрывобезопасного (0), взрывобезопасного (1), по-

вышенной надежности против взрыва (2). Уровни взрывозащиты электрооборудования определяются видами взрывозащиты.

На рис. 1 представлена разработанная нами универсальная совмещенная модель системы классификации ВЗОЗ, стандартизированных видов взрывозащиты и уровней взрывозащиты (в полярной системе координат), позволяющая обеспечить требуемый уровень взрывозащиты ВЗЭО с учетом класса ВЗОЗ.

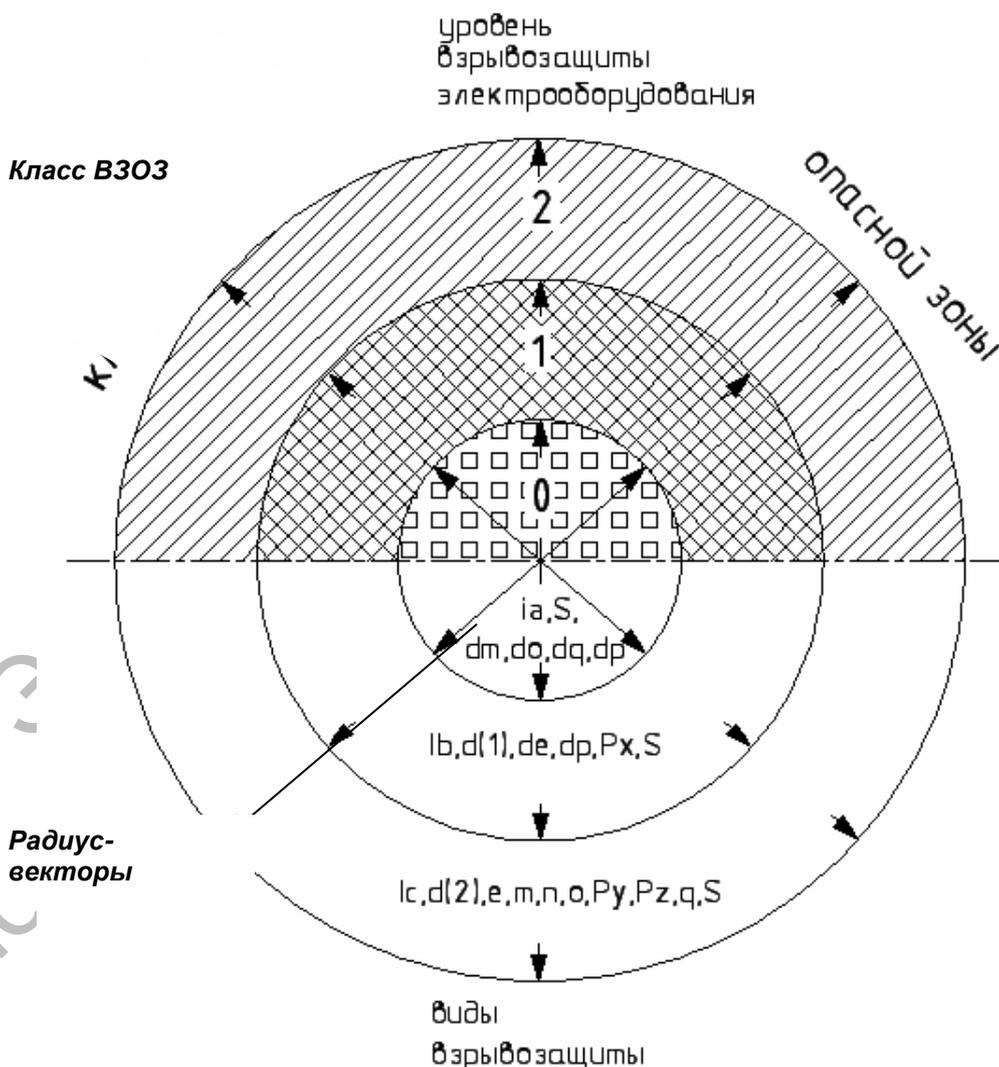


Рис.1. Совмещенная модель системы классификации ВЗОЗ, стандартизированных видов взрывозащиты и уровней взрывозащиты ВЗЭО

