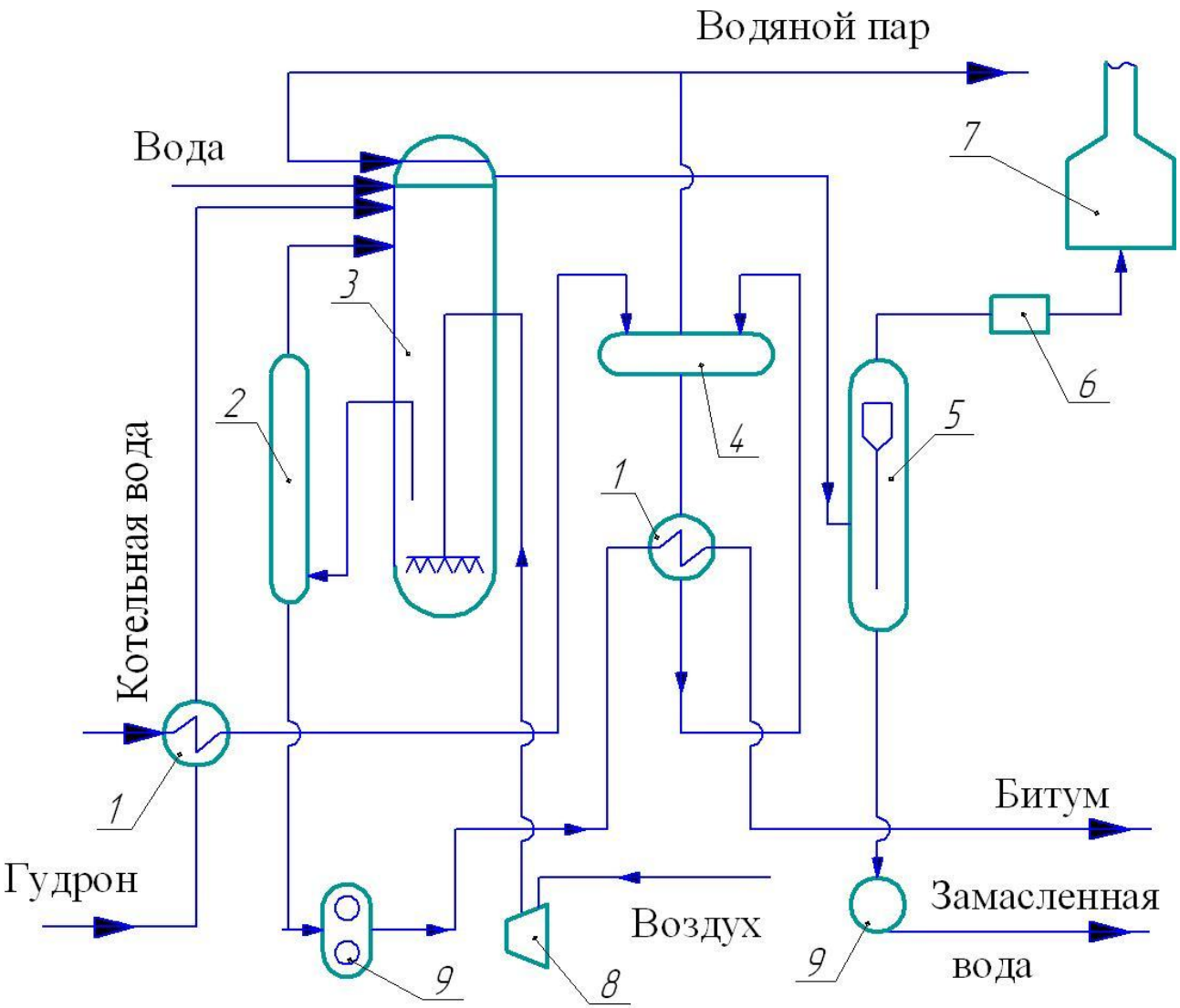
Тема 4. ПРОИЗВОДСТВО БИТУМОВ ОКИСЛЕНИЕМ ГУДРОНА В КОЛОННЕ

Окисление в пустотелой колонне

Наибольший объем окисленных битумов получают в аппаратах колонного типа, которые представляют собой вертикальные пустотелые цилиндрические сосуды, работающие по схеме непрерывного действия.

