



Открытое акционерное общество  
«Научно-исследовательский и проектный институт  
карбамида и продуктов органического синтеза»  
(ОАО «НИИК»)

**РАЗРАБОТКА СПРАВОЧНИКА  
«Производство аммиака, минеральных удобрений и  
неорганических кислот», раздел 8  
«ПРОИЗВОДСТВО КАРБАМИДА и КАС»**

**К.т.н., главный специалист по карбамиду ОАО НИИК  
СЕРГЕЕВ ЮРИЙ АНДРЕЕВИЧ**

## Сергеев Ю.А.

Главный специалист по карбамиду ОАО НИИК

Кандидат технических наук.

Около тридцати лет возглавлял лабораторию технологии и аппаратурного оформления технологических процессов по производству карбамида.

Автор свыше 160 печатных работ ,в том числе более 100 изобретений.

Область научных интересов :

Технология и аппаратура производства карбамида, Ресурсо и энергосбережение, эффективные системы очистки газов.



# ВВЕДЕНИЕ



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015



# ОАО «НИИК» – многолетний опыт инжиниринга в России и за рубежом



- 1952 г.** Дзержинский филиал Государственного института азотной промышленности
- 1990 г.** ГОСНИИКАРБАМИДПРОЕКТ
- 1993 г.** Преобразование в АОТ НИИК
- 1999 г.** Переименование в ОАО «НИИК»

Численность персонала компании составляет ~ 500 человек

В составе компании представлены все подразделения, функционально отвечающие профилю инженерных услуг, предлагаемых компанией.

Структура компании включает отделения:

- **научное**, которое отвечает за разработку идей и технологий, как по процессам, так и по оборудованию
- **проектное**, которое отвечает за управление проектами, разработку проектной документации
- **поставок и управления проектами «под ключ»**, которое отвечает за изготовление и поставку оборудования, комплектацию оборудованием и материалами реализуемых проектов



# Спектр услуг ОАО «НИИК»



## проекты последних лет



**ОАО «Невинномысский Азот»  
Строительство производства меламина  
на основе базового пакета фирмы Lurgi, 2007-2011 г.г.**



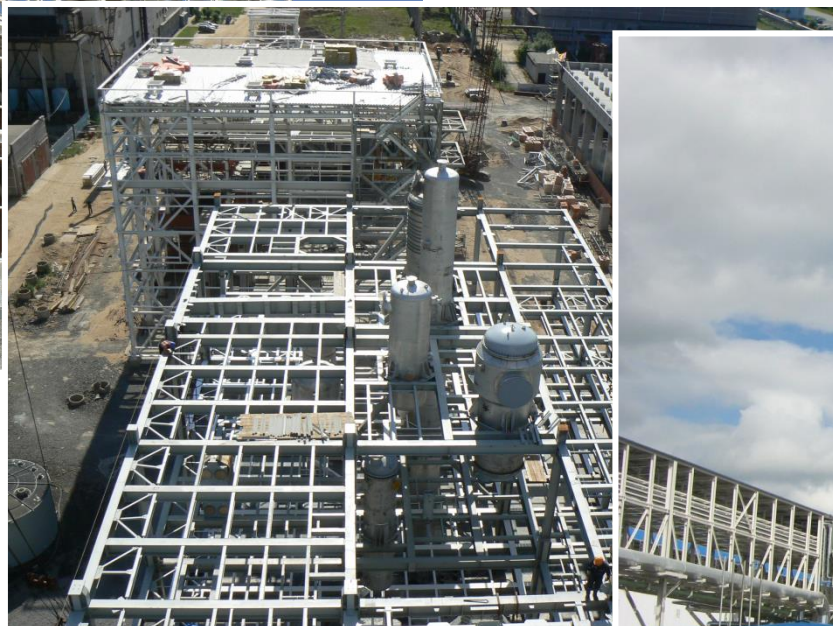
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015

## проекты последних лет



**ОАО «Череповецкий Азот»  
Строительство установки  
производства карбамида, 2008-2012 гг.**



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015

# проекты последних лет

**ОАО «НАК Азот»  
Строительство производства  
карбамида на базе перемещаемого  
оборудования, 2007-2010 гг.**





# проекты последних лет



Строительство производства карбамида  
на базе перемещаемого оборудования  
ОАО «Акрон»  
(г. В.Новгород, 2007-2011 гг.)



