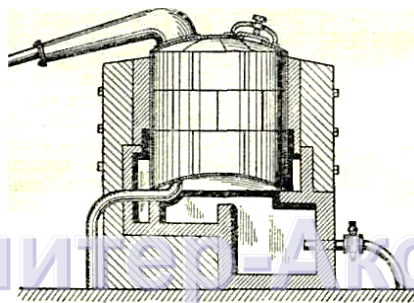
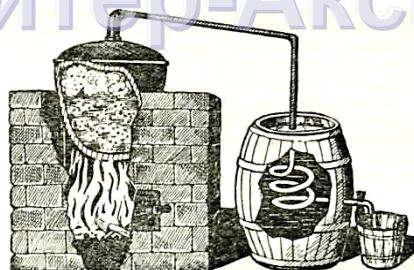




Подходы ООО «Алитер – Акси» к технологическим расчетам печей

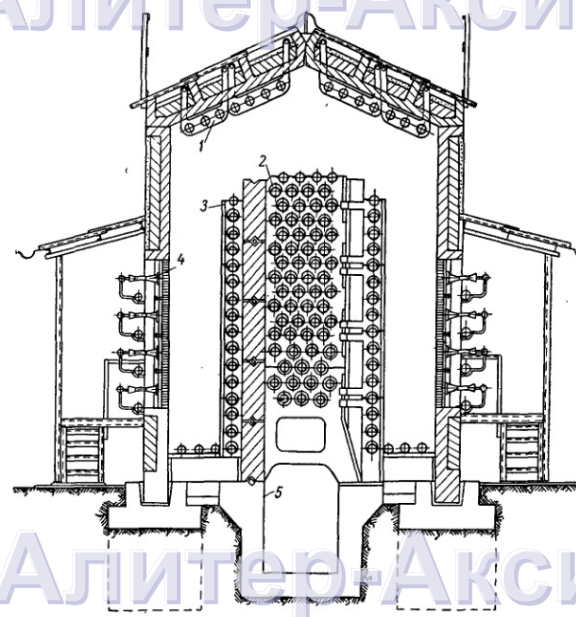
Докладчик:
Главный инженер-технолог
Климова О.Н.

Кубовые устройства



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Трубчатая печь



Трубчатые печи появились в нефтепереработке в 1910-1911 гг. Предшественниками трубчатых печей являлись кубовые устройства, применявшиеся для переработки нефти в течение многих лет.

Преимущества трубчатых печей по сравнению с кубами, несмотря на несовершенство первых были столь очевидны, что трубчатые системы быстро вытеснили кубовые устройства. К тому же, несколькими годами позже, в нефтепереработке стали применяться высокотемпературные процессы (гидроочистка, риформинг, крекинг и т.д.), где требуется нагревать нефтепродукты до 450-550 °С. С этой задачей смогли справиться только трубчатые печи и их стали использовать повсеместно.

Задачи технологического отдела

Тепловой расчёт вновь проектируемой печи
Поверочный тепловой расчёт существующей печи

Гидродинамический расчёт

Аэродинамический расчёт печи и дымового тракта

Разработка задания на проектирование печи

Разработка технологической схемы и задания на проектирование системы КИП и А

Расчёт валовых выбросов вредных веществ

Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Тепловой расчет вновь проектируемой печи (определение размеров по заданной тепловой мощности)
Поверочный тепловой расчет (определение основных параметров по имеющимся данным и размерам печи)
Определение режимов течения нефтяных фракций в трубах змеевика при нагреве и испарении
Определение производительности тяговой и дутьевой системы, сопротивления газового и воздушных трактов, определение высоты дымовой трубы при естественной тяге
Определение количества выбрасываемых в атмосферу через дымовую трубу различных вредных веществ, образующихся при сжигании в печи топлива.

