



Рис. 1. Инзырейское нефтяное месторождение. Республика Коми.

Комплексное применение электрообогрева на нефтедобывающем месторождении



Малахов С.А.,
Руководитель группы перспективного развития инженеринговой компании «ССТЭнергомонтаж»

Введение

Современное нефтяное месторождение это комплекс технологических установок, площадок и конечно скважин, соединенных между собой разветвленной сетью технологических трубопроводов (Рис. 1). Добываемая из скважин нефть проходит сложную систему очистки и подготовки к транспортировке в транзитные магистральные трубопроводы. Месторождение может состоять из нескольких отдельно стоящих площадок, расстояние между которыми достигает 2-5 километров.

На месторождении располагаются различные наземные строения: это жилые и бытовые помещения, ангары, склады, резервуары и т.д. (Рис. 1). Преимущественно, месторождения нефти в нашей стране находятся в удаленных труднодоступных районах, некоторые из них располагаются и за Полярным кругом. В таких условиях на месторождениях, особенно в зимнее время, возникают серьезные проблемы с транспортировкой добываемой нефти, воды и различных технологических жид-

костей. В случае остановки циркуляции, любая жидкость, особенно высоковязкая или парафинистая нефть может замерзнуть и закупорить трубопровод, или даже в буквальном смысле разорвать его (Рис 2).

Но и в летний период высокопарафинистая нефть может остановить течение в трубопроводе, вследствие выпадения парафина. Высокая вязкость перекачиваемых продуктов служит причиной перегрузки насосных агрегатов и перерасхода электроэнергии. В случае с резервуарами, может возникнуть проблема дальнейшей транспортировки жидкостей и их хранения, т.к. только укрытие тепловой изоляцией не может гарантировать частичную или тем более полную защиту их от замерзания.

Для защиты трубопроводов и резервуаров от замерзания используют старые проверенные способы: рециркуляция либо совместная прокладка горячего и холодного трубопроводов. Все вышеперечисленные способы имеют ряд существенных недостатков. Основные из них - это высокая стоимость, низкая надежность и низкая ремонтпригодность.

Из всех способов самым выгодным для обогрева трубопроводов является теплоспутниковый обогрев.

Для резервуаров чаще используется не спутник, а промежуточная тепловая рубашка, что дает равномерный обогрев, но резко увеличивает материалоемкость оборудования.

При обогреве трубопроводов и резервуаров различают три варианта обогрева это паровой, водяной и электрический (кабельный обогрев).

Преимущества систем электрообогрева

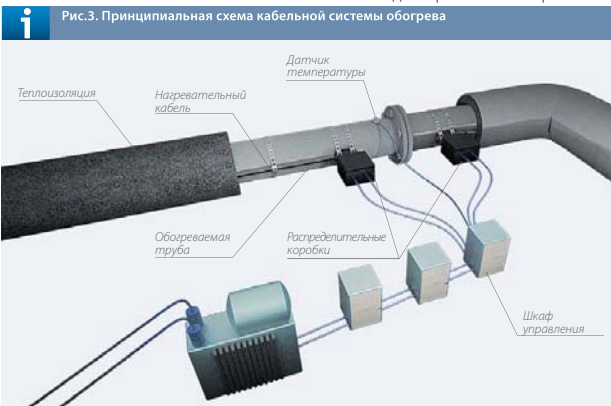
Преимущества кабельных систем обогрева перед водяными и паровыми состоят в следующем: они обладают малой материалоемкостью, их легче устанавливать, они не подвержены коррозии, не боятся заморозки и разморозки, запитываются от общей системы электроснабжения предприятия, оснащаются автоматизированными системами управления, которые точно и по заданному алгоритму поддержива-



ют выбранный режим, легко интегрируются с АСУ верхнего уровня и могут применяться на сложных и разветвленных сетях трубопроводов и на резервуарах практически любой формы. Экономическая эффективность электрообогрева обусловлена, в первую очередь тем, что в такой системе горячим элементом является только нагревательный кабель. Таким образом, потери на подвод энергии к теплопотребителю сведены к минимуму. Это является основной отличительной особенностью перед системами парового обогрева, где горячими являются и трубопровод подачи пара, и распределительные гребенки, и трубопроводы отвода конденсата. Даже при использовании самой лучшей теплоизоляции существуют потери тепла. Кроме того эксплуатационные затраты на электрообогрев в среднем в 5-7 раз ниже, чем на паровое.

