

УДК 621.1.016

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ  
ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ, ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ  
ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ.**

**Шенин В.М.** (Университет ИТМО)

**Научный руководитель – к.т.н, доцент Никитин А.А.**

(ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**к.т.н, доцент Кривошеев В.Е**

(ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет)

**Аннотация:** Одной из проблем при транспортировании нефтепродуктов является их повышенная вязкость. Высокая вязкость негативно сказывается на расходно-напорных характеристиках перекачивающего оборудования и приводит к увеличению энергозатрат на транспортирование. Используя метод предварительного нагрева нефтепродуктов можно снизить влияние этих негативных факторов.

**Введение.** Нефть в России транспортируется многочисленными способами один из них - транспортирование при помощи трубопроводов. Транспорт нефти по территории нашей страны с использованием существующих трубопроводов удобен и экономичен. Расход в трубопроводе зависит от скорости движения нефти и гидравлического сопротивления магистрали. Особенностью, и основной проблемой значительной части нашей нефти и нефтяных продуктов [1] является их повышенная вязкость Она становится причиной ламинарного режима течения. Если проанализировать поле скорости движения в поперечном сечении трубы, то можно сделать вывод о том, что скорость неравномерная и имеет параболический профиль [2]. Вязкая жидкая среда приобретает слоистую структуру. Слои двигаются параллельно оси трубопровода, преодолевая значительные касательные напряжения в соответствии с законом Ньютона [3,4]. Отметим, что высокое значение вязкости нефти значительно снижает среднюю скорость движения нефти в трубопроводе и как следствие происходит снижение расхода перекачиваемого продукта. Снизить величину вязкости нефти и увеличить среднюю скорость движения по магистральному трубопроводу можно посредством подогрева перекачиваемой среды.

**Основная часть.** Цель работы – создание упрощенной конструкции пунктов подогрева нефти, и сохранение прямого движения нефти по трубопроводу, снижение гидравлических потерь при сохранении средних скоростей и расходов в магистрали.

На сегодняшний день для того, чтобы транспортировать нефть по трубопроводам используют путевые подогреватели. Они представляют собой типовые многотрубчатые конструкции, теплоносителем в которых является горячая вода. Движущаяся по магистральному трубопроводу нефть поступает в контур путевого подогревателя, в котором происходит ее нагрев. Данная схема подогрева является сложной и высокзатратной как энергетически, так и финансово. Одним из способов решения данной проблемы мы предлагаем использовать основную магистральную трубу и монтировать теплообменный аппарат на ней.

Стоит отметить, что прогреву перекачиваемой нефти через стенки основного трубопровода препятствуют теплофизические особенности потока [1,5]. А именно, пристенные слои движутся с низкими скоростями. А также одна из особенностей заключается в том, что в противоположность турбулентному движению конвективный теплообмен ламинарных слоёв отсутствует. Коэффициент теплопроводности нефти, мазута, других нефтепродуктов имеет достаточно низкое значение. Следовательно, теплопроводность в ламинарно движущейся нефти не успевает отвести от нагретой стенки трубопровода достаточное количество теплоты. В следствии чего происходит перегрев пристенного слоя

нефти что приводит к образованию паров нефти, её легкокипящих составляющих. По этой причине температуру нефти у самой стенки трубопровода приходится поддерживать не выше  $100^{\circ}\text{C}$  поскольку образование паров и т.д. приводит к неоднородности потока.

Рассмотрим глубину прогрева пристенного слоя нефти. С учетом того, что слой неподвижный и плоский. Теплообмен осуществляется теплопроводностью внутри нефтепродукта, конвективная составляющая теплообмена отсутствует. Для решения поставленной задачи использовался метод

В результате решения имеем следующее: равномерно разогретую нефть можно подавать с большей средней скоростью и большим объёмным расходом, чем неравномерно разогретую в теплообменном аппарате нефть. Однако, разогрев нефти в теплообменном аппарате так же имеет достаточно высокую эффективность, но уступает результатам подачи нефти с равномерно разогретой нефтью в существующих промежуточных подогревателях. Нагретая предлагаемым теплообменным аппаратом нефть имеет то же значение скорости на оси, что и холодная нефть:  $0,76\text{м/с}$ . Отметим что, поле скоростей потоков совпадают почти по всему сечению трубы. В пристенных слоях проявляется заметное преимущество разогрева нефти теплообменным аппаратом. А именно, скорость нефти у стен составляют  $9,1\text{м/с}$  и менее  $0,4\text{м/с}$  на оси трубопровода (нефть с температурой  $20^{\circ}\text{C}$ ). Такое существенное различие возникает благодаря сильному снижению вязкости возле стен обогреваемой трубы, нагретой теплообменным аппаратом.

## **Выводы.**

От наружного охлаждения на участках между модернизированными путевыми подогревателями основную трубу будет защищать тепловая изоляция. Она снизит влияние охлаждения и даст возможность обеспечить большой объёмный расход между пунктами подогрева.

Подогрев нефти в самой магистральной трубе нефтепровода снижает гидравлические потери и значительно облегчает организацию транспорта нефти. Устраняется необходимость в больших теплообменных аппаратах-подогревателях и их обслуживание.

Работа подогревателей нефтяных продуктов с теплообменными аппаратами, установленными на магистральной трубе, на основании выполненного анализа, показала высокую эффективность. Конструктивные характеристики теплообменного аппарата уточняются в процессе дальнейшей проектной работы.

## **Список литературы.**

1. Гусев, А. А. Механика жидкости и газа : учебник для вузов / А. А. Гусев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 232 с
2. Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных математической физики. – М.: Высшая школа, 1970. – 712 с.
3. Кудинов И.В., Кудинов В.А Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях: Монография\* 2020 г. / и др.. - Б. м. : Лань-Трейд, 2020. - 208 с.
4. Кудинов В. А., Карташов Э. М. Гидравлика; под редакцией В. А. Кудинова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 386 с
5. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. – Л.: Машиностроение, 1969. – 529 с.