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015

# Азотный Комплекс в Татарстане – пример международной интеграции на всех этапах создания объекта



# Перспективные проекты с участием ОАО «НИИК»

**Балтийский карбамидный завод**  
Ленинградская область

- Разработка Декларации о намерениях
- Сопровождение FEED
- Разработка Проектной документации
- Сопровождение прохождения Главгосэкспертизы

**Аммиачно–карбамидный комплекс (АКК)**  
г. Россошь

- Разработка ТЭОИ
- Оказание консультационных услуг в выборе Контрактера

**Газохимический комплекс**  
**ЗАО «НХГ»**  
Дальний Восток

- Разработка декларации о намерениях инвестирования в строительство комплекса
- Разработка предварительного ОВОС

**ФосАгро**  
**Производство аммиака**  
г. Череповец

- Сопровождение инжиниринговых работ Заказчика
- Разработка Проектной документации
- Разработка Строительной части Рабочей документации
- Сопровождение Главгосэкспертизы
- Проведение авторского надзора

**Еврохим**  
- **Производство аммиака**  
г. Кингисепп  
- **АКК г. Невинномысск**

- Участие в тендерах на оказание инжиниринговых услуг потенциальным Контрактерам



## Раздел 8 Справочника...

# ПРОИЗВОДСТВО КАРБАМИДА и КАС (смесь водных растворов карбамида и аммиачной селитры)



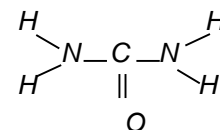
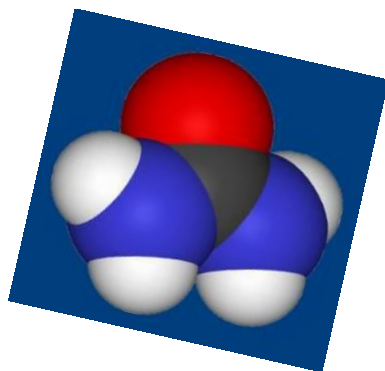
**ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

**О ПРОДУКТЕ И**

**РАССМАТРИВАЕМОЙ ОТРАСЛИ**

**ПРОМЫШЛЕННОСТИ**





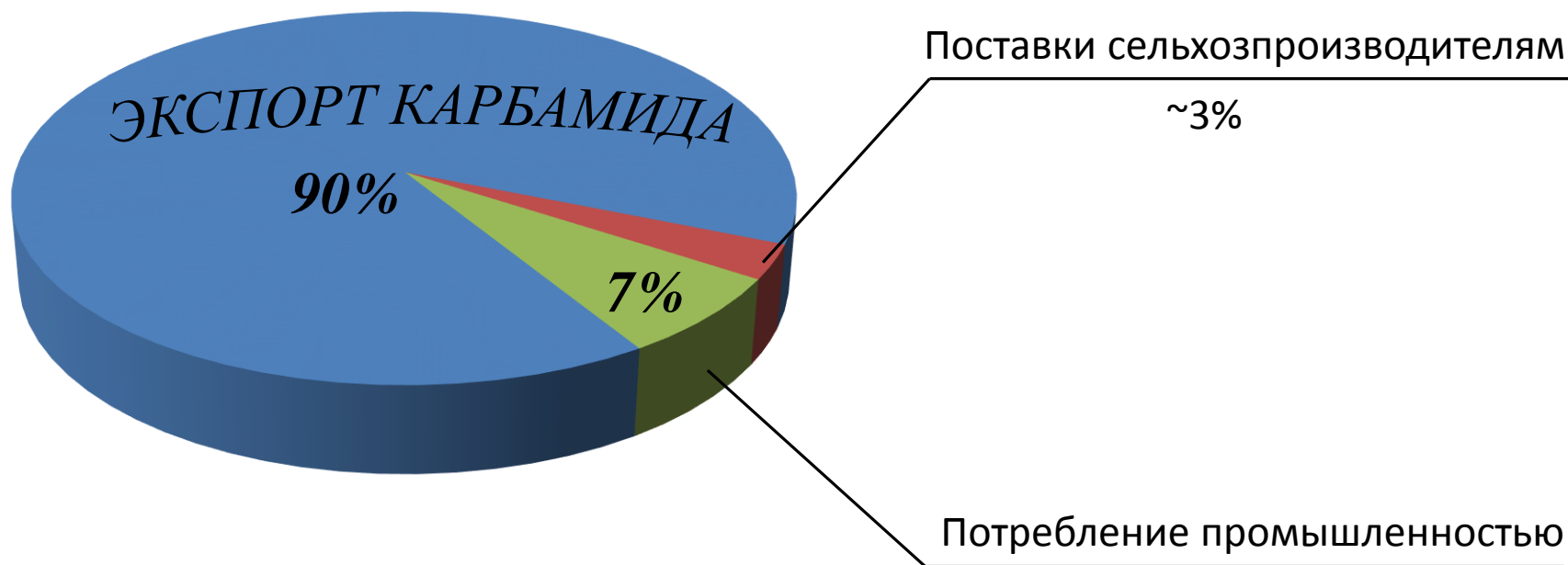
Карбамид (мочевина), полный амид угольной кислоты, карбонилдиамид по IUPAC) - органическое вещество-высоколиквидный продукт, получаемый из газового сырья.

