



Методы, средства и оборудование подогрева нефтепродуктов на нефтебазах

Козлов Сергей Александрович

Актуальность темы

Если светлые нефтепродукты (бензин, керосин) легко транспортируются по трубопроводам в любое время года и операции с ними не вызывают особых затруднений, то операции с темными нефтепродуктами (мазутом, смазочными маслами) вызывают значительные трудности. Объясняется это тем, что темные нефтепродукты при понижении температуры воздуха становятся более вязкими и транспортирование их без подогрева становится невозможным.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования выпускной квалификационной работы - является предприятие по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаза).

Предмет исследования – методы и средства подогрева нефтепродуктов на нефтебазах.

Цели и задачи дипломной работы

Цель дипломной работы – рассмотреть все методы и оборудование для подогрева нефтепродуктов на нефтебазах, выявить наиболее перспективный метод подогрева нефтепродуктов.

Для достижения заданной цели поставлены следующие задачи:

- ☐ раскрыть предназначение подогрева нефтепродуктов на нефтебазах;
- ☐ рассмотреть все методы и оборудования для подогрева нефтепродуктов;
- ☐ изучить их конструкцию;
- ☐ изучить порядок технического обслуживания подогревателей;
- ☐ меры безопасности при эксплуатации подогревателей.

Необходимость подогрева нефтепродуктов

В процессе транспортировки или хранения данные нефтепродукты остывают (в результате чего их текучесть резко ухудшается), а порой и застывают (особенно в зимнее время). Это не позволяет осуществить прием и отпуск высоковязких и высокозастывающих нефтепродуктов без их подогрева в установленные нормативные сроки.

Кроме того, подогрев нефтепродуктов необходим:

- для ускорения слива и налива вагонов-цистерн и нефтеналивных судов;
 - для уменьшения гидравлических сопротивлений при перекачках по трубопроводам;
 - при освобождении нефтепродуктов от посторонних примесей;
 - при деэмульсации нефтей, обезвоживании нефтепродуктов и осветлении масел;
 - для ускорения смешивания масел;
 - при подготовке к сжиганию;
 - при регенерации отработанных масел;
- при зачистке емкостей от отложений.

Методы и средства подогрева нефтепродуктов

Подогрев открытым паром

Подогрев открытым паром применяется для разогрева нефти и вязких нефтепродуктов. Открытым паром разогревают главным образом топочные мазуты перед сливом из вагонов-цистерн или перед выкачкой из нефтеналивных барж, не имеющих подогревателей.

При подогреве пар подается в разогреваемую жидкость через перфорированные штанги, вводимые в нефтепродукт через люки вагонов-цистерн или люки отсеков нефтяных барж. Перемешиваясь с разогреваемой жидкостью и конденсируясь в ней, водяной пар отдает свое тепло, увеличивая одновременно содержание воды в разогреваемой среде. Обводнение приводит к снижению теплотворной способности нефтепродукта при использовании его в качестве топлива, ухудшает условия его хранения и транспортирование.

Существенным недостатком этого способа подогрева является необходимость отстоя воды из нефтепродукта.

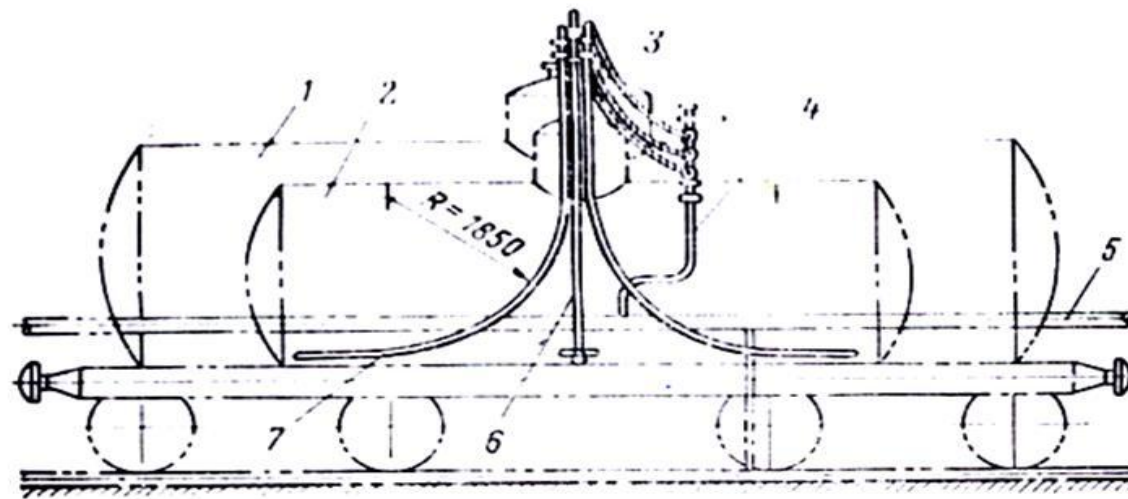


Рис. 2-5. Устройство для подогрева открытым паром.

