

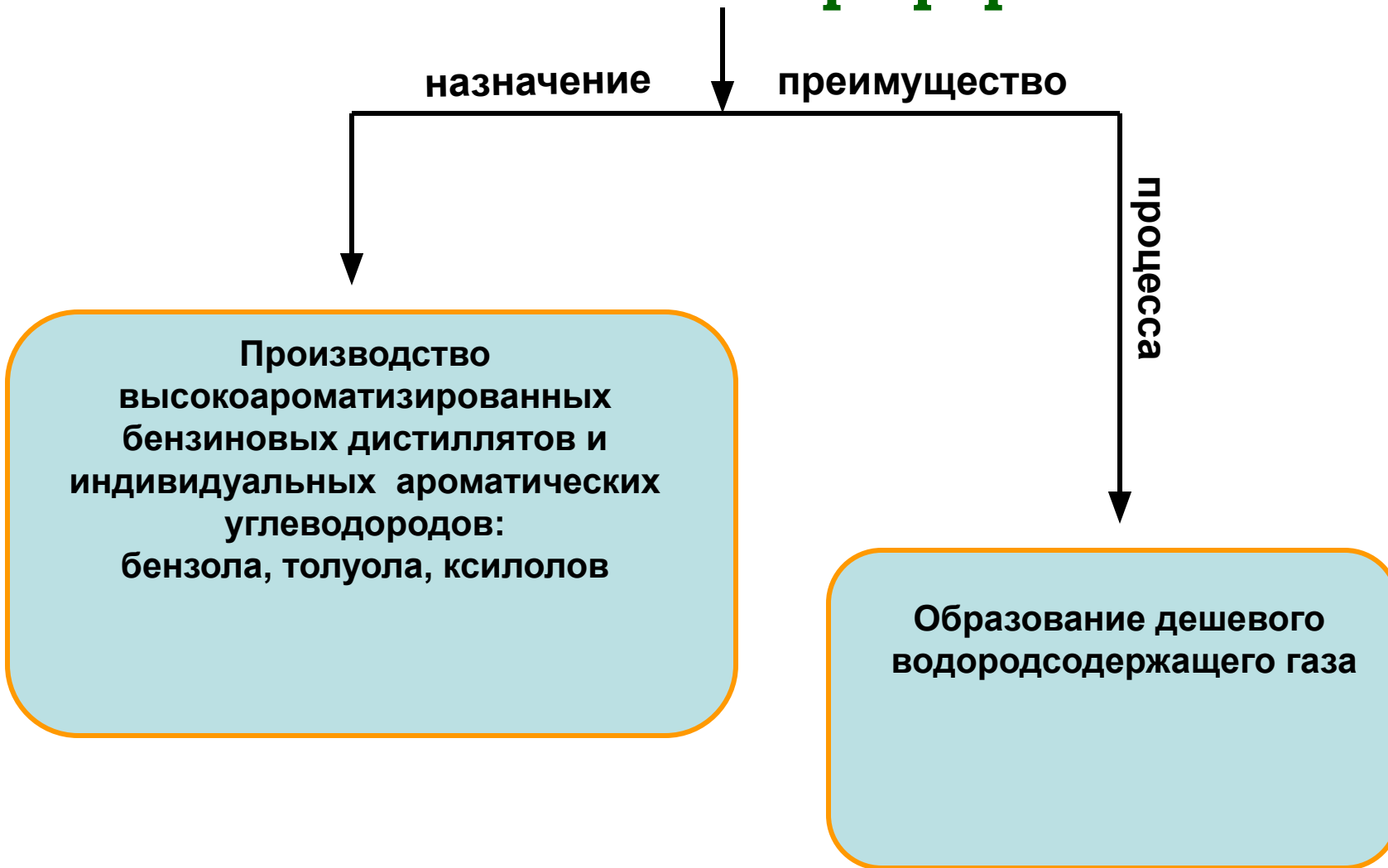
Лекция 9

Каталитический реформинг

Содержание лекции

1. *Назначение процесса каталитического риформинга.*
2. *Химизм и термодинамика процесса.*
3. *Катализаторы риформинга.*
4. *Основные факторы процесса.*
5. *Классификация установок риформинга*
6. *Схема установки риформинга со стационарным слоем катализатора*
7. *Схема установки риформинга с движущимся слоем катализатора (CCR)*
8. *Основные показатели риформинга*
Материальный баланс
9. *Установка экстракции аренов из катализата риформинга*

1. Назначение процесса каталитического риформинга.

