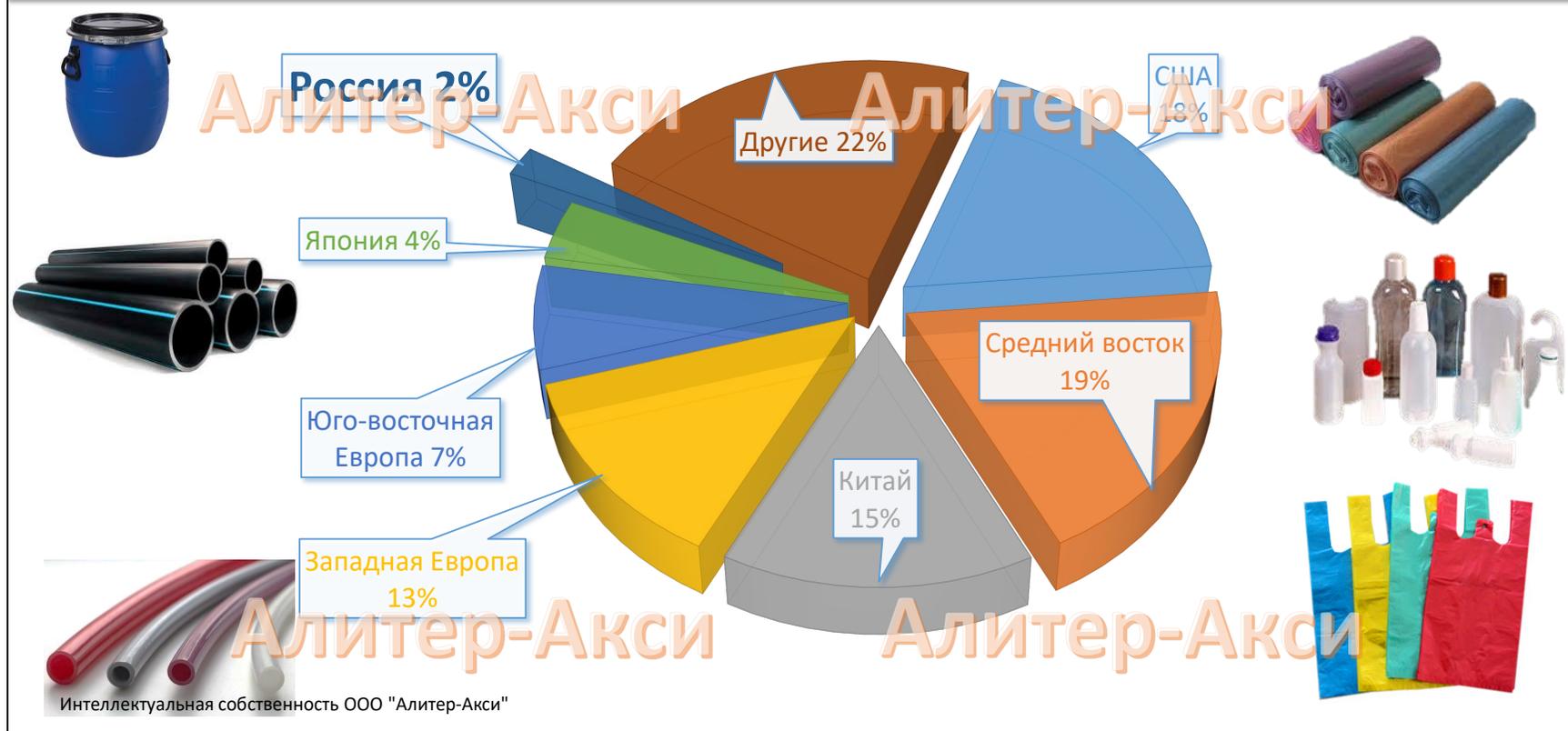


**Печи пиролиза**

**Производство этилена**

# Производство этилена

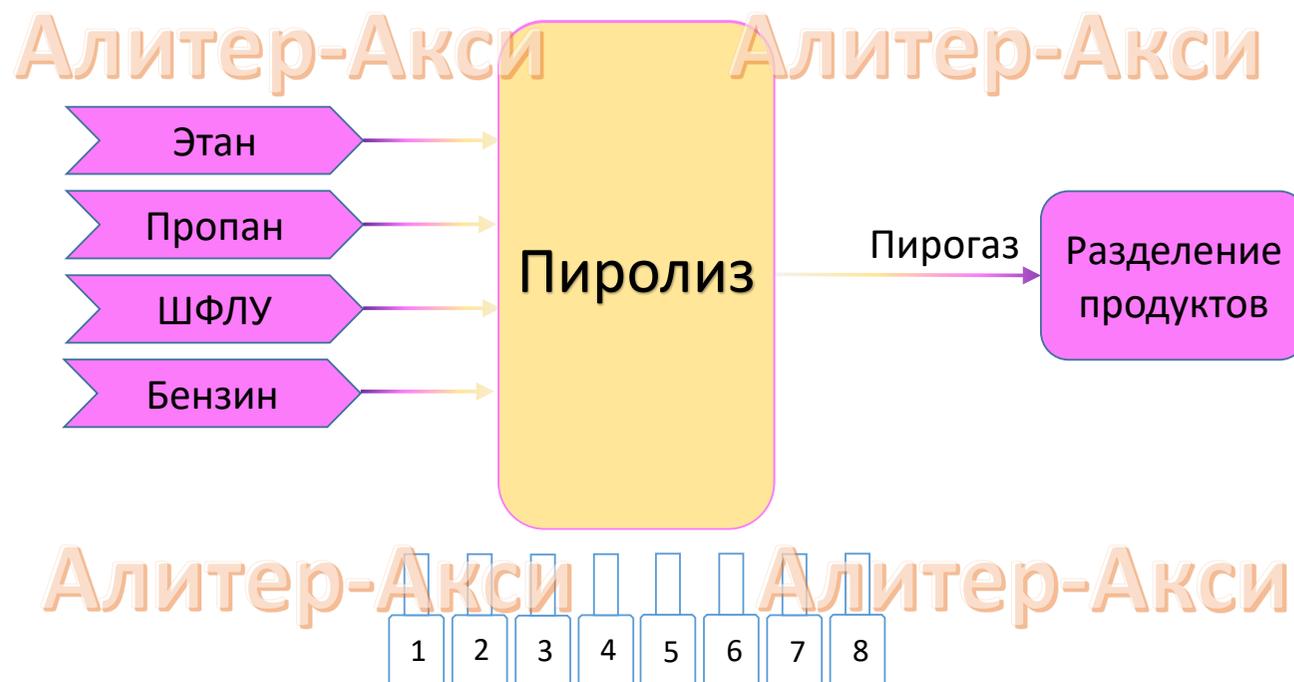


Этилен является самым **высоко** производимым органическим веществом в мире, а этиленовые производства наиболее насыщенными по технологическим процессам.