Комплексом межгосударственных стандартов предусматривается девять видов взрывозащиты: d – взрывонепроницаемая оболочка по ГОСТ 30852.1–2002; d(2) – взрывонепроницаемая оболочка для зоны класса 2; p – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением с видами взрывозащиты по ГОСТ 30852.3–2002; q – кварцевое заполнение оболочки по ГОСТ 30852.6–2002; o – масляное заполнение оболочки по ГОСТ 30852.7–2002; e – защита вида «e» по ГОСТ 30852.8–2002; i – искробезопасная электрическая цепь уровня: ia, ib, ic по ГОСТ 30852.10–2002; n – защита вида «n» по ГОСТ 30852.14–2002; m – герметизация компаундом (m) по ГОСТ 30852.17–2002; s – специальный вид взрывозащиты – ГОСТ 22782.3–77.

Модуль и направление радиус-векторов характеризуют предельные возможности применения взрывозащищенного электрооборудования любого из уровней взрывозащиты, любого из стандартизированных видов взрывозащиты в любом из классов взрывоопасных зон. Так, максимальный модуль вектора, пересекающий все три области, характеризующий зону класса 2, свидетельствует о возможности применения в ней электрооборудования любого уровня и вида взрывозащиты из обозначенных на модели. Наименьший вектор (для зоны класса 0) свидетельствует о возможности применения только обозначенных в этой зоне видов и уровней взрывозащиты.

Следует отметить, что в Республике Беларусь введены новые виды взрывозащиты электрооборудования: «герметизация компаундом (m)» и «защита вида n» [1]. Взрывозащита вида «m» обеспечивается путем герметизации компаундом частей электрооборудования и Ex-компонентов, способных воспламенить взрывоопасную среду за счет искрения или нагрева.

ВЗЭО с взрывозащитой вида «n» предназначено для использования во ВЗОЗ класса 2 [1]. Это позволяет опти-

мизировать выбор ВЗЭО по критерию стоимости и требуемому уровню взрывозащиты. Взрывозащита вида «n» заключается в том, что при конструировании электрооборудования общего назначения приняты дополнительные меры защиты для того, чтобы в нормальном и некоторых ненормальных режимах работы оно не могло стать источником дуговых и искровых разрядов, а также нагретых поверхностей, способных вызвать воспламенение окружающей взрывоопасной среды. Взрывозащита обеспечивается [5]: 1) механической прочностью оболочки к ударам, нормируемым давлением в контактах, выполнением стандартных требований к вентиляционной системе (электрические зазоры, пути утечки и расстояния в диэлектрике должны соответствовать стандартным – в маркировке ВЗЭО указывается знак «nA»); 2) контактным устройством во взрывонепроницаемой оболочке, неподжигающим компонентом (гашение возникающего пламени частями оборудования), герметично запаиваемой оболочкой, герметично плотной оболочкой, залитым компаундом оборудованием – в маркировке ВЗЭО указывается знак «nC»; 3) искробезопасной цепью – в маркировке ВЗЭО указывается знак «nL»; 4) оболочкой с ограниченным пропуском газов – в маркировке ВЗЭО указывается знак «nR»; 5) оболочкой под избыточным давлением защитного газа – в маркировке ВЗЭО указывается знак «nZ».

Подразделение взрывозащиты вида «i» (искробезопасная электрическая цепь) на три уровня «ia», «ib», «ic» приведено в соответствии с тремя уровнями взрывозащиты ВЗЭО и тремя классами ВЗОЗ, что позволяет разумное упрощение конструкции взрывозащиты по мере повышения класса ВЗОЗ (см. рис. 1).

ВЗЭО должно быть разработано, изготовлено и испытано в соответствии с действующими в Республике Беларусь техническими нормативными правовы-

ми актами по разработке и постановке продукции на производство и должно соответствовать требованиям промышленной безопасности, а также иметь сертификат соответствия или разрешение (допуск на применение), выданные Проматомнадзором [6].

В документации на ВЗЭО, в том числе иностранного производства, изготовитель должен указать условия и требования безопасной эксплуатации этого оборудования и его основных узлов, расчетный срок службы и ресурс его элементов, порядок технического обслуживания, ремонта и диагностирования. При несоответствии технических устройств иностранного производства отдельным требованиям промышленной безопасности, действующим в Республике Беларусь, изготовитель или разработчик ВЗЭО должен представить техническое обоснование, подтверждающее обеспечение безопасности при его применении. Решение о возможности применения указанного ВЗЭО с учетом заключения экспертизы промышленной безопасности принимает Проматомнадзор [6]. Если ВЗЭО должно выдерживать особо неблагоприятные условия эксплуатации (например, повышенное воздействие влажности, колебания температуры окружающей среды сверх установленных пределов, воздействие химических агентов, коррозия), то эти условия потребитель должен предварительно сообщить изготовителю.