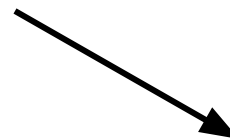


2. Химизм и термодинамика процесса

Целевые реакции, приводящие к образованию ароматических углеводородов



Дегидрирование и изомеризация нафтеновых углеводородов



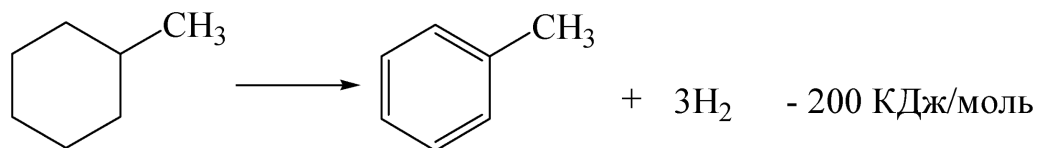
Дегидроциклизация и изомеризация парафиновых углеводородов

Изменение группового химического состава бензинового сырья при риформинге (% об.)

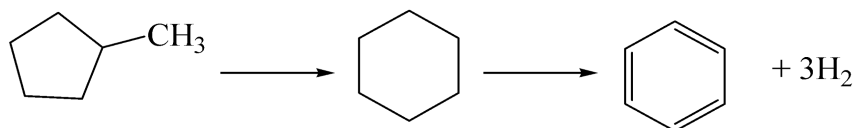
Углеводороды	Сырье	Продукты
Парафиновые	50	35
Нафтеновые	40	10
Ароматические	10	55

Основные реакции риформинга

- 1. Дегидрирование шестичленных циклоалканов



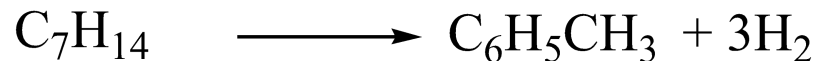
- 2. Дегидроизомеризация пятичленных циклоалканов



- 3. Дегидроциклизация алканов



- 4. циклодегидрирование алкенов



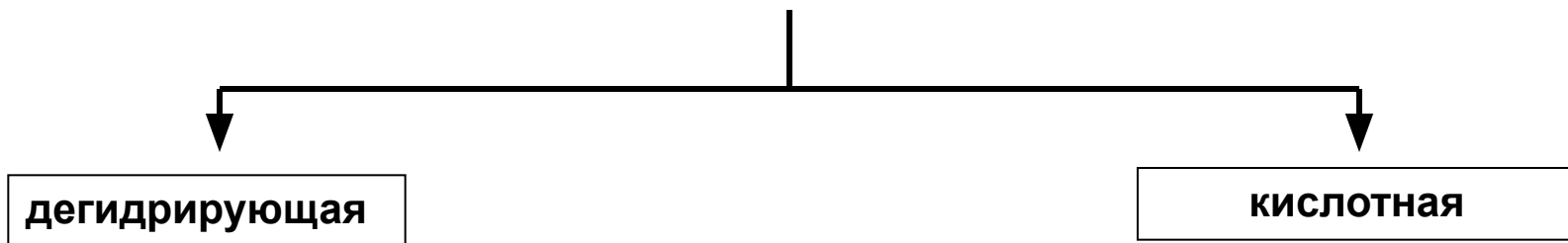
Тепловой эффект риформинга

- Наиболее важные реакции риформинга, ведущие к образованию ароматических углеводородов из нафтенов и парафинов, идут с поглощением **тепла**.

Отрицательный тепловой эффект составляет **250-630** кДж/кг.

3. Катализаторы риформинга

Катализаторы применяемые в процессе риформинга – бифункциональные, то есть обладающие двумя основными функциями:



Наибольшими дегидрирующими свойствами обладает платина. Содержание платины в катализаторе обычно составляет **0,3-0,6% мас.**

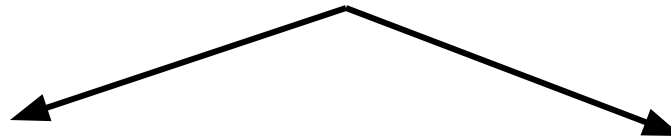
Оксид алюминия обладает кислотными свойствами, которые определяют его высокие крекирующие и изомеризирующие свойства. Для усиления кислотной функции катализатора в его состав вводят **галогены**, чаще всего **хлор**.