На российских этиленовых установках в 2018 г. произведено 2,8 млн. тонн этилена, **что соответствует** всего лишь 2% от мирового рынка.

Этилен служит исходным компонентом для получения **полиэтилена**, важность и применимость которого каждый из нас может оценить оглянувшись вокруг. **Полиэтилены применяются** для получения труб, кабелей, а также самых разных пленок для любых отраслей промышленности.

# Принципиальная схема



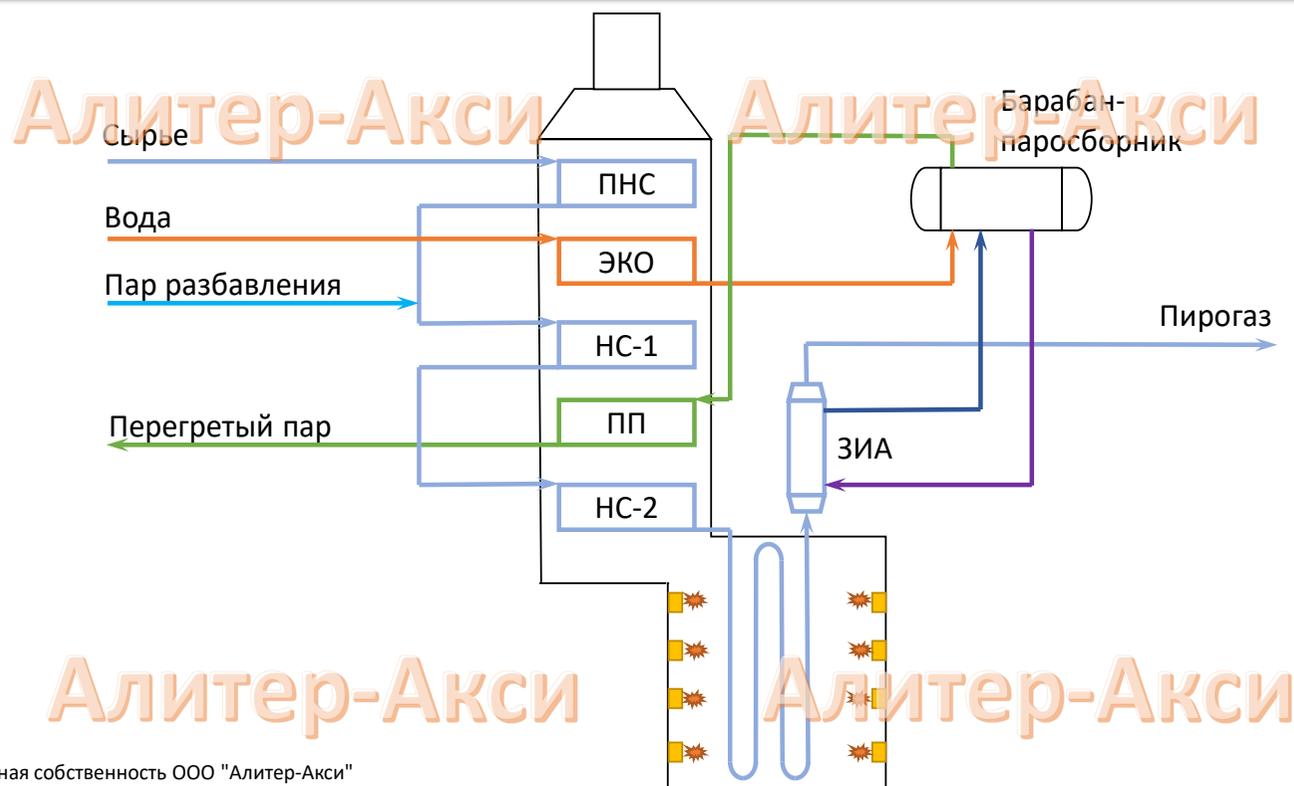
Интеллектуальная собственность ООО "Алигер-Акси"

Технология производства этилена насчитывает более шестидесятилетнюю историю и **является совокупностью** стадий: реакционных, разделительных и механических.

Сырьем для получения этилена в трубчатых печах могут быть фракции этана, пропана, ШФЛУ или бензина.

Сердцем установки являются печи пиролиза, **от их конфигурации и современности** применимых технологий зависит количество и качество выпускаемой продукции. **В отличие от других** установок нефтепереработки, когда для работы достаточно одной печи, для установки производства этилена в зависимости от мощности требуется от 6 до 14 параллельно установленных печей, при этом одна или две всегда находятся в режиме горячей готовности.

