

## **СИСТЕМА ПОДОГРЕВА НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ НЕФТЕБАЗ И ТАНКАХ СУДОВ**

**Юсупов А.А.**

*Осы жұмыс құю құралдарының өнімділігін, сонымен қатар құюп алғаннан кейін қалдықтың ең аз мөлшерде қалуын қарастырады.*

*Данная работа рассматривают производительность перекачивающих средств, а также выгрузка с минимальными «мертвыми» остатками.*

*The given work consider (examine) productivity перекачивающих of means, and also unloading with the minimal "dead" rests.*

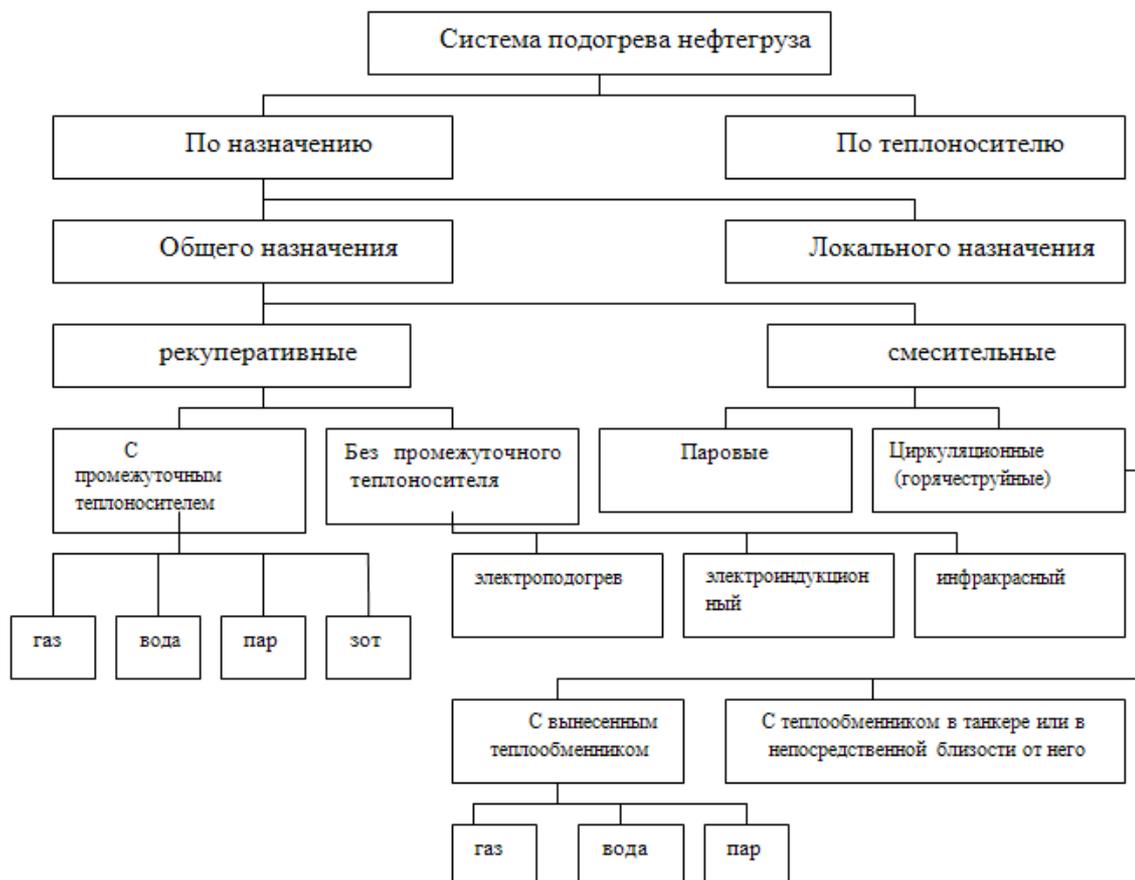
В Казахстане более 60 млн. тонн нефтепродуктов перевозится внутренним водным транспортом и этот объем ежегодно растет, что связано, в первую очередь, со снижением себестоимости перевозок, по сравнению с параллельно действующими трубопроводами.

