

# Снижение гидравлического трения в магистральном трубопроводе путем использования противотурбулентных присадок

Выполнил

ст. группы ММТ56-22-01

Проверил

доцент, к.т.н.



А.Н. Насырова

Р.А. Фазлетдинов

**Актуальность работы** связана с возрастающим интересом к применению полимерных добавок в отрасли трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.

Увеличение добычи нефти в последние годы приводит к тому, что возникает необходимость транспортировать большее количество добытой нефти. Возрастает загруженность сети нефте- и нефтепродуктопроводов, которая приводит к росту турбулентного сопротивления трения и, как следствие, росту энергозатрат. Однако гидравлическое сопротивление может быть в значительной степени уменьшено посредством ввода весьма малой добавки полимера – противотурбулентной присадки (ПТП).

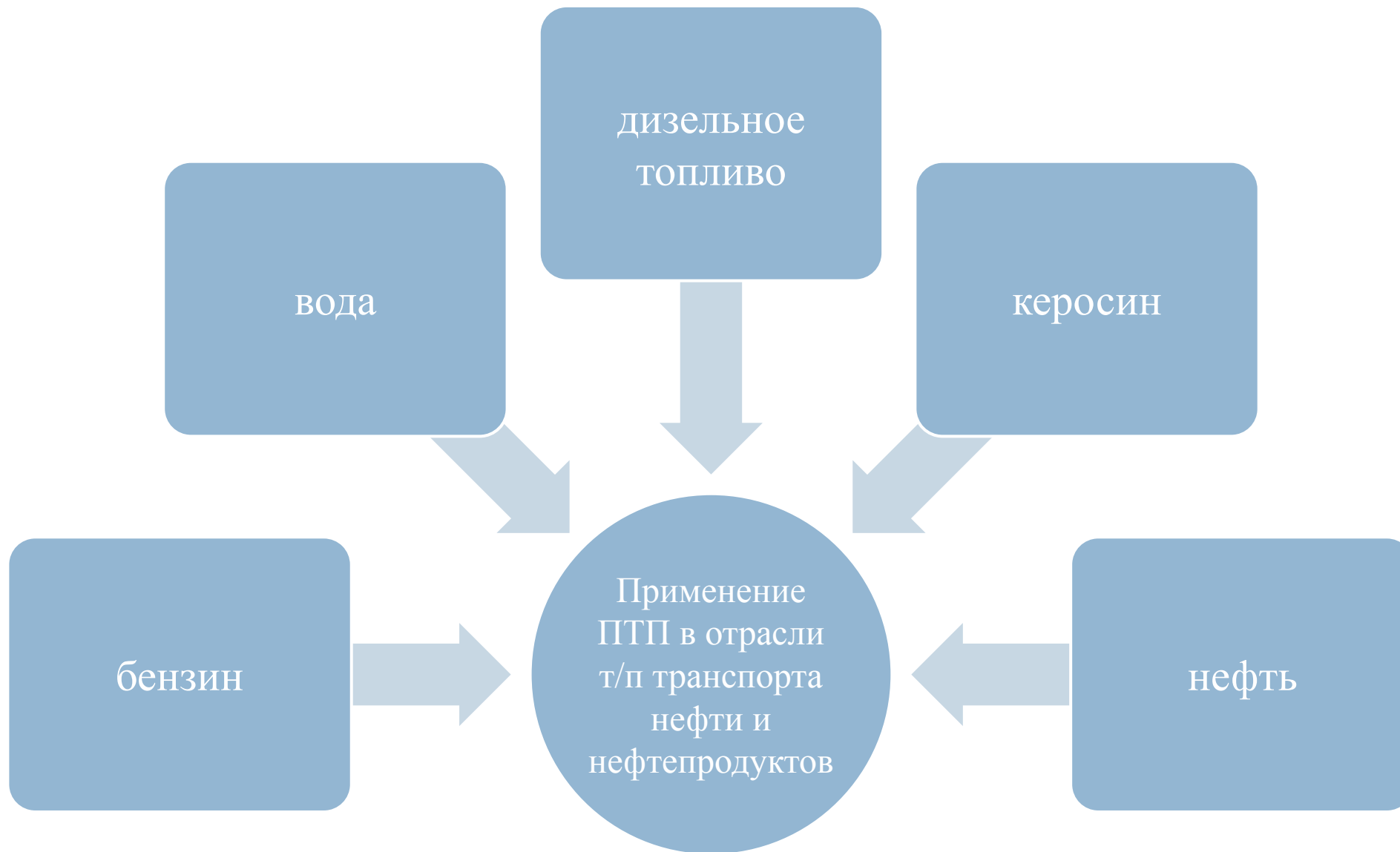
**Практическая значимость работы** заключается в следующем:

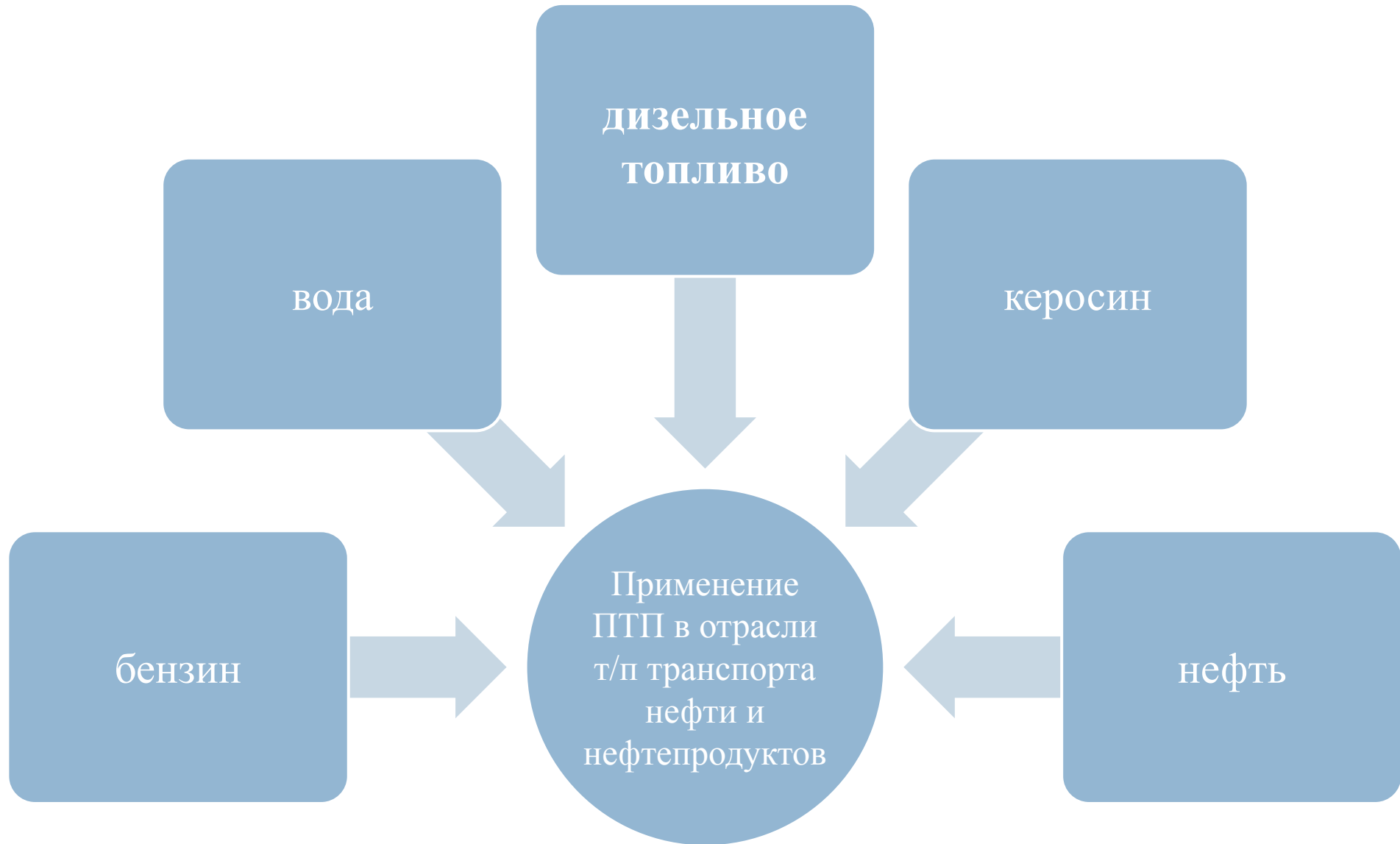
1. Результаты исследований позволяют масштабировать лабораторные измерения эффективности противотурбулентных присадок и переносить их на условия промышленной эксплуатации.

