

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕФТИ

Конесев С.Г., Хлюпин П.А., Кондратьев Э.Ю.

(Уфимский государственный нефтяной технический университет)

В 30-е годы XX в. В России были обнаружены крупные месторождения с вязкой нефтью. Одним из них стала Тимано-Печорская провинция, открытая в 1929 году [1]. Несмотря на значительные запасы разведанных месторождений технологии того времени не позволяли реализовывать добычу, подготовку, транспорт и переработку вязкой нефти.

Современные технологии позволяют при транспорте нефти проводить мероприятия по снижению ее вязкости с помощью механического, химического или теплового воздействия (рисунок 1).

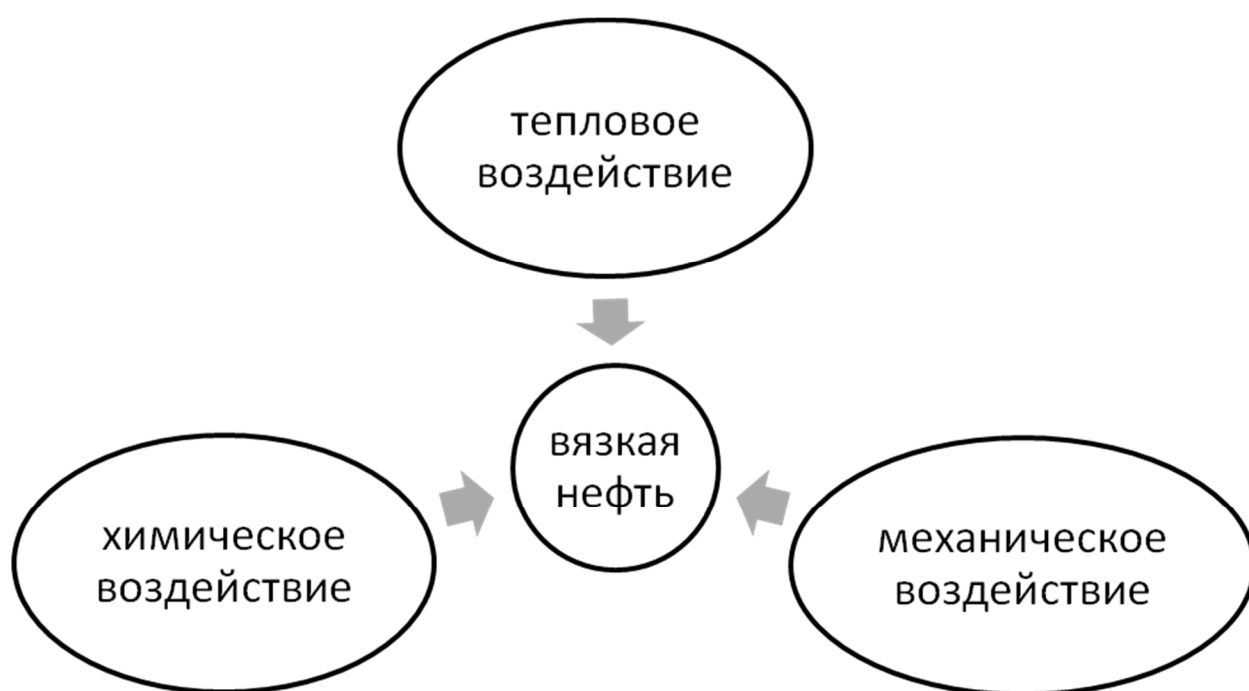


Рисунок 1 – Способы воздействия на вязкость нефти

При механическом способе воздействия в вязкую нефть добавляют нефть с меньшей вязкостью, либо газируют вязкую нефть, либо перекачивают нефть в воде. При химическом воздействии в вязкую нефть добавляют депрессорную

присадку, которая препятствует кристаллизации парафина. Также при перекачке применяется поверхностно-активные вещества (ПАВ) которые не позволяют асфальтосмолистопарафиновым отложениям (АСПО) задерживаться на поверхности трубопровода.

При перекачке нефти по промысловым и магистральным трубопроводам эффективным способом воздействия, для снижения вязкости, является тепловое воздействие. В сравнении механическим и химическим воздействием, тепловое воздействие эффективно и экономично [2].