Сырьё для получения карбамида:

аммиак и диоксид углерода из производства аммиака

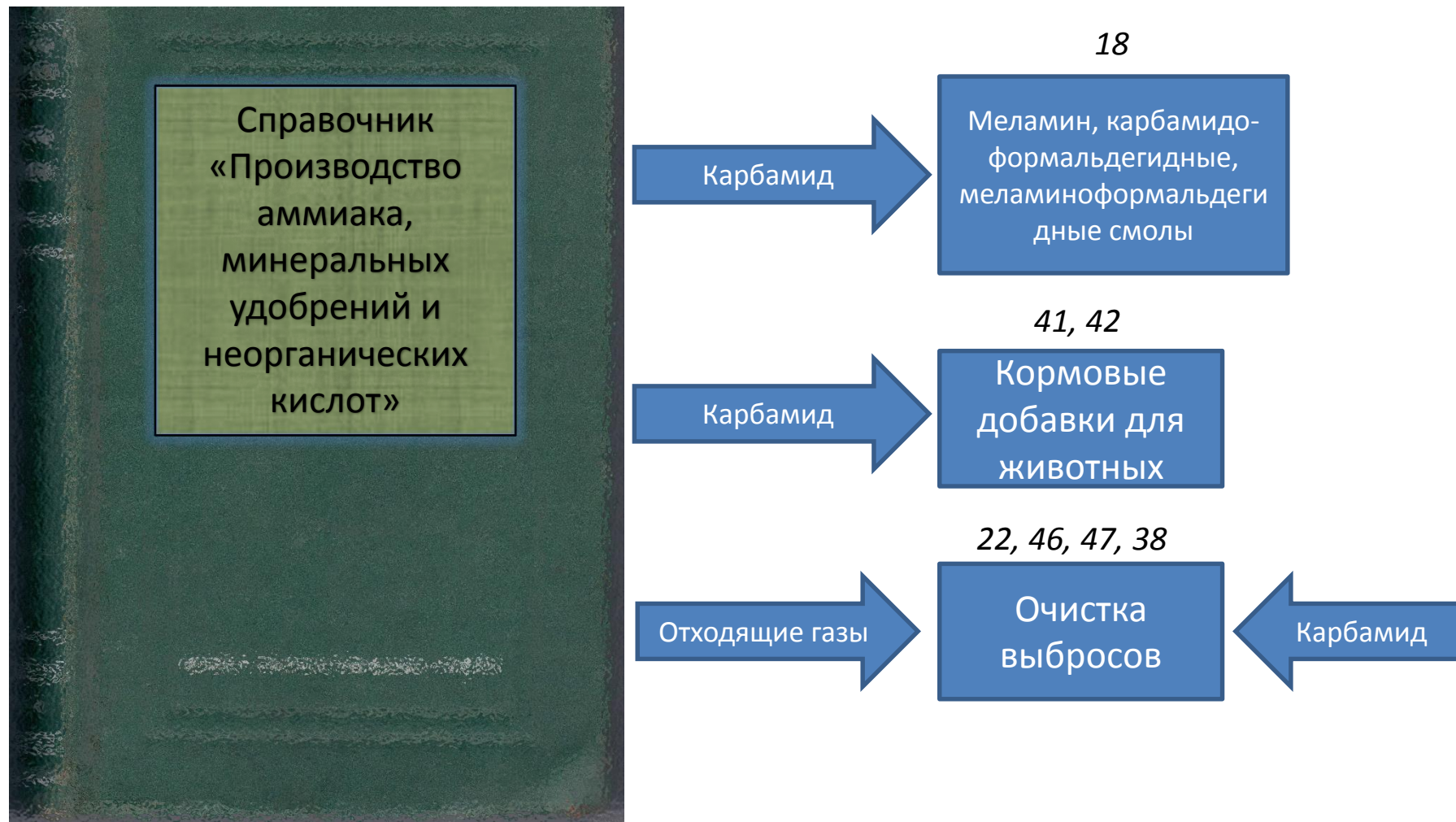


# Распределение произведенного карбамида в РФ

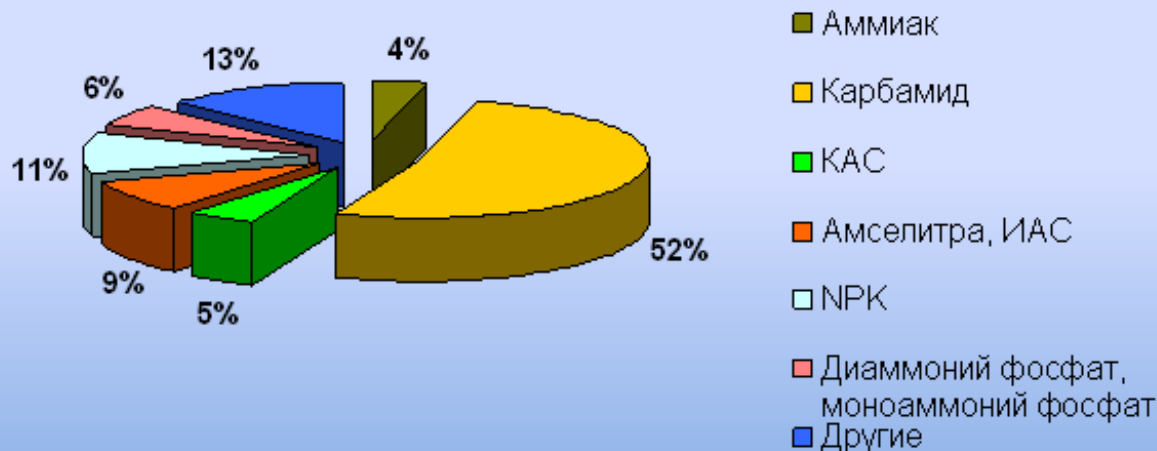


Годовая выработка продукта на предприятиях РФ составляет ~8 млн. тонн, в ближайшие год-два достигнет 10 млн. тонн.