1 — цистерна емкостью 50 м³; 2 — цистерна емкостью 25 м³; 3 — шланг для пара $d_y=32$ мм; 4 — паропровод $d_y=50$ мм; 5 — паропровод на эстакаде; 6 — центральная штанга; 7 — боковая штанга.

Подогреватели для открытого пара состоят обычно из трех перфорированных штанг - одной центральной и двух боковых, изготавливаемых из тонкостенных цельнотянутых труб диаметром от 20 до 40 мм.

Боковые штанги имеют изогнутую форму, обеспечивающую возможность глубокого ввода их в нефтепродукт в целях улучшения его разогрева и циркуляции.

Диаметр отверстий принимается равным 5-6 мм; отверстия располагаются в шахматном порядке в нижней трети центральной штанги и на отогнутых концах боковых штанг.

Разогревательные штанги соединяются с паровой магистралью при помощи гибкого рукава и крестовины. Для регулирования подачи пара на присоединяемых к крестовине концах разогревательных штанг устанавливают паровые вентили.

Подогрев посредством переносных и стационарных закрытых подогревателей

Подогрев нефтепродуктов посредством подогревателей заключается в передаче тепла от теплоносителя к нагреваемой жидкости через стенки подогревателя, чем исключается непосредственный контакт теплоносителя с нефтепродуктом.

Такой подогрев наиболее распространен и применяется для всех нефтепродуктов, обводнение которых недопустимо, особенно для масел, присутствие в которых даже следов воды может привести к ухудшению их качества.

В зависимости от способов использования подогреватели делятся на переносные и стационарные.

Переносные подогреватели бывают погружные, опускаемые в разогреваемую жидкость, и плавучие, плавающие на поверхности жидкости.

Стационарные подогреватели изготавливаются трубчатыми и имеют различные конструкции. В зависимости от расположения они подразделяются на общие и местные.

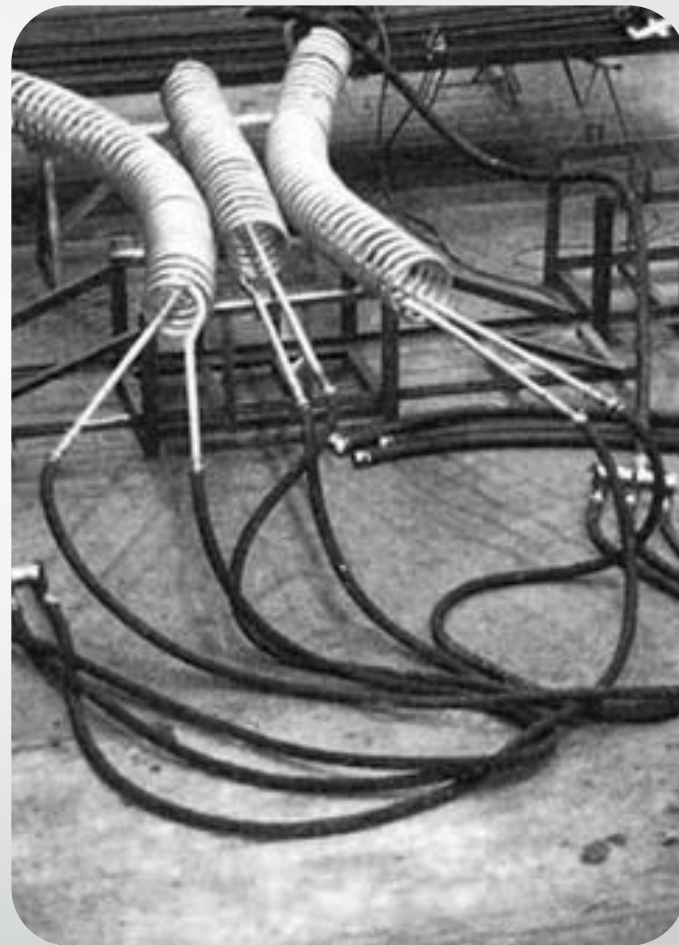
Переносной погружной подогреватель

Делятся на спиралеобразные, петлеобразные и радиаторные (цилиндрические ж плоские).

