



«Теория и практика – новые разработки в области фильтрации на базе расчетных методов моделирования потоков»

к.т.н. Гарипов К. Н.

Если концентрация механических примесей и остаточной нефти в воде, закачиваемой в пласт, превышает **50 мг/литр**, то:

- в **2 раза** падает приёмистость 1 нагнетательной скважины за 1 год
- на **100 тысяч кВт-ч в год** увеличиваются энергозатраты на поддержание пластового давления на проектном уровне

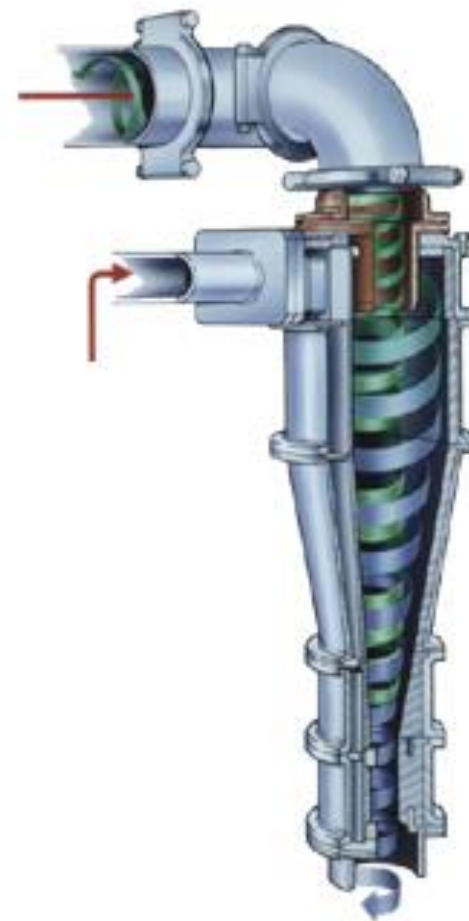


Качество воды в системе поддержания пластового давления – одно из ключевых условий эффективности разработки месторождений

В поле центробежной силы от вращения жидкости, поступающей через тангенциальный вход, тяжелые частицы ТВЧ отбрасываются к стенкам корпуса и оседают в дренажной полости

Накопившийся шлам и ТВЧ выводятся через дренажную задвижку в постоянном режиме или по факту заполнения емкости

Очищенная вода скапливается в близосевой части гидроциклона и выводится через верхний выпускной канал



Моделирование
течения жидкости

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) &= S_m \\ \frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) &= -\nabla p + \nabla \cdot (\bar{\tau}) + \rho \vec{g} + \vec{F} \\ \bar{\tau} &= \mu \left[(\nabla \vec{v} + \nabla \vec{v}^T) - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{v} I \right] \end{aligned} \right.$$

Моделирование
турбулентных явлений

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \\ \frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \\ \mu_t &= \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \\ C_{1\varepsilon} &= 1.44, C_{2\varepsilon} = 1.92, C_\mu = 0.09, \sigma_k = 1.0, \sigma_\varepsilon = 1.3 \end{aligned} \right.$$