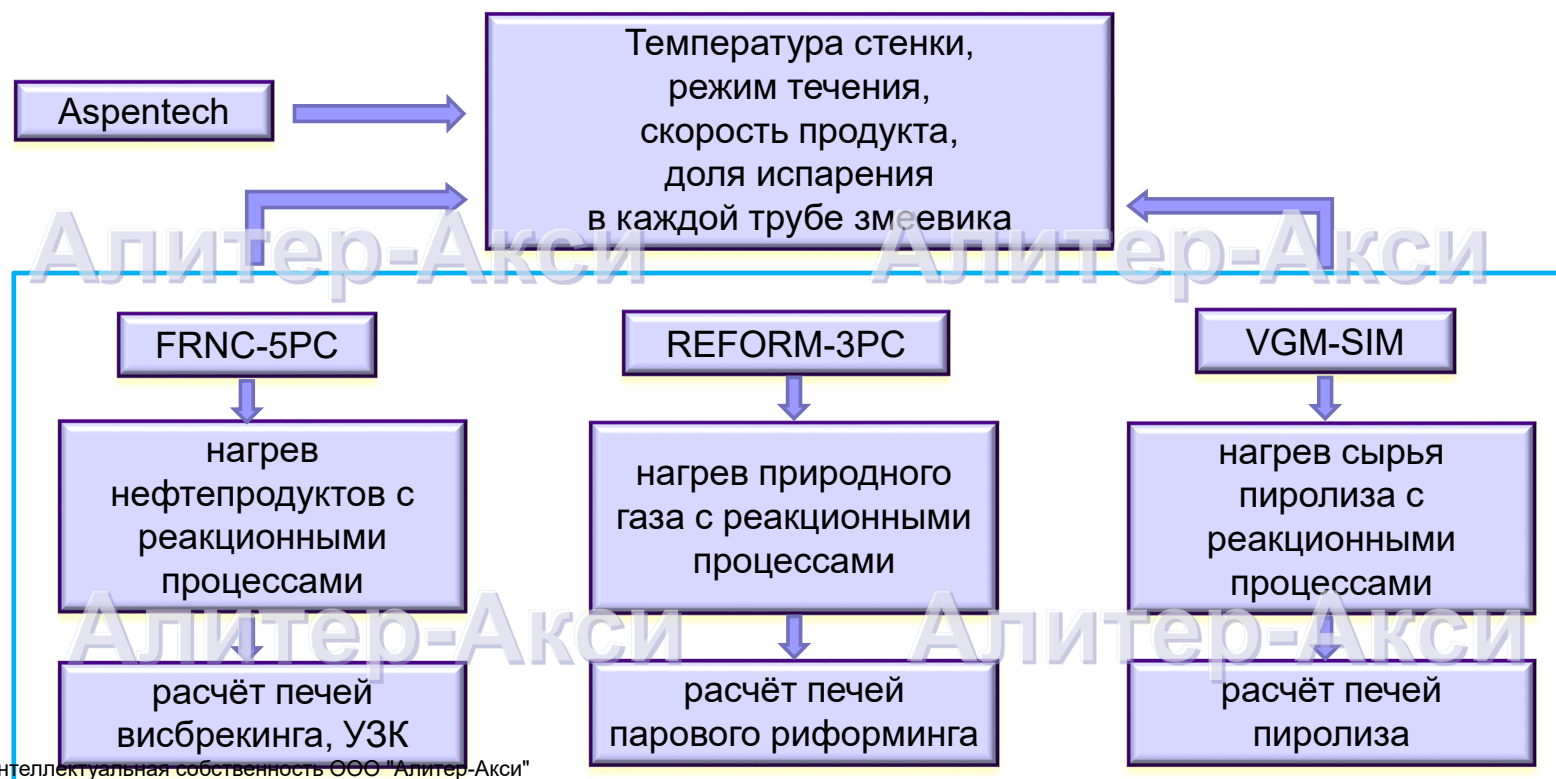
Коробчатая печь с горизонтальными трубами



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

В современных трубчатых печах основную роль играет передача тепла лучеиспусканием экранным трубам змеевика в камере радиации. Характер распределения температуры раскаленных газов и факела в камере радиации чрезвычайно сложен. Существующие методы расчетов позволяют с достаточной точностью определить требуемую поверхность передачи тепла (поверхность змеевика) в камере радиации и температуру стенки змеевика для последующих механических расчетов.

Что изменилось за последние 20 лет



Появились различные программные продукты, позволяющие более точно и быстро производить расчет печей (Aspentech, FRNC-5PC, REFORM-3PC).