Состав систем электрообогрева

Система промышленного электрообогрева состоит из нескольких подсистем, это: подсистема обогрева, подсистема подачи питания, подсистема крепления, подсистема управления и диспетчеризации (Рис.3). Подсистема обогрева состоит из нагревательного кабеля (саморегулирующийся, резистивный, в минеральной изоляции), комплектов для заделки (герметизации) кабеля, соединительных муфт и клеммных питающих коробок. Подсистема подачи питания состоит из силового питающего кабеля, распределительных силовых коробок, силового шкафа. Подсистема крепления состоит из бандажей, крепежных лент, кронштейнов и других элементов, предназначенных для крепления нагреватель-



ного кабеля и клеммных коробок. Подсистема управления состоит из контрольных кабелей и кабелей передачи данных, термостатов, терморегуляторов, и шкафа управления. Обязательный элемент системы электрообогрева – теплоизоляция, назначение которой свести к минимуму как величину тепловых потерь, так и мощность системы обогрева. Для создания надежного теплового контакта и улучшения условий передачи тепла от нагревательных элементов к обогреваемому объекту в системах обогрева используются различные теплопроводные пасты (например, такие как SILARM-81 и SILARM-3). Применение паст особенно рекомендуется для высокотемпературных систем обогрева ($T > 100^{\circ}\text{C}$). Для подачи питания на резистивные и саморегулирующиеся нагревательные секции требуется сопроводительная электрическая сеть, по которой подается напряжение к каждой секции. Чем длиннее и разветвленнее трубопровод, тем более сложная сопроводительная сеть требуется системе обогрева, которая помимо силовых кабелей включает и распределительные коробки. При относительно малой длине трубопровода (примерно до 150 м) величина сопроводительной сети минимальна, и мала ее доля в общей стоимости системы. Трубопроводы длиной 200 – 500 м также обычно обогреваются резистивными и саморегулирующимися кабелями, но в этом случае стоимость сопроводительной сети становится сопоставимой с затратами на нагревательные кабели. Для трубопроводов длиной более 400 и до 3000 м экономически обоснованным является применение специальных резистивных нагревательных кабелей последовательного сопротивления. Например, успешно применяются трехфазные кабели марки LLS (система «Лонлайн»). Секция кабеля LLS подключается по схеме «звезда» и запитывается только с одной стороны. Такой кабель одновременно выполняет функцию нагревательного элемента и питающей линии. Конструкция кабеля включает три медных про-



водника, заключенных в изоляцию из кремнийорганической резины. Медная оплетка и наружная оболочка, также из кремнийорганической резины, обеспечивают электрическую и механическую защиту нагревательного кабеля. Минимальные затраты на обогрев трубопроводов длиной от 3 до 30 км. обеспечивает СКИН-система, действующая без сопроводительной сети. Электропитание системы для трубопровода длиной до 15 км подается с одной стороны, для трубопроводов длиной 15–30 км - с двух сторон или в промежуточной точке трубопровода (Рис.4).