Исходными условиями для выбора электрооборудования являются: 1) класс и размер ВЗОЗ; 2) категория ВЗОС; 3) температура самовоспламенения ВЗОС; 4) данные о факторах внешних воздействий: климатические, механические, химические и т. п.; 5) особые условия монтажа и (или) эксплуатации.

В конечном итоге выбор ВЗЭО по условиям 1...3 включает в себя два этапа: выбор исполнения по взрывозащите и выбор маркировки электрооборудования на соответствие взрывоопасной смеси.

Нами предлагается совмещенная модель системы классификации категорий взрывоопасности газов и паров, подгрупп ВЗЭО группы II, безопасный экспериментальный максимальный взор (БЭМЗ), минимальный воспламеняющий ток (МВТ) и стандартизированных видов взрывозащиты в полярной системе координат, позволяющая обеспечить правильный выбор вида взрывозащиты с учетом категории ВЗОС (рис. 2).

Исчерпывающая информация относительно монтажа, подключения, проверки, специальных требований (X), конкретных условий, особенностей эксплуатации (включая признанные нормальные режимы и вероятные повреждения), технического обслуживания и ремонта ВЗЭО должна быть изложена в технической документации изготовителя либо такую следует запросить.

В обобщенном виде наиболее важные сведения, касающиеся уровня и вида взрывозащиты, группы и температурного класса ВЗЭО или его Ex – компонентов, содержатся в маркировке ВЗЭО, представленной в табл. 1, и маркировке взрывозащиты (рис. 3).

Если в электрооборудовании используется взрывозащита нескольких видов, то на первое место ставят обозначение основного вида, а затем – остальных.

Буквы А, В, С в обозначении подгруппы электрооборудования II группы используют только в случае, если это предписано стандартом на взрывозащиту конкретного вида (см. рис. 2).

Допускается обозначение либо температурного класса электрооборудования (ТКЭ), либо максимальной температуры поверхности (МТП), либо ТКЭ и МТП вместе, причем в последнем случае ТКЭ указывается последним, в скобках. Электрооборудование с МТП более 450 °С маркируется только обозначением температуры.

Если электрооборудование предназначено для применения только в од-

ном газе, то сразу же за обозначением группы электрооборудования следует химическая формула или название газа, заключенное в скобки.

Например, достаточной является маркировка:

1ExdII(NH₃) или 1ExdII(аммиак).

На кабельных вводах ТКЭ не маркируют.