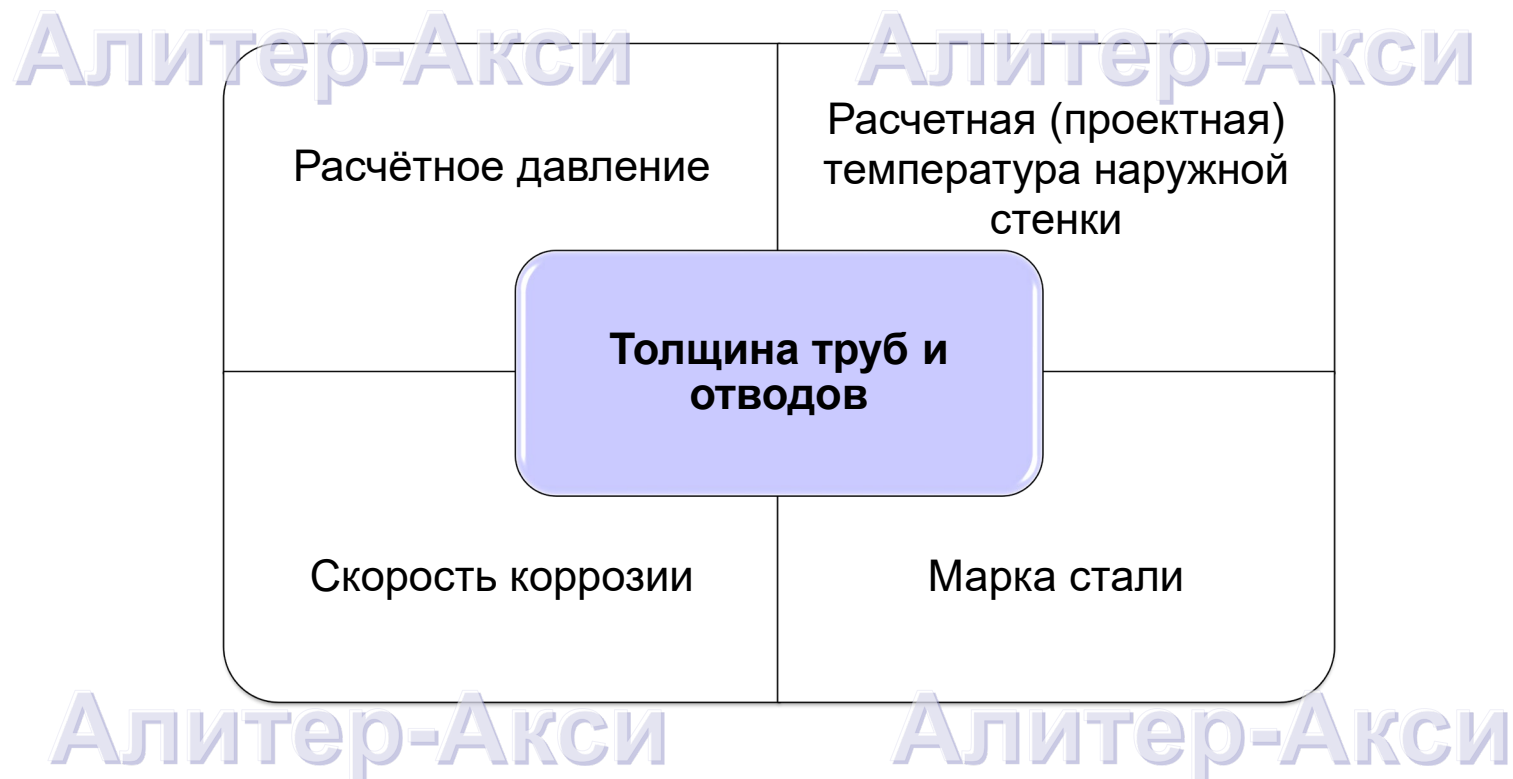
Для достоверности результатов расчет печи осуществляется в двух программах. Обе программы имеют ряд достоинств и недостатков. Но при правильном вводе исходных данных результаты расчетов печи сопоставимы.

Радиантный змеевик цилиндрической печи на производстве



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

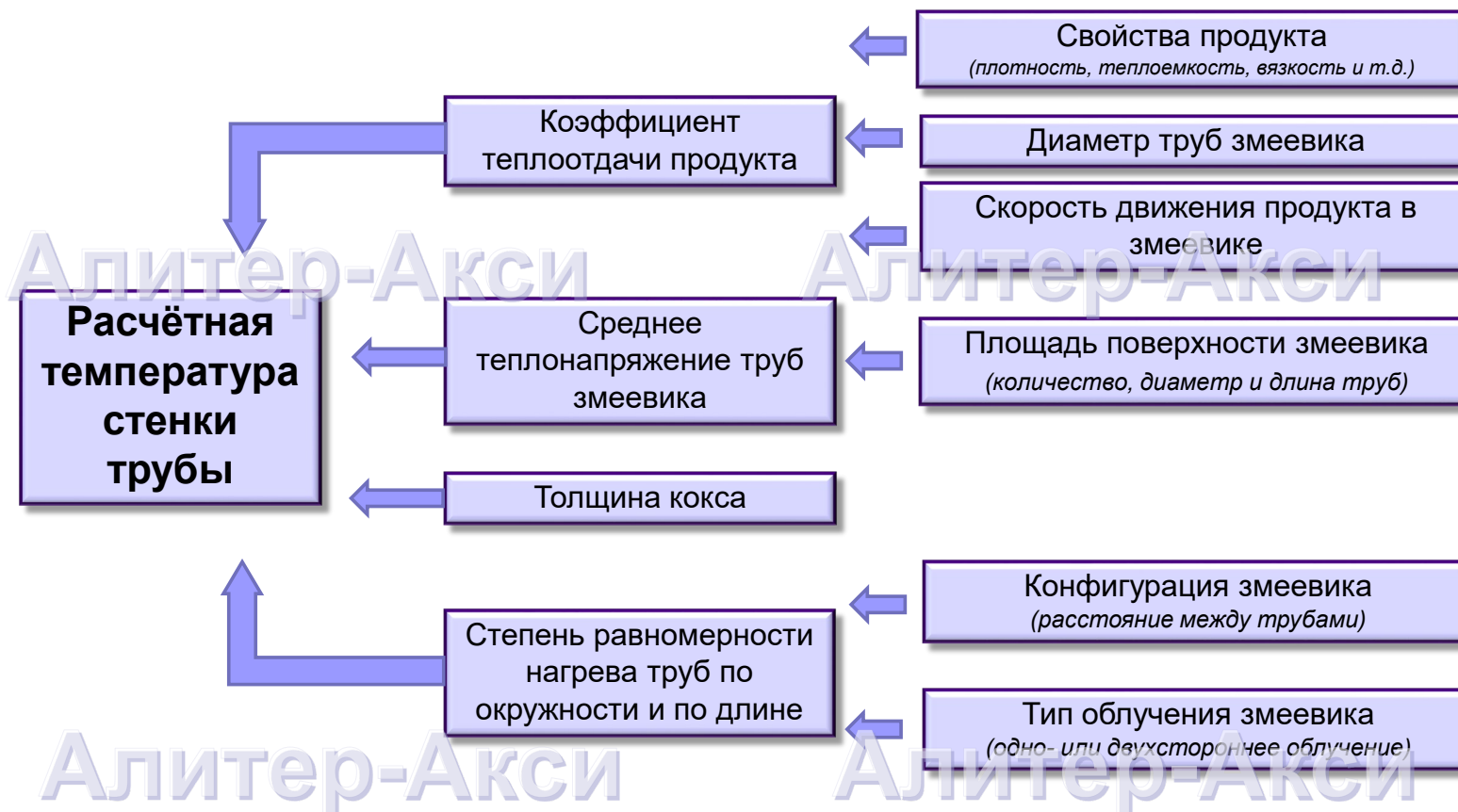
Одним из главных элементов в трубчатой печи является змеевик.



