

УДК 622.323

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА НА  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**Д.Э. Лазаревич, В.В. Якимишина**

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

*В данной статье рассматриваются системы промышленного электрообогрева, особенности их применения, преимущества и недостатки, конструкция греющей части.*

Промышленные предприятия, технология которых связана с взрывоопасными энергоносителями, согласно ПУЭ [1], имеют электроснабжение по первой особой категории. Бесперебойная работа предприятия в таком случае зависит от надежности работы самой технологической установки, а следовательно, от тех процессов, которые протекают в ней. Поэтому обеспечение «нормальных условий» (н.у.) в контексте технологии газовых установок актуальная проблема.

Итак, зачастую, заводы, компрессорные станции и пр. промышленные объекты связаны единым технологическим процессом, но географически находятся на определенном расстоянии. Длины газопроводов, например, могут варьироваться от десятков метров (внутри самого предприятия), до десятков, сотен километров (газопроводы-шлейфы, магистральные газопроводы). Поэтому предотвращение аварийных ситуаций, обеспечение н.у. технологического процесса имеет весомую значимость. Помимо газопроводов, сопутствующие коммуникации (например, канализационные стоки) также нуждаются в поддержке н.у.

В условиях вечной мерзлоты, отрицательным фактором, который влияет на соблюдение параметров энергоносителя, очевидно, является температура. В газовой промышленности районов Крайнего Севера стали применяться специальные технологии систем электрообогрева ввиду их надежности.

Система электрообогрева состоит из греющей части (кабели, а также их конструктивная реализация) и органы контроля и управления.

Сегодня применяются следующие технологии электрообогрева:

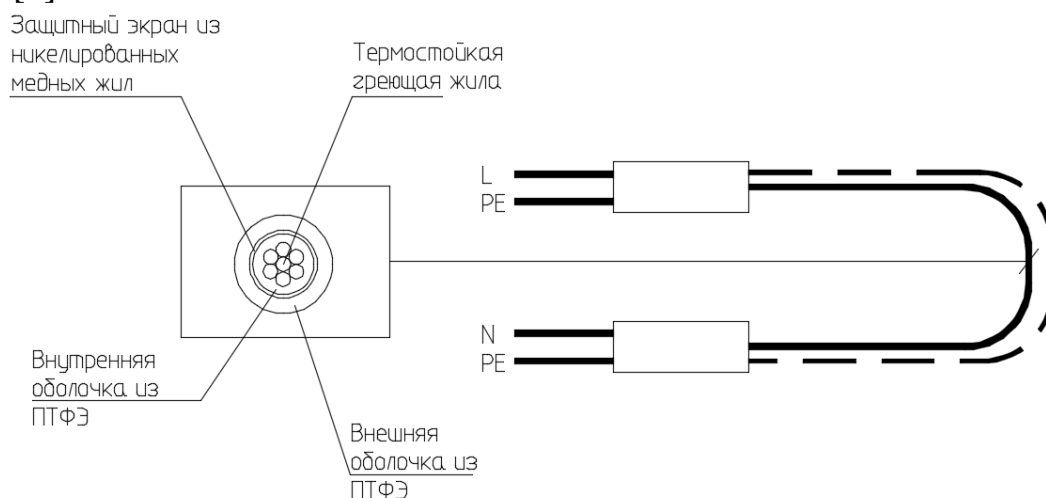
1. Системы с постоянной мощностью:
  - кабели с минеральной изоляцией (МИ);
  - полимерные кабели с постоянной мощностью;
  - кабели параллельного типа (не рассматриваются);

– греющие ленты предварительно рассчитанной длины (не рассматриваются);

2. Саморегулируемые системы.
3. Самолимитируемые (мощность) системы.
4. Системы обогрева длинных линий (LL/VL) (не рассматриваются).
5. Системы «Скин-эффекта» (STS) (не рассматриваются).

Принцип работы систем с постоянной мощностью основан на выделении тепла центральной жилой за счет сопротивления жил. В зависимости от необходимого сопротивления, для жил кабеля используются различные материалы.

