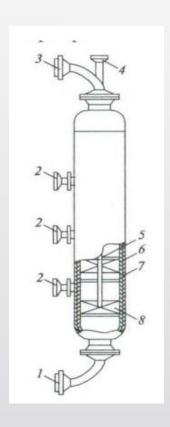
# Титульный лист

### Актуальность исследования

Гидрокрекинг — это процесс, осуществляемый с целью переработки высококипящих нефтяных фракций для получения моторных топлив.
 Развитию процессов гидрокрекинга способствует все возрастающая добыча сернистых и высокосернистых нефтей, т.к. данному процессу сопутствует процесс
 гидроочистки.

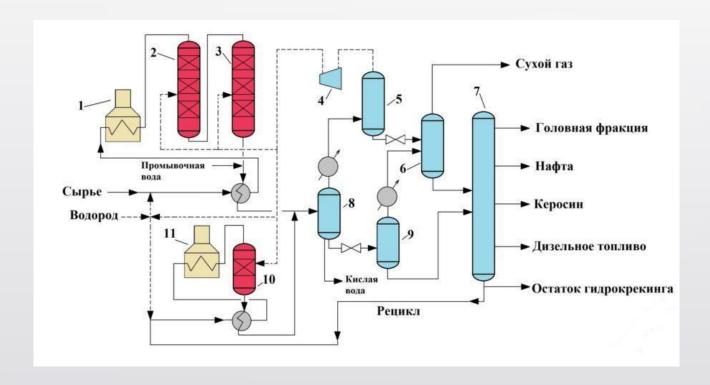


# Условия процесса гидрокрекинга



Температура процесса – 330-450°C Давление 30-200 атмосфер Расход водорода 1-3%

### Типы установок гидрокрекинга



- Одностадийный
- Одноступенчатый с рециркуляцией
- Двух стадийный

### Цель и задачи исследования.

#### Цель работы:

 Расчёт запаса мощности теплообменного оборудования реакционного блока установки гидрокрекинга при увеличении мощности на 422 тысячи тонн в год.

#### Задачи:

- Расчёт уже имеющегося теплообменника
- Подбор подходящего теплообменника

# Выбор установки и теплообменника

#### Установка

| Сырье               | Основное (100% тяж. вакуумный |  |  |  |  |
|---------------------|-------------------------------|--|--|--|--|
| Сырье               | газойль)                      |  |  |  |  |
| Мощность установки, | 2.1                           |  |  |  |  |
| тыс. тонн/год       | 2,1                           |  |  |  |  |
| Температура,°С      | 290-455                       |  |  |  |  |
| Давление, МПа       | 9-13                          |  |  |  |  |
| Конверсия сырья, %  | 65                            |  |  |  |  |
|                     | Окислы никеля (кобальта) и    |  |  |  |  |
| Катализаторы        | молибдена нанесённые на окись |  |  |  |  |
|                     | алюминия                      |  |  |  |  |

#### Теплообменник

| Тип   | Кожухотрубчатый |  |  |  |  |  |
|---|-----------------|--|--|--|--|--|
| Диаметра кожуха, D <sub>кож</sub> , мм            | 1000            |  |  |  |  |  |
| Длина теплообменной части труб, L <sub>тр</sub> , | 6000            |  |  |  |  |  |
| MM<br>Avguern mys. d                              | 25              |  |  |  |  |  |
| Диаметр труб, d <sub>тр</sub> , мм                | 25              |  |  |  |  |  |
| Количество труб, N <sub>тр</sub> , шт             | 292             |  |  |  |  |  |
| Поверхность теплообмена, F, $m^2$                 | 13753,2         |  |  |  |  |  |
| Межтрубное пространство                           |                 |  |  |  |  |  |
| Входящая температура теплоносителя Т,°С           | 454             |  |  |  |  |  |
| Трубное пространство                              |                 |  |  |  |  |  |
| Входящая температура сырья Т,°С                   | 427             |  |  |  |  |  |

# Материальный баланс

|    |                                 | Приход        |        |        | Расход  |         |            |  |  |
|----|---------------------------------|---------------|--------|--------|---------|---------|------------|--|--|
| Nº | Наименование<br>сырья/продукции | тыс.т/<br>год | кг/час | %масс. | тыс.т/  | кг/час  | %<br>масс. |  |  |
|    | Сырье:                          |               |        |        |         |         |            |  |  |
| 1. | Тяжелый вакуумный<br>газойль    | 2056,92       | 244872 | 97,5   | -       | -       | -          |  |  |
| 2. | Подпиточный<br>водород          | 52,51         | 6251   | 2,5    | -       | -       | -          |  |  |
|    | Продукция:                      |               |        |        |         |         |            |  |  |
| 1. | Дизельное топливо               | -             | -      | -      | 615,54  | 73288   | 29,2       |  |  |
| 2. | Непревращенный<br>остаток       | -             | -      | -      | 663,37  | 78972,5 | 31,4       |  |  |
| 3. | Керосин                         | -             | -      | -      | 381,61  | 45430   | 18,1       |  |  |
| 4. | У/в газ (топливный)             | -             | -      | -      | 70,35   | 8375    | 3,3        |  |  |
| 5. | Тяжелая нафта                   | -             | -      | -      | 184,49  | 21962,5 | 8,7        |  |  |
| 6. | Легкая нафта                    | -             | -      | -      | 115,68  | 13771,5 | 5,5        |  |  |
| 7. | СУГ                             | -             | -      | -      | 21,23   | 2511    | 1,0        |  |  |
| 8. | Потери                          | -             | -      | -      | 57,17   | 6806,5  | 2,7        |  |  |
|    | Итого:                          | 2109,43       | 251123 | 100    | 2109,43 | 251123  | 100        |  |  |