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Толщина труб змеевика и отводов зависит от:

Температурная поправка – количество градусов (°C), которое должно быть прибавлено к температуре продукта для учета неравномерного распределения потоков и неучтенных параметров в рабочем режиме.



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

При прочих равных условиях (таких как свойства, температура продукта и среднее теплонапряжение труб) чем выше скорость движения продукта, тем больше коэффициент теплоотдачи и соответственно меньше расчетная (максимальная) температура стенки трубы. Поэтому при проектировании трубчатых печей диаметр труб змеевика и его поточность принимаются из расчета максимально возможной скорости продукта с учетом допустимого гидравлического сопротивления.

Возникают иногда ситуации, что согласно исходным данным на проектирование температура продукта на выходе из печи должна иметь высокое значение или нагреваемый продукт при регламентированных температурах и давлении имеет свойство образовывать коксовый слой на внутренней стенке труб змеевика. Несмотря на то, что скорость движения может быть принята максимально возможной, но в результате вычислений расчетная (максимальная) температура стенка трубы все равно имеет достаточно высокое значение.

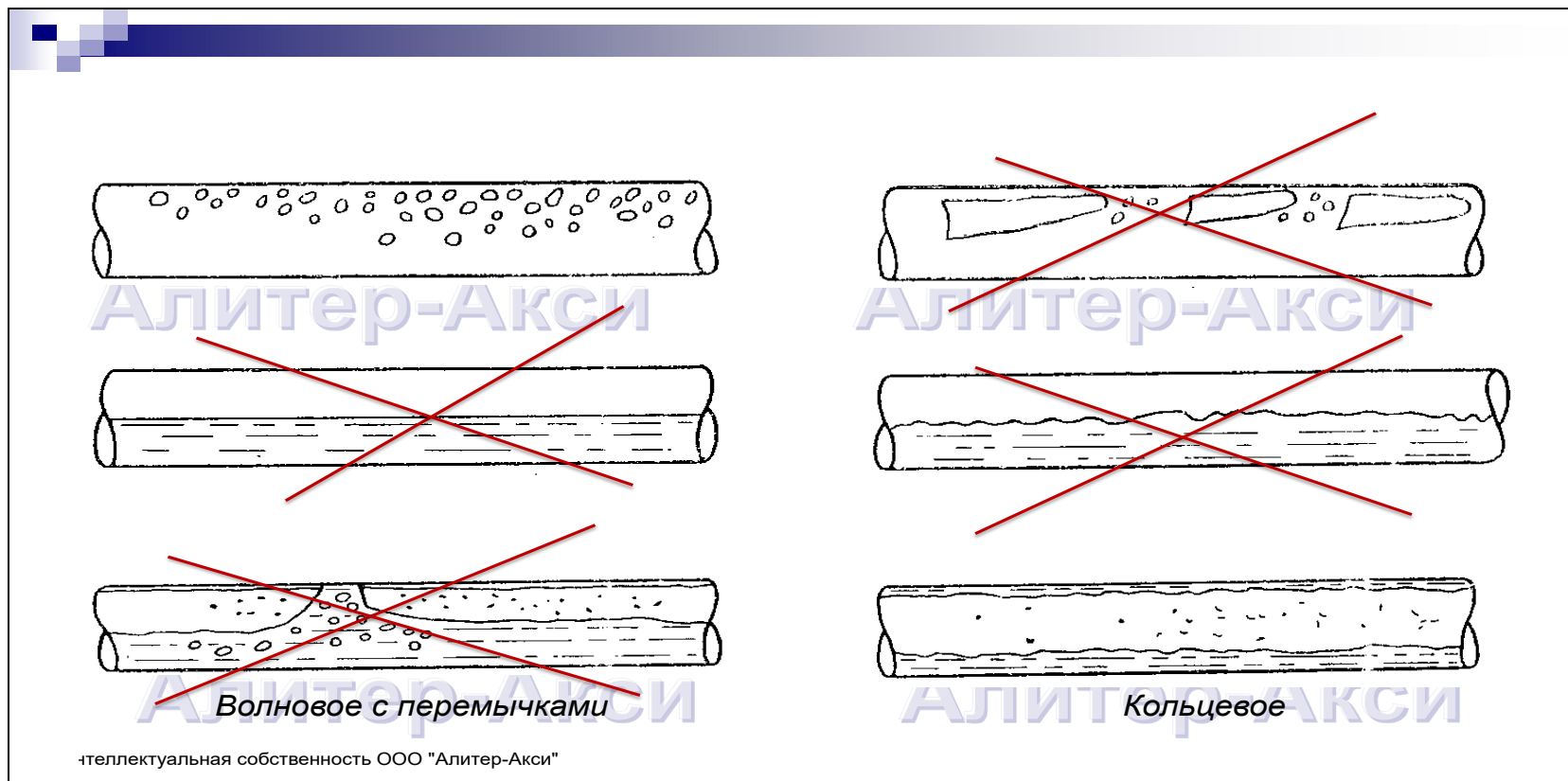
Для уменьшения расчетной (максимальной) температуры стенки труб принимается решение использовать змеевик с отводами длинного радиуса или змеевик с двусторонним облучением, тем самым увеличивается степень равномерности нагрева труб по окружности при прочих равных условиях (свойства, температура и скорость движения продукта, среднее теплонапряжение труб).