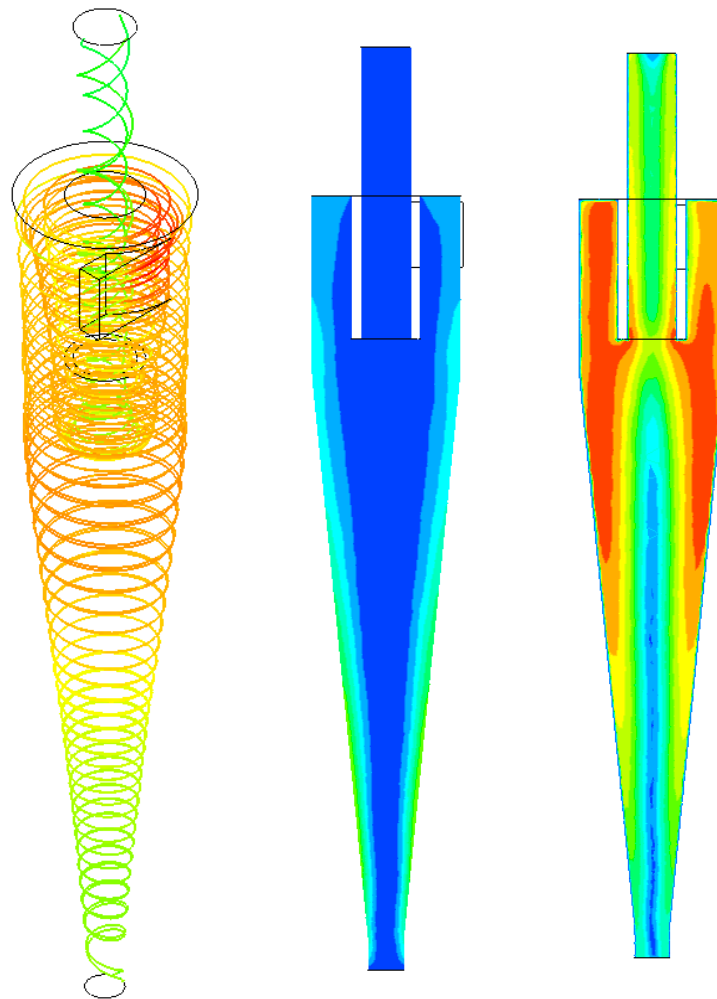
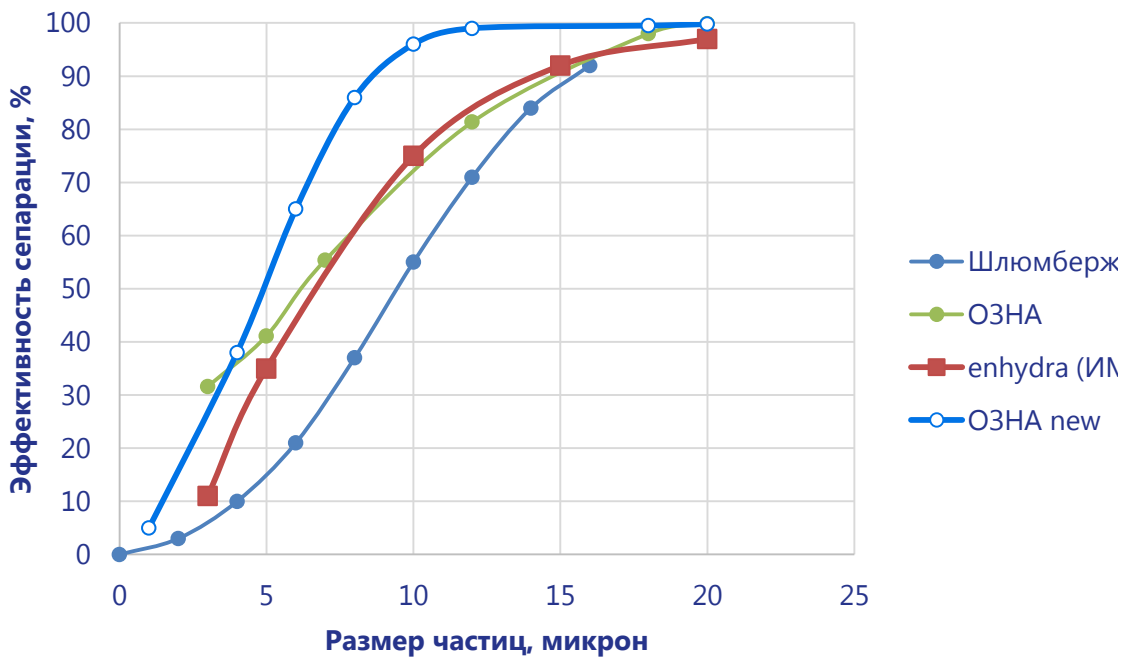
Моделирование
твёрдой фазы

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q) &= \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}) + S_q \\ \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q \vec{v}_q) &= -\alpha_q \nabla p + \nabla \cdot \bar{\tau}_q + \alpha_q \rho_q \vec{g} \\ &+ \sum_{p=1}^n (\vec{R}_{pq} + \dot{m}_{pq} \vec{v}_{pq} - \dot{m}_{qp} \vec{v}_{qp}) \\ &+ (\vec{F}_q + \vec{F}_{lift,q} + \vec{F}_{wl,q} + \vec{F}_{vm,q} + \vec{F}_{td,q}) \\ \bar{\tau}_q &= \alpha_q \mu_q \left(\nabla \vec{v}_q + \nabla \vec{v}_q^T \right) + \alpha_q \left(\lambda_q - \frac{2}{3} \mu_q \right) \nabla \cdot \vec{v}_q I \end{aligned} \right.$$



Используя современные численные методы проектирования компания ОЗНА разработала серию высокоэффективных гидроциклонов

Кривая сепарации



Назначение

Двухступенчатая очистка пластовой воды от мех. примесей размером 10 мкм и более:

1 ступень – высокоэффективный гидроциклон

2 ступень – сетчатый фильтр

Преимущества

- простота обслуживания
- непрерывность действия установки
- масштабируемость решения
- простая автоматизация процесса