Биметаллические катализаторы

Основные компании – производители катализаторов – UOP (США), AXENS (Франция), Criterion (США), Промкатализ (Россия), Роснефть-Ангарск (Россия)

- Для повышения активности селективности и стабильности катализаторов вводят специальные элементы – **промоторы**.
- К биметаллическим катализаторам относятся **платино-рениевые** и **платино-иридиевые**, содержащие 0,3-0,4% мас. платины и примерно столько же Re и Ir.
Роль Re и Ir – стабилизация высокой дисперсности платины

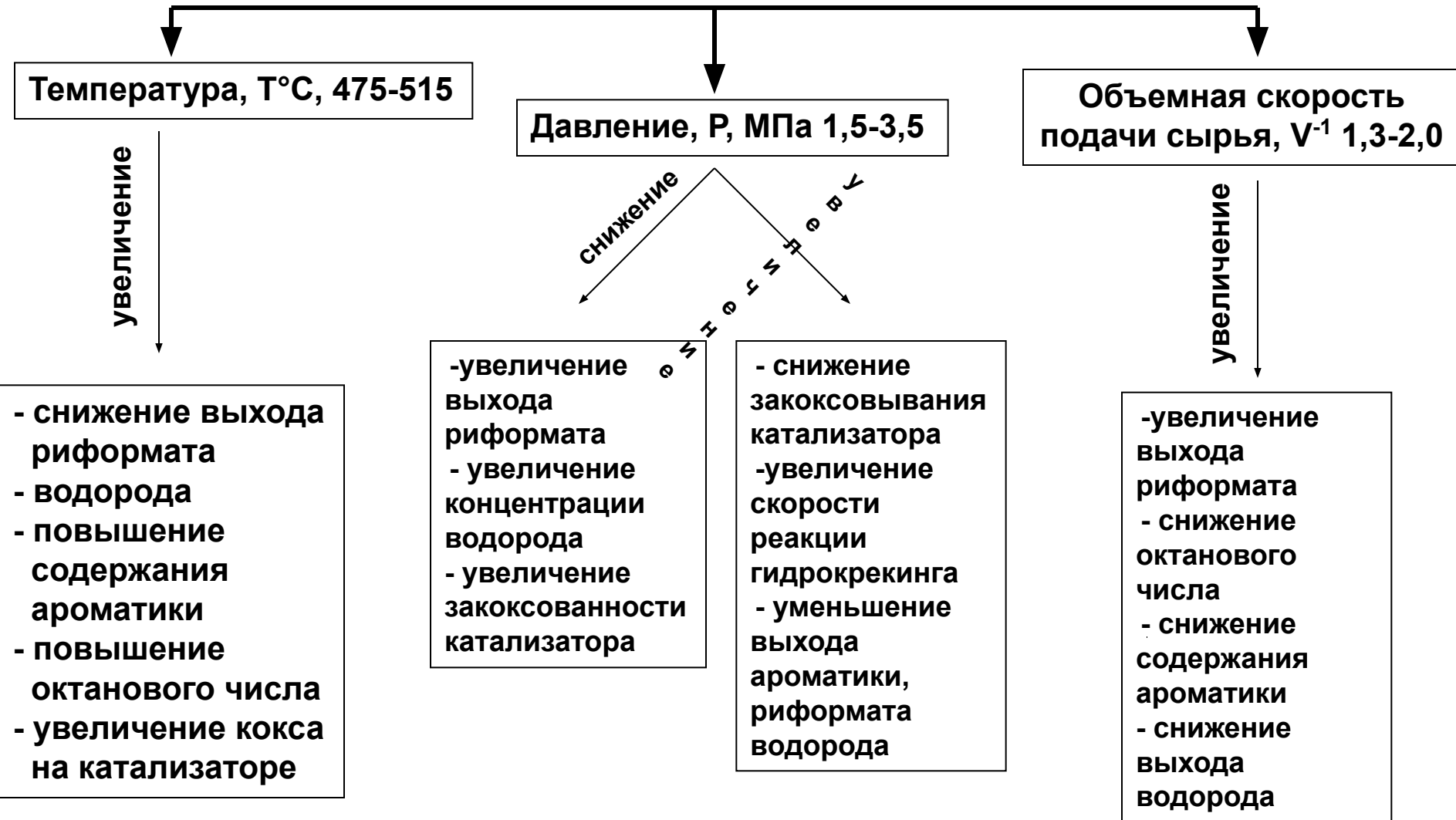
Условия успешной эксплуатации катализатора риформинга:



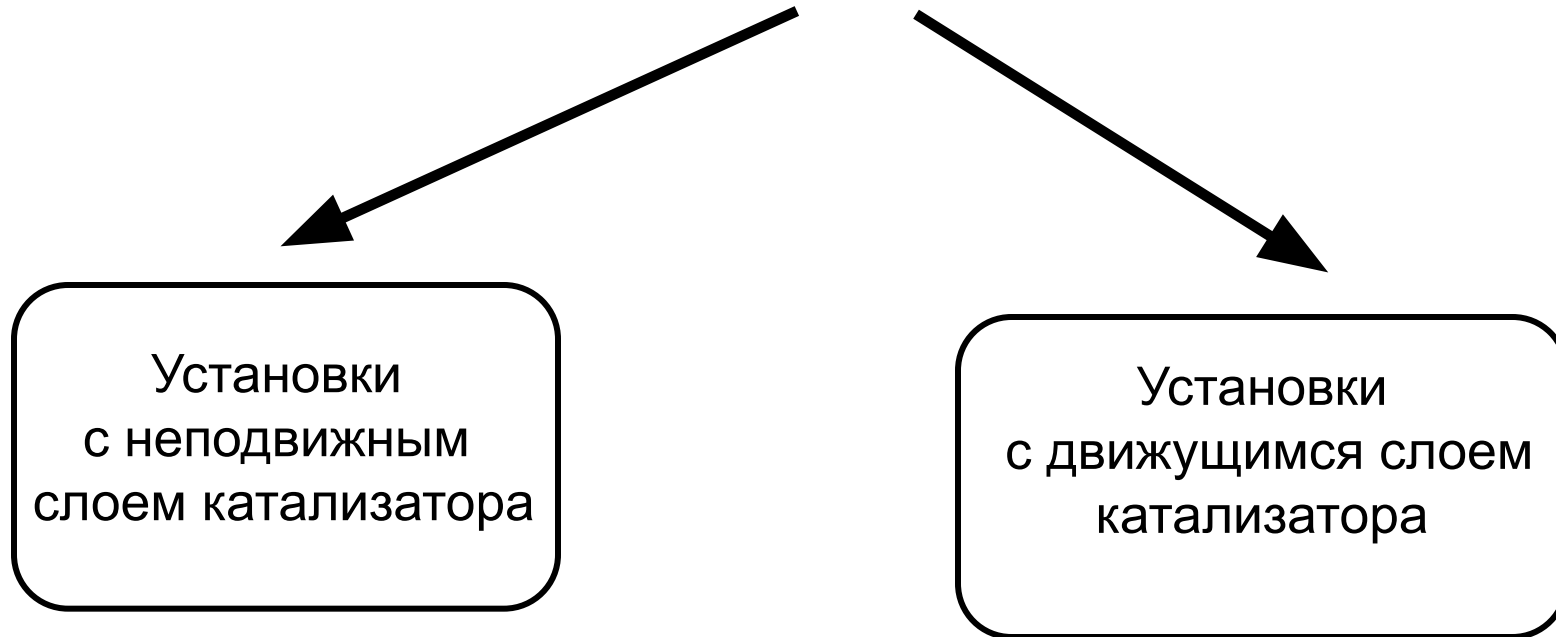
содержание серы в сырье риформинга не должно превышать $1 \div 10^{-4}$ % мас.