[illegible]

Пробковое (или снарядное) течение (б). Некоторые из газовых пузырей занимают почти все поперечное сечение трубы, имеют характерную пулеобразную форму и движутся вдоль оси канала. Пузыри движутся на некотором расстоянии друг за другом, а пространство между ними заполнено жидкостью.

Кольцевое течение (г). На стенках труб имеется слой жидкости или пленка, которая представляет более или менее непрерывную поверхность раздела с потоком, состоящим главным образом из газа и движущимся в центре трубы.

Приведенные режимы течения применимы к подъемному течению в трубах. При опускных течениях в вертикальных трубах режимы несколько отличаются от названных, но им уделялось значительно меньше внимания. Определенно существуют опускное пузырьковое и опускное кольцевое течения. В общем случае легче добиться кольцевого режима при опускном течении, чем при подъемном.



При параллельных течениях в горизонтальных и наклонных трубах режимы течения значительно сложнее, поскольку гравитация вызывает ассиметричное распределение фаз.

Пузырьковое течение (а). Подобен аналогичному режиму в вертикальных трубах, но при горизонтальном течении наблюдается тенденция к концентрации пузырей в верхней части трубы.

Пробковое (или снарядное) течение (б). Подобен аналогичному режиму в вертикальных трубах, но слой жидкости, отделяющий газовый пузырь от стенки в нижней части толще, чем в верхней.

Расслоенное течение (в). В этом случае разделение жидкой и газообразной фаз полное.

Волновое течение (г). Если при расслоенном режиме течения происходит увеличение скорости газа, на поверхности слоя жидкости начинают возникать большие поверхностные волны.

Волновое течение с перемычками (д).

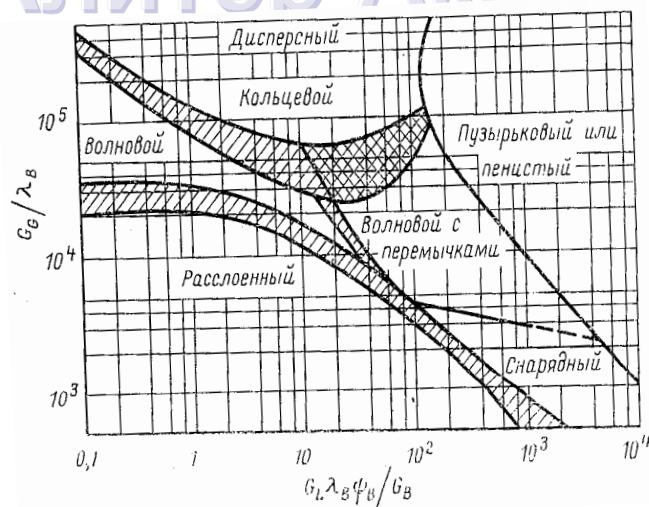
Если при волновом режиме происходит дальнейшее увеличение скорости газа волны в конце концов становятся настолько большими, что достигают верхней стенки трубы. Эти волны распространяются с большой скоростью и смачивают всю поверхность стенок трубы

Кольцевое течение (е).