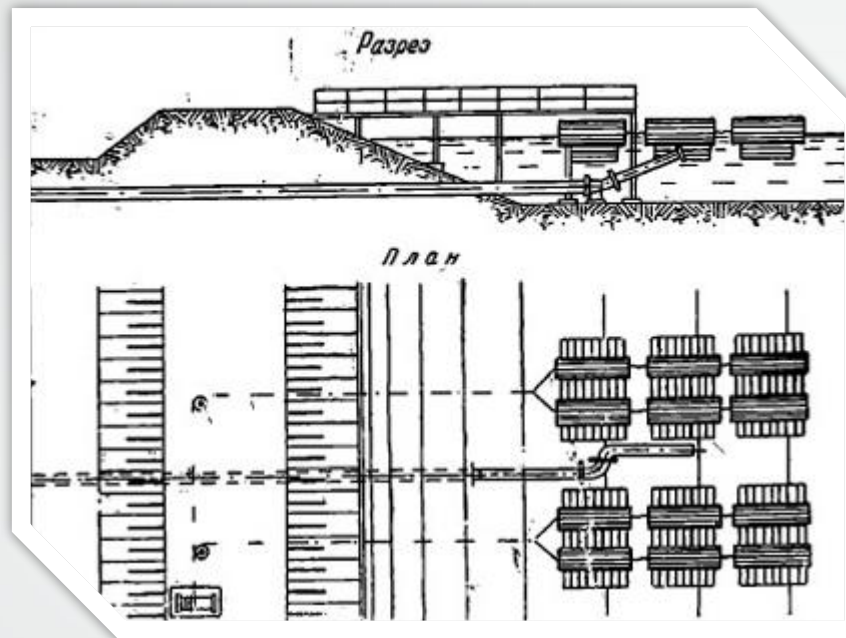
Из погружных подогревателей наибольшее распространение получили переносные подогреватели систем Гластовецкого и Чекмарева. Эти подогреватели опускаются в вагон-цистерну или в отсек нефтеналивной баржи через люк.

При помощи гибких рукавов осуществляется подвод к подогревателям пара и отвод конденсата.

Центральная секция выполняется в виде прямого цилиндрического спирального змеевика, а боковые - в виде изогнутых под углом 135° змеевиков.



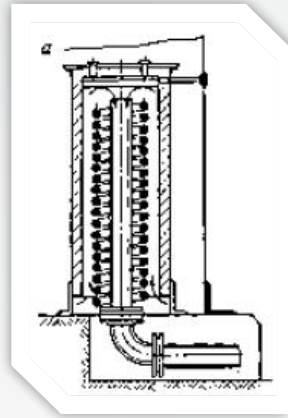
Переносной плавучий подогреватель



Переносные плавучие подогреватели применяются для подогрева мазутов в ямных хранилищах, не оборудованных стационарными средствами подогрева.

Переносный плавучий подогреватель состоит из 12 отдельных секций с общей поверхностью в 400 м^2 и обеспечивает подогрев в течение часа $80\text{-}120 \text{ м}^3$ мазута на 50° С . Каждая секция состоит из понтона и подвешенного к нему подогревателя. Вес одной секции в собранном виде 840 кг . Секции перевозятся к ямным хранилищам на автомашине и при помощи автокранов опускаются на зеркало нефтепродукта.

Стационарные змеевиковые подогреватели

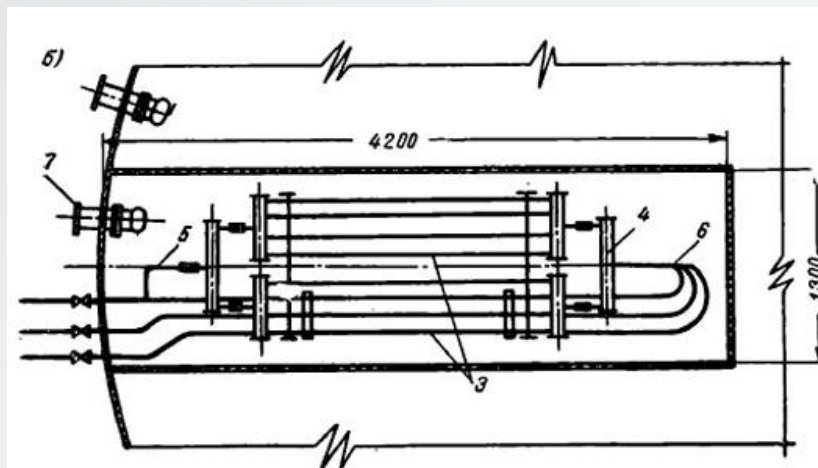


Эти подогреватели характерны своей спиралеобразной формой. Трубка подогревателя, имеющая значительную длину, изгибается в виде спирали, которая может быть как плоской, так и пространственной формы (цилиндрической, конусообразной, эллиптической и т. д.). Подразделяются они на общие и местные. Наиболее распространены плоские спиралеобразные, пространственные спиралеобразные и шахтные для местного подогрева.

Подогреватели изготавливаются из труб малого диаметра, преимущественно до 50 мм, и укладываются по дну резервуара вагона-цистерны и наливной баржи с минимальными расстояниями между витками.