# Печь пиролиза



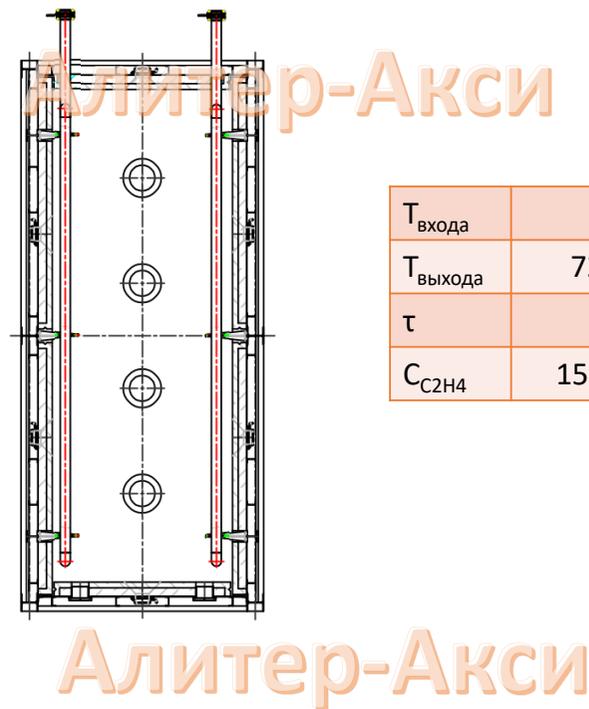
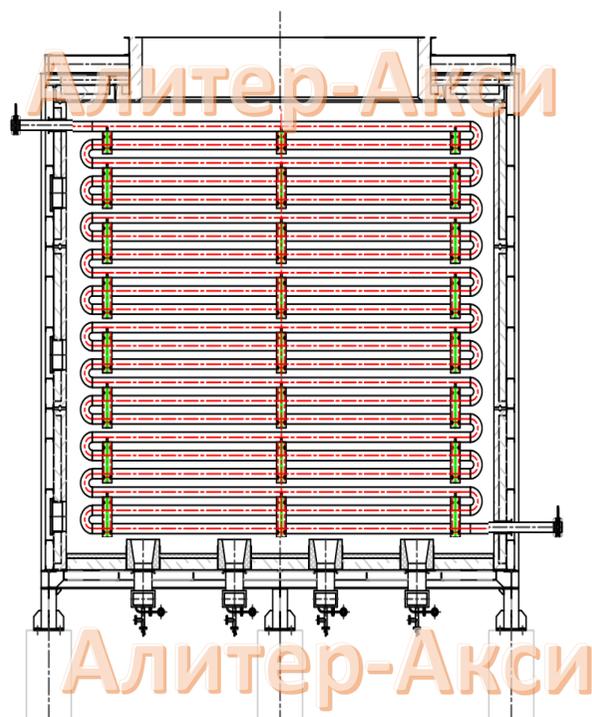
Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Основным назначением трубчатой печи является подогрев сырья пиролиза в смеси с паром разбавления в камере конвекции **до температуры начала эндотермической** реакции и **обеспечение** необходимого времени пребывания в реакционной зоне для достижения заданной глубины разложения.

Для прекращения реакционных процессов пирогаз подается в Закально-испарительный аппарат.

**Утилизация избыточного тепла** дымовых газов в печах пиролиза осуществляется за счет выработки пара среднего или высокого давления.

# Пристенный змеевик

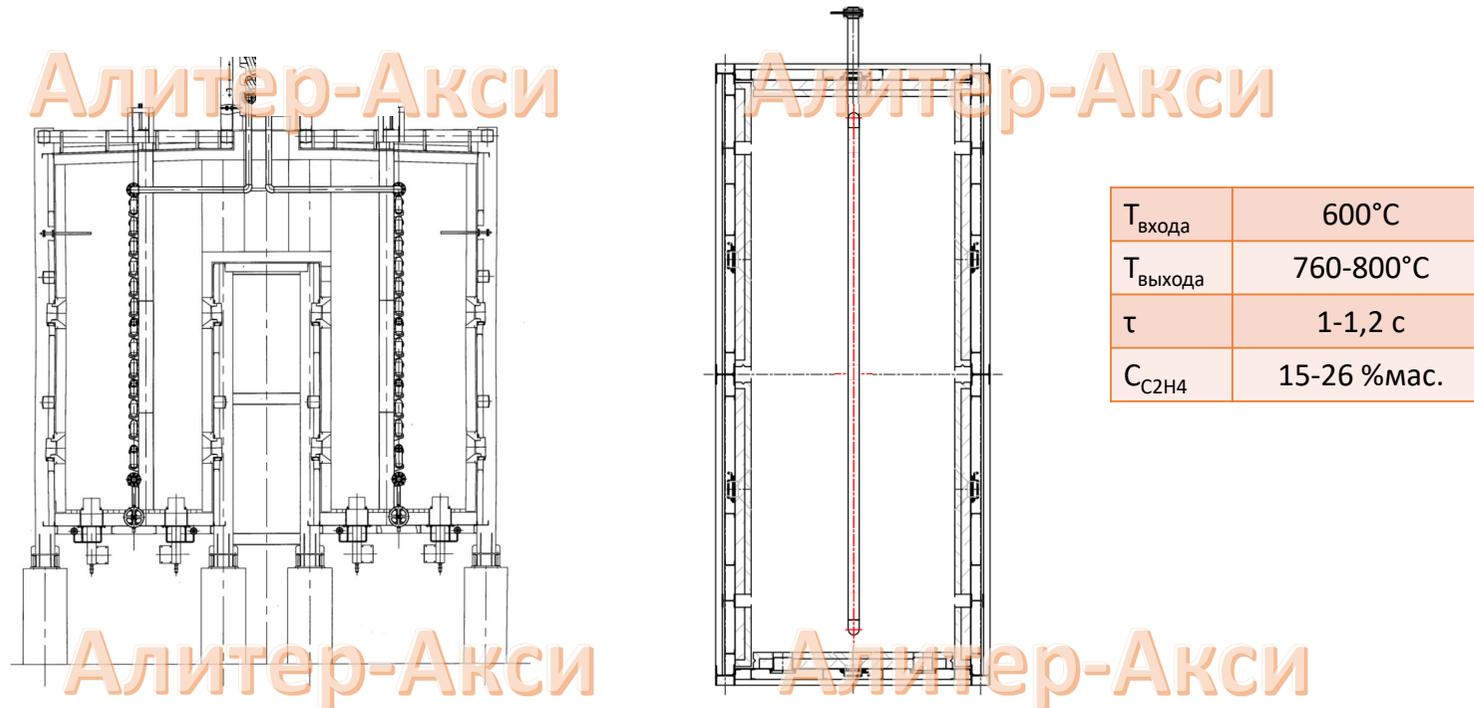


$T_{\text{входа}}$	550°C
$T_{\text{выхода}}$	720-780°C
$\tau$	1-1,2 с
$C_{\text{C2H4}}$	15-25 %мас.

Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Первые конструкции печей пиролиза были аналогичны нагревательным печам нефтезаводских установок и **отличались от них только лишь** температурой сырья на выходе из змеевика. Такие печи были двухпоточными и имели горизонтальное пристенное расположение змеевика в камере радиации.