Если происходит дальнейшее повышение скорости газа, газовое ядро пробивает перемычки и течение становится кольцевым, причем пленка жидкости в нижней части трубы толще, чем в верхней.

Диаграммы режимов течения

Алитер-Акси



Алитер-Акси

Апитер-Акси

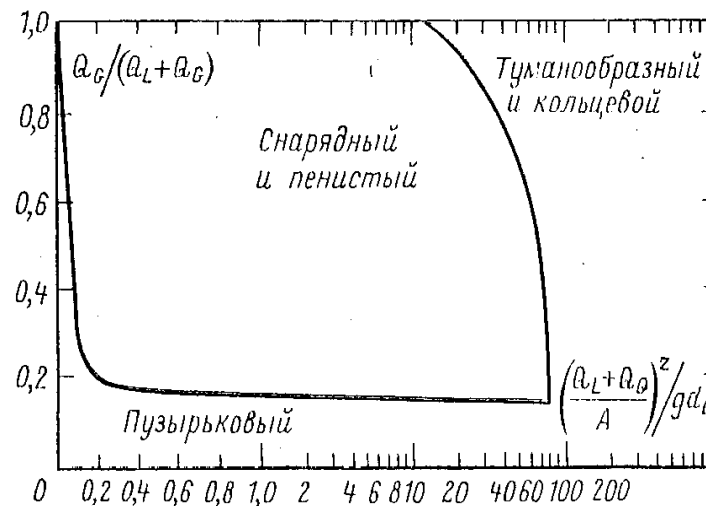


Диаграмма Гриффитса и Уоллиса
(в вертикальном канале)

Алитер-Акси

Для представления результатов наблюдений режимов течения обычно прибегают к построению графиков.

Для горизонтального течения чаще всего используется карта режимов течения Бейкера.

Для режимов течения в вертикальном канале используется карта, построенная Гриффитсом и Уоллисом.

Как видно из указанных диаграмм для определения режима течения в каждой трубе змеевика используется значение массовой скорости продукта ($\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$). Правильно подобранные диаметр труб змеевика и массовая продукта позволяют свести к минимуму образование неблагоприятных режимов течения, вызывающих пульсацию в змеевике (пробковое (или снарядное) течение) или неконтролируемый перегрев стенок труб змеевика (расслоенное и волновое течения). Данный перегрев стенок труб приводит к тому, что в нижней части трубы, где наблюдается расслоенное или волновое течения, образуется слой кокса, который в свою очередь вызывает изгиб трубы и, в последствие, прогар змеевика.

Такие ситуации, к примеру, возникали в печах П-3/2 на ООО «КИНЕФ», установка Л-24-10/2000 и П-102 на ООО «Газпромнефть-МНПЗ», установка Г-43-107.

Аэродинамический расчет

Производительность ТДО,
сопротивление газового и воздушного
трактов

Высота дымовой трубы
при естественной тяге

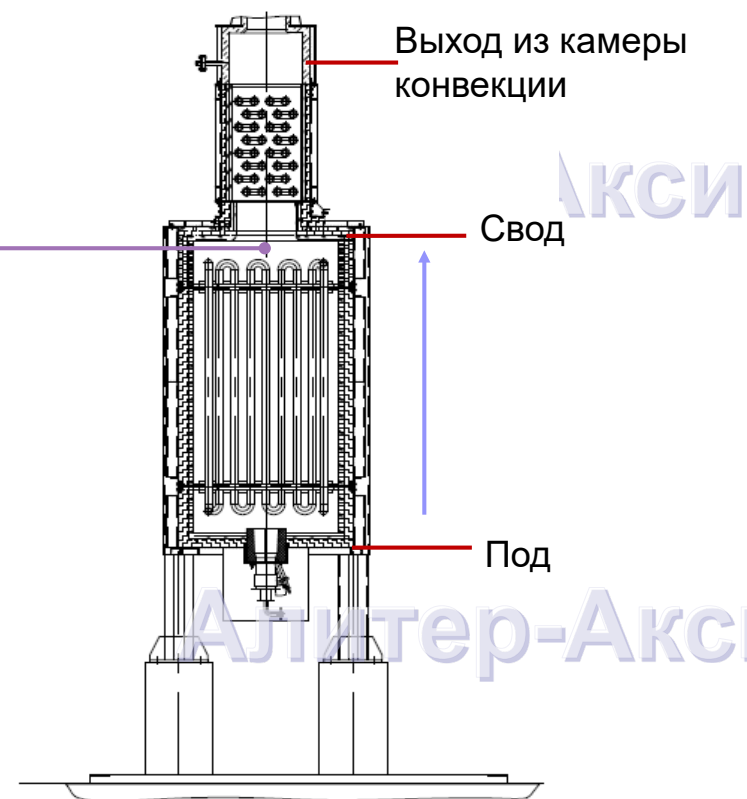
Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

При искусственной тяге дымовая труба служит не столько для создания тяги, сколько для отвода дымовых газов от дымососа в атмосферу. Согласно п.6.2.6 ГОСТ Р 53682-2009 «Установки нагревательные для нефтеперерабатывающих заводов» дымовая труба и дымоходы должны проектироваться таким образом, чтобы поддерживалось разрежение как минимум 25 Па на «перевале» или в точке минимальной тяги...