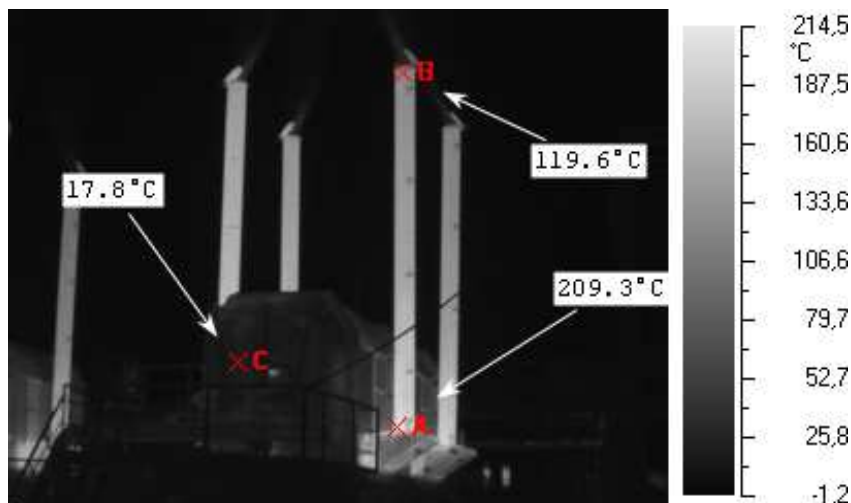
Широкое применение в трубопроводном транспорте вязкой нефти получили пламенные факельные печи ПТБ (печь трубчатая блочная). Такие печи работают на самом крупном «горячем» трубопроводе Узень-Атырау-Самара. Процесс передачи тепла в таких печах происходит от сгоревших дымовых газов к оребренному трубопроводу с нефтью. Эффективность теплопередачи обеспечивается за счет оребренной поверхности труб и высокой скорости обтекания поверхности теплообменника дымовыми газами.

Недостатком таких систем является бесконтрольный процесс нагрева и вероятность перегрева продукта. Также вследствие высоких температур, достигающих в зоне теплообменной камеры более 900 °С, возможен прогар рабочих трубопроводов и попадание нефти в теплообменную камеру, что может привести к возгоранию последнего, порче оборудования и гибели людей.

Применение таких печей также негативно сказывается на окружающей среде. Выбросы в атмосферу продуктов сгорания и тепловое воздействие на окружающую среду не позволяют применять такой вид нагрева в условиях крайнего севера с вечномерзлым грунтом.

Основным источником тепловых потерь с поверхности печи ПТБ являются трубы для отвода продуктов сгорания, температура на поверхности может составлять более 200 °С. При этом температура отходящих дымовых газов превышает 100 °С. На рисунке 2 показано тепловое изображение работающей печи ПТБ-10.

Термоизображение



Фотоизображение



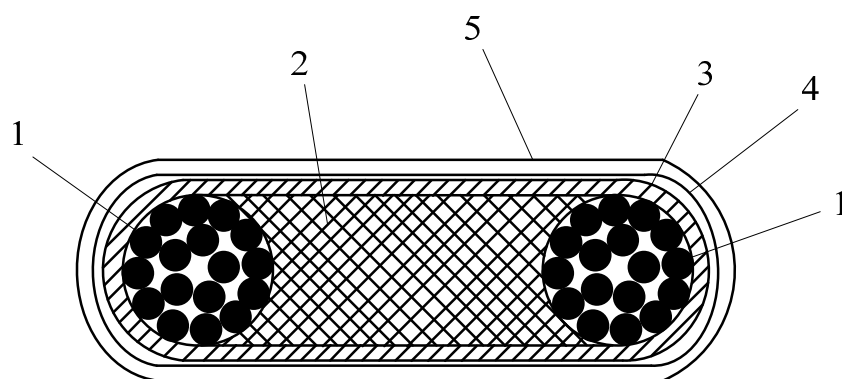
Рисунок 2 – Печь нагрева пламенная типа ПТБ-10

Наряду с печами ПТБ для подогрева нефти применяются теплообменники с мягким процессом нагрева, когда тепло передается от нагретого теплоносителя (например, горячая вода), к нагреваемой нефти. Подобный теплообменник применяется на пункте подогрева нефти на станции НПС «Чикшино» [3]. Однако данные теплообменники имеют низкий КПД теплопередачи, так как имеется промежуточный теплоноситель. А из-за высокой инерционности процесса нагрева возможны выходы из строя основных узлов теплообменника.