Местные подогреватели шахтного и теплообменного типов по сравнению с подогревателями других типов наиболее совершенны. Они состоят из полового кожуха с внутренними одно- или многорядными змеевиковыми подогревателями. При откачке нефтепродукта в шахтном подогревателе входит в кожух снизу у дна резервуара, поднимается вверх, проходит через змеевики, где нагревается, и затем поступает в приемную трубу, вход в которую расположен в верхней части кожуха.

Подогреватели секционного типа

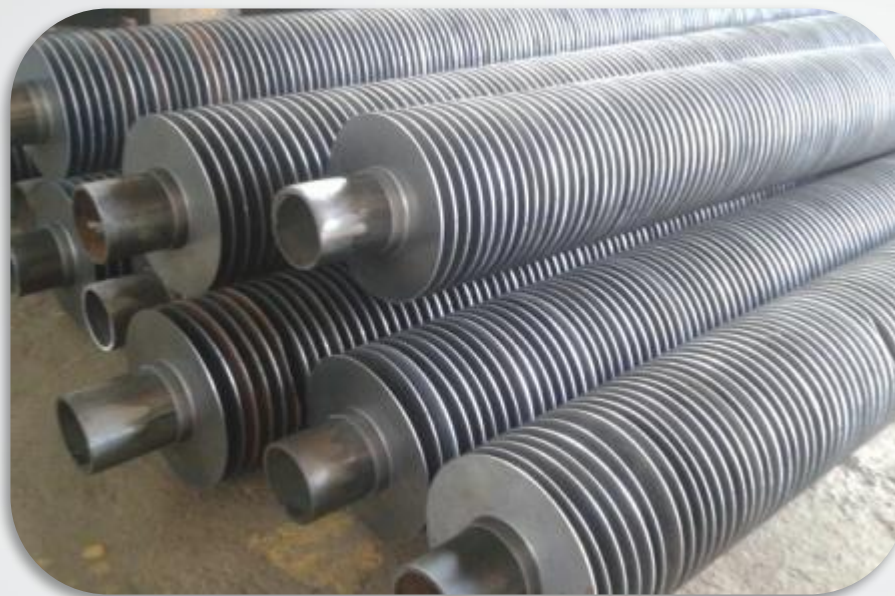


Предназначаются для общего и местного подогрева нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Они изготавливаются и комплектуются из отдельных подогревательных элементов «ПЭ», представляющих собой ряд параллельных трубок 1, вваренных по концам в коллекторы 2 (изображение «а»). Подогревательные элементы подразделяются на типы, отличающиеся друг от друга своей длиной. Подогревательные элементы собираются в секции на муфтах при помощи соединительных коллекторов или посредством сварки (изображение «б»). Соединительные коллекторы изготавливаются четырех типов для соединения 2-5 подогревательных элементов в одну секцию.

Подогреватели секционного типа по сравнению со змеевиковыми обладают более высоким тепловым эффектом за счет улучшенного удаления конденсата, встречающего на своем пути меньшие сопротивления.

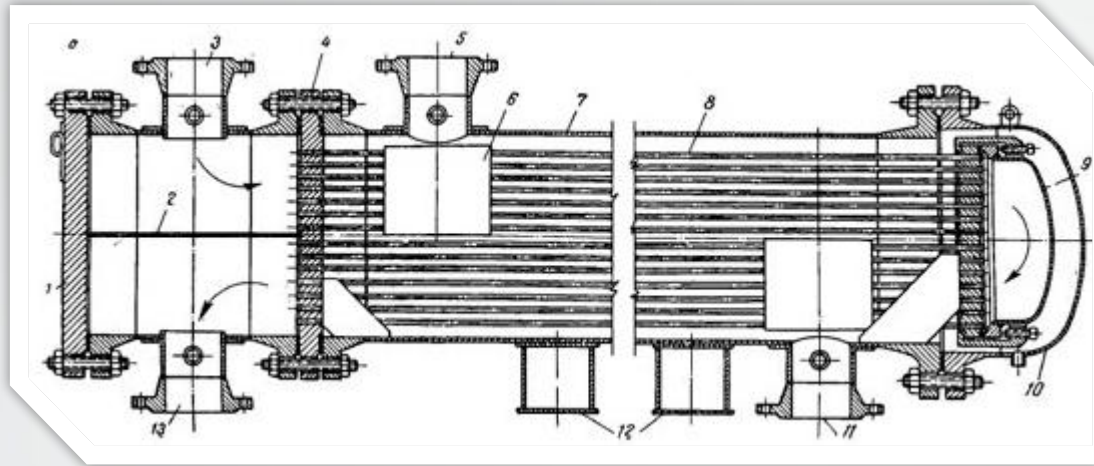
Недостатком подогревателей секционного типа является большое количество соединений, нарушающих их герметичность.