Реактор колонного типа работает по следующей схеме. Гудрон, нагретый до температуры 140–180 °С, в кипятильнике *1* подаётся в верхнюю часть колонны *3*. В низ колонны через маточник подаётся воздух компрессором *8*. В колонне поддерживают определенный уровень окисляемого жидкофазного материала. Барботаж воздуха через слой жидкости приводит к ее практически полному перемешиванию, что подтверждается равенством температур по всей высоте зоны реакции и одинаковыми свойствами продукта. Таким образом, по структуре потока жидкой фазы колонна близка к аппарату идеального смешения. Обычно сырье подают под уровень раздела фаз, а битум откачивают с низа колонны, при этом твердые осадки в колонне не накапливаются .



1 – кипятильники; *2* – уравнительная емкость; *3* – окислительная колонна; *4* – парогенератор; *5* – сепаратор с циклоном; *6* – огнепреградитель;

7 – печь; *8* – компрессор; *9* – насосы

Готовый битум откачивается из колонны через уравнительную ёмкость *2*, наличие которой облегчает поддержание постоянства откачиваемого потока, что важно для обеспечения работы системы утилизации тепла битума. Во избежание перегрева колонны в результате выделения тепла реакции окисления до безопасной в газовое пространство подают воду, которая, испаряясь, понижает температуру в колонне и разбавляет газы окисления. Если такого разбавления недостаточно для снижения концентрации кислорода до безопасной, в колонну вводят также водяной пар, вырабатываемый в парогенераторе *4* за счет избыточного тепла сырья и продукта. Для поддержания теплового равновесия процесса применяют также циркуляцию части битума через выносные холодильники. Газы окисления с верха колонны поступают в сепаратор *5*. Несконденсированные газы из сепаратора через огнепреградитель *6* направляются в печь *7* для сжигания. «Чёрный соляр» с низа сепаратора *5* после отделения воды используется как топливо.

Режим работы колонн зависит от их размеров, используемого сырья и получаемого продукта. Время пребывания гудрона в зоне реакции при получении марок дорожных битумов составляет 3–5 ч, расход воздуха – от 1200 до 1500 м^3/ч, температура окисления – от 210 до 280 °С, содержание кислорода в газах окисления – 3–4%. Производительность колонн обычных размеров (диаметр 3,4 м, высота 15 м)

Последовательно установленные окислительные колонны

Расчёт материального баланса окислительной колонны

Исходными данными являются:

- производительность колонны по сырью G_F, т/год;
- марка получаемого битума, его температура размягчения $t_{разм}$, °С;
- качество сырья: температура размягчения $t_{разм}$, °С; плотность ρ_4^{20}, кг/м^3;
- условия процесса: удельный расход воздуха $g_{возд}$ на сырьё, м^3/кг; температура t, °С; давление P, МПа; объёмная скорость подачи сырья w.

Производительность колонны в час, кг/ч,

$$G_f = G_F \cdot 10^3 / (n \cdot 24), \qquad (1.1)$$

где n − число рабочих дней установки в году.

Выход готового продукта

$$G_б = \gamma \cdot G_F / 100, \qquad (1.2)$$

где γ − выход битума, % масс.

Значение γ берется в зависимости от температуры размягчения готового продукта .

Цель материального расчета – определение расхода сырья и вспомогательных материалов для обеспечения заданной производительности по целевому продукту (иногда определение выхода целевого и побочных продуктов исходя из расхода сырья).

Общий расход воздуха, кг/ч,

$$G_{возд}=g_{возд} \cdot G_f \cdot \rho_{возд} / 1000, \qquad (1.3)$$

где $g_{возд}$ – удельный расход воздуха, м^3/т сырья; $\rho_{возд}$ – плотность воздуха, кг/м^3.