Характеристики

Производительность 1 элемента

6,0-8,2 м³/час

Давление

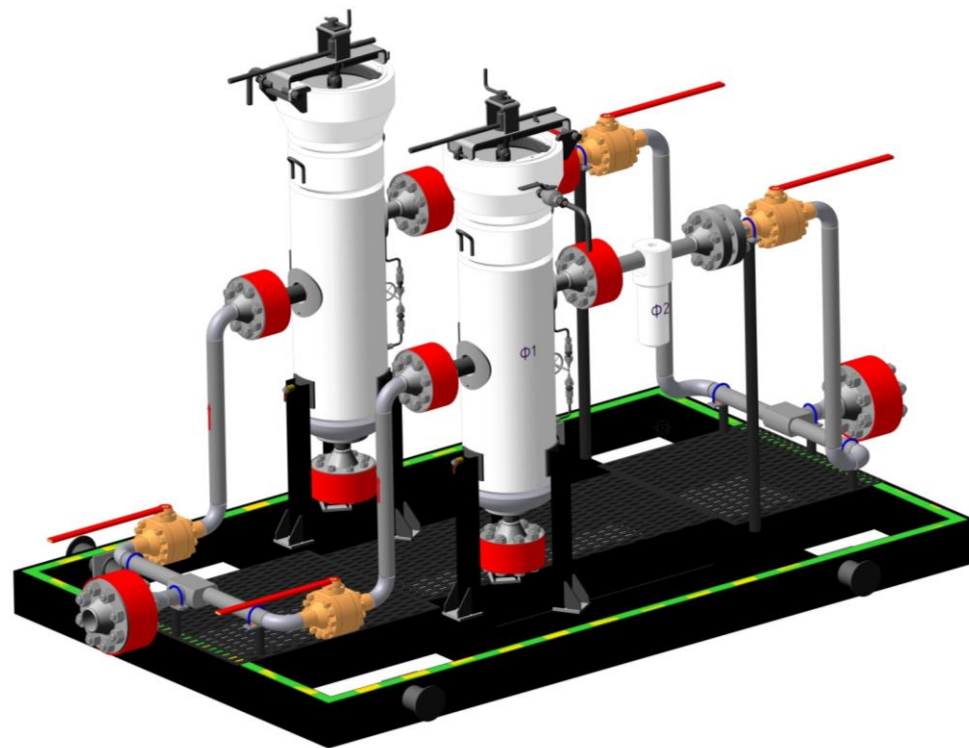
до 25 МПа

Гидравлическое сопротивление

0,3...0,5 МПа

Отделяемые частицы

15...20 мкм и выше

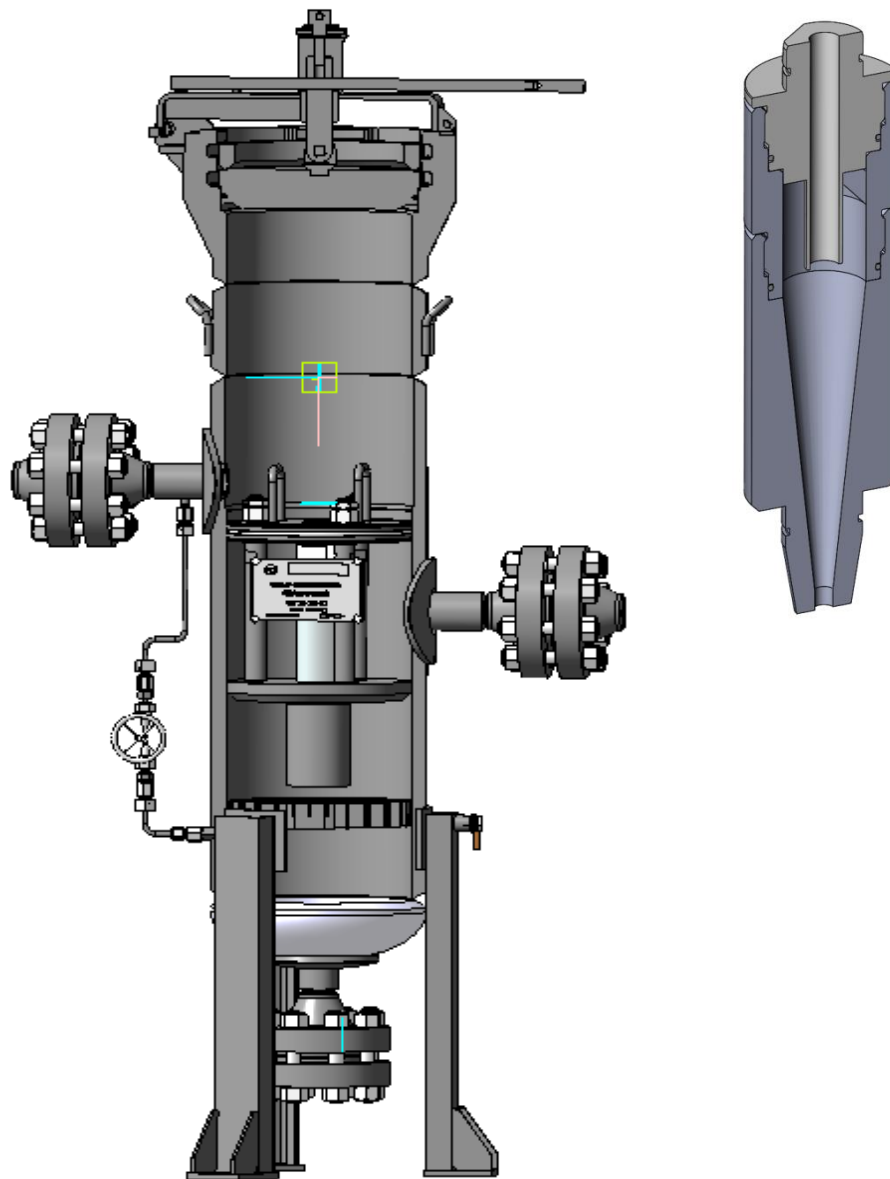


Особенности

Фильтр гидроциклонный предназначен для очистки пластовой и др. типов вод от механических примесей размером 10 микрон и более. Фильтр представляет собой вертикальный сосуд работающий под давлением ($P_{\text{раб.}} = 25,0 \text{ МПа}$)