Область применения

Системы промышленного электрообогрева используются на месторождениях для:

- Обогрева межкустовых, межплощадочных и межпромысловых трубопроводов воды и нефти;
- Обогрева выкидных линий к центральному пунктам сбора нефти (ЦПС);
- Обогрева нефтесборных коллекторов на дожимной насосной станции (ДНС);
- Обогрева пожарных, канализационных и технологических трубопроводов на территории установок подготовки нефти и газа (УКПН, УКПГ) и вахтовых поселков;
- Обогрева скважин и кустов скважин на месторождениях;

тери с поверхности трубопроводов. При этом используются формулы расчета теплового потока через цилиндрическую стенку, а также формулы учитывающие влияние условий окружающей среды:

$$Q = (T_1 - T_{oc}) * K_3 / R$$

$$R = \ln(D_{из} / D_т) / 2 \pi \lambda + 1 / \pi D_{из} \alpha$$

$$D_{из} = D_т + 2 \delta$$

$$\alpha = 11,6 + 7 * v^{1/2}$$

где:

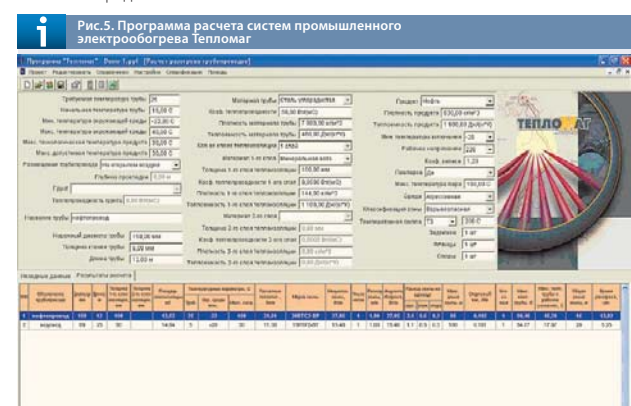
- T_1 – требуемая температура на поверхности трубы, $^{\circ}\text{C}$
- T_{oc} – минимальная температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$
- R – термическое сопротивление теплоизоляции, $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$
- K_3 – коэффициент, учитывающий дополнительный поток теплоты через неучтенные расчетом конструктивные элементы (обычные значения коэффициента 1,2÷1,36),
- $D_т$ – наружный диаметр трубы, мм
- $D_{из}$ – диаметр по изоляции, мм;
- δ – толщина теплоизоляции, мм;
- λ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, $\text{Вт} / \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- α – коэффициент теплоотдачи с поверхности трубопровода, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$
- v – средняя скорость ветра, м/с

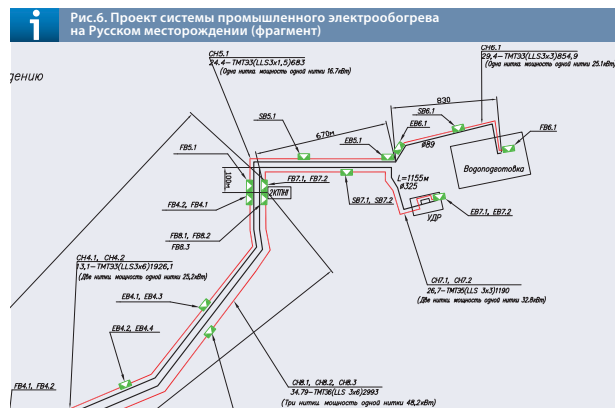
Расчет тепловых потерь выполняется для каждого трубопровода и резервуара индивидуально, с учетом конкретных требований по поддерживаемой температуре, условий окружающей среды и с учетом характеристик тепловой изоляции.

- Обогрева нефтяных и водяных резервуаров. Системы электрообогрева также используются для обогрева измерительного оборудования на трубопроводах (манометров, счетчиков, импульсных трубок), а также шкафов управления и КИП.

Расчет систем электрообогрева

Расчет систем промышленного электрообогрева сводится в итоге к определению требуемой мощности обогрева. Ведется расчет исходя из рекомендаций ГОСТ Р МЭК 62086-2-2005, обобщившего мировой опыт электрообогрева во взрывоопасных зонах. Вначале определяются тепловые по-





При расчете сложных разветвленных трубопроводов и в случае возможных температурных перепадов, строятся специальные тепловые модели и графики. Построение моделей ведется с помощью специализированных программ (Рис.5).