содержание влаги в циркулирующем газе не должно превышать $2 \div 3^{-3}$ % мольных

4. Основные факторы процесса



5. Классификация промышленных установок риформинга



Материальный баланс риформинга с неподвижным слоем катализатора

Показатель	% мас.
<u>Поступило:</u>	
сырье(85-180 ⁰ С)	100,0
<u>Получено:</u>	
Катализат	82,3
Углеводородный газ	7,4
Газ стабилизации	4,5
Водородсодержащий газ	5,8
<u>Итого:</u>	100,0

Материальный баланс риформинга с подвижным слоем катализатора

Поступило:

Сырье (фракция 85 – 180 °С), % (мас.) 100,0

Получено:

Углеводородный газ 5,1

Головка стабилизации 3,4

Катализат 88,0

Водородсодержащий газ 3,5

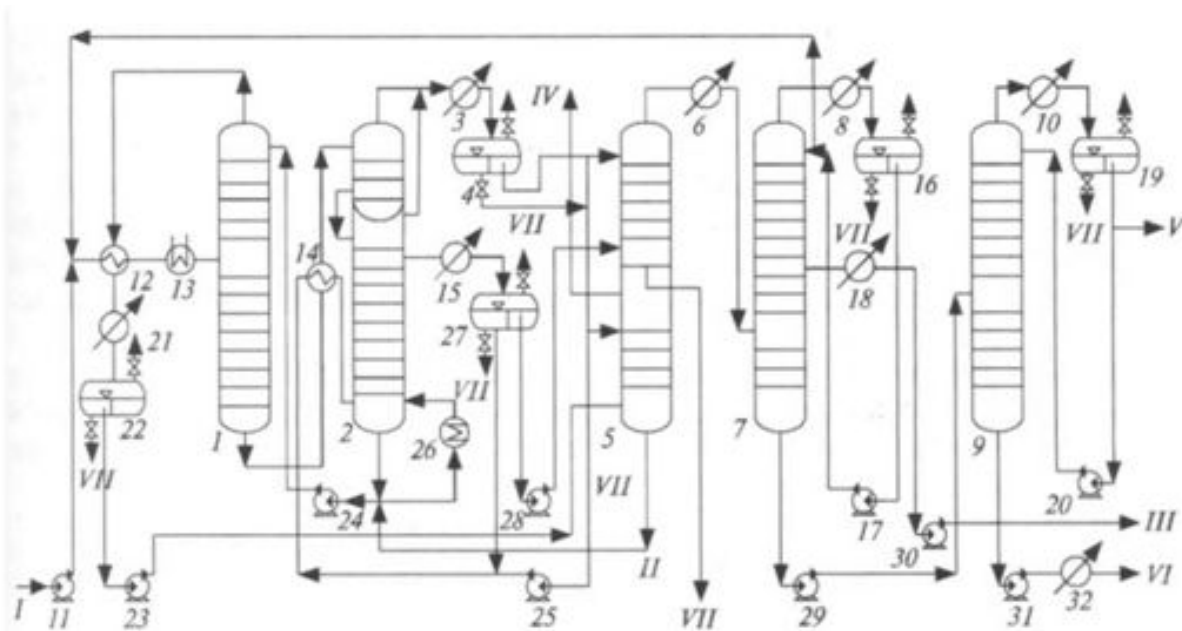
в том числе водород 3,1

Итого: 100,0

8. Основные показатели риформинга

Температура, °С	495-540
Давление, МПа	0,9-1,2
Объемная скорость подачи сырья, ч⁻¹	1,8-1,9
Кратность циркуляции водородосодержащего газа, м³/м³	800-900
Распределение катализатора по реакторам	1:2:4
Октановое число продукта (и.м.)	100
Содержание ароматических углеводородов в продукте, % (об.)	55-58

9. Технологическая схема установки экстракции аренов из катализата фракции 62 – 105 °С диэтиленгликолем (ДЭГ):



1, 2, 5, 7, 9 – колонны; 3, 6, 8, 10, 15, 18, 21, 32 – воздушные холодильники;
 4, 16, 19, 22, 27 – емкости; 11, 17, 20, 23-25, 28 – 31 – насосы; 12, 14 – теплообменники;
 13 – пароподогреватель; 26 – кипятильник;
 I – сырье; II – ДЭГ; III – бензол; IV – рафинат; K – толуол; VI – ксилольная фракция; VII – вода

Материальный баланс установки экстракции

Фракция 62 – 105 °С		
Поступило, % мас.:		
Сырье		100,0
Получено:		
Бензол	10,9	
Толуол	16,5	
Ксилол и этилбензол		4,5
Рафинат	66,6	
Потери	1,5	
Итого:		100,0