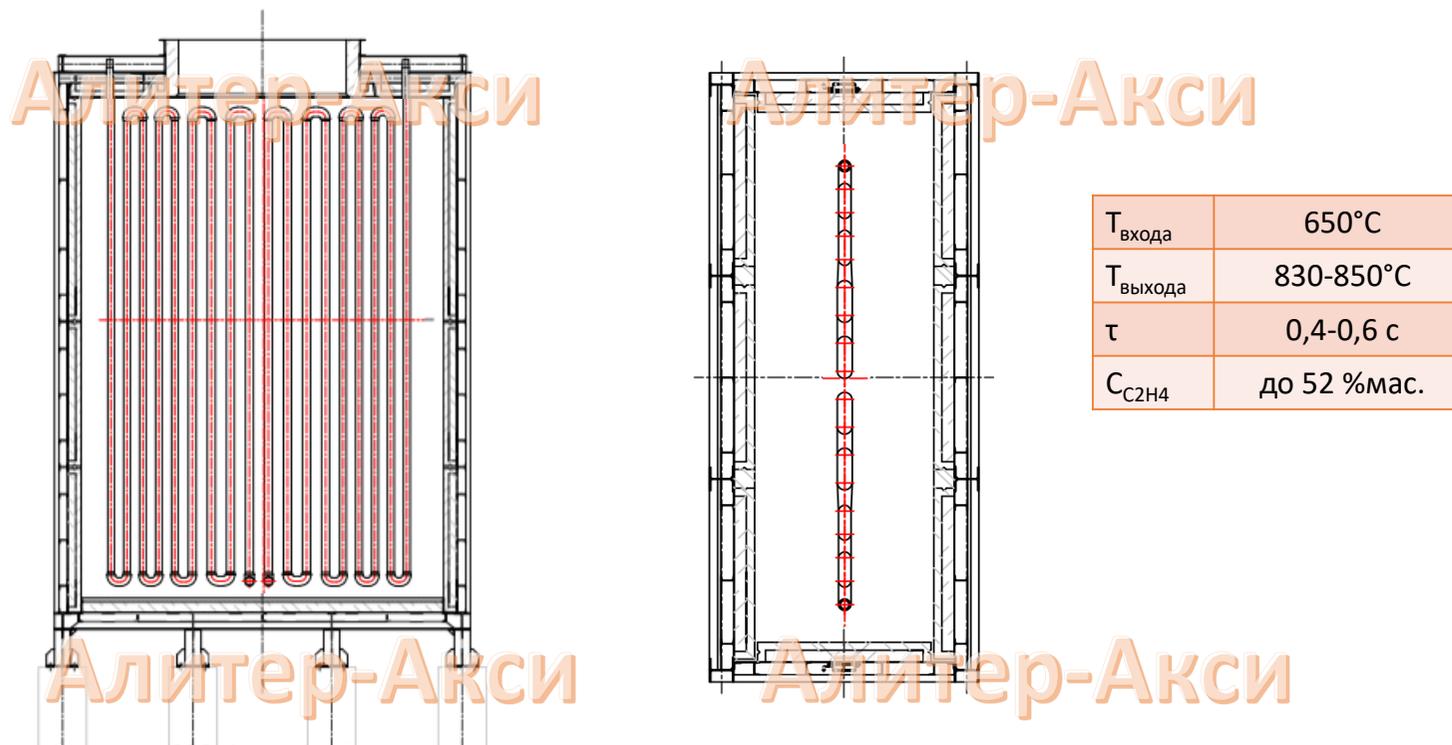
# Центральный змеевик



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Следующим шагом в изменении конструкции было появление печей с **центральным расположением** горизонтального змеевика, что позволило обеспечить подвод тепла от излучающих горелок, расположенных по обеим боковым стенам, тем самым обеспечив равномерность теплового поля в камере радиации.

# Вертикальный змеевик

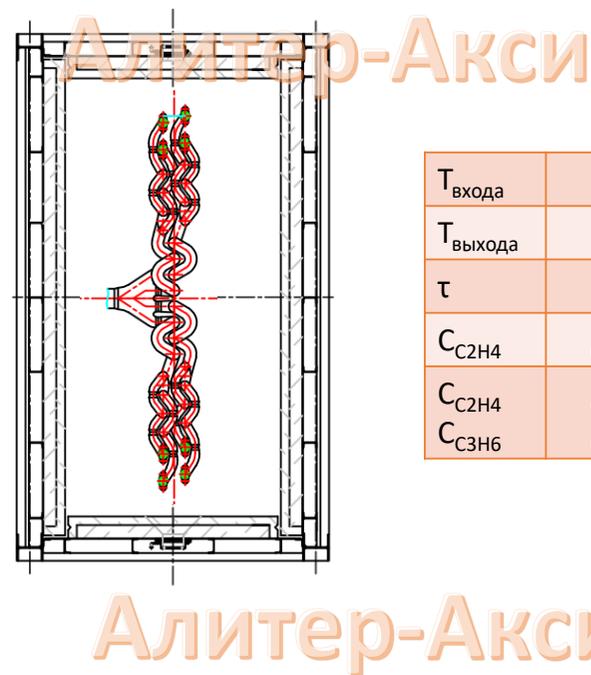
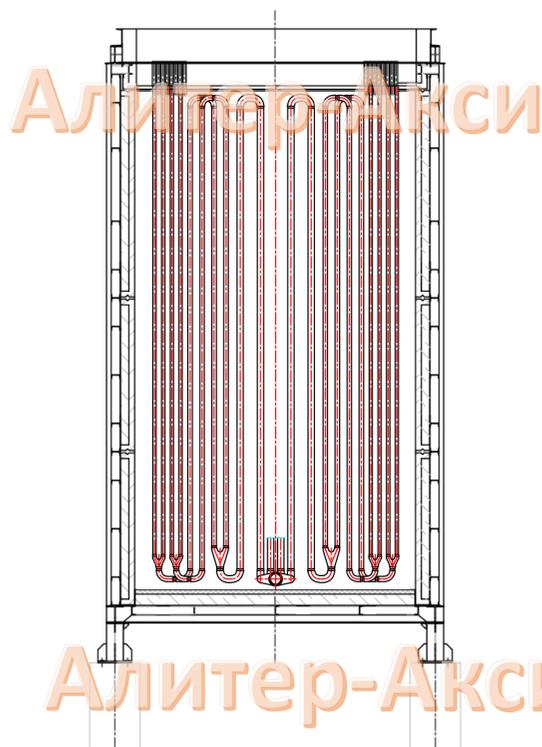


Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Поскольку печи с горизонтальной компоновкой имеют ряд недостатков, **связанных с воздействием** высоких температур на подвески и трубы змеевика, **что в сочетании со значительными** механическими нагрузками, приводит к их быстрому износу.