Последние десятилетия набирает обороты электротермия, нагрев с помощью тепла, созданного электрической энергией. Сферы применения электротермии разнообразны, от бытового применения до применения в масштабах крупного производства.

Еще в 80-х годах прошлого века электротермия рассматривалась как один из источников теплового воздействия для обогрева магистральных трубопроводов. Существует электрообогрев при непосредственном пропускании тока по материалу трубы, применение электронагревательных кабелей и лент, скин-системы, индукционный нагрев. В основном электрообогрев применялся на трубопроводах небольшой протяженности и исключительно с целью поддержания температуры [4].

Благодаря созданию новой полупроводниковой матрицы появились саморегулирующиеся нагревательные кабели, температура на поверхности которых регулируется в зависимости от температуры окружающей среды и объекта. Пример строения саморегулирующегося кабеля типа ФСУ представлен на рисунке 3 [5].



- 1 – медные луженые жилы; 2 – полупроводящая саморегулирующая матрица;
3 – изоляция из фторполимера; 4 – экранирующая оплетка;
5 – наружная оболочка из фторопласта

Рисунок 3 – Саморегулирующийся кабель ФСУ

Саморегулирующиеся нагревательные кабели позволяют регулировать температуру на всей длине объекта. Однако требуется контроль температуры объекта, поскольку существует вероятность перегрева кабеля.

В электротермии существуют системы, нагрев в которых происходит под действием переменного магнитного поля – индукционные системы. Разновидностью таких систем является система поверхностного нагрева скин-система или индукционно-резистивная система нагрева. Процесс нагрева заключается в том, что на поверхности трубы, на всем протяжении, располагают одну или несколько ферромагнитных трубок (рисунок 4, 2), обеспечивая контакт при помощи сварки. В трубках располагают медный проводник в изоляции (рисунок 4, 1). При протекании по проводнику переменного тока вокруг проводника образуется переменное поле, которое наводит в теле металлических трубок токи Фуко, которые в свою очередь

разогревают тело металла и дальше, посредством теплопроводности, трубу с нефтью.

Скин-система позволяет поддерживать температуру на протяженном участке трубопровода составляющем до 30 км. Система получает электропитание с одного конца. Для питания системы применяются в основном однофазные высоковольтные трансформаторы.