Перевозки высоковязких нефтепродуктов определяют конструктивные особенности нефтеналивных танкеров, а также технологические схемы перегруза в танкера и из танкеров в нефтеналивные терминалы.

В основном, танкера и резервуары оборудуют специальными системами подогрева нефти с целью обеспечения производительной погрузки и выгрузки. Классификация систем подогрева приведена на рис.1.

Расчеты и выбор оптимальных вариантов технологических схем хранения и транспортировки высоковязких нефтей, проектирование и дальнейшая эксплуатация систем подогрева связаны с расчетами теплотерь. Методы расчета теплотерь разрабатываются на основе результатов исследования теплообмена. Особенности теплообмена связаны с физическими свойствами высоковязких нефтепродуктов, особенностями граничных, начальных условий, временных обусловленных конструкцией емкости.

Кроме того, процесс теплообмена между нефтегрузом и днищем емкости зависит от характера технологической операции (остывание, подогрев, выгрузка) и способа подогрева (циркуляционный подогрев, с помощью трубчатого подогревателя), а также при изменяющейся во времени температуре нефтегруза. Большинство высоковязких нефтей теряют подвижность при температуре застывания.



**Рис. 1. Классификация систем подогрева**

По назначению систем подогрева можно разделить на общие, т.е. предназначенные для повышения температуры всей массы груза, и местные, или локальные, предназначенные для повышения температуры нефтепродукта в небольшой по сравнению с общим объемом части емкости.

Местные системы подогрева используют в резервуарах нефтебаз для выгрузки небольшого количества нефтегруза из резервуаров большого объема, а в нефтеналивных судах для улучшения условий перетекания нефтегруза через переборочные клинкеты и другие местные сопротивления. Их применение для подогрева нефти и нефтепродуктов системы целесообразно только при наличии больших количеств воды или газа, не используемых на производстве. Так, горячая вода из системы охлаждения и дымовые газы главных двигателей судна используют как теплоносители в циркуляционной системе подогрева на танкере «Астана» грузоподъемностью 12000 т.

По способу переноса тепла общие системы подогрева можно разделить на рекуперативные (поверхностные), в которых тепло от греющей среды передается нефтегрузу через твердую поверхность, и смесительные, в которых теплообмен происходит при непосредственном контакте (смешении) греющей и нагреваемой среде.

Рекуперативные системы подогрева могут быть с промежуточным теплоносителем (газовые, паровые, водяные, с высокотемпературным органическим теплоносителем) и без промежуточного теплоносителя (электрические, электроиндукционные и инфракрасные).

Смесительные системы подогрева бывают обычно паровые или, так называемые, циркуляционные (горячеструйные), использующие в качестве

промежуточного теплоносителя дымовые газы, воду и пар. В горячеструйных системах подогрева нефтегруз в емкости подогревается при смешивании нефтепродукта в емкости со струей нефтепродукта, подогретого в теплообменнике одним из указанных теплоносителей. При этом теплообменник может быть установлен непосредственно в емкости или вынесен за ее пределы.

Из теплоносителей, используемых в системах подогрева, широкое распространение получил водяной пар, так как он наиболее удобен и доступен. Водяной пар обладает большим теплосодержанием, легко транспортируется и в большинстве случаев не представляет пожарной опасности для паров нефтепродуктов. Кроме того, при конденсации пара процесс теплообмена между паром и поверхностью подогревателя идет достаточно интенсивно.

Горячая вода, а тем более газ, как теплоносители, имеют значительно меньшее теплосодержание по сравнению с водяным паром.

Применение такого способа подогрева позволяет избежать загрязнения питательной воды вспомогательной парогенераторной установки на дизельных судах, а в некоторых случаях вообще обойтись без парогенератора.