На рис.1 показана принципиальная схема реализации системы электрообогрева кабелями с полимерной изоляцией и конструктивное исполнение кабелей. Оплетка из никелированных медных жил обеспечивает механическую защиту, а также заземление с низким сопротивлением. Оболочка из политетрафторэтилена (ПТФЭ) обеспечивает химическую стойкость и стойкость к высоким температурам. Жилы никелируются для увеличения срока службы при повышенных температурах. Типы кабелей, относящихся к данной системе: XPI-NH; XPI; XPI-S [3].



*Рис.1 – Принципиальная схема реализации системы электрообогрева кабелями с полимерной изоляцией, конструктивное исполнение кабелей*

Кабели с минеральной изоляцией состоят из одной или двух жил, помещенных в изоляцию из оксида магния (MgO), покрытую бесшовной металлической оболочкой. Изоляция из оксида магния обладает высокими диэлектрическими свойствами. Для соединения с

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ

питающим кабелем используется холодный ввод. Типы кабелей, относящихся к данной системе: НСС; НDC/HDF; HSQ; HIQ; HАх [3].

На рис.2 показана принципиальная схема реализации системы электрообогрева кабелями с минеральной изоляцией.

Зависимость удельной мощности от температуры кабелей систем постоянной мощности показана на рис.3.

Недостатки систем с постоянной мощностью: перехлест кабелей не допускается (в месте пересечения происходит интенсивный нагрев); неисправность в одном месте обесточивает всю цепь.

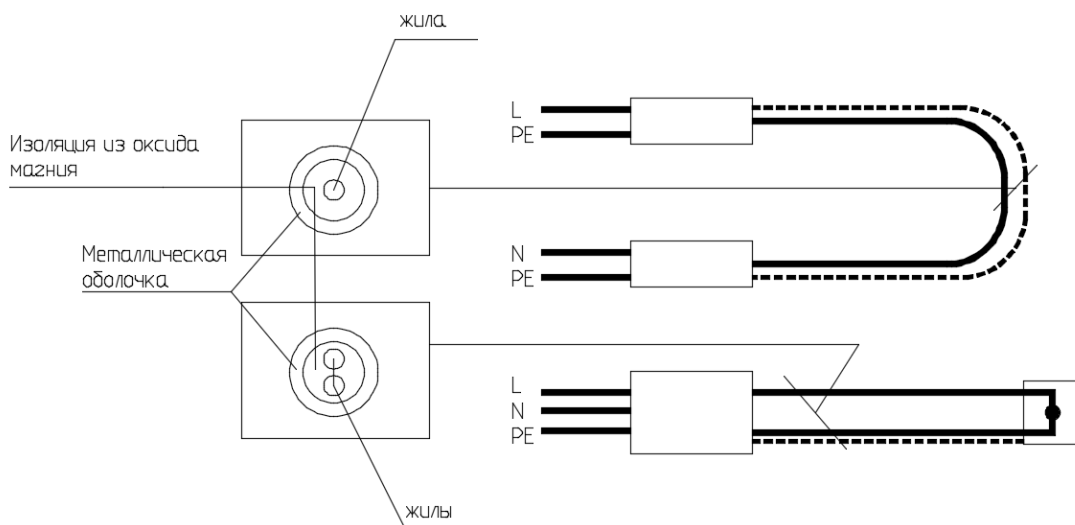


Рис.2 – Принципиальная схема реализации системы кабелями с минеральной изоляцией и конструкция кабеля

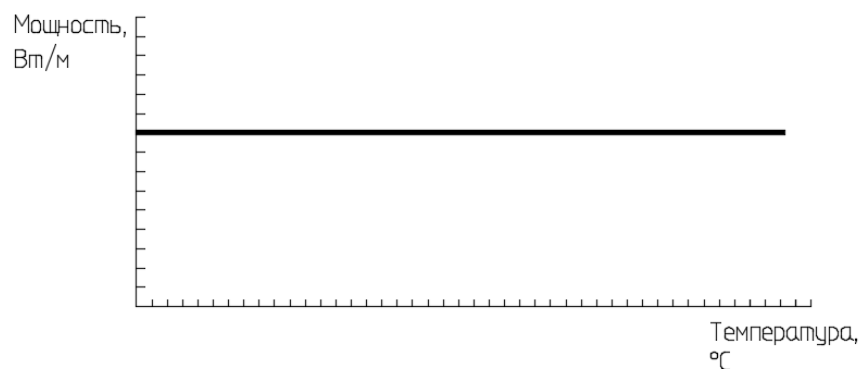


Рис.3 – График зависимости удельной мощности обогрева от температуры  $P_{уд} = f(T) = const$