Подогреватели из ребристых труб



Ребра на трубах располагаются как вдоль трубы, так и поперек, причем они бывают приварными или литыми; последние изготавливаются вместе с трубами в виде сплошных отливок. Для уменьшения веса ребристых труб и расхода металла ребра делают утончающимися по поправлению к наружному краю. Применение ребристых труб сокращает размеры подогревателей и делает их компактными.

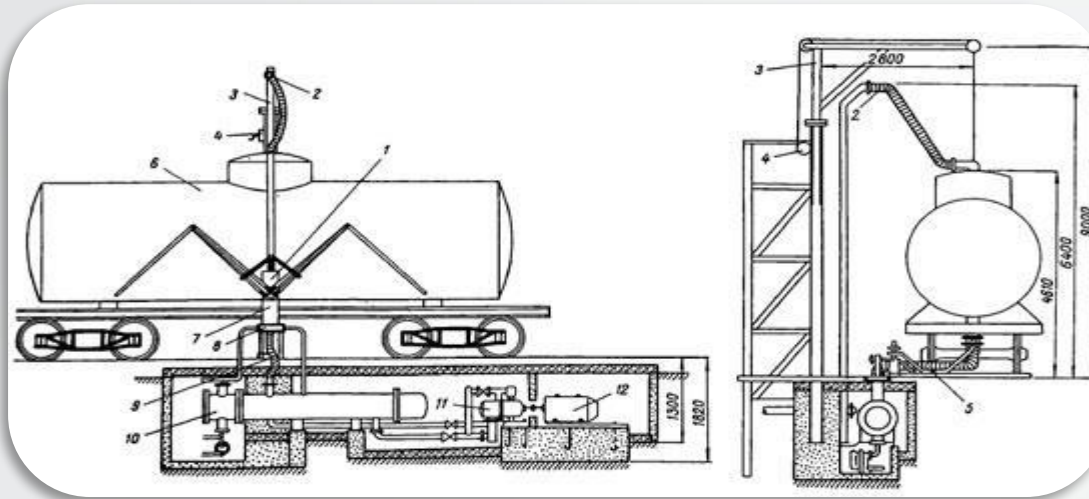
Подогрев в теплообменных аппаратах



Теплообменные аппараты для подогрева нефти и нефтепродуктов применяются при местном подогреве, в централизованных подогревательных пунктах и при путевом подогреве. Теплообменные аппараты являются трубчатыми подогревателями. Конструкции теплообменных аппаратов разнообразны.

При подогреве маловязких нефтепродуктов целесообразно применение схемы циркуляционного или направленного подогрева с централизованной теплообменной установкой. Такая схема имеет более высокие экономические показатели по сравнению с другими схемами подогрева. Сущность ее заключается в том, что нефтепродукт, остывший в хранилище, но не утративший текучести, постепенно перекачивают насосом через теплообменную установку, направляя его далее по назначению или возвращая обратно в то же хранилище; при этом температура нефтепродукта постепенно повышается.

Циркуляционный подогрев «горячим размывом»



Применяется при сливе нефтепродуктов из вагонов-цистерн. При этом способе продукт греется вне цистерны в теплообменном аппарате до высокой температуры и затем насосом под высоким давлением подается в вагон-цистерну. Горячая струя подаваемого насосом нефтепродукта размывает застывший продукт в вагоне-цистерне, перемещивается с ним и нагревает его. Подогретый нефтепродукт из вагона-цистерны откачивается насосом, часть его сливается в хранилище, а другая часть направляется в теплообменник для подогрева и последующего размыва. Эта операция производится до полного опорожнения вагона-цистерны.

Этот вид подогрева широкого распространения не получил, так как процесс подогрева ускоряется незначительно в связи с тем, что горячая струя в вязкой жидкости быстро гаснет, не успевая отдать своего тепла размываемой холодной среде. Кроме того, осуществление этого метода подогрева связано с использованием мощного оборудования (теплообменника, насосов и др.), сложностью управления и значительными капитальными затратами. Применяется он в отдельных случаях для слива одиночных цистерн с маслом и бензолом.

Подогрев в железнодорожных цистернах с паровыми «рубашками»



Вагоны-цистерны емкостью 50 м^3 с паровой «рубашкой» в нижней части котла имеют поверхность нагрева $28,4 \text{ м}^2$.

Сливной прибор цистерны имеет диаметр 200 мм и снабжен также паровой «рубашкой». Вдоль нижней части «рубашки» устроен специальный желоб для стока конденсата и отвода через нижний патрубок.

Пар (давлением не выше 0,3 МПа) подается по рукаву диаметром 32 мм в паровую «рубашку» цистерны, и через стенку котла нагревает тонкий слой нефтепродукта, граничащий со стенкой.