На основе результатов расчета и полученных исходных данных выбираются параметры системы электрообогрева. Легче всего это производить используя специализированные программные продукты. К примеру, с помощью разработанной компанией «Специальные системы и технологии» программного комплекса «Тепломаг», предназначенного для расчета тепловых потерь с поверхности трубопроводов, выбора нагревательного кабеля и подбора предварительной спецификации проекта. Существуют различные варианты данной программы, позволяющие рассчитывать параметры систем электрообогрева, для резервуаров (программа «Терломат R») и программа для расчета в случае применения резистивных кабелей (программа «Терломат Resistive»). После определения тепловых потерь, выбора нагревательного кабеля и подбора оборудования составляется техническое задание на проектирование системы электрообогрева.

Проектирование систем электрообогрева

Процесс проектирования систем электрообогрева происходит в несколько этапов.

Сбор исходных данных

Исходными данными для проектирования системы электрообогрева являются полученные от Заказчика опросные листы, технические требования к системе электрообогрева, чертежи обогреваемого объекта, утвержденное и согласованное с Заказчиком техническое задание.

Предпроектная подготовка

На этом этапе происходит разработка проекта ТЗ, его утверждение и согласование с Заказчиком; анализ полноты имеющихся исходных данных и, при необходимости, их уточнение и дополнение. На основе полученной информации производится тепло-технический расчет, который определяет тип системы электрообогрева («Тепломаг», «Лонглайн», СКИН), марки нагревательных элементов, их параметры и количество на погонный метр трубы (для трубопроводов) или общее количество на обогреваемый объект (для резервуаров и оборудования) другие параметры системы.

Проектирование

Проектирование системы электрообогрева включает в себя следующие стадии:

- проектирование теплотехнической части: на основе анализа исходных

данных, требований ТЗ и результатов теплотехнических расчетов производится определение основных параметров системы электрообогрева, в том числе, выбор оптимальной системы управления и количества подсистем. После этого выполняется раскладка нагревательных элементов на обогреваемом объекте, расстановка распределительных и питающих коробок, расстановка датчиков температуры,

- проектирование электротехнической части: на основе анализа исходных данных, требований ТЗ, результатов теплотехнических расчетов и результатов разработки теплотехнической части проекта составляется структурная схема сети электропитания и управления; производится расчет электрических нагрузок, выбор типов силового и контрольного кабелей, разработка принципиальных электрических схем шкафов управления и схем подключения нагревательных секций, подбор электрооборудования для комплектации шкафов управления и датчиков температуры.
- проектирование теплоизоляции: разработка конструкции теплоизоляции различных элементов объекта и техномонтажной ведомости.
- составление спецификации проекта.

В состав выпускаемой рабочей проектной документации по электрообогреву входят:

- монтажные чертежи с указанием где и как размещать элементы подсистемы обогрева, распределительные коробки подсистем питания и управления;
- схемы соединения для всех распределительных коробок электрообогрева;
- чертежи прокладки кабельных трасс и кабельные журналы;
- чертежи шкафов управления и силовых шкафов;
- схемы установки и соединений коробок подсистемы управления с датчиками;
- схемы соединений для всей регулирующей аппаратуры;
- графики нагрузок цепей питания;
- документация по креплению нагревательных лент, датчиков температу-



ры, монтажу распределительных коробок и шкафов управления; - спецификация материалов и комплектующих, необходимых для монтажа и пуска системы обогрева. Проектирование включает в себя также выпуск документации по порядку монтажа и пуско-наладки системы электрообогрева на месторождении и задание на подключение (Рис.6).