Азот и инертные газы не участвуют в процессе окисления, поэтому количество азота равно суммарному количеству азота и инертных газов, поступающих в колонну с воздухом, то есть 0,77% масс., кг/ч.

$$G_{N2} = 0,77 \cdot G_{возд}. \qquad (1.4)$$

Количество подаваемого на окисление кислорода, кг/ч,

$$G_{O2} = 0,23 \cdot G_{возд}. \qquad (1.5)$$

Материальный баланс установки, производящей дорожные битумы окислением (пример)

Показатель	% (масс.)	Масса, кг/ч
Взято:		
Гудрон	100	16 000
Воздух	12,9	2069
Итого	112,9	18 069
Получено:		
Битум	97,0	15 540
Азот	10,0	1593
Кислород	0,6	103
Диоксид углерода	1,0	154
Вода	1,7	273
Углеводородные газы	2,0	320
Отгон	0,6	86
Итого	112,9	18 069

Содержание свободного кислорода в газах окисления зависит от высоты слоя гудрона в колонне, расхода воздуха и температуры.

Количество остаточного кислорода в газах окисления, кг/час

$$G^{/}_{O_2} = \frac{\alpha \cdot G_{\text{возд}}}{100} \qquad (1.6)$$

где *α* − содержание свободного кислорода в газах окисления

Рассчитываются количество и состав побочных продуктов окисления, выходя щих из колонны. Принимают, что на образование CO_2 расходуется 30 % масс. кислорода, а на образование H_2O – 65 % масс. Образование других окислов несущес твенно.

Количество израсходованного кислорода, кг/ч,

$$G^{//}_{O_2} = G_{O_2} - G^{/}_{O_2} \qquad (1.7)$$

Количество образующегося CO_2

$$G_{CO_2} = \frac{0{,}3 \cdot G^{//}_{O_2} \cdot M_{CO_2}}{M_{O_2}} \qquad (1.8)$$

где G_{CO_2} − количество образующегося CO_2, кг/ч; M_{CO_2} − молекулярная масса CO_2; M_{O_2} − молекулярная масса O_2.

- Количество образующейся воды

$$G_{H_2O} = \frac{0{,}65 \cdot G^{//}_{O_2} \cdot M_{H_2O}}{M_{O_2}} \qquad (1.9)$$

где M_{H_2O}– молекулярная масса H_2O.

Количество углеводородных газов и паров соляра в отходящих газах процесса окисления зависит от температуры окисления, содержания легких фракций в сырье, расхода воздуха. Количество углеводородных газов, образующихся в процессе окисления, кг/ч:

$$G_{у.г.} = K_1 \cdot G_f /100, \qquad (1.11)$$

где K_1 – объём углеводородных газов, % масс, принимают равным 1–2%.