# Сферы применения карбамида в промышленности







источник: материалы 15-й конференции AFA

Доля карбамида в структуре потребления азотных удобрений в мире продолжает возрастать. Сейчас она составляет ~70 %, с учётом КАС, ещё выше.

Мировые мощности превышают 200 млн. т/год и продолжают расти.

# Определение НДТ



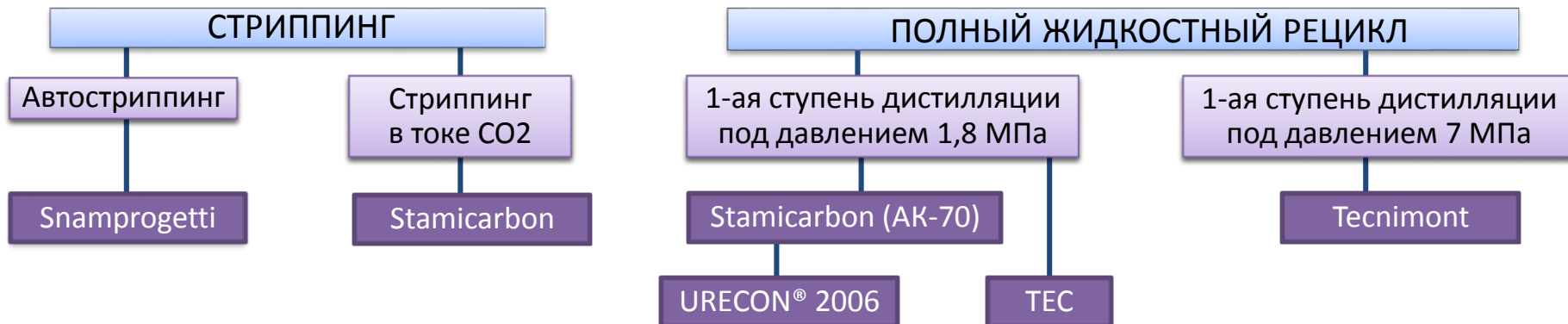
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015