Поставка систем электрообогрева на месторождения

Поставка материалов и оборудования на месторождение, это зачастую довольно сложный процесс. Поставки обычно носят сезонный характер и осуществляются преимущественно в зимнее время, когда открываются так называемые «зимники». Из-за удаленности от транспортной инфраструктуры, поставка продукции на месторождение осуществляется не только наземным, но и водным и даже воздушным транспортом (Рис.7).

Сложность еще заключается в том, что на перевалочной базе в сезон скапливается большое количество грузов требующих срочной доставки на месторождение, где уже проводятся монтажные работы. И подрядным организациям часто приходится прикладывать существенные усилия, для того, чтобы их груз был отправлен, как можно раньше. Собственно, транспортирование си-

Монтаж систем электрообогрева

Монтаж систем электрообогрева на месторождениях должен производиться высококвалифицированными специалистами имеющими богатый положительный опыт в данных видах работ (рис. 8, 9).

При монтаже системы электрообогрева выполняются следующие операции:

- монтаж нагревательных элементов на трубопроводах и резервуарах;
- монтаж силовых распределительных коробок;
- монтаж питающих клеммных коробок на обогреваемых трубопроводах и резервуарах;
- монтаж тепловой изоляции трубопроводов и резервуаров;
- монтаж покрытия тепловой изоляции;
- установка шкафов управления электрообогревом;
- прокладка по существующим кабельным эстакадам и лоткам кабелей силового электропитания и управления, от силовых распределительных коробок до питающих коробок, расположенных непосредственно на обогреваемых трубопроводах и резервуарах;
- монтаж клеммных коробок и датчиков температуры системы управления и контроля;
- испытания и пусконаладочные работы.



Рис.9. Система электрообогрева в стадии монтажа на месторождении



На объекте могут также производиться и шефмонтажные работы. В этом случае, при готовности объекта к монтажу на месторождение выезжает специалист, который курирует работу монтажной бригады заказчика на всем протяжении монтажных работ. По окончании монтажа производятся пуско-наладочные работы, пробная эксплуатация и сдача объекта заказчику.

Эксплуатация систем электрообогрева

Системы электрообогрева удобны в эксплуатации, долговечны и особого технического ухода не требуют. Заводская гарантия на нагревательный кабель составляет не менее 5 лет. По окончании основного гарантийного срока существует возможность его продления, после проведения необходимых испытаний, либо заключение договора на дальнейшее сервисное обслуживание. Так же непосредственно на месторождении проводится обучение местной эксплуатирующей организации.

Установленные системы электрообогрева на месторождениях

Системы промышленного электрообогрева установлены на большом количестве нефтяных и газовых месторождений России и стран СНГ, среди них:

- Красноярский край. Ванкорское нефтяное месторождение (обогрев газопроводов и технологических трубопроводов общей длиной 30600 метров). Заказчик ОАО «РОСНЕФТЬ».
- Республика Коми. Южно-Шапкинское нефтяное месторождение (обогрев межплощадочных трубопроводов длиной 13 000 метров). Заказчик ОАО «ЛУКОЙЛ».
- Ямало-Ненецкий АО. Русское месторождение (обогрев нефтепроводов и водоводов длиной 11400 метров). Заказчик ОАО «ТНК-ВР».
- Ненецкий АО. Харьягинское нефтяное месторождение (обогрев нефтепроводов, водоводов общей длиной 50 000 метров). Заказчик Total-Fina-Ef.

Рис.10. Система электрообогрева в стадии монтажа на месторождении



- Иркутская область. Восточная Сибирь-Тихий Океан (ВСТО). Нефтеперекачивающие станции (обогрев нефтепроводов длиной более 40 000 метров). Заказчик Транснефть.