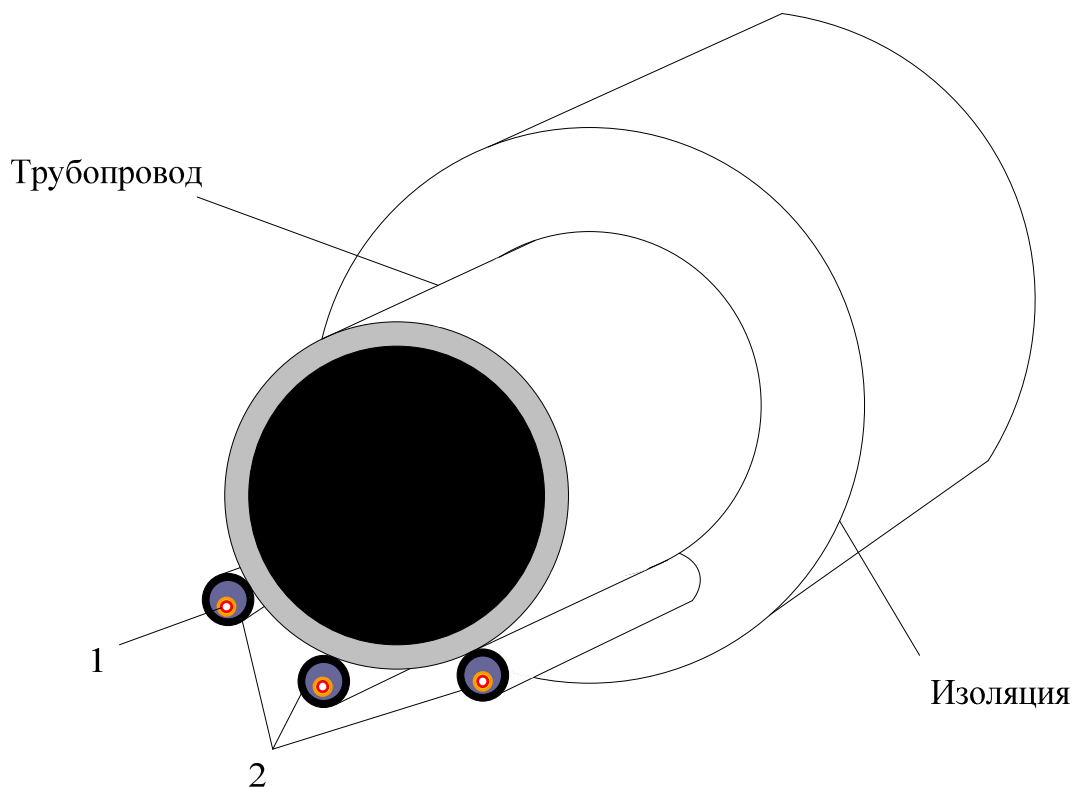


Рисунок 4 – Расположение нагревательных элементов

Недостатком такой системы является то, что процесс передачи тепла происходит через небольшую площадь сварного шва, тем самым система имеет невысокий тепловой КПД. Кроме того сложен монтаж скин-системы.

Перечисленные электротермические системы могут реализовать лишь попутный подогрев и поддержание температуры продукта. Для локального нагрева эффективнее применять пламенные печи либо мощные теплообменники.

Однако конкуренцию печам пламенного нагрева могут составить индукционные системы нагрева с электромагнитными полями средних частот, которые способны создать широкий диапазон температур нагрева.

Преимущество среднечастотной индукционной системы нагрева заключается в том, что тепло формируется непосредственно в металле трубы без промежуточных теплоносителей. Значительное влияние на интенсивность выделения тепла оказывает частота индуцируемого тока. С изменением частоты индуцируемого тока изменяется значение температуры нагрева металла трубы, так как с ростом частоты уменьшается глубина проникновения тока, растет его плотность и соответственно мощность теплового потока.

$$\Delta \approx 503 \sqrt{\rho / (\mu f)}, \quad (1)$$

где Δ – глубина проникновения тока, ρ – удельное сопротивление проводящего тела, μ – относительная магнитная проницаемость.

Авторами разработана установка индукционного нагрева жидкости и получен патент на изобретение (рисунок 5) [6].

Суть изобретения заключается в том, что вместо энергии теплоносителя или дымовых газов, нагрев теплообменника осуществляется с помощью магнитного переменного поля индуцируемого токами средних частот. Установка индукционного нагрева состоит из устройства преобразования и управления (рисунок 5, 1), теплообменника (рисунок 5, 4) отличающаяся от существующих тем, что устройство преобразования и управления выполнено на основе автономного инвертора тока с квазирезонансной коммутацией. Нагрузкой устройства является индуцирующий провод (рисунок 5, 2), представляющий собой многожильный медный проводник в термостойкой изоляции, расположенный вдоль оси трубопровода теплообменника одним витком, образующим контур сложной геометрии. Теплообменник представляет собой змеевик, выполненный из трубопровода внутри которого по всей длине, радиально расположены пластины из магнитных материалов.