**Объект науки:** течение жидкости при использовании противотурбулентных присадок.





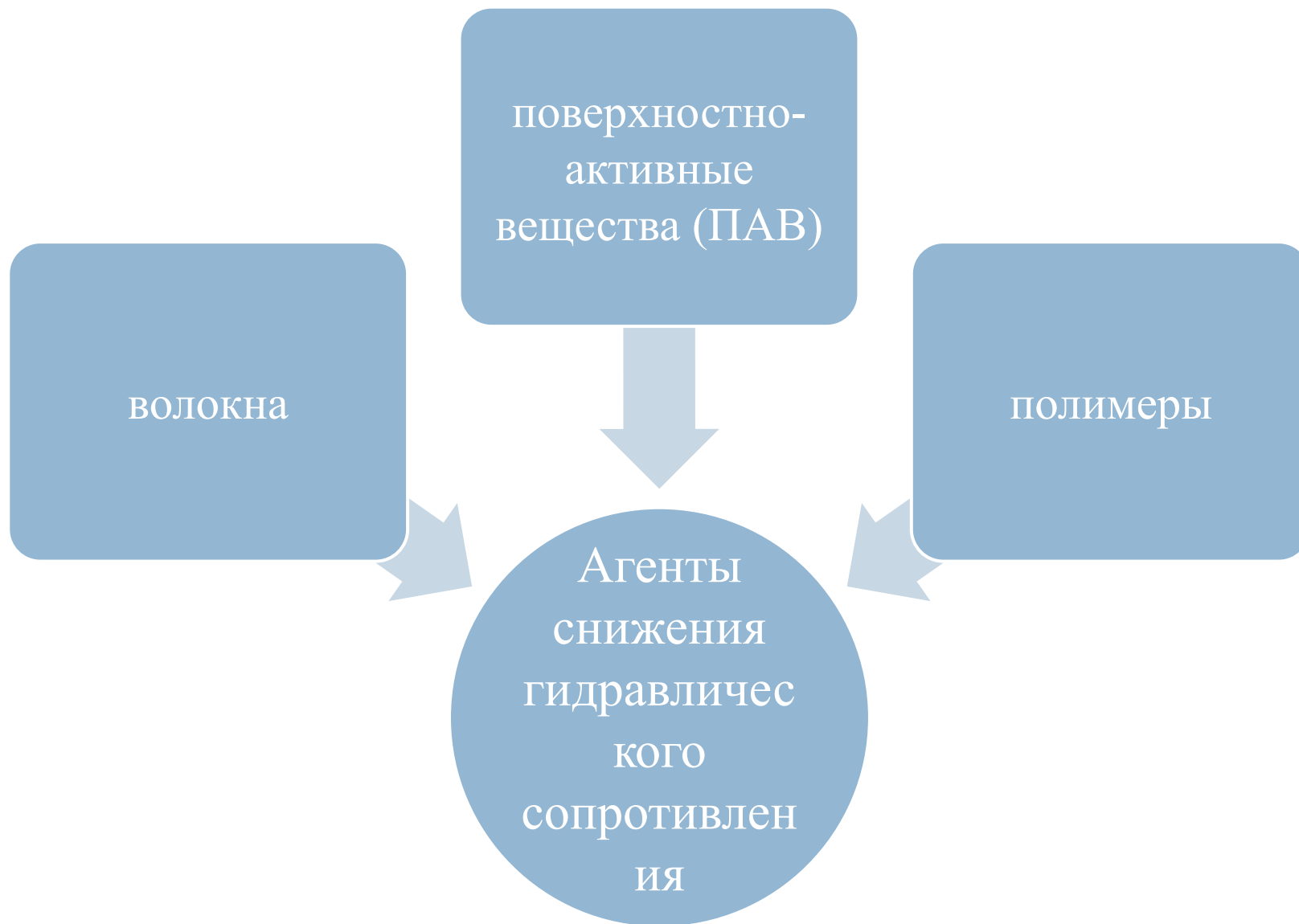










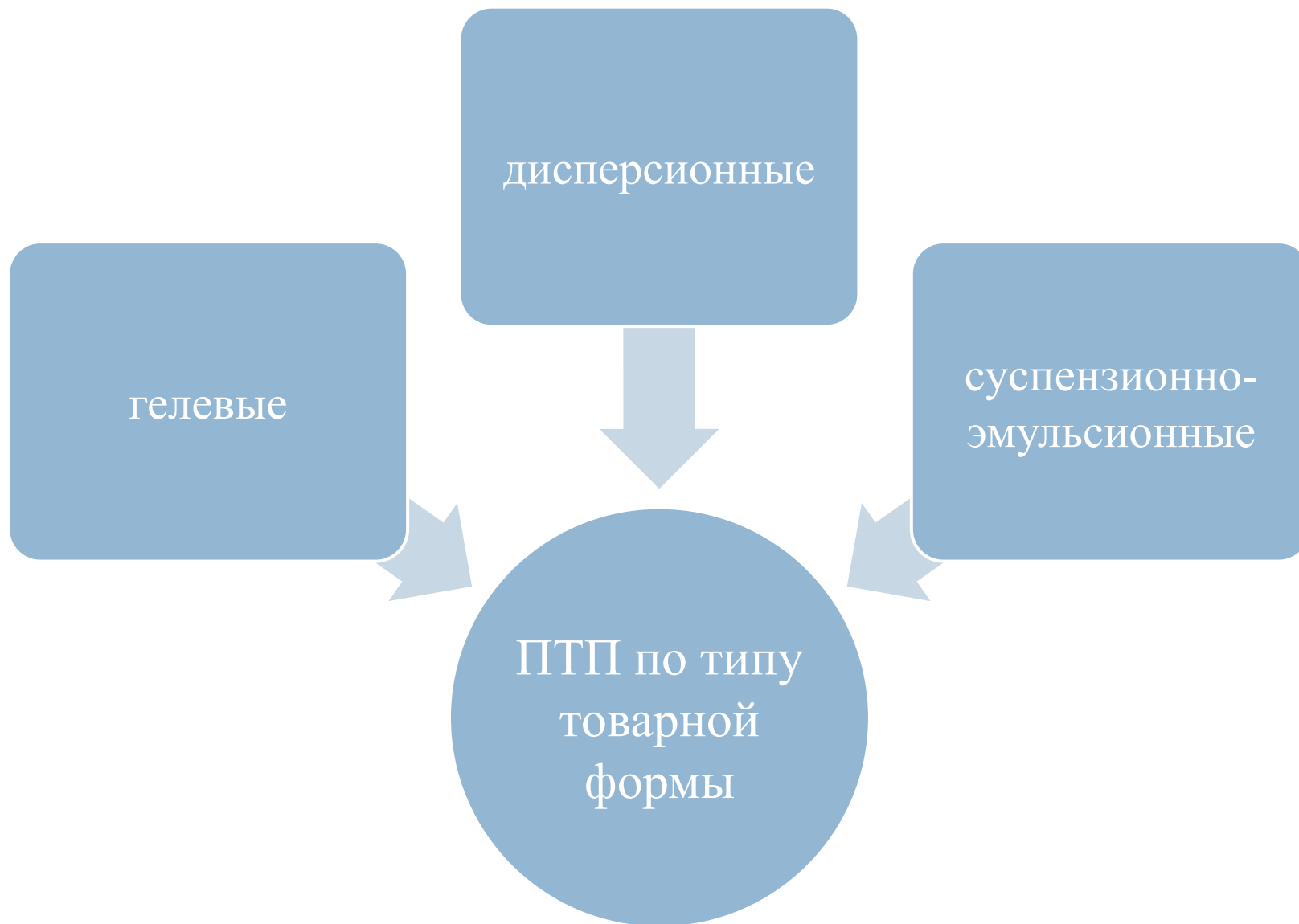


**Волокна** химически и механически устойчивы в водной среде, нечувствительны к материалу трубы и температуре. Однако у волокон есть существенный недостаток: их применение может вызвать заторы в трубопроводе из-за их высокой концентрации.

**Полимеры** как агенты снижения сопротивления имеют серьезный недостаток – они постоянно деструктируют в области больших сдвиговых или растягивающих напряжений. Особенно чувствительны к деструкции высокомолекулярные полимеры, и скорость механической деструкции тем выше, чем больше молекулярная масса.