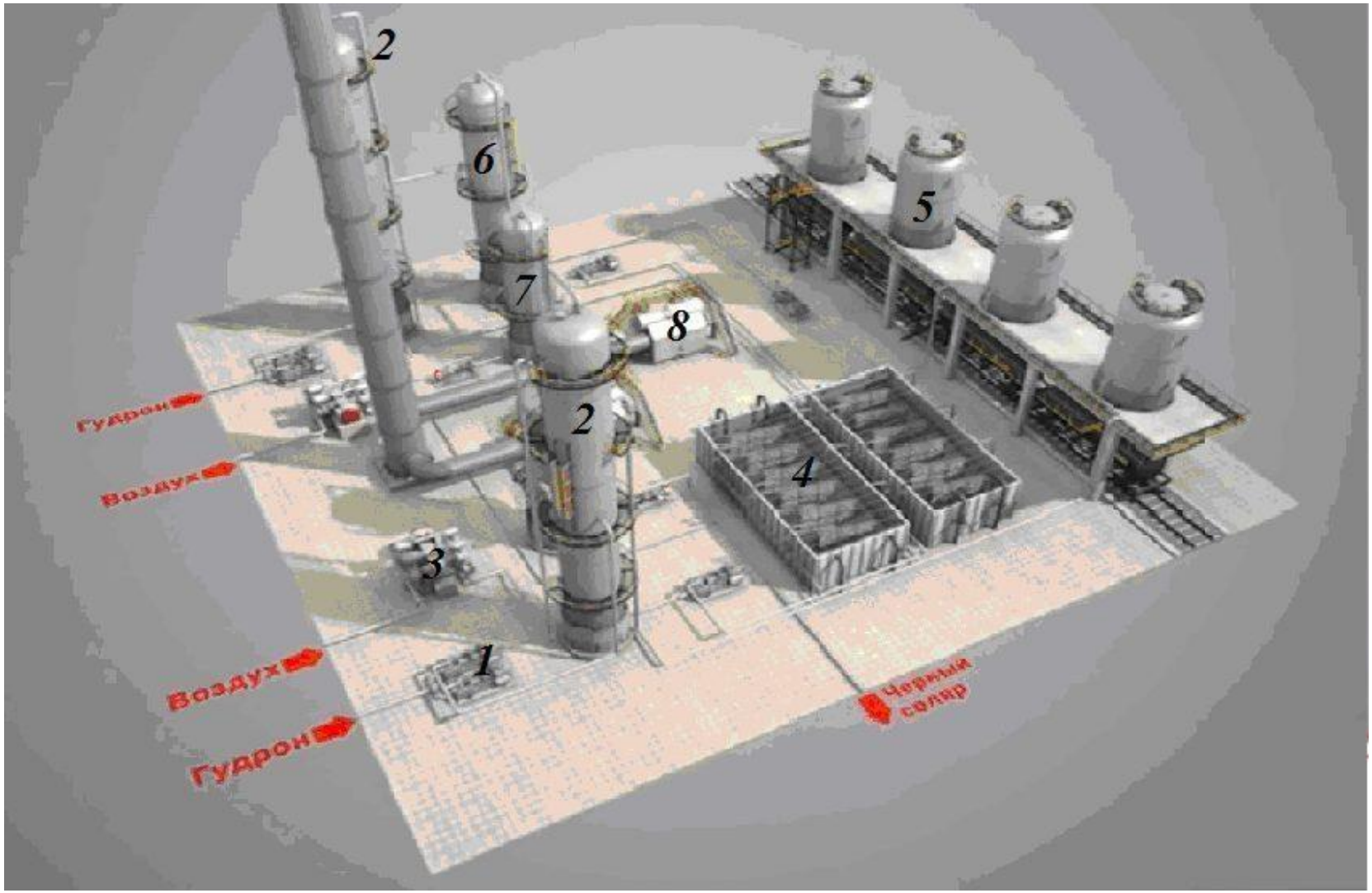
Расчет жидких продуктов в составе отгона, кг/ч, производится с учётом соблюдения материального баланса, как остаток после определения всех составляющих процесса окисления:

$$G_ж = K_2 \cdot G_f /100, \qquad 1.12)$$

где K_2 – объём отгона, % масс.

Объём отгона не превышает 2%.