Решением данной проблемы был переход от горизонтального к вертикальному расположению.

# Изменяемая поточность

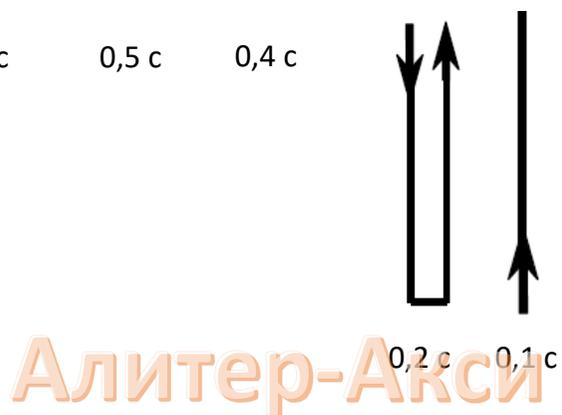
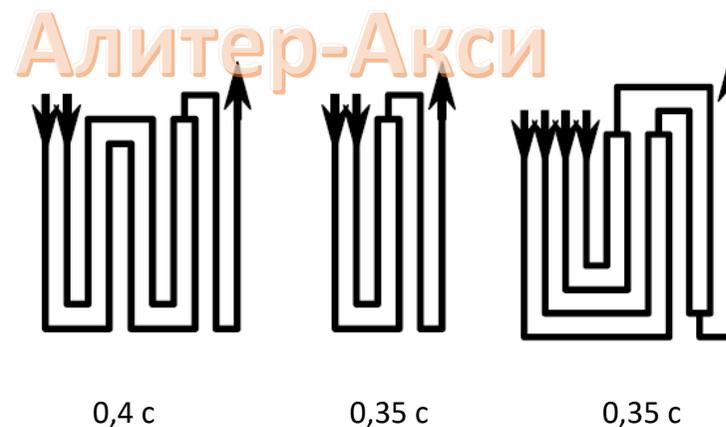
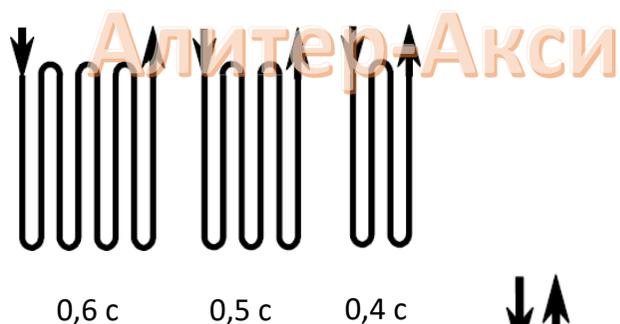


$T_{\text{входа}}$	650°C
$T_{\text{выхода}}$	850-900°C
$\tau$	0,25-0,35 с
$C_{\text{C}_2\text{H}_4}$	до 52 %мас.
$C_{\text{C}_2\text{H}_4}$	до 36 %мас.
$C_{\text{C}_3\text{H}_6}$	до 14 %мас.

Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Для пиролиза **различного вида сырья** были разработаны и внедрены в эксплуатацию сначала змеевики с увеличением диаметра к последним трубам, а **впоследствии к изменяемой поточности** и диаметрам в камере радиации, **что позволило** увеличить длительность межремонтного пробега.

# Время пребывания



Алитер-Акси

Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Подводя вышесказанное стоит отметить, что помимо расположения змеевика в камере радиации:

Эволюция пиролиза газообразного сырья привела к сокращению времени реакции.

При пиролизе бензиновой фракции хорошо зарекомендовали себя змеевики с еще более коротким временем реакции, **что обусловлено большим разнообразием** индивидуальных компонентов в сырье.

**Для печей гибких по сырью** была совершена **революция** с применением сложных конфигураций змеевика с изменяемой поточностью.

## Исходные данные



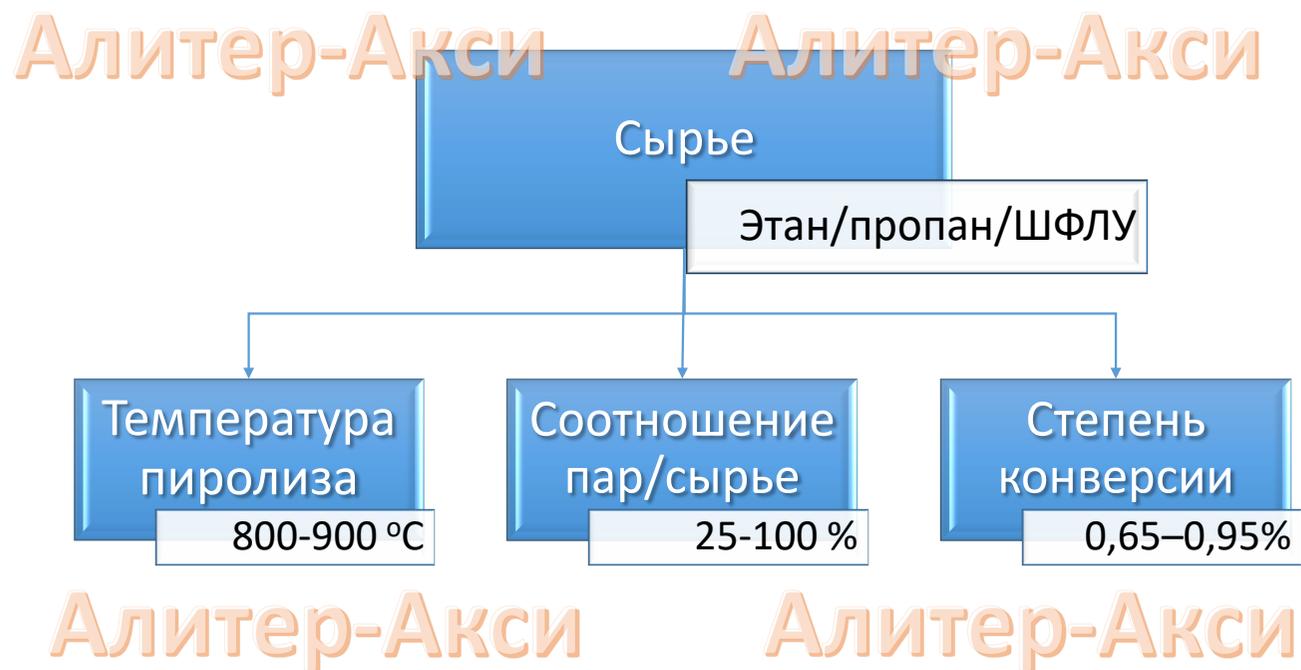
Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