Преимуществом **ПАВ** перед полимерами является способность их наноструктур к самосборке после разрушения под действием сдвига.







## Гелевые ПТП

- CDR 102
- FLO
- HIPR
- Necadd 547
- X-PAND
- Виол

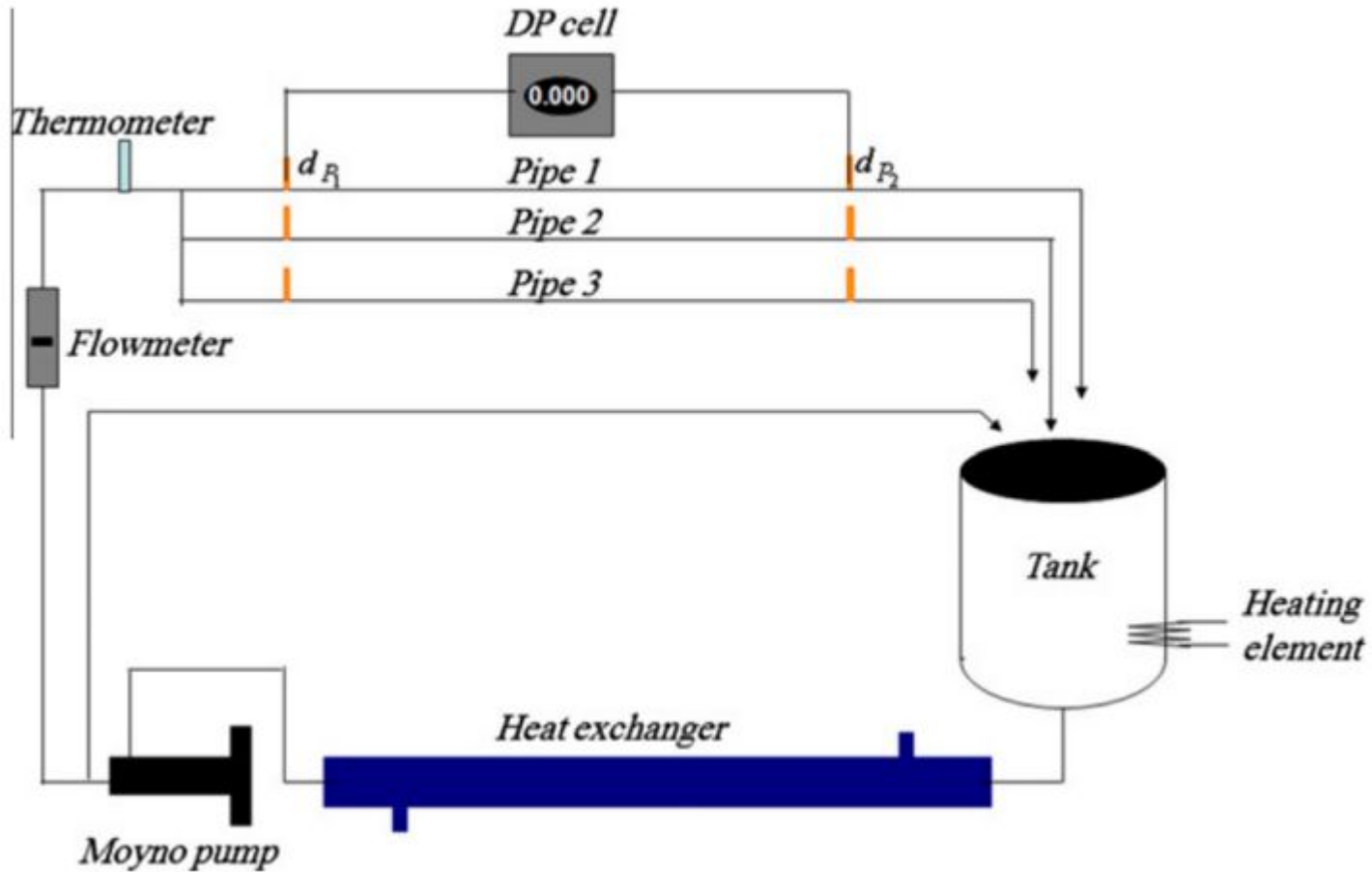
## Дисперсионные ПТП

- FLO MXA
- FLO XL
- Liquid Power
- Necadd 447
- M-FLOWTREAT
- Альфакаучук-С
- Колтек ПТН 3170
- ТурбулентМастер 8010

**Объект науки после детализации:** течение дизельного топлива по трубопроводу круглого сечения с использованием дисперсионной противотурбулентной присадки Necadd 447.