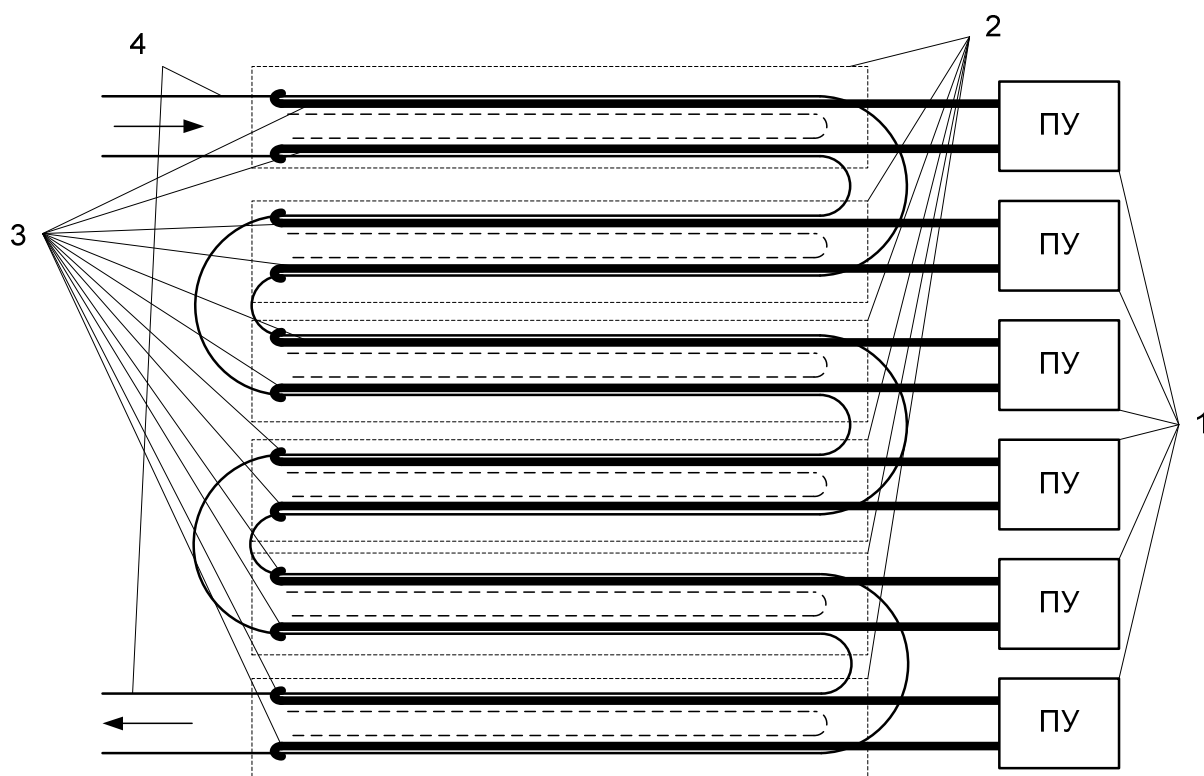
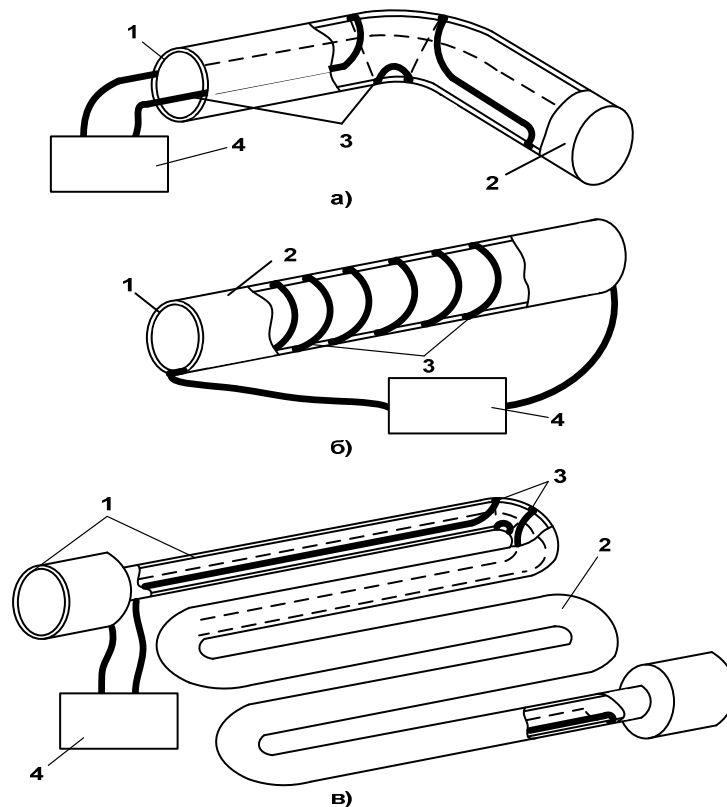