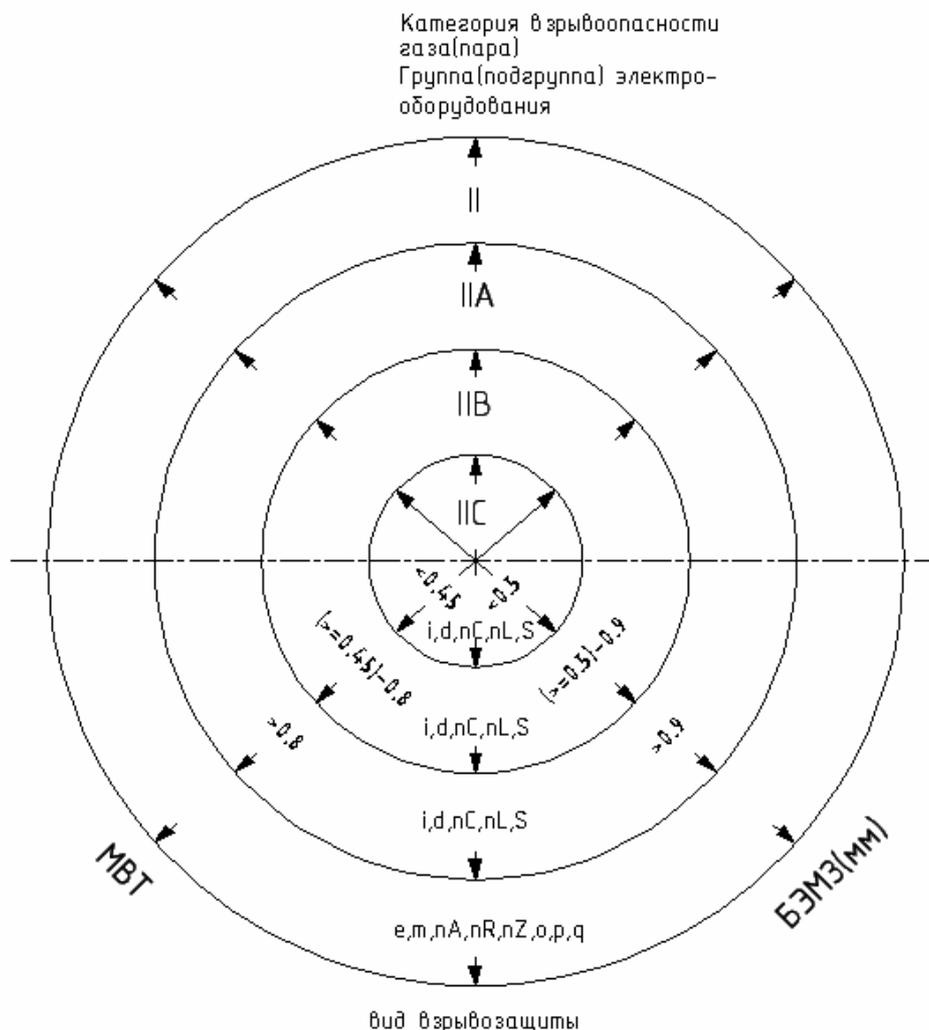


Рис. 2. Совмещенная модель системы классификации категорий взрывоопасности газов и паров, подгрупп ВЗЭО и стандартизированных видов взрывозащиты

Табл. 1. Маркировка ВЗЭО, отвечающего требованиям стандартов на взрывозащиту конкретных видов

Назначение маркировки	Пример маркировки ВЗЭО
Наименование изготовителя или его зарегистрированный товарный знак	ОАО «Электродвигатель
Обозначение типа электрооборудования	КГБ.1Л
Обозначение маркировки взрывозащиты ВЗЭО	0Exi _d IIС125°С(T5)X
Порядковый номер	№ 004
Название или знак органа по сертификации, и ном номер сертификата (при выдаче сертификата)	БелГИСС № БЕЛ ВУ.А0678



Рис. 3. Маркировка взрывозащиты ВЗЭО

Согласно комплексу стандартов ГОСТ 30852 в общем случае электрооборудование конструируется для применения в диапазоне температур окружающей среды (или t_{amb}) от -20 до $+40$ °С.

Если электрооборудование сконструировано для применения в ином диапазоне, то его рассматривают как специальное, а в технической документации и на табличке, установленной на оболочке электрооборудования, должен указываться этот диапазон температур, например:

$$-30\text{ °С} \leq t_a < 40\text{ °С},$$

где t_a – температура окружающей среды.

Если испытательная организация считает необходимым указать специальные условия для обеспечения безопасности при эксплуатации, то после маркировки взрывозащиты ставится знак X или предупредительная надпись этой организации. В таком случае изготовитель должен обеспечить передачу потребителю требований по специальным условиям безопасного применения вместе с другой необходимой информацией.

В маркировке взрывозащиты Ex-компонентов не указывается уровень взрывозащиты электрооборудования, ТКЭ и МТП, а после маркировки взрывозащиты ставится знак U, например ExdeIIB U.

Если в процессе эксплуатации возникает вполне оправданная с точки зрения требований технологии и энергосбережения потребность применить частотное регулирование электрических машин, установленных во ВЗЭО, то такой подход следует рассматривать как модернизацию [2]. При модернизации и изменении ВЗЭО с применением автономных инверторов для питания асинхронных двигателей следует проявлять осторожность, особенно если инвертор не специфицирован в комплекте с двигателем. Это связано с дополнительным нагревом двигателя и ухудшением охлаждения самовентилируемых машин и, как следствие, приводит к понижению температурного класса оборудования. В этом случае необходимо предусматривать наличие средств, необходимых для непосредственного контроля температуры встроенными температурными датчиками, связанными с защитными

устройствами, либо другие эффективные меры для ограничения температуры нагрева поверхности корпуса двигателя, например выполнить расчет допустимых нагрузок двигателя при заданном диапазоне регулирования скорости [3]. Структурно-параметрический синтез систем управления электроприводами во взрывоопасных зонах основан на определении предельных значений параметров электродвигателя, включая максимальную частоту вращения и механические характеристики при различных нагрузках, допустимую по условиям нагрева полезную мощность на валу, выборе требуемого закона управления частотного преобразователя и его оптимальных настроек.