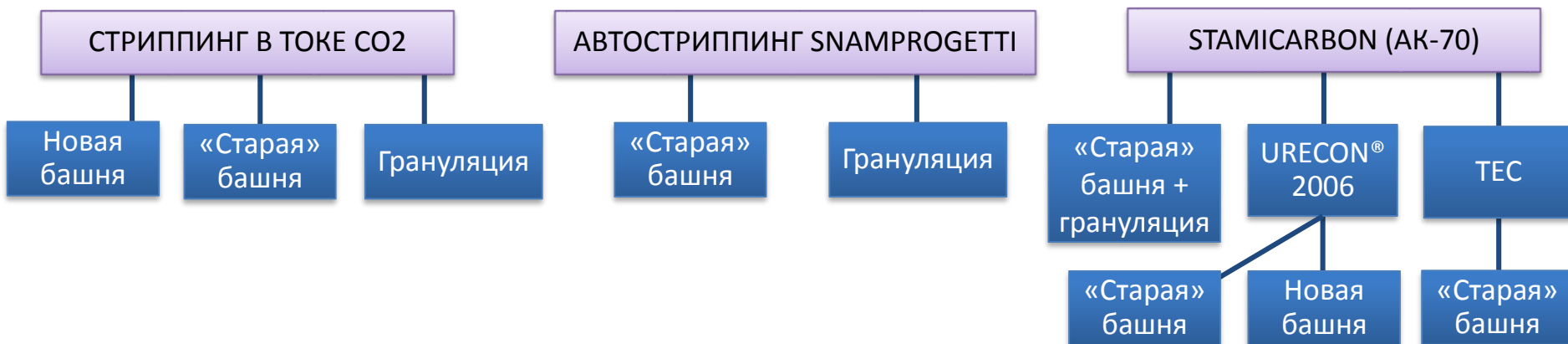


# ОСОБЕННОСТЬ «КАРБАМИДНОЙ» ОТРАСЛИ В РФ –РАЗНООБРАЗИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

## ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРА КАРБАМИДА



## ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДЫХ ФОРМ КАРБАМИДА



## Технологические показатели НДТ в области получения карбамида

| Продукт | Технология   | Технологические показатели НДТ                            |  |  | Примечание   |
|---------|--|---|--|--|--|
|         |  | Эмиссии:<br>Аммиак и пыль карбамида в пересчёте на аммиак | Энергоэффективност<br>ь  | Ресурсосбережение:<br>Расходный коэффициент по аммиаку |  |
| 1.      | Stamicarbon (AK-70) с полной или частичной реконструкцией URECON®2006 + новая или реконструированная башня | $\text{NH}_3 < 1,81 \text{ кг/т}$                         | Расход теплоэнергии < 1,3 Гкал/т<br>Расход электроэнергии < 230 кВтч/т     | <580 кг/т  | П. 1,2,3,4,5,6,13,14 (табл. 211)                     |
| 2.      | Stamicarbon (AK-70) с незамкнутым циклом без усовершенствований + старая башня и грануляция                | $\text{NH}_3 < 11,3 \text{ кг/т}$                         | Расход теплоэнергии < 1,666 Гкал/т<br>Расход электроэнергии < 175,3 кВтч/т | <589 кг/т  | П. 1,3,4,5,6,13,14,17,19 (табл.211), Р.8.1.4.3.1     |
| 3.      | ТЕС + старая башня   | $\text{NH}_3 < 2,37 \text{ кг/т}$                         | Расход теплоэнергии < 1,57 Гкал/т<br>Расход электроэнергии < 51,7 кВтч/т   | <582 кг/т  | П. 15, 16, 17 (табл. 211), Р.8.1.4.2.2; Р. 8.1.4.3.1 |



|    |  |                              |  |            |  |
|----|--|------------------------------|--|------------|--|
| 4. | Стриппинг в токе CO <sub>2</sub><br>+ новая башня  | NH <sub>3</sub> < 0,873 кг/т | Расход теплоэнергии<br>< 0,935 Гкал/т<br>Расход<br>электроэнергии<br>< 266 кВтч/т  | < 574 кг/т | П. 7,8,9,10 (табл. 211)                            |
| 5. | Стриппинг в токе CO <sub>2</sub><br>+ старая башня | NH <sub>3</sub> < 0,886 кг/т | Расход теплоэнергии<br>< 1,0 Гкал/т<br>Расход<br>электроэнергии<br>< 166 кВтч/т  | < 586 кг/т | П. 7,8,9,10 (табл. 211)                            |
| 6. | Стриппинг в токе CO <sub>2</sub><br>+ грануляция   | NH <sub>3</sub> < 1,218 кг/т | Расход природного<br>газа < 147 м <sup>3</sup> /т<br>Расход