Компоновка битумного производства



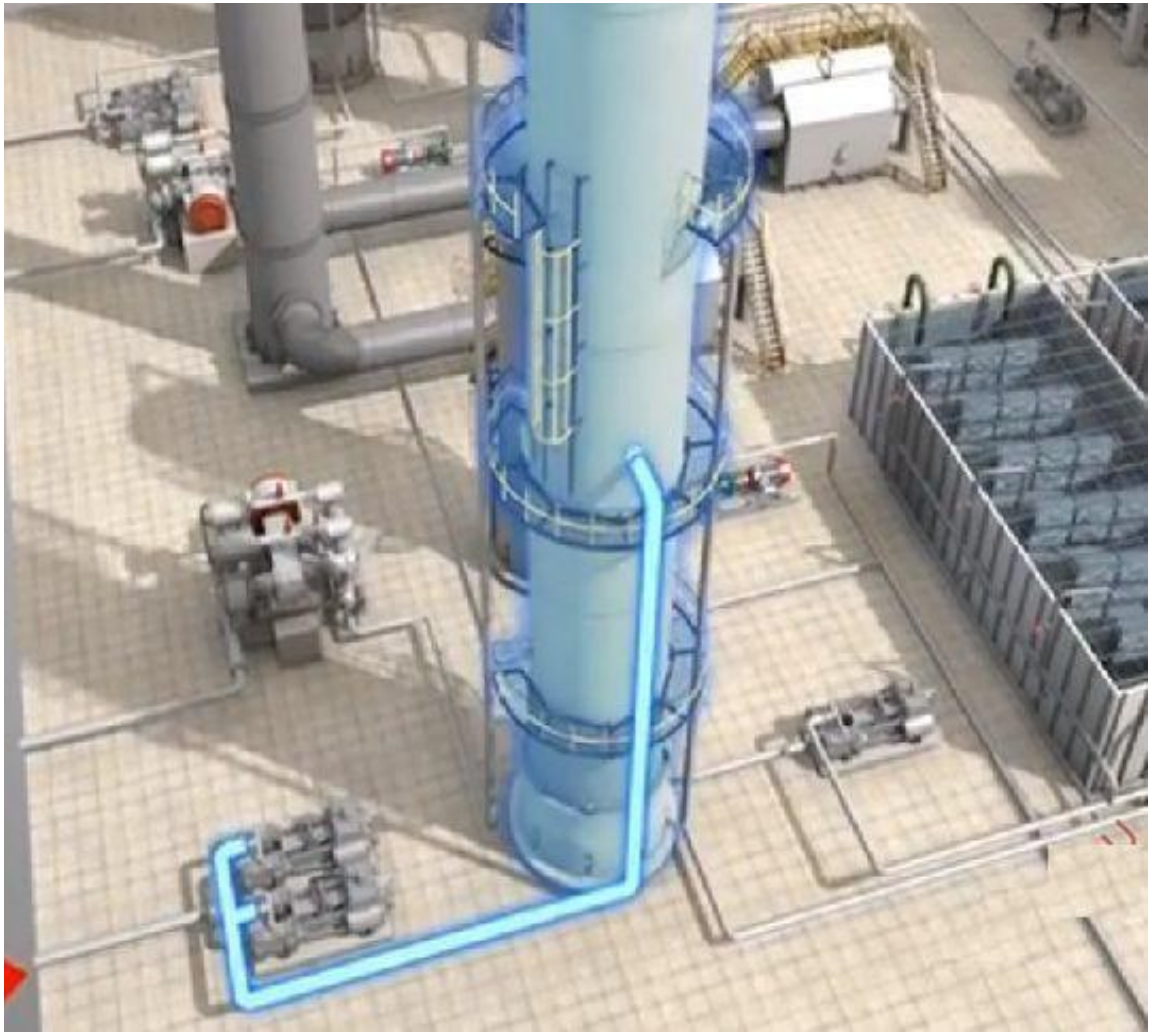
Принципиальная схема установки 1- поршневой насос; 2- окислительная колонна; 3-компрессор; 4-погружные холодильники; 5- емкость хранения; 6-выносная емкость сепарации; 7-сепаратор; 8-котел-утилизатор.

Подача сырья

Рассмотрим технологическую схему производства битума нефтяного кровельного (БНК-40/180), битума нефтяного дорожного (БНД-60/90 и БНД-90/130).

Марка выходного продукта зависит от температуры в зоне реакции, которая может составлять от 150-280°С и времени протекания реакции от 3-7 часов.

Гудрон подается специализированным поршневым насосом в среднюю часть окислительной колонны. Уровень заполнения колонны поддерживается в районе 70% от объема аппарата.