Саморегулируемые системы наиболее распространенные среди всех технологий электрообогрева, это связано не только с самой технологией, но также ввиду того, что длина технологических коммуникаций в пределах самого предприятия, обычно, небольшая. Основной

элемент саморегулируемых греющих кабелей – греющий элемент, сделанный из полимеров, перемешанных с проводящим углеродом. Эта смесь находится между токоведущими жилами и в ней возникают токопроводящие «дорожки». Их количество изменяется в зависимости от изменения температуры.

Принцип работы основан на том, что при понижении температуры окружающей среды, греющий элемент сжимается на микроскопическом уровне, что приводит к уменьшению сопротивления (количество «дорожек» увеличивается). Наоборот, с увеличением температуры, греющий элемент расширяется, что приводит к уменьшению токопроводящих «дорожек». В результате греющий кабель допускает многократный перехлест (в точках пересечения сопротивления кабеля увеличивается). Типы кабелей, относящихся к данной системе: ВТV; QTVR; ХТV; КТV [3].

Конструкция кабелей и принцип действия данной системы показаны на рис.4.

К недостаткам саморегулируемых кабелей относится их пусковой ток ( $\sim 2,5-4I_n$ ) и максимальная температура поддержания до 150 °С.

Следует учитывать, что в зависимости от типа кабеля и мощности обогрева, может изменяться длина греющего кабеля. Например, кабель типа КТV имеет марку 20КТV2-СТ для автоматического выключателя с характеристикой С [2], при  $I_{с.з.} = 16A$  имеют максимальную длину цепи – 40м, а при  $I_{с.з.} = 40A$  – 110м. В каталогах приводятся оценочные данные по длинам цепей, для проектных решений проводятся расчеты.

Зависимость удельной мощности от температуры для саморегулирующихся кабелей показана на рис.5.

Самолимитирующиеся (самоограничивающиеся) греющие кабели состоят из греющего элемента из сплава с высоким удельным сопротивлением, спирально намотанного вокруг двух параллельных жил. Изоляция удалена с фиксированным шагом попеременно на каждой из жил. Расстояние между точками контакта токоведущих жил с греющим элементом определяет длину зоны обогрева.

Положительный температурный коэффициент греющего элемента позволяет ему подстраивать мощность обогрева в зависимости от температуры системы, на которой смонтирован греющий кабель. При снижении температуры окружающей среды сопротивление греющего элемента уменьшается, что приводит к росту мощности обогрева.