В результате нагрева происходит скольжение нефтепродукта по горячей поверхности стенки к сливному прибору и истечение в сливной желоб.

Однако у вагонов-цистерн с паровыми «рубашками» есть два существенных недостатка. Они имеют вес тары 26 т, что на $26 - 24,7 = 1,3$ т больше веса тары обычных цистерн. Увеличение веса тары составляет 5,3% и вызывает непроизводительное увеличение объема грузовых перевозок.

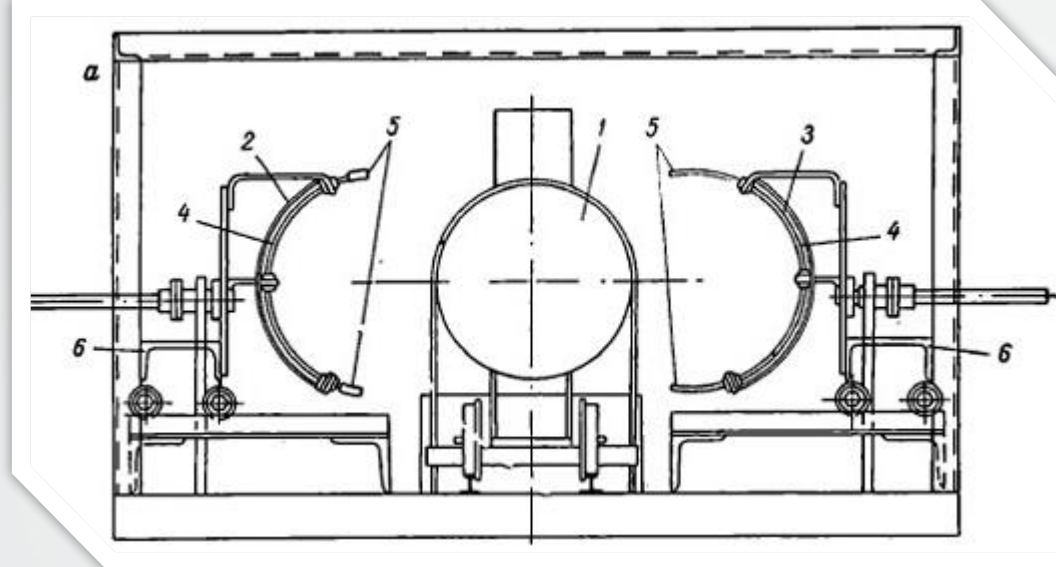
Электрический подогрев

Электроподогрев применяется для нефтепродуктов с высокой температурой воспламенения и коксования, обводнение которых недопустимо. Наиболее целесообразно применение электроэнергии для подогрева масел и других высоковязких нефтепродуктов. Подогрев осуществляется переносными погружными электрогрелками (электронагревателями сопротивления). При использовании электрогрелками необходимо обеспечить температуру поверхности проводников на $10-20^{\circ}\text{C}$ ниже температуры воспламенения нефтепродукта во избежание воспламенения его паров при обнажении электрогрелки.

Применение переносных погружных электрических подогревателей имеет существенный недостаток, являющийся общим недостатком для всех типов погружных подогревателей. Процесс разогрева осуществляется из середины разогреваемой среды, и тепловой поток направлен от середины к периферии.

Для осуществления слива вязкого нефтепродукта из вагона-цистерны с подогревом электрической грелкой требуется 4 подогревателя суммарной мощностью 140 кВт.