# **Анализ влияющих факторов в трубах малого диаметра и промышленных трубопроводах**



В работах Х. Карами, Н. Бермана и др. приведены результаты опытных испытаний полимерных агентов снижения гидравлического сопротивления на экспериментальных трубчатых установках малого диаметра (рис. 1).

Рисунок 1 – Экспериментальные трубы малого диаметра

■ По результатам эксперимента гидравлическая эффективность противотурбулентных присадок (на основе  $\alpha$ -полиолефина, полипропилена, полиэтиленгликоля, сополимеров этилена и пропилена) рассчитывалась по данным изменения перепада давления на измерительном участке трубопровода при постоянном расходе потока:

$$DR_Q = \left( 1 - \frac{\Delta P_{\text{ПТП}}}{\Delta P_0} \right) \cdot 100\%,$$

где  $\Delta P_{\text{ПТП}}$ ,  $\Delta P_0$  – перепад давления в трубе малого диаметра с ПТП и без ПТП соответственно.

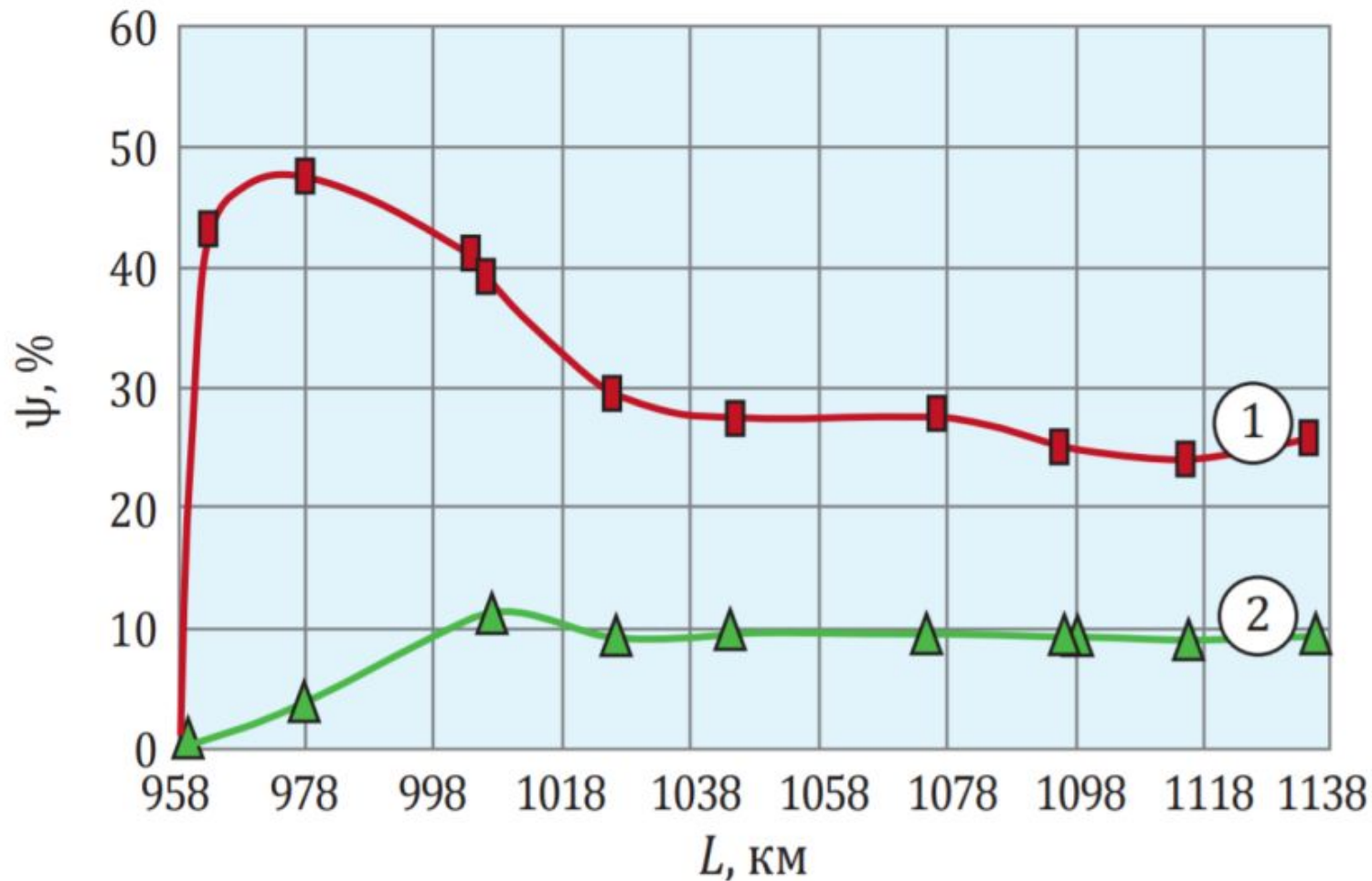
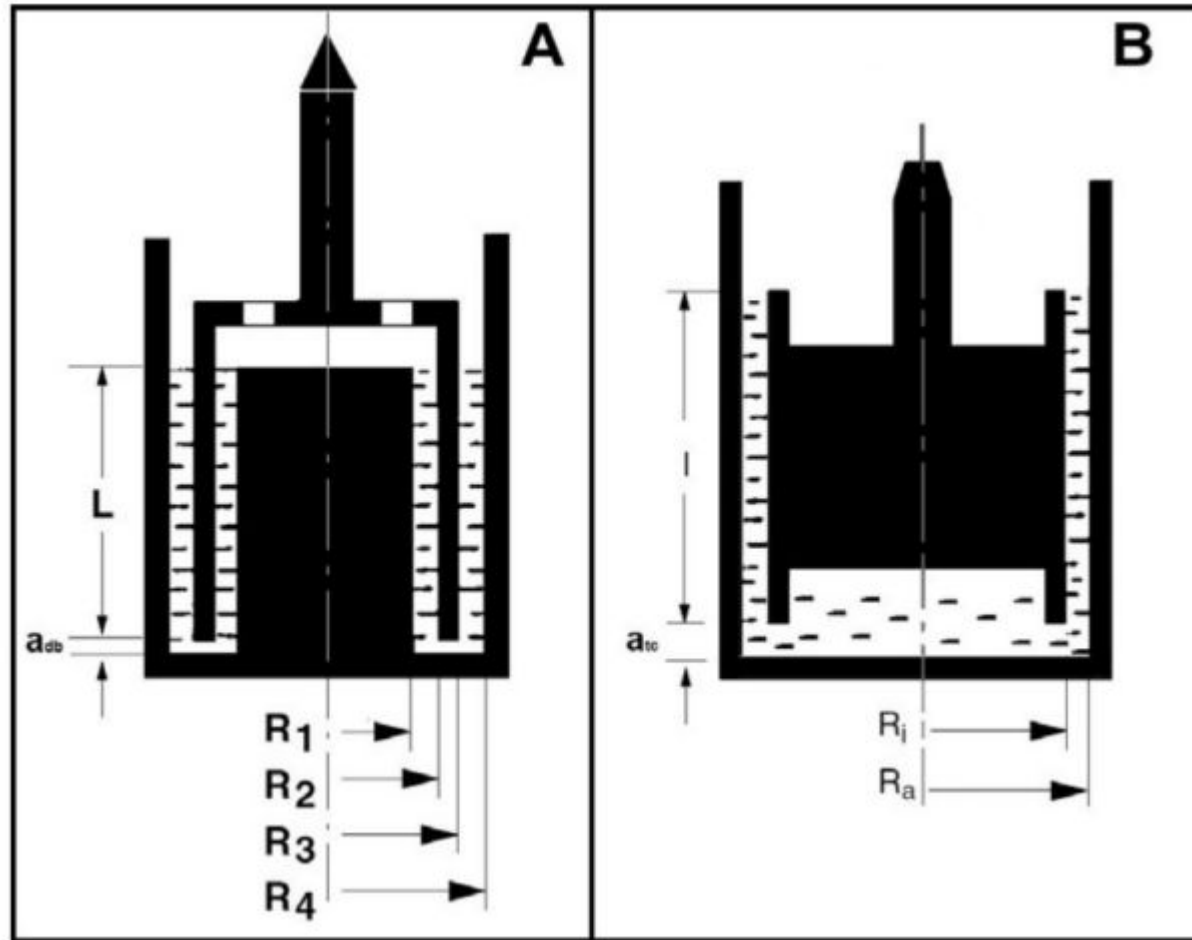


Рисунок 2 – Изменение фактической эффективности ПТП марки FLO MHA при концентрации 10 ppm в зависимости от длины участка нефтепровода в теплое (1) и холодное (2) время года

В работах М.И. Валиева, М.В. Лурье, Ю.В. Лисина приведены данные опытно-промышленных испытаний различных противотурбулентных присадок в промышленных магистральных трубопроводах. По результатам опытно-промышленных испытаний противотурбулентной присадки на основе полиальфаолефинов на одном и том же участке нефтепровода в разное время года установлено, что её эффективность существенно зависит от температуры нефти (рис. 2).

# **Анализ влияющих факторов в капиллярных и ротационных реометрах**



Работы Ч. Вэй и Я. Кавагучи, А. Перейра, Е. Суареса и Р. Андраде и др. посвящены экспериментальным исследованиям реологических параметров растворов полиакриламида (РАМ) на ротационном реометре с вращающимися коаксиальными цилиндрами (рис. 3).