Рисунок 5 – Среднечастотная индукционная система локального нагрева

В сравнении с пламенными печами ПТБ данная установка не выбрасывает в атмосферу продукты сгорания, позволяет создать тепловое поле с требуемыми параметрами. КПД теплопередачи системы среднечастотного индукционного нагрева находится в пределах 95-98 % против 80 % печей ПТБ. В системе индукционного локального нагрева отсутствует возможность возгорания продукта нагрева, даже в случае нарушения целостности теплообменника. Система среднечастотного индукционного нагрева представляет из себя несколько независимых устройств преобразования и управления с индуцирующими проводами, объединенные между собой управляющим контроллером (на рисунке 5 не показан). Такое разделение позволяет регулировать потребляемую мощность отключением питания отдельного ПУ, а также производить ремонт без полной остановки системы, что невозможно осуществить в пламенных печах ПТБ.

Система среднечастотного индукционного нагрева может также применяться, как и другие электротермические системы, в роли попутного нагрева. При этом для каждого отдельного трубопровода производится выбор индуцирующего кабеля и системы питания для эффективной передачи тепла.

В отличие от нагревательных лент и кабелей, которые требуется располагать непосредственно на металле трубы, индуцирующий кабель можно расположить поверх трубы с теплоизоляционной краской, что позволяет снизить тепловое воздействие на сам кабель и тепловые потери. Индуцирующий кабель можно расположить на поверхности трубопровода одним или несколькими витками сложной геометрии (рисунок 6).



1 – магистральный трубопровод; 2 – теплоизоляция; 3 – индуцирующий кабель;
4 – устройство преобразования и управления

Рисунок 6 – Расположение индуктора на поверхности трубопровода

По мнению авторов, разработка и внедрение среднечастотных индукционных систем нагрева имеет большие перспективы на предприятиях нефтегазовой отрасли, особенно в регионах с низкой среднегодовой температурой и на «горячих» трубопроводах. Системы среднечастотного индукционного нагрева имеют высокий коэффициент полезного действия по передачи тепла, полностью управляемы, диапазон регулирования потребляемой мощности 10 – 100 %, что не может позволить ни одна из существующих систем. Система не оказывает опасное влияние на окружающую среду, не несет

промышленной и пожарной опасности, позволяет повысить культуру труда и обслуживания, полностью ремонтнопригодна.

На кафедре электротехники и электрооборудования предприятий (ЭЭП) ФГБОУ ВПО «Уфимского государственного нефтяного технического университета» активно развивается научное направление по разработке методов и средств регулирования реологических свойств вязких нефтей. В частности разрабатываются индукционные системы повышенной средней частоты для нагрева магистральных, промысловых трубопроводов, нагрева скважин и других объектов нефтяной и газовой отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разведанность ресурсов углеводородов Тимано-Печорской нефтегазовой провинции на начало XXI в. // Наука и технологии. Разведка и разработка URL: <http://neftegaz.ru/science/view/528>

2. Конесев, С.Г. Экологические нагревательные системы для объектов транспорта и хранения нефти / С.Г. Конесев, П.А. Хлюпин // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. - №7. – С. 35-42.

3. Чекалкин, А.Л. Повышение надежности работы пункта подогрева нефти НПС «Чикшино» / А.Л. Чекалкин, Д.С. Гурьянов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродукты. – 2011. - №2. – С. 80-83.

4. Надиров, Н.К. Трубопроводный транспорт вязких нефтей. Серия: Новые нефти Казахстана и их использование / Н.К. Надиров, П.И. Тугунов, Р.А. Брот, Б.У. Уразгалиев. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 264 с.

5. Теплолюкс-сервис. Саморегулирующаяся нагревательная лента ФСУ / FSU // [Электронный ресурс]. – <http://www.prom-obogrev.ru/katalog-produkcii/nagrevatelnye-kabeli/samoregulirujushhijsja-kabel/samoreg-kabel-fsu.html>.

6. Пат. 2417563 Российская Федерация, МПК H05B6/00 Установка индукционного нагрева трубопроводов / Конесев С.Г., Хлюпин П.А., Макулов И.А., Никитин Ю.А.; заявитель и патентообладатель ООО «Газ-Проект Инжиниринг». - №2009129107/07; заявл. 28.07.2009; опубл. 27.04.2011. Бюл. №12. – 9 с.