При проектировании новой печи пиролиза или реконструкции существующей условиями технического задания являются:  
**Селективность по целевым продуктам.**

**Продолжительность пробега между коксовыжигом.**

Стоит отметить, что данные условия являются зависимыми друг от друга. **Высокая селективность** всегда влечет за собой снижение длительности между коксовыжигом.

# Параметры процесса



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Остановимся на основных параметрах процесса пиролиза в печах:

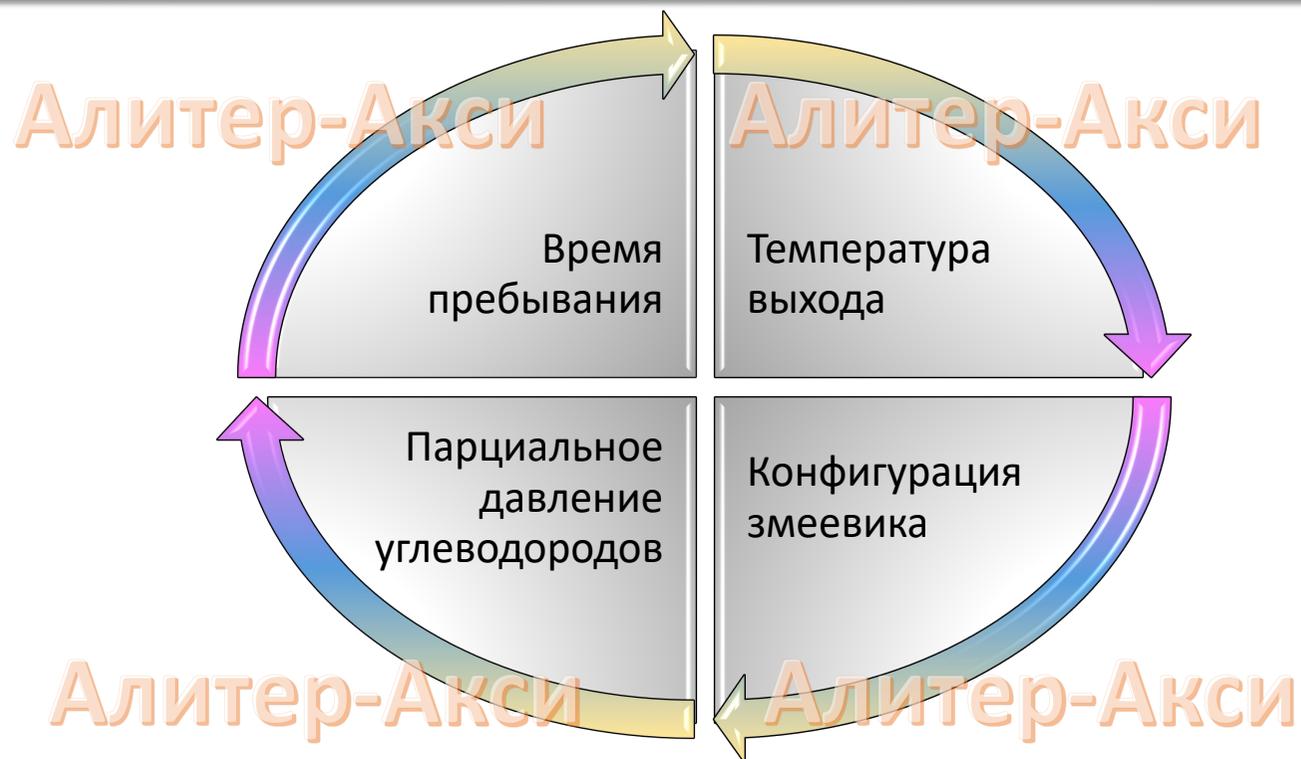
**Температура определяет** степень превращения исходных веществ по реакциям термического разложения.

**Конверсия сырья является** доминирующим фактором в распределении продуктов пиролиза.

**Равновесие системы и скорость реакций**, а следовательно, и распределение продуктов разложения зависит от парциального давления углеводородов. **При уменьшении давления** в системе уменьшается выход нежелательных побочных продуктов, что в свою очередь эквивалентно повышению температуры с одновременным сокращением времени реакции.