Рисунок 3 – Схематическое изображение с вращающимися коаксиальными цилиндрами в режиме двойного зазора и одного зазора

- В эксперименте эффективность ПТП рассчитывалась по измерению крутящего момента сопротивления (пропорционального напряжению сдвига) с ПТП и без нее при одной и той же скорости вращения:

$$DR = \left( 1 - \frac{\tau_{\text{ПТП}}}{\tau_0} \right) \cdot 100\%,$$

где  $\tau_{\text{ПТП}}$ ,  $\tau_0$  – напряжение сдвига вращающегося цилиндра с ПТП и без ПТП соответственно.

# **Анализ влияющих факторов методом доплеровской анемометрии**



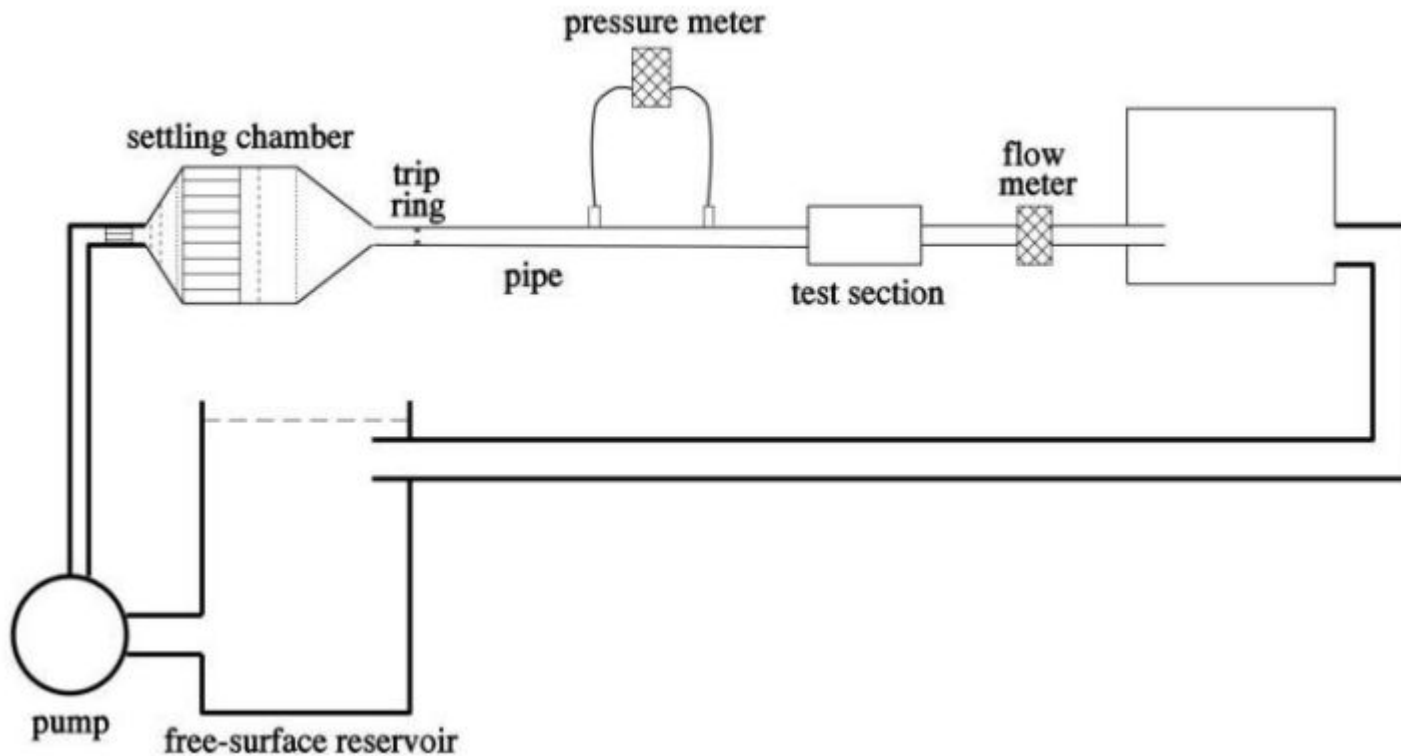


Рисунок 4 – Моделированная труба

Ден Тундер в своей работе привел данные экспериментальных исследований методом доплеровской анемометрии (LDA) водного раствора с добавкой полиакриламида (РАМ) с целью изучения осевой и радиальной скорости, мгновенной скорости, напряжения сдвига в потоке (рис. 4).