В зависимости от того в каком направлении и с какой скоростью перемещаются дымовые газы в печи точка минимальной тяги может находиться как на уровне расположения горелок, как на «перевале», так и на выходе из камеры конвекции.

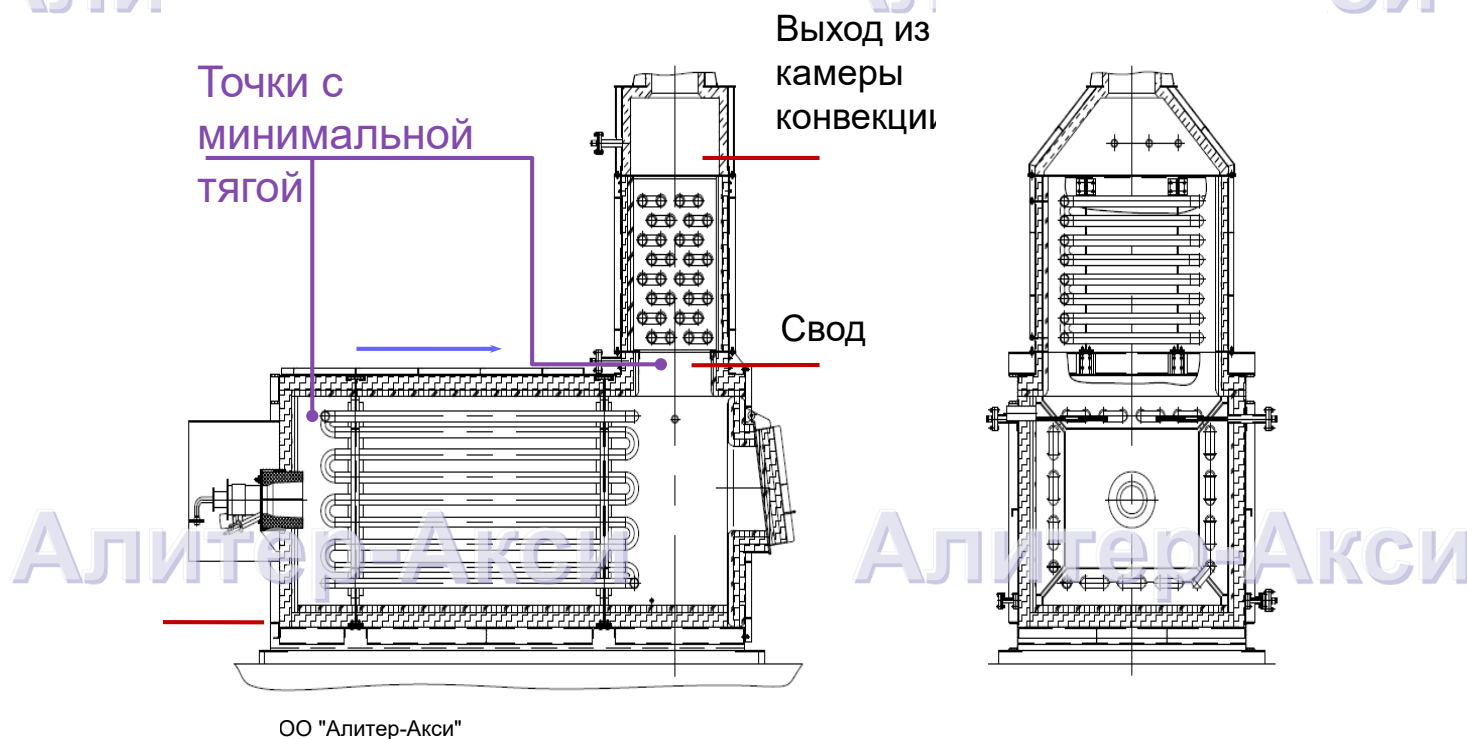
Алитер-Акси

Вертикально-
цилиндрическая
печь



Если горелки расположены в поду радиантной камеры и дымовые направляются в ней вверх (самотяга положительна), то точка с минимальной тягой будет находиться на «перевале».