Введение новых нормативных документов по обеспечению противоаварийной устойчивости опасных производственных объектов средствами систем ПАЗ и взрывозащищенного электрооборудования налагает особые требования и по подготовке специалистов, занятых проектированием, эксплуатацией, ремонтом, монтажом электроустановок во взрывоопасных зонах.

Решение изложенных выше проблем в значительной степени возложено на НИЛ «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета – головной организации Республики Беларусь по взрывозащищенному электрооборудованию и электроустановкам во взрывоопасных зонах. В этом направлении активно ведется научно-исследовательская работа по запросам предприятий. Так, за последние три года проведено повышение квалификации около 850 специалистов, занятых организацией обслуживания электроустановок во взрывоопасных зонах, разработана ремонтная и эксплуатационная документация на 200 типоразмеров взрывозащищенного электрооборудования, включая электродвигатели, средства КИП и А, в основном, иностранного производства (США,

Англии, Японии, Германии и др.). Разработана методика применения частотно-регулируемых электроприводов для электроустановок во взрывоопасных зонах, выполнены расчеты допустимых нагрузок при питании от АИН-ШИМ по условиям нагрева.

Заключение

Разработанные совмещенные модели классификации взрывоопасных зон позволяют обеспечить оптимальный выбор требуемого уровня взрывозащиты электрооборудования, его вид взрывозащиты. В стандартах, в основном, дается качественная оценка факторов, определяющих класс и размер зон без алгоритмов численных расчетов. Нами разработана методика определения классов и размеров зон, которая прошла практическую апробацию при разработке проекта ТЭЦ на попутном газе РУП «ПО «Белоруснефть»».

Изложены перспективные вопросы обеспечения противоаварийной устойчивости опасных производственных объектов средствами систем ПАЗ и взрывозащищенного электрооборудования и методы их реализации, основанные на выборе взрывозащищенного электрооборудования в зависимости от класса и размера взрывоопасной зоны, категория взрывоопасной смеси и ее температуры самовоспламенения, данных о факторах внешних воздействий, особых условий монтажа и эксплуатации в условиях внедрения новых стандартов на взрывозащищенное электрооборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 30852.0-2002.** Электрооборудование взрывозащищенное. Общие требования. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2003. – 48 с.
2. **Chornaya, L. G.** The explosion-proof electromechanical system for production of polyethyleneterephthalata (Взрывобезопасная электро-механическая система для производства поли-

этилентерефталата) / L. G. Chornaya, M. P. Sluka // UNITECH-04 : International scientific conference. – Gabrovo, 2004. – № 3. – С. 108–111.

3. Слука, М. П. Нагрев и допустимая нагрузка взрывозащищенных асинхронных электродвигателей при частотном управлении / М. П. Слука, Л. Г. Черная // Вестн. МГТУ. – 2004. – № 2. – С. 129–133.

4 ГОСТ 30852.9 – 2002 (МЭК 60079 – 10:1995). Электрооборудование взрывозащи-

щенное. Ч. 10. Классификация взрывоопасных зон. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2005. – 117 с.

5 ГОСТ 30852.14-2002. Электрооборудование взрывозащищенное. Защита вида п. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2003. – 48 с.

6 Общие правила взрывобезопасности химических производств. – Минск, 1996. – 80 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 15.01.2007

M. P. Sluka, L. G. Chornaya
Prospects of maintenance of accident-free stability of dangerous industrial objects means of systems accident-free automatic of protection and a hardened electric equipment

Belarusian-Russian University

Prospects of maintenance of safe operation of the industrial objects, caused by acceptance in Belarus of a complex of interstate standards on a hardened electric equipment and the questions of designing of electroinstallations connected with it in explosive zones, a choice of a hardened electric equipment depending on a class and the size of an explosive zone, a category of an explosive mix and its temperature of spontaneous ignition, data about factors of external influences, special conditions of installation and operation are considered.