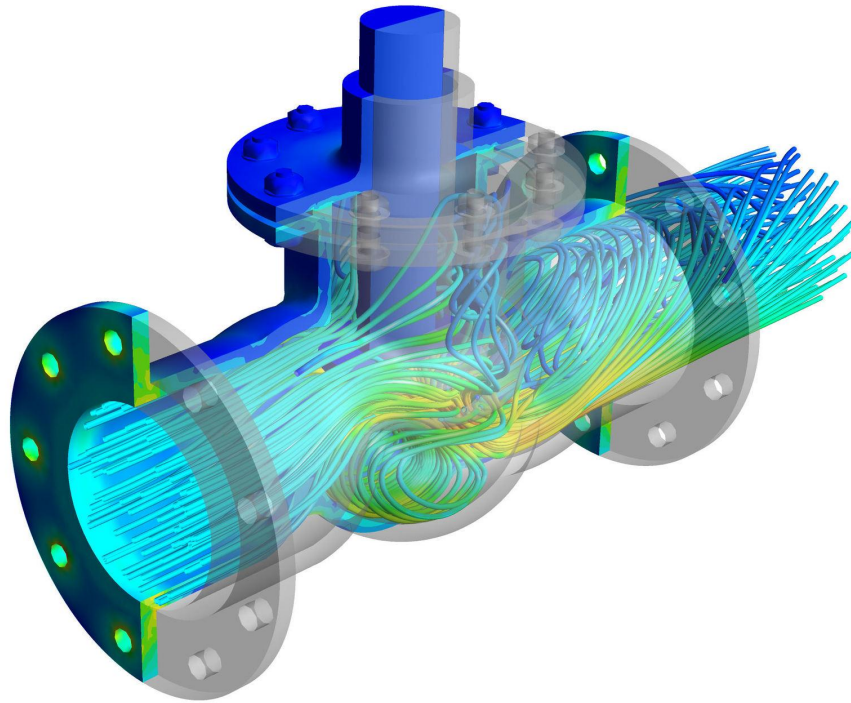
**Проблема исследования:** моделирование течения дизельного топлива по трубопроводу круглого сечения при наличии на линейном участке задвижки с использованием дисперсионной противотурбулентной присадки Necadd 447.

Снижающими эффективность противотурбулентных присадок факторами являются местные сопротивления.

Основные виды местных потерь напора можно условно подразделить на ряд групп, соответствующих определенным видам местных сопротивлений:

- потери, связанные с изменением поперечного сечения потока (внезапное или плавное расширение и сужение);
- потери, вызванные изменением направления потока (колена, угольники, отводы, фитинги);
- потери связанные с протеканием жидкости через арматуру различного типа (краны, вентили, задвижки, заслонки, приемные и обратные клапаны, сетки, фильтры);
- потери, связанные с разделением и слиянием потоков (тройники, крестовины).

Velocity  
velocity  
1.004e+001  
7.530e+000  
5.020e+000  
2.510e+000  
0.000e+000  
[m s<sup>-1</sup>]



ANSYS  
R15.0

Для изучения закономерности снижения гидравлического сопротивления при перекачке жидкости с добавкой ПТП через задвижку был использован программный пакет «ANSYS Fluent».

Рисунок 6 – Модель задвижки

Предлагаемый метод численного моделирования для исследования механизма снижения сопротивления с ПТП позволяет:

1. Прогнозировать распределение скорости в радиальном и осевом направлении трубы после местного сопротивления при снижении гидравлического сопротивления с ПТП;
2. Прогнозировать гидравлическую эффективность с учетом деструкции ПТП.

# Ключевые слова

1. Гидравлическое сопротивление – 14677 публикаций из 40253397 (0,037%);
2. Деструкция – 21929 публикаций из 40253397 (0,055%);
3. Концентрация ПТП – 398 публикаций из 40253397 (0,00099%);
4. Макромолекула – 13992 публикации из 40253397 (0,035%);
5. Молекулярная масса – 18500 публикаций из 40253397 (0,046%);
6. Нефтепровод – 14299 публикаций из 40253397 (0,036%);
7. Нефтепродуктопровод – 5030 публикаций из 40253397 (0,013%);
8. Нефть – 30877 публикаций из 40253397 (0,077%);
9. Перепад давления – 15791 публикация из 40253397 (0,039%);
10. Полимерная добавка – 13148 публикаций из 40253397 (0,033%);
11. Пропускная способность трубопровода – 10226 публикаций из 40253397 (0,025%);

# Ключевые слова

12. Противотурбулентные присадки – 695 публикаций из 40253397 (0,0017%);
13. Растворитель – 23951 публикация из 40253397 (0,06%);
14. Реологические свойства – 20276 публикаций из 40253397 (0,05%);
15. Температура перекачиваемой среды – 5621 публикация из 40253397 (0,014%);
16. Трубопровод – 30019 публикаций из 40253397 (0,075%);
17. Турбулентные пульсации – 10340 публикаций из 40253397 (0,026%);
18. Турбулентный поток – 13410 публикаций из 40253397 (0,033%);
19. Энергетические затраты – 19710 публикаций из 40253397 (0,049%);
20. Эффект Томса – 435 публикаций из 40253397 (0,0011%);
21. Эффективность ПТП – 515 публикаций из 40253397 (0,0013%).

# Список использованных источников

1. Бахтизин, Р.Н. Нанотехнологии для снижения гидравлического сопротивления трубопроводов. / Р.Н. Бахтизин, М.М. Гареев, Ю.В. Лисин и др. – СПб.: Недра, 2018. – 352 с.
2. Белоусов, Ю.П. Противотурбулентные ПТП для углеводородных жидкостей/ Ю.П. Борисов– Новосибирск: Наука, 1986.–143с.
3. Трубопроводный транспорт углеводородов: материалы II Всерос. науч. – практ. конф. (Омск, 30 окт. 2018 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ; [редкол.: И.Н. Квасов (отв. ред.) и др.]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2018. – 216 с.: ил. [Электронный ресурс]. – [URL: http://conf.nsc.ru/files/conferences/transport-2018/479019/ТТУ-2018.pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/transport-2018/479019/ТТУ-2018.pdf) (дата обращения: 10.09.2022)
4. <http://www.pipeline-science.ru/download/404/file12.pdf> (дата обращения: 10.09.2022)