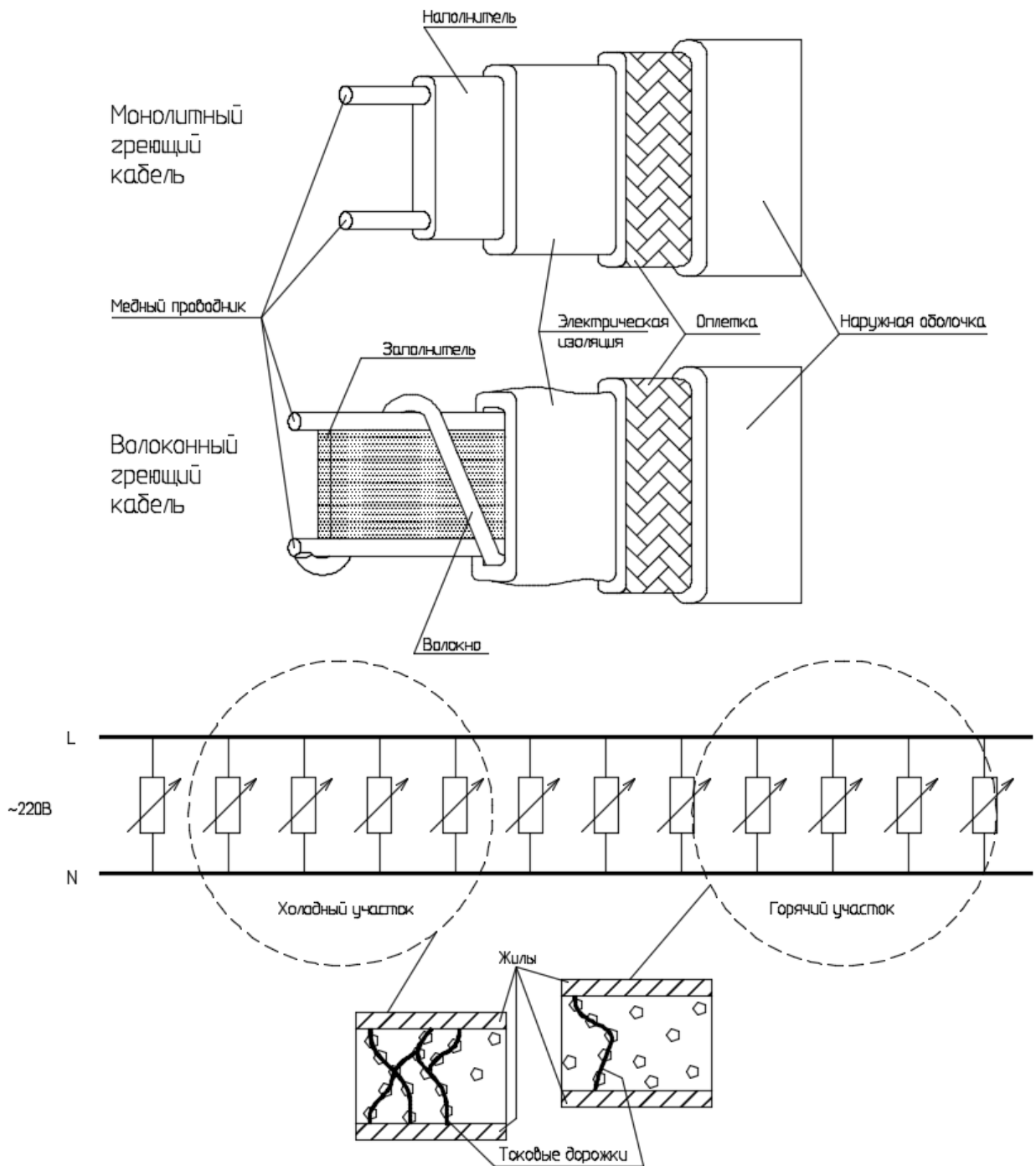
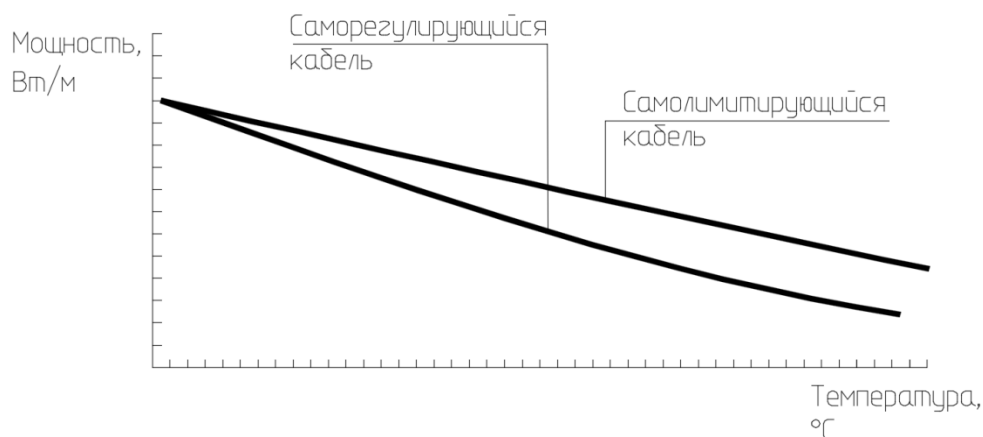


Рис.4 – Конструктивное исполнение саморегулирующихся кабелей и принципиальная электрическая схема замещения



*Рис.5 – График зависимости удельной мощности обогрева от температуры  $P_{уд} = f(T)$  для саморегулирующихся и самолимитирующихся кабелей*

При повышении температуры сопротивление повышается, что ограничивает мощность обогрева. Этот эффект позволяет монтировать самоограничивающиеся греющие кабели только с однократным перехлестом, поскольку температура греющего элемента в месте пересечения будет снижена. Например, этот фактор влияет на обвязку задвижек трубопроводов.