Система подогрева груза с помощью термических жидкостей имеет большое сходство с паровой системой, а установка нагревания жидкостей во многом напоминает парогенераторную установку. В состав установки [1] входят нагреватель, циркуляционный насос (для повышения надежности могут быть два насоса), расширительная цистерна и деаэрактор.

Несмотря на некоторые трудности (разработка и установка нагревателя, создание запаса теплоносителя и обеспечение герметичности системы, перекачивание жидкости с большой температурой и др.), систему подогрева груза с использованием термических жидкостей следует считать перспективной.

Смесительные паровые системы подогрева разогревают нефтепродукт открытым («голым» или «острым») паром. Их используют главным образом для подогрева топочного мазута перед сливом из вагонов цистерн или перед выкачкой из нефтеналивных барж, не имеющих подогревателей. Разогрев открытым паром применяют и при хранении застывших нефтепродуктов в ямах. При подогреве пар барботирует через слой разогреваемого нефтепродукта. Существенным недостатком этой системы подогрева, практически исключающим возможность ее применения в большинстве случаев, является значительное обводнение подогреваемого груза.

Из смесительных систем подогрева в последние годы все большее распространение получает на речных нефтеналивных судах циркуляционная (горячеструйная) система подогрева груза. Сущность горячеструйного подогрева заключается в том, что тепло, полученное нефтепродуктом в специальном теплообменнике, переносится в общую массу груза с помощью горячей струи. Подача горячей струи в толщу груза вызывает механическое и конвективное перемешивание, что приводит к выравниванию и повышению температуры всей массы груза в емкости. Для прокачивания нефтепродукта через систему подогрева используют зачистные или специально устанавливаемые дополнительные насосы.

Горячеструйный подогрев имеет преимущества перед другими системами подогрева. При этом способе подогрева сокращается зачистка танков после выгрузки.

Необходимо также отметить особенность использования системы горячеструйного подогрева, имеющей один циркуляционный насос. При наличии одного насоса одновременный подогрев груза возможен в одном (максимум в двух) танке, так как при подогреве большего числа танков одновременно возникает опасность перераспределения груза, переполнения отдельных танкеров и нарушения дифферентовки судна. Поочередной подогрев танков требует повышенного внимания обслуживающего персонала, а установка циркуляционных насосов на каждый танк или на два танка существенно снижает экономичность системы подогрева.