**В зависимости** от перерабатываемого сырья параметры могут очень сильно различаться.

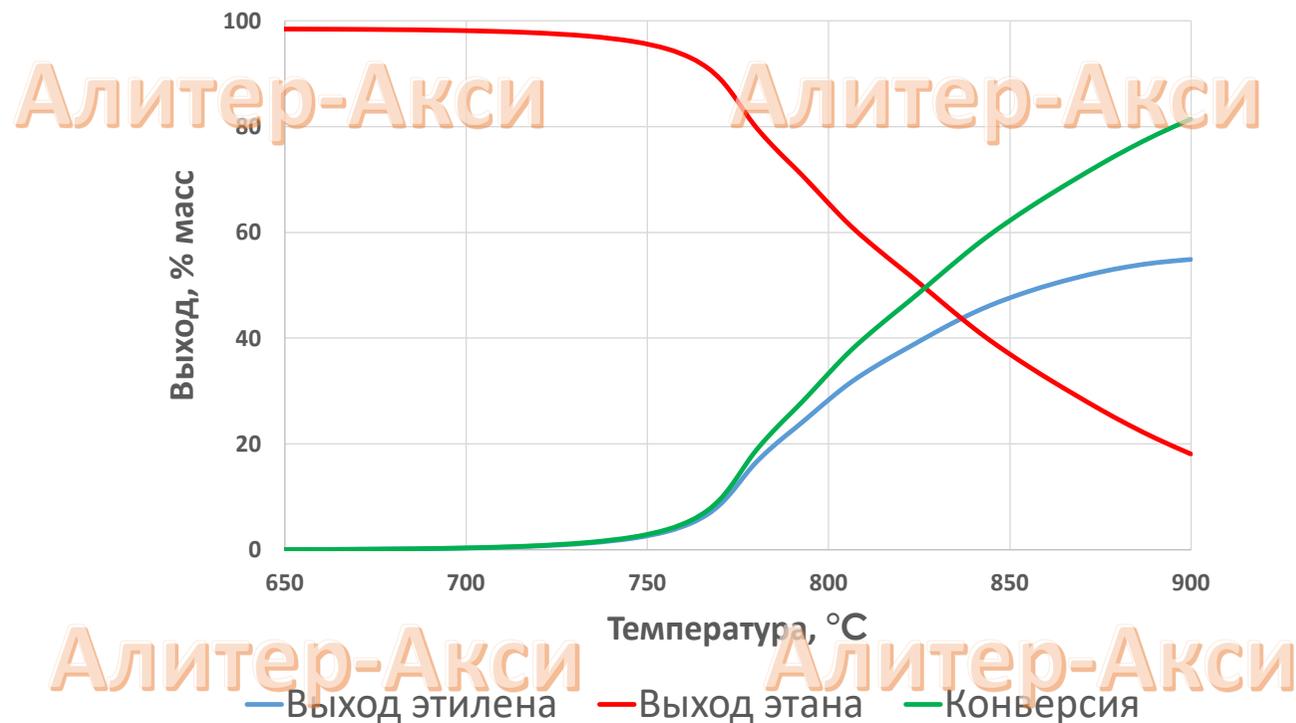
## Параметры процесса



Интеллектуальная собственность ООО "Алигер-Акси"

Процессы пиролиза всех видов сырья **в разной степени являются** источниками не только этилена, но и пропилена, бутенов и бензола. **На выход целевых продуктов** процесса оказывают влияние каждый из перечисленных ранее параметров. **Задачей технолога** при проектировании печи пиролиза подобрать оптимальную конфигурацию змеевика и параметры эксплуатации.

## Целевые продукты



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

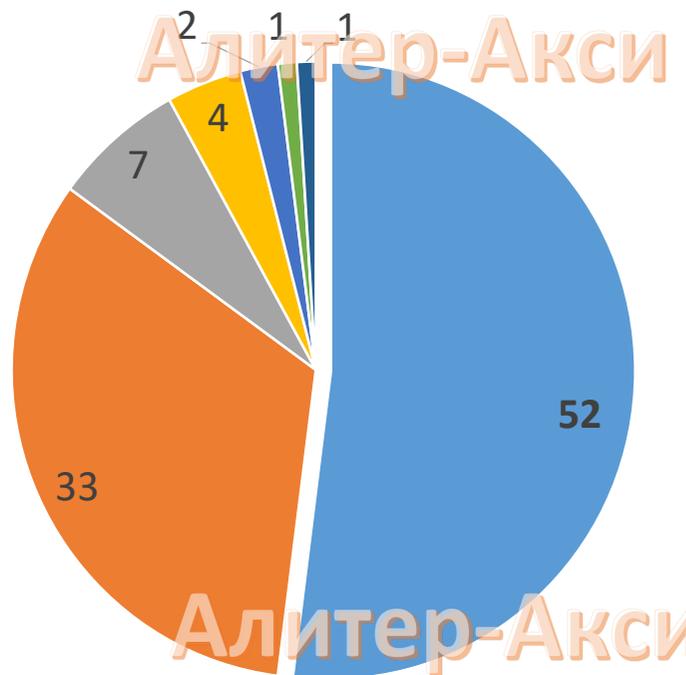
Рассмотрим процесс пиролиза на примере **этановой фракции**, которая является наилучшим сырьем для получения этилена. Деструктивные процессы этановой фракции начинаются при температуре 650 °C, а **значительные изменения концентрации целевых продуктов** пиролиза находятся в диапазоне от 750 до 850 °C.

Кривая выхода целевых продуктов имеет максимум, где максимум обусловлен протеканием побочных и вторичных реакций. **После повышения температуры выше 850 °C** изменение концентрации этилена незначительна.

# Выход продуктов



- Этилен
- Этан
- Метан
- Водород
- Пропилен
- 1,3-бутадиен
- Бензол



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

В современных печах пиролиза **степень превращения этана** составляет 55%, что соответствует выходу этилена 52% масс., **при этом остается** большая доля этана, который в дальнейшем идет **на рецикл**.

# Проектирование печи пиролиза

## Алитер-Акси Технологический

Время реакции

Температура выхода

Соотношение сырье/пар

Давление на выходе

Конфигурация змеевика

АСУТП и ПАЗ

Алитер-Акси

## Алитер-Акси Механический

Материал труб

Выбор горелок

Футеровочные материалы

Смешивающие элементы

Алитер-Акси

Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Проектирование печи пиролиза делится на два этапа:

### *Технологический*

Определение необходимого **времени реакции** для достижения заданной селективности;

Определение **температуры пиролиза**, опять же для достижения заданной селективности;

Определение **необходимого соотношения сырье-водяной пар** для снижения парциального давления углеводородов, участвующих в побочных реакциях;

Определение **конфигурации змеевика** для снижения влияния коксообразования на процесс пиролиза и достижения минимального перепада;

**Применение современных** средств управления процессом.

### *Механический*

Под механическим проектированием подразумевается **обоснование применения материалов радиантных труб** с высокими эксплуатационными характеристиками;

**Выбор использования подовых или стеновых горелок** для обеспечения равномерности теплового поля в камере радиации;

**Обоснование применения современных огнеупорных материалов** для обеспечения длительного времени эксплуатации при жестких режимах работы печи;

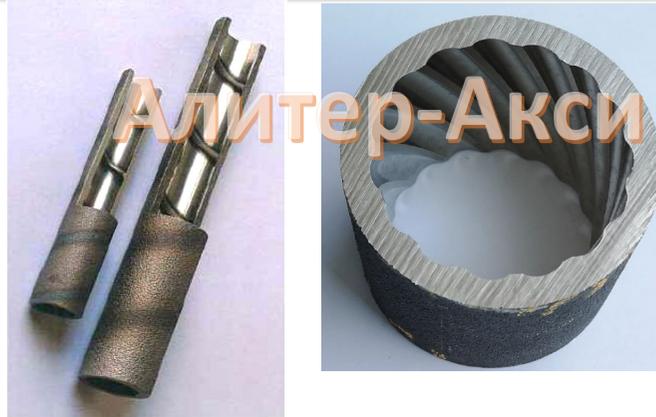
Применение труб **со смешивающими** элементами.