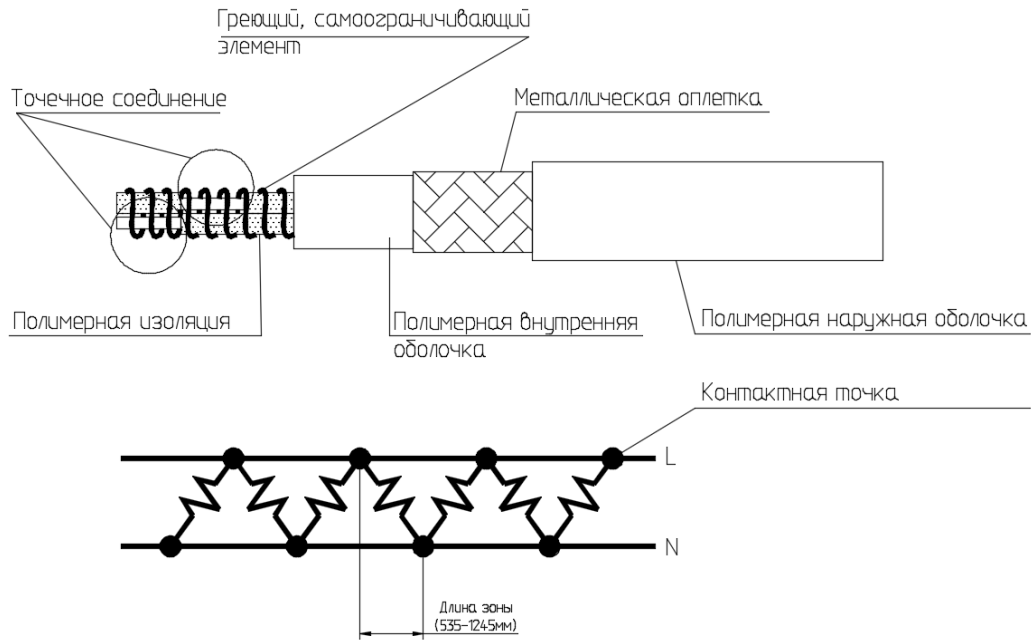
Типы кабелей, относящихся к данной системе: VPL [3]. На рис.6 показана конструктивное исполнение кабеля и его принципиальная схема.

Зависимость удельной мощности от температуры для самолимитирующихся кабелей показана ранее, на рис.5.

В табл.1 представлен анализ применения систем электрообогрева.

*Таблица 1 – Анализ применения систем электрообогрева*

№ п/п	Типы кабелей	Номинальное напряжение $U_n$ , В	Диапазон длин участка	Температура	
				$t_{conts}$ °C	$t_{max}$ , °C
1	Кабели с полимерной изоляцией	до 750	5м – 5000 м	200	300
2	Кабели с минеральной изоляцией	до 600	5м – 5000 м	600	1000
3	Саморегулирующиеся кабели	до 277	до 245м	150	215
4	Самолимитирующиеся кабели	до 480	до 450м	235	260



*Рис.6 – Конструктивное исполнение и принципиальная схема самолимитирующегося кабеля*

### Перечень ссылок

1. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», 2009. – 704 с.
2. ГОСТ Р 50345-2010 (МЭК 60898-1:2003) Аппаратура малогабаритная электрическая.
3. ИЕС/АТЕХ. Каталог решений для промышленного обогрева. Продукты и услуги. Россия и другие страны СНГООО «Тайко Термал Контролс» Россия 141407 Московская область, г. Химки, ул. Панфилова, д. 19, стр. 1.