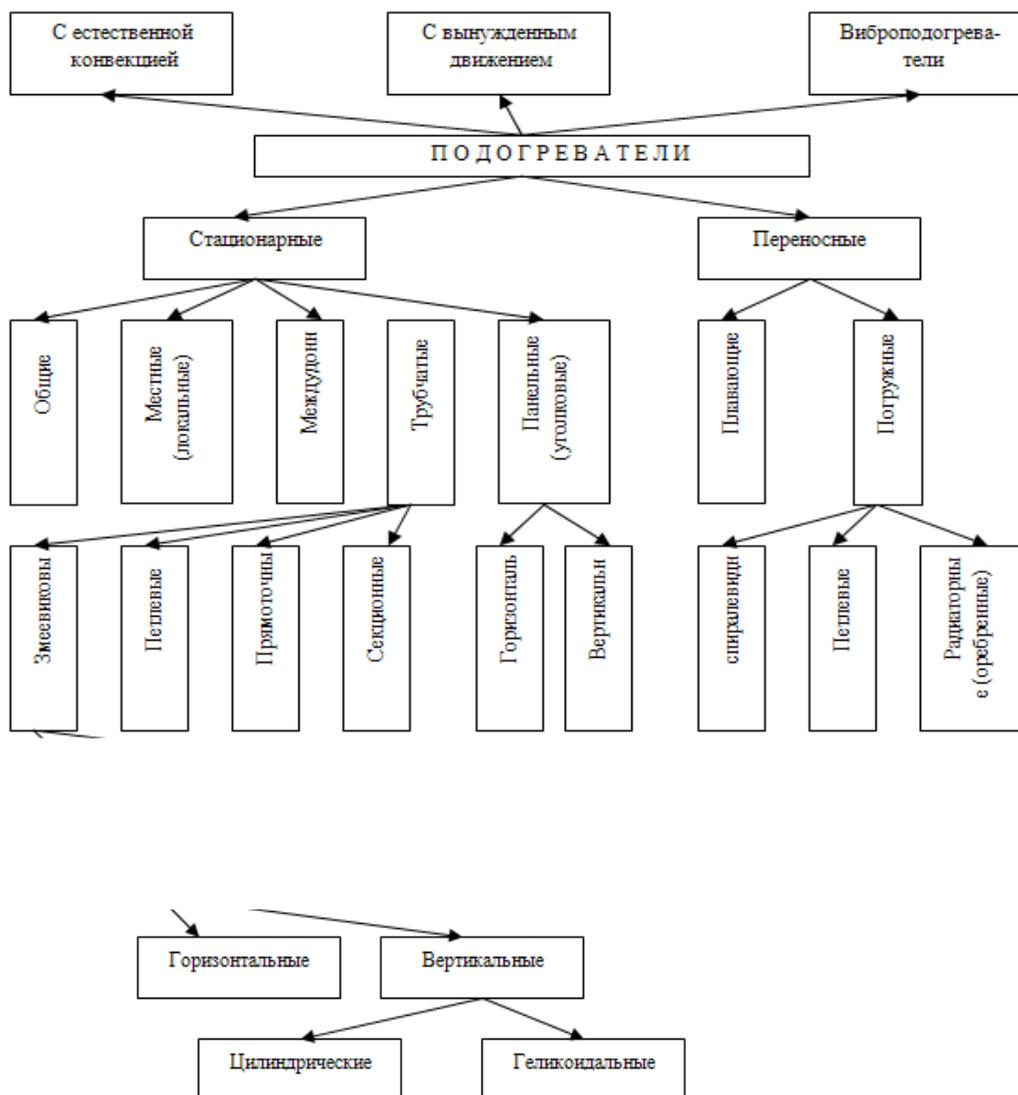
Системы подогрева, использующие электрические подогреватели, а также электроиндукционный и инфракрасный подогрев применяют для подогрева нефтегрузов в небольших емкостях, преимущественно в вагонах-цистернах.

Основным элементом системы подогрева является собственно подогреватель, непосредственно передающий тепло подогреваемому нефтепродукту.

Поскольку в большинстве систем подогрева основным термическим сопротивлением теплообмена является термическое сопротивление теплоотдачи от поверхности подогревателя к нефтепродукту, применение подогревателя с вынужденным движением нефтепродукта или виброподогревателя существенно интенсифицирует процесс теплообмена, а следовательно, уменьшает поверхность теплообмена, делая подогреватель более компактным. Однако для создания вынужденного движения подогреваемого нефтепродукта требуются дополнительные затраты энергии.

За рубежом разработаны конструкции вертикальных многоярусных геликоидальных подогревателей из алюминиевой латуни для подогрева нефтегруза в морских танкерах и нефтенавалочниках [1]. Испытание таких подогревателей показало, что нефтегруз вблизи них сильно перегревается и при достижении свободной поверхности растекается по ней, образуя слой горячего нефтепродукта. В результате этого существенно возрастают потери тепла через палубу (крышу) емкости. Нижние слои нефтепродукта прогреваются плохо, что приводит к образованию значительных «мертвых» остатков после выгрузки [2].

Классификация подогревателей приведена на рис. 2.



**Рис. 2. Классификация подогревателей**

Из стационарных подогревателей наибольшее распространение получили трубчатые подогреватели. В морских нефтеналивных судах применяют обычно подогреватели следующих типов:

- змеевиковые и секционные с продольным или поперечным расположением (относительно диаметральной плоскости) греющих элементов;
- петлевые с продольным расположением петель;
- прямоточные с параллельным и встречным движением пара по ветвям.