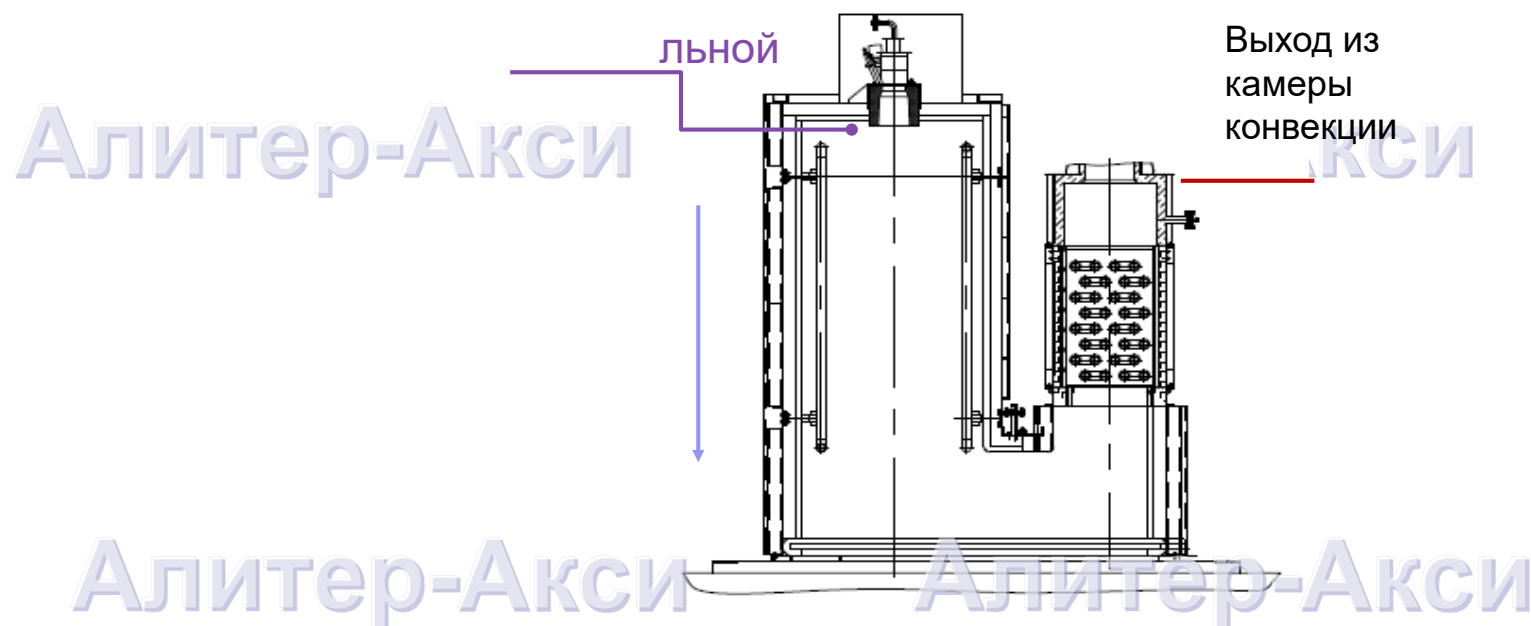
Коробчатая печь с торцевым расположением горелок



Если горелки расположены с торца радиантной камеры и дымовые направляются в ней горизонтально (самотяга равна нулю), то точка с минимальной тягой будет одинаковой как на уровне расположения горелок, так и на «перевале».

Однако, необходимо учитывать, что, если в камере конвекции трубный пакет имеет малое сопротивление и расположен в вертикальном газоходе большой высоты, необходимо проверить не окажется ли самотяга в камере конвекции больше сопротивления трубного пакета. В последнем случае точка с минимальной тягой окажется в месте выхода дымовых газов из камеры конвекции (после последнего трубного пакета).

Цилиндрическая печь с верхним расположением горелок

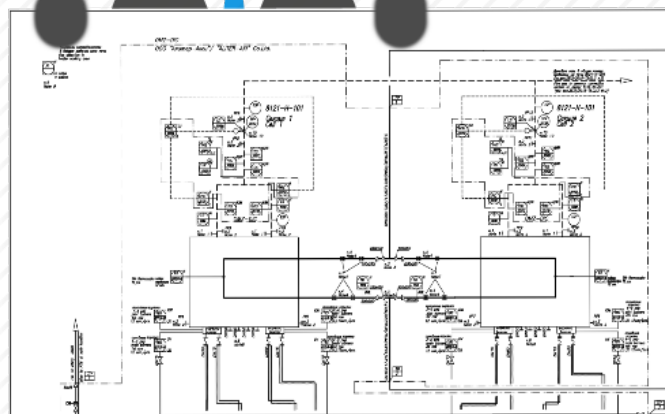


Таким образом, если горелки расположены сверху в радиантной камере и дымовые газы направляются в ней вниз (самотяга отрицательна), то точка с минимальной тягой будет находиться на уровне расположения горелок и аэродинамическое сопротивление рассчитывается таким образом, чтобы обеспечить необходимую тягу горелок согласно требованиям изготовителя.



Пример технологической схемы и задания на проектирование системы КИП и А

Алитер-Акси



Алитер-Акси

Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Алитер-Акси

Алитер-Акси



Алитер-Акси

Алитер-Акси

Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"