Принцип работы

Механические примеси под действием центробежных сил оседают на стенках гидроциклона и удаляются через сливной патрубок



Полученные результаты

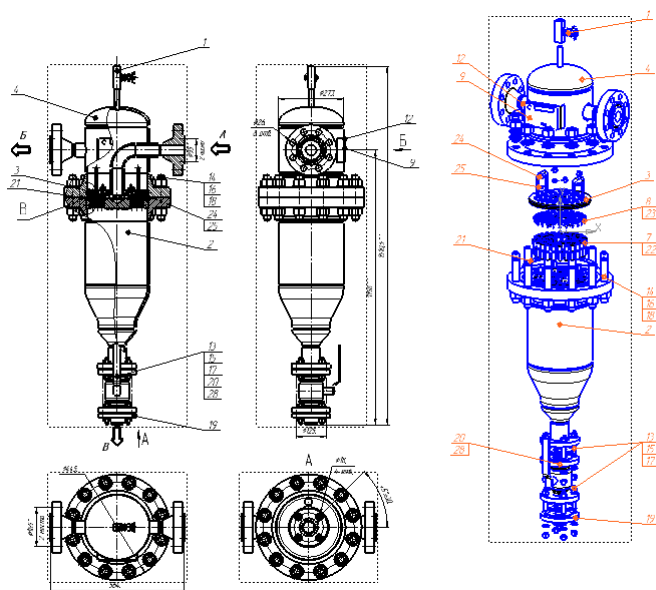
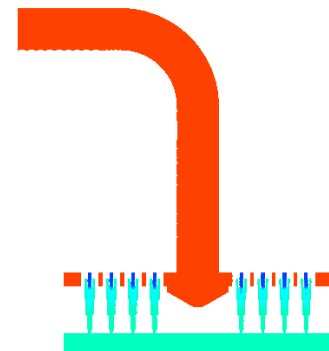
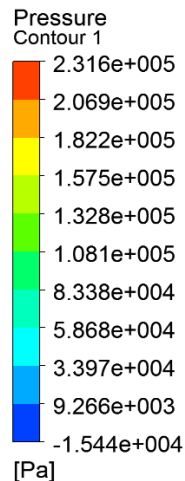
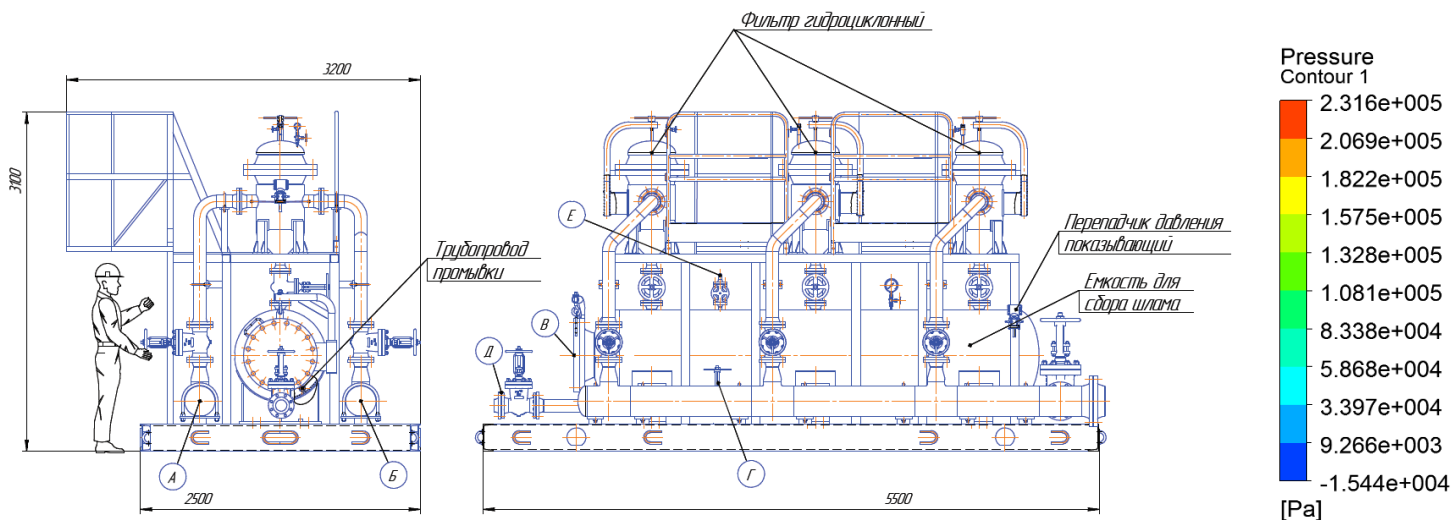
Очищающая способность для двух ступеней – 15,1 мг/л

Очищающая способность для гидроциклона – 20,4 мг/л

Пробное использование 10 мкм. сетки показало, что гидроциклон полностью отделяет частицы размером 10 мкм и выше

Дренаж гидроциклона представляет собой черную пасту





Характеристики

Установка очистки представляет собой блок мультициклонов.

Производительность – 15 – 60 м³/час

Степень очистки – 8 микрон.

Масштабируемость – до 1000 м³/час.

Гидравлическое сопротивление – 2,3 атм.

CAPEX → min

Снижение затрат на обустройство м/р:

- Снижение себестоимости самого оборудования
- Снижение площади отсыпки
- Снижение затрат на СМР и ПНР (блочно-модульные конструкции в максимально-заводской готовности)
- Оптимизация логистики (массо-габаритные характеристики)
- Отсутствие санкционных рисков (российская технология)

Удлинение финансового цикла:

- Масштабируемость и модульность технологии
- Оказание услуг/сдача в аренду оборудования

* Источник: Эксперты и специалисты ООО «Томская нефть»

OPEX → min
(снижение на 1200-1350 тыс. руб.*)**Энергоэффективность:**

- Снижение энергозатрат по поддержанию давления в пласте
- * Экономия на электроэнергии электродвигателей БКНС в размере 500 тыс. руб. в год

Затраты на расходные материалы:

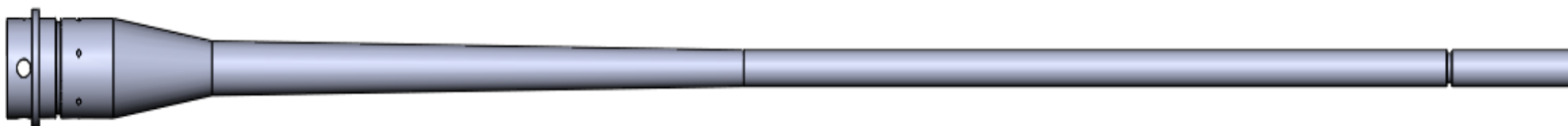
- Снижение затрат на реагенты – 360 тыс. руб.
 - Снижение затрат на капитальный ремонт скважин
- * Стоимость капитального ремонта 1 скважины по кислотной обработке ПЗП в среднем составляет 800 ...850 тыс. руб.

Описание

Современная технология очистки воды от нефтепродуктов на базе центробежного разделения нефти и воды.

Концентрация нефтепродуктов на входе – до 2000 мг/л.

Концентрация нефтепродуктов на выходе – до 20 мг/л при использовании дублирующего циклона.



Характеристики

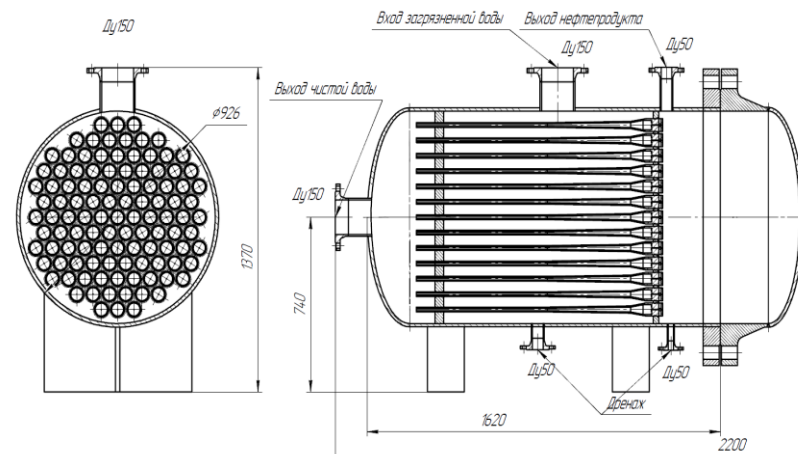
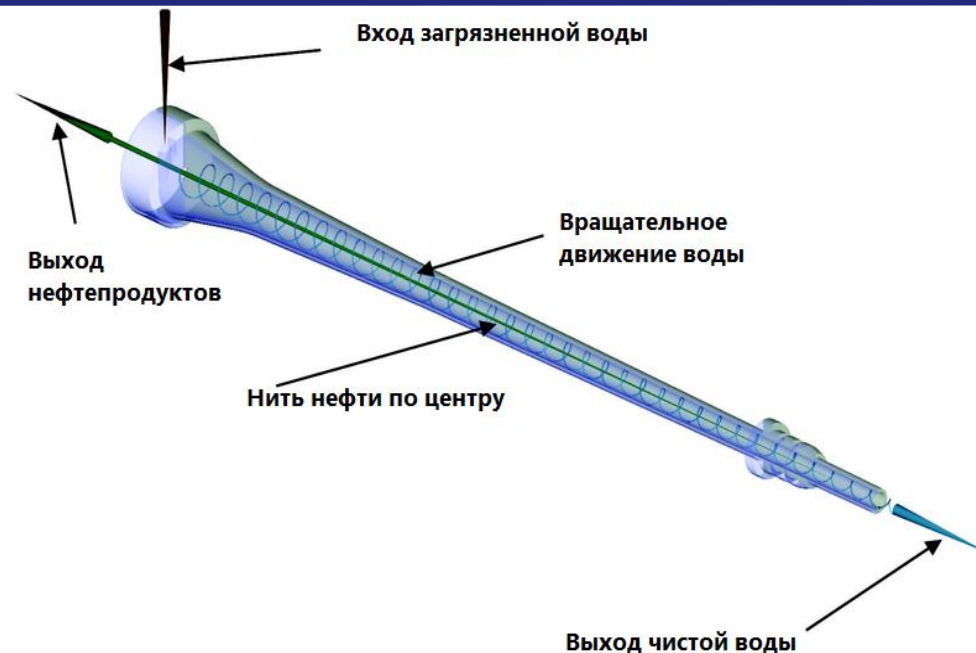
Установка очистки представляет собой блок мультициклонов

Длина одного циклона от 1 м

Диаметр одного циклона от 55 мм

Производительность – до 1000 м³/час

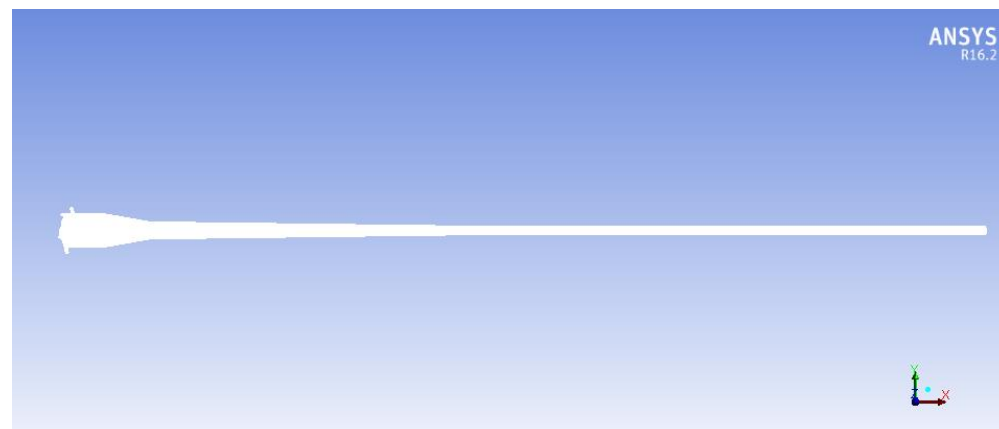
Количество циклонов в обечайке – до 100 штук



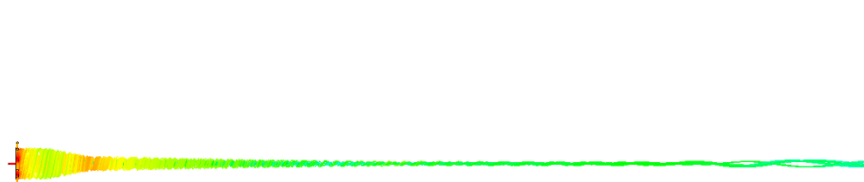
Ansys Fluent - полихедральная сетка

Модель турбулентности – RSM.
Моделирование твердой фазы в подходе Эйлера.
Нестационарная постановка.

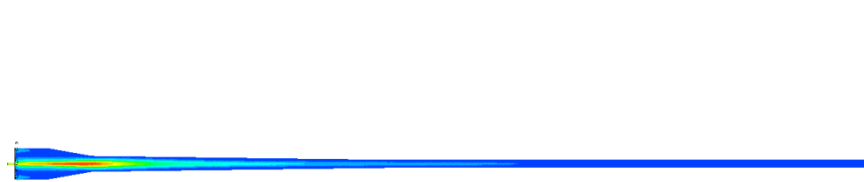
Плотность воды – 998,3 кг/м³.
Вязкость воды – 0.001003 Па*с.
Плотность нефти – 900 кг/м³.
Вязкость нефти – 0,1 Па*с



Phase 2 Velocity
Streamline 1
16.00
12.00
8.00
4.00
0.00
[m s⁻¹]



Phase 2 Volume Fraction
Contour 1
0.39
0.35
0.31
0.27
0.24
0.20
0.16
0.13
0.09
0.05
0.01



Результаты заводских испытаний

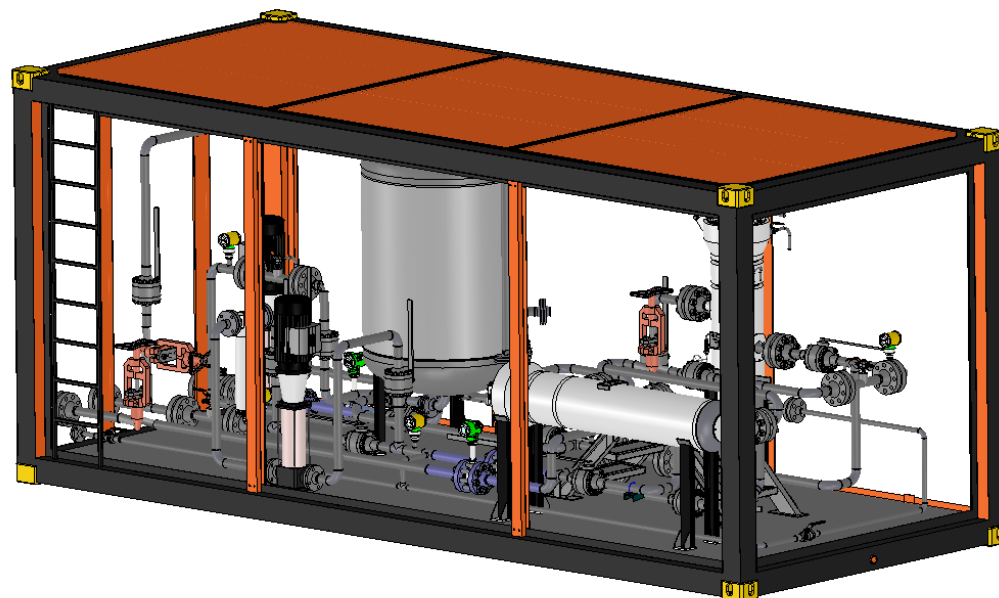
Подтверждена эффективность разделения водонефтяных эмульсий.

Определены оптимальные режимы эксплуатации.



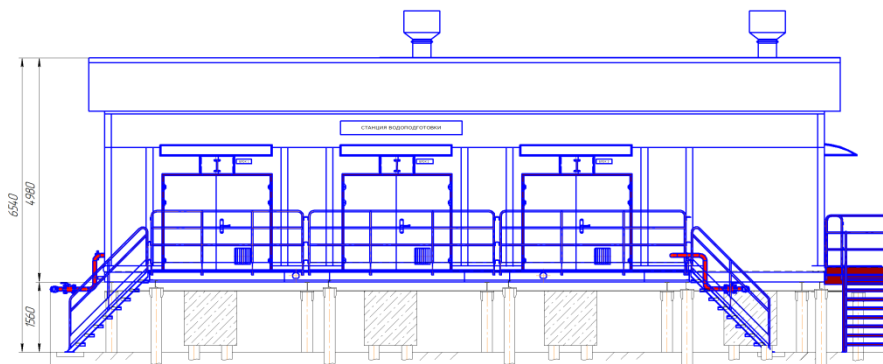
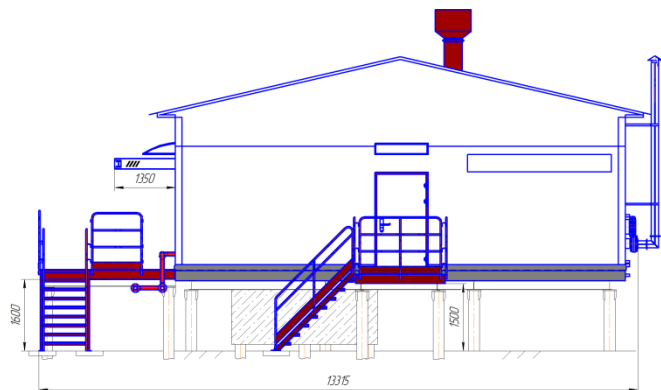
Описание

Для проведения моделирования процесса доочистки пластовой воды от углеводородов и механических примесей применяется специальная опытно-исследовательская установка. Анализируя полученные данные разрабатывается технологическая схема станции глубокой очистки воды под требуемые расходы.



Характеристики

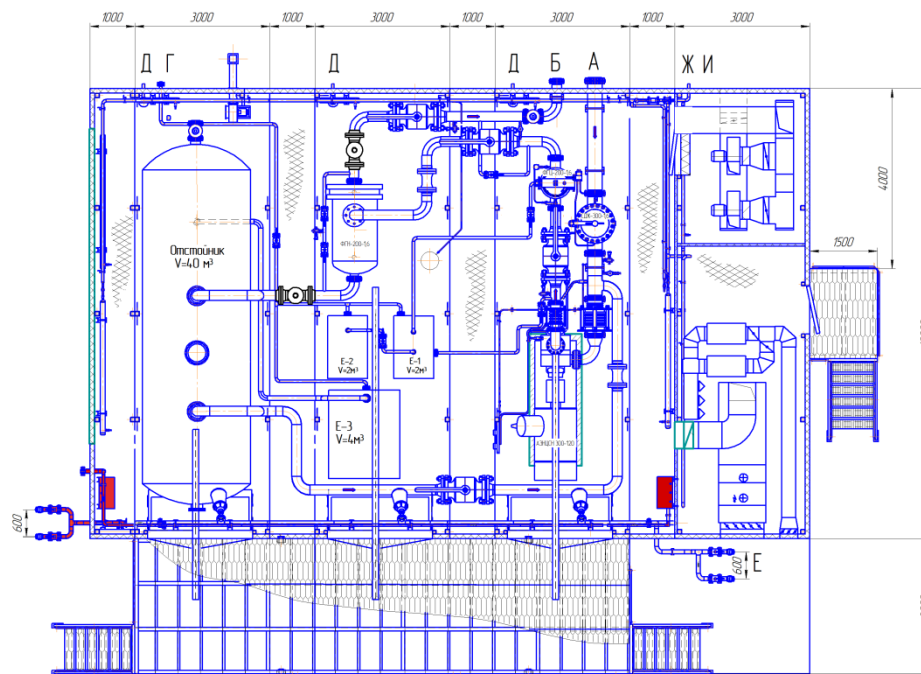
Производительность	6-8 м ³ /час
Содержание нефтепродуктов на входе	1000 мг/л
Содержание ТВЧ на входе	500 мг/л
Эффективность очистки	5-10 мг/л
Тонкость фильтрации	10 и выше мкм
Гидравлическое сопротивление	2-5 атм.



Состав комплекса

- гидроциклонный фильтр очистки мех. примесей
- циклонный нефтеотделитель
- трубопроводная арматура
- перекачивающий насос
- автоматическая система управления

Расход – 300 м³/час.



ОАО «АК ОЗНА»

452600, Республика Башкортостан,

г. Октябрьский, ул.Северная,60

тел. (34767) 95-005 доб.22-96

тел. (347) 292-77-52

Гарипов Кирилл Назифович

Garipov.KN@ozna.ru

Садыков Руслан Тагирович

Sadykov.RT@ozna.ru

www.ozna.ru