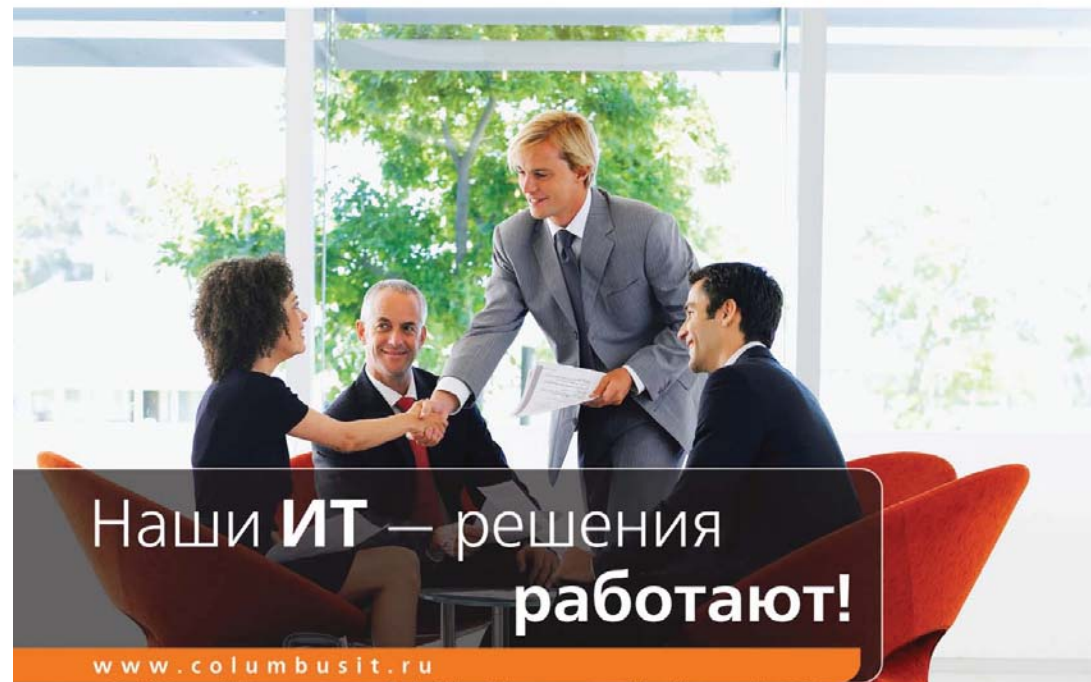
Перспективы развития

Перспективы развития нефтедобычи в России связаны с освоением разведанных нефтяных запасов. Правительство РФ утвердило "Энергетическую стратегию России на период до 2020 года", в которой предусматриваются повышение роли восточных районов в нефтяной и газовой промышленности России, диверсификация экспорта с выходом на рынок АТР. Предполагается, что основой формирования новых крупных центров нефтяной и газовой промышленности на востоке страны, обеспечения внутренних потребностей этих регионов и организации долгосрочных поставок нефти и газа в страны АТР, в частности в Китай, будут месторождения Западной Сибири, Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия).

Заключение

Вместе с развитием нефтедобычи возрастет количество и новых месторождений, будет продолжаться модернизация и реконструкция старых месторождений, а вместе с тем, увеличится и потребность в системах промышленного обогрева. [4]

COLUMBUS IT



Наши ИТ – решения работают!

www.columbusit.ru

Более **5000** проектов в мире
 Более **300** проектов в России и СНГ
 Представительства в **30** странах

Отраслевая экспертиза:

- Розничная торговля
- Дистрибуция
- Машиностроение
- Пищевая промышленность
- Финансовые институты
- Автобизнес
- Профессиональные услуги

Внедрение и сопровождение информационных систем:

- Microsoft Dynamics AX
- Microsoft Dynamics NAV
- Microsoft Dynamics CRM
- IBM COGNOS
- Informatica

Статусы и награды:

Axapta Excellence, Microsoft Gold Certified Partner, участник Microsoft Business Solutions President's Club, член клуба Inner Circle, Cognos Platinum Reseller Partner, Microsoft Global Partner Award, 11 номинаций и наград в различных областях.

тел.: (495) 363 55 80