## Смешивающие элементы

Алитер-Акси



Алитер-Акси



Алитер-Акси



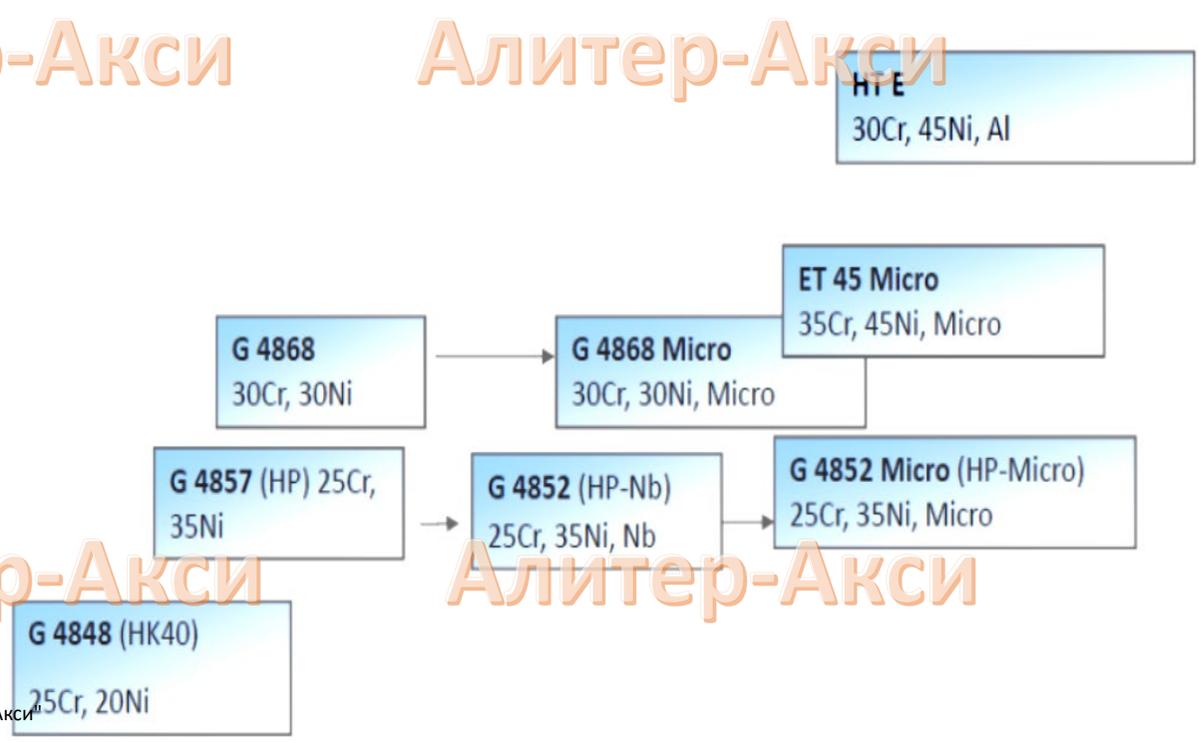
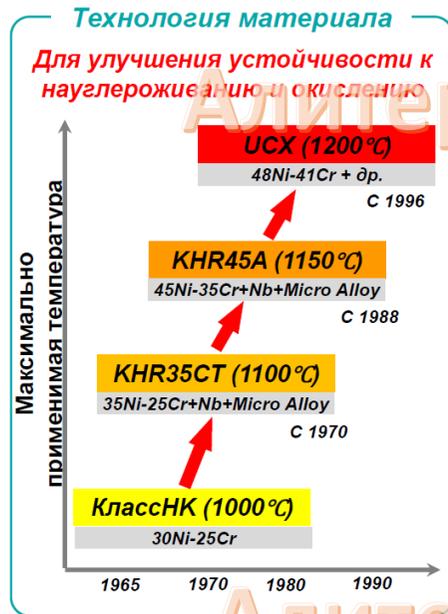
Алитер-Акси



Отдельно хочется отметить разработки с применением смешивающих элементов **на внутренней поверхности** трубы, **предназначенные для снижения отложений кокса и увеличению пробега** печи между остановами на коксовыйжиг за счет **равномерного** распределения температуры металла трубы.

**Данное решение целесообразно** применять в качестве **последней трубы** пирозмеевика при пиролизе жидких углеводородов, где влияние образования кокса на стенках трубопровода наиболее выражено.

# Материал труб



Интеллектуальная собственность ООО "Алитер-Акси"

Повышение температуры пиролиза привело к тому, что изменились требования к эксплуатационным характеристикам трубопроводов, на что производители цельнолитых труб оперативно отреагировали, **изменив элементный состав материала** в сторону увеличения количества Хрома, Никеля, **способствующим снижению** отложений кокса на внутренней поверхности.

# «Нет без явно усиленного трудолюбия ни талантов,

Алитер-Акси»

Алитер-Акси  
Д. И. Менделеев



Чтобы **чувствовать себя уверенно** специалистами организации была проведена огромная работа **по изучению степени влияния** каждого фактора на процесс пиролиза.

**Изучен** существующий теоретический и практический **опыт** отечественных и зарубежных компаний.

**Результаты моделирования процесса** пиролиза различных фракций сравнимы с данными полученными с существующих установок.

Для нашей компании проектирование печей **со столь сложным процессом** является **новым и перспективным** направлением, которое не стоит на месте и первый проект печи пиролиза этановой фракции **для КазаньОргСинтез** близится к завершению.