В резервуарах нефтебаз чаще всего используют секционные (батареиные) подогреватели. Подогреватели могут быть изготовлены из разных материалов (сталь, чугун, алюминий, алюминиевая латунь). В настоящее время за рубежом все шире применяют алюминиево-латунные трубы. Значительные затраты на изготовление подогревателя из латунных труб окупаются за счет увеличения срока службы подогревателей, т.е. за счет снижения затрат на ремонт подогревателей. В зарубежной практике известны случаи, когда подогреватели из алюминиево-латунных труб эксплуатировались 20 лет без существенного ремонта.

Горизонтальные трубчатые подогреватели, в отличие от других типов подогревателей, обеспечивают равномерный разогрев всей массы нефтегруза от плоскости подогревателя вплоть до свободной поверхности нефтепродукта в емкости. Это важное преимущество данного типа подогревателей. В то же время слои нефтепродукта, расположенные ниже плоскости подогревателя, прогреваются значительно хуже, так как прогрев этой области идет путем переноса тепла от основной массы нефтегруза теплопроводностью. Часто для хорошего прогрева нижних слоев нефтегруза приходится нагревать основную массу нефтепродукта до температур более высоких, чем это требуется для выгрузки основного груза, особенно, если нефтепродукт имеет высокую вязкость. Хороший прогрев нижних слоев нефтепродукта необходим для того, чтобы исключить чрезмерно большой «мертвый» остаток после выгрузки.

Для уменьшения величины «мертвого» остатка весьма перспективно применять междудонный подогрев. При этом пар по перфорированным трубам подается непосредственно под днище емкости в судах с двойным днищем. Пар, конденсируясь на поверхности днища, нагревает его, а от него подогревается и нефтегруз в емкости. При выгрузке нефтепродукт скользит по подогреваемой поверхности днища емкости, в результате выгрузка нефтепродукта осуществляется практически насухо.

Конечно, тепловой КПД такого способа подогрева не очень высок, так как большая часть подаваемого пара будет конденсироваться на поверхностях междудонного пространства, омываемых забортной водой. Поэтому применение этого способа для подогрева всей массы груза нецелесообразно, однако сочетание донного подогрева нефтегруза в конце выгрузки с подогревом основной массы груза с помощью других систем подогрева заслуживает внимания. Для практического использования этого способа необходимо решить ряд вопросов:

- осушение междудонного пространства;
- защита от коррозии металла корпуса;
- защита от смятия корпуса судна при полной конденсации после прекращения подачи пара и др.

Большой интерес представляет применение для подогрева нефтегруза так называемых донных угольковых подогревателей. Такие подогреватели были разработаны фирмой «Гетаверкен» для нефтенавалочников и применены на первом советском нефтенавалочнике грузоподъемностью 105 тыс. т «Маршал Буденный» [1]. В рассматриваемой конструкции каналы для прохода пара образуются угольниками, приваренными двумя кромками к переборке или днищу емкости с внешней стороны. Различные испытания позволили установить наиболее надежный способ сварки, эффективные способы снижения термических напряжений в местах приваривания угольников, а также варианты их оптимальных расположений. В качестве исходных данных при проектировании систем подогрева необходимо знать не только тип подогревателя и теплоносителя, но и тепловую нагрузку подогревателя. Ее рассчитывают с учетом теплотерь в окружающую среду через ограждающие поверхности емкостей и времени, за которое необходимо нагреть нефтегруз до заданной температуры. От точности расчета теплотерь во многих случаях зависит точность определения и тепловой нагрузки подогревателя, а

следовательно, и надежность всего расчета системы подогрева. В настоящее время в Казахстане и за рубежом накоплен материал по этой проблеме, который можно использовать при проектировании систем подогрева.

#### **Литература:**

1. Костылев И.И. Подогрев груза на танкерах. Л., Судостроение, 1976.
2. Couchman A.A.Y., Dowie W.F., McClimant W. Heating of High – Viscosity Oil Cargoes. – Trans. Inst. Mar. Eng., 1966.