Электроиндукционный подогрев



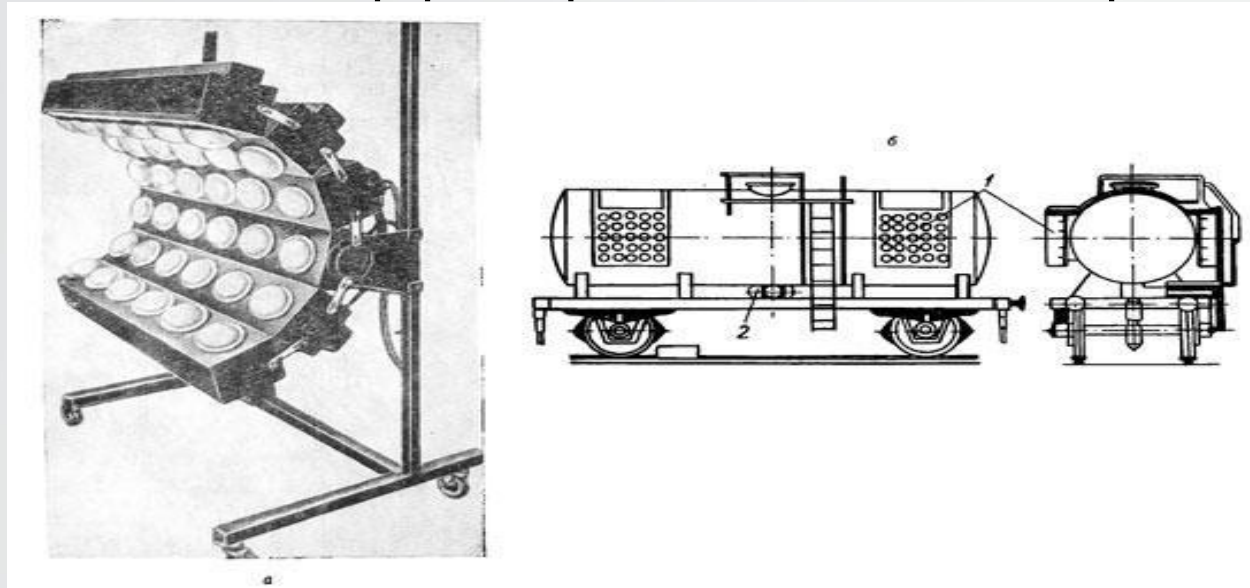
Наиболее эффективным методом подогрева с поверхности емкости является индукционный нагрев, заключающийся в сообщении тепла нагреваемой среде циркуляцией индуцированных в ней электрических токов.

Индукционный нагрев производится при помощи соленоида, выполненного из проволоки с малым омическим сопротивлением (медь, алюминий), внутри которого помещается подлежащая нагреву емкость или трубопровод с нефтепродуктом. Через соленоид пропускается электрический ток, который создает вокруг соленоида переменное магнитное поле, индуцирующее в стенках обогреваемого трубопровода или сосуда вторичный ток, преобразующийся в тепло.

Стоимость подогрева электроиндукционным методом по сравнению с подогревом открытым паром, оказалась ниже в 3-3,5 раза.

Недостатком метода индукционного нагрева является значительный расход электроэнергии в связи с большими потерями тепла в окружающую среду.

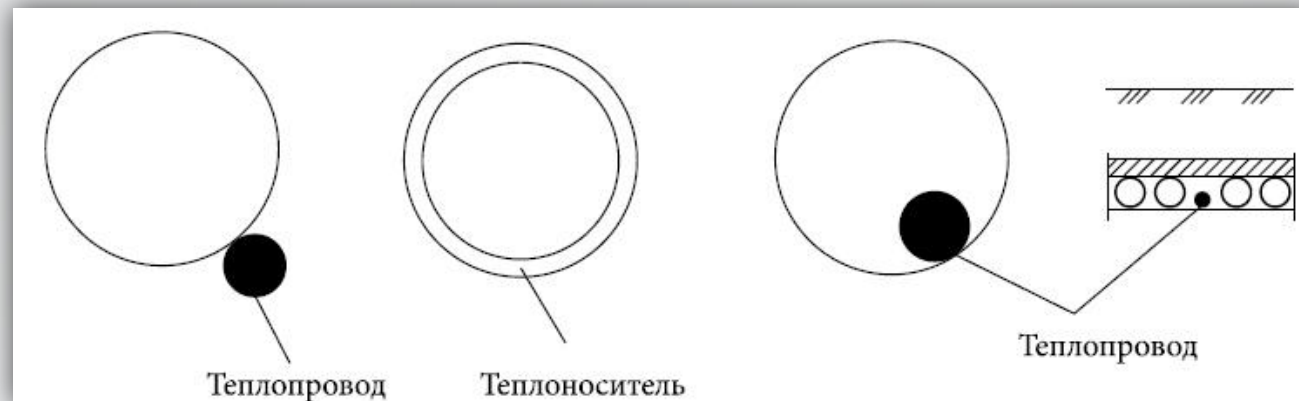
Инфракрасный подогрев



Самым совершенным способом подогрева нефтепродуктов в вагонах-цистернах, других емкостях и трубопроводах, по сравнению со всеми известными, является подогрев посредством инфракрасных излучателей. Способ подогрева состоит в том, что поток инфракрасных лучей от излучателей направляется на поверхность вагона-цистерны (трубопровода, емкости). Инфракрасные лучи нагревают металлическую поверхность, которая передает тепло прилегающему к ней пограничному слою нефтепродукта, вызывая при сливе скольжение нефтепродукта по горячей поверхности.

Излучатели с внешней стороны имеют тепловую изоляцию и весь поток тепловой энергии доходит до нагреваемой поверхности почти без рассеивания. Тепло, сообщаемое емкости, используется с высоким к. п. д., что сокращает мощность установки до приемлемых для практики величин.

Путевой подогрев



Путевой подогрев нефтепродуктов в трубе проводах применяется при перекачке по трубопроводам сгущающихся и вязких нефтепродуктов. Такое явление может иметь место в процессе перекачки, при недостаточном начальном подогреве нефтепродуктов, а также при закачке теплого нефтепродукта в холодный предварительно непрогретый трубопровод.

Обеспечить необходимую подвижность быстро застывающему нефтепродукту можно следующими способами: 1) организацией непрерывного путевого подогрева по всей длине трубопровода и 2) устройством подогревательных пунктов в некоторых его точках.

Применение путевого подогрева позволяет разогревать в короткие сроки застывший нефтепродукт или поддерживать необходимую для его перекачки температуру.

Путевой подогрев осуществляется греющими трубопроводами, проложенными внутри трубопроводов, транспортирующих вязкие нефтепродукты (внутренний подогрев), или снаружи (внешний подогрев).

Путевой подогрев возможно еще осуществлять и при помощи электроэнергии. В этом случае тело трубы используется в качестве нагреваемого проводника. Тепло, необходимое для нагревания нефтепродукта, генерируется в стенках трубы проходящим электрическим током.

Требования безопасности при эксплуатации

Предотвращение образования взрывопожароопасной среды должно обеспечиваться:

- автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением легковоспламеняющихся жидкостей (далее - ЛВЖ) и горючих жидкостей (далее - ГЖ);
- применением технических мер и средств защиты оборудования от повреждений и преждевременного износа;
- регламентированным контролем герметичности участков, узлов, со-единений, которые по условиям эксплуатации могут стать источниками выделений (пропуска) горючих газов;
- контролем среды, блокировкой средств управления, позволяющей прекратить образование взрывоопасной среды на ранней стадии;
- улавливанием паров взрывоопасной смеси и отводом их в емкость (конденсатор);
- применением технических средств и приемов, позволяющих максимально сократить вынужденный выброс (испарение) горючих веществ;
- применением замкнутой системы сбора взрывоопасной смеси по типу сообщающихся сосудов.

Предотвращение образования во взрывоопасной среде источников зажигания должно достигаться:

- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси;
- применением приемов и режимов технологического процесса, оборудования, удовлетворяющих требованиям электростатической безопасности;
- устройством и регулярной проверкой молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;
- применением искрогасителей и искроулавливателей;
- использованием неискрящего инструмента при работе с оборудованием, содержащим ЛВЖ и ГЖ;
- контролем температуры нагрева машин, механизмов, подшипников, устройств, которые могут войти в контакт с горючей средой;
- устранением контакта с воздухом пирофорных веществ;
- выполнением требований нормативной технической документации, правил промышленной безопасности.

Заключение

Для подогрева нефти и нефтепродуктов применяются различные теплоносители: водяной пар, горячая вода, горячие нефтепродукты, горячие газы, высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ), а также электроэнергия.

Водяной пар является наиболее удобным, распространенным и доступным теплоносителем. Он обладает большим теплосодержанием, высоким коэффициентом теплоотдачи, легко транспортируется и в большинстве случаев не представляет пожарной опасности для паров нефтепродуктов.

Горячая вода как теплоноситель имеет меньшее теплосодержание, чем водяной пар (в 5-6 раз). Применение горячей воды для подогрева нефти и нефтепродуктов целесообразно только при получении больших количеств ее, не используемых на производстве. Использование горячей воды рационально при водозеркальном подогреве нефтепродуктов, который, однако, в настоящее время имеет ограниченное распространение.

Горячие нефтепродукты применяются для подогрева тугоплавких нефтепродуктов (пеков, битумов и т.д.). При подогреве паром, имеющим высокую температуру, такие нефтепродукты коксуются, отлагается нагар на трубках подогревателя, чем ухудшается процесс подогрева.

Электрическая энергия является весьма эффективным теплоносителем, но применение ее ограничивается пожарной опасностью, возникающей при обнаженной электрогорелке с накаливающей проволокой, способной вызвать воспламенение паров нефтепродуктов. Электроподогревательные устройства отличаются компактностью и удобством в обслуживании. Применение электроподогрева рентабельно при наличии дешевой электроэнергии.

Таким образом, для правильного выбора способа обогрева резервуаров или нагрева хранимого продукта требуется учет всех возможных факторов температурного воздействия и свойств среды. Так же выбор нужно производить исходя из наличия или отсутствия необходимых элементов для работы обогревателя (вода, пар, электричество). Так же необходимо учитывать требуемую скорость разогрева и цель применения данных систем.

К числу способов подогрева, получивших наибольшее распространение, относятся: 1) подогрев открытым паром; 2) подогрев при помощи подогревателей (переносных и стационарных); 3) циркуляционный подогрев «горячим размывом»; 4) подогрев при помощи электроэнергии (электроподогрев).



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