Подача гудрона в окислительную колонну

Подача воздуха

Подача в маточник

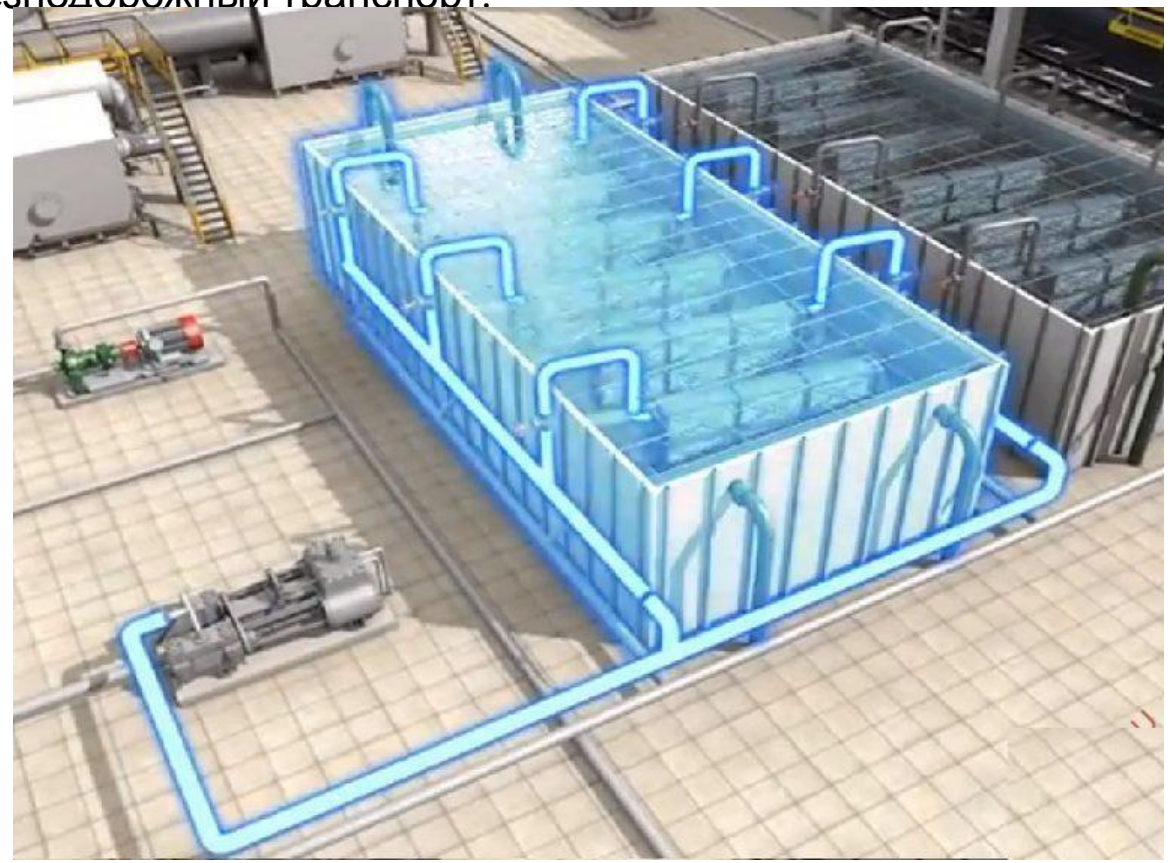
Закачка воздуха в колонну компрессором

Воздух прокачивается компрессором через опускную трубу, которая проходит по всей длине аппарата, где нагревается отходящим продуктом.

Воздух поступает в маточник, который равномерно распределяет воздух по сечению колонны. При контакте сырья с техническим воздухом происходит реакция окисления.

Охлаждение битума

Битум, по окончанию реакции, выводится с низа колонны, поршневым насосом прокачивается через погружные холодильники. Часть охлажденного битума возвращается обратно в колонну в качестве рецеркулята. Балансовое количество продукта поступает в емкости хранения, с последующей отгрузкой на авто- и железнодорожный транспорт.



Прокачка битума через погружные холодильники

Утилизация газов

Подача газов в сепаратор

Процесс разделения на фазы

Легкие компоненты окиси углерода, азота, водяной пар и другие примеси, поднимаются вверх колонны, откуда по шлемовой трубе выводятся в сепаратор, где разделяются на газообразную и жидкую фазы.

Жидкая фаза, черный соляр, который составляет не более 2 % объема от общей продукции, насосами откачивается с установки в товарно-сырьевой цех (ТСЦ). Газообразная фаза дожигается в котле-утилизаторе.