$$G_i = \frac{G * w_i}{100\%}$$

#### Тепловая нагрузка с заданным потоком

$$Q_1 = G_1 * c_1 * (t_{1K} - t_{1H}) = 3321106 \, \text{Дж/c}$$

# **Тепловая нагрузка после повышения потока на 20%**

$$Q_1 = G_1 * c_1 * (t_{1\kappa} - t_{1H}) = 3985327$$
 Дж/с

### Расчёт теплообменника

- Поверхность теплообмена заданного теплообменника:
- $F = \pi * d_{Tp} * L_{Tp} * N_{Tp} = 137,532 \text{ M}^2$
- Гидравлическое сопротивление:

• 
$$\Delta P_{\rm Tp} = \left[\lambda \frac{n l_{\rm Tp}}{d_{\rm BH}} + \sum \zeta_{\rm Tp}\right] \frac{\rho W_{\rm Tp}^2}{2} + \sum \zeta_{\rm IIIT} \frac{\rho W_{\rm IIIT}^2}{2} = 2040$$

• 
$$\Delta P_{\text{MT}} = [2(1+k)Eu + \sum \zeta_{\text{MT}}] \frac{\rho W_{\text{MT}}^2}{2} + \sum \zeta_{\text{ШT}} \frac{\rho W_{\text{ШT}}^2}{2}$$
  
= 22354  $\Pi \alpha$ 

- Требуемая поверхность теплообмена
- $F = \frac{Q_1}{K * t_{cp}} = 152 \text{ M}^2$

Для нахождения поверхности теплообмена нам необходим коэффициент теплопередачи  $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_{CT}}{V_{CT}} + \frac{1}{\alpha_r}}$ 

Для этого необходим коэффициент теплоотдачи, который считается по значениям Нуссельта, Рейнольдса и Прандтля.

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$$

Для определения Нуссельта необходимо посчитать Рейнольдса и Прандтля

$$Re_{\text{Tp}} = \frac{W_{\text{Tp}}d_{\text{BH}}p_{\text{Tp}}}{\mu_{\text{Tp}}} = 118459$$
  
 $Pr = \frac{c\mu}{\lambda} = 365$ 

Учитывая, что значение Рейнольдса больше 10000, то для расчёта Нуссельта воспользуемся формулой:

Nu=0,021 \* 
$$\varepsilon_l Re^{0.8} Pr^{0.43} (\frac{Pr}{Pr_{cr}})^{0.25} = 261,76$$

Отсюда найдём коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = \frac{Nu*\lambda}{d} = 1776 \text{ BT/(M}^2\text{K)}$$

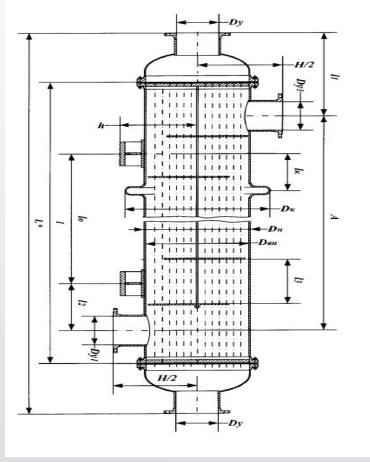
Исходя из этого, значение коэффициента теплопередачи будет равно:  $K=855~\mathrm{Br/m^2K}$ 

| D <sub>KOЖ</sub> , MM | Число | L <sub>Tp′</sub> | d <sub>tp′</sub> | _              | MI             |       | Расстояние между |
|-----------------------|-------|------------------|------------------|----------------|----------------|-------|------------------|
| KOK                   | труб  | M                | M                | M <sup>2</sup> | M <sup>2</sup> | пучке | перегородками    |
| 1000                  | 747   | 3                | 0,02<br>5        | 0,259          | 0,143          | 29    | 520              |

Для проверки гидравлического сопротивления высчитывали скорость потоков в трубном, межтрубном пространстве и на штуцерах по формуле

$$W = \frac{G}{pS}$$

Значения соответственно были равны: 0,6; 0,9; 0,105, 0,12 м/с



### Заключение

- На основании проведённых расчётов можно сделать следующие в выводы:
- Произведён расчёт увеличения мощности установки гидрокрекинга, установлено, что невозможно увеличение мощности работающей установки на 20% (до 2531,3 тыс. тонн в год) без замены теплообменника 039-Т-002.
- Гидравлическое сопротивление межтрубного пространства равно 22354 Па, трубного пространства равно 2078 Па, что больше максимально допустимого на 24% и 21% соответственно.
- Расчётная площадь поверхности теплопередачи необходимое для нагрева до нужной температуры равна 152 м², что больше поверхности, которую имеет теплообменник на 11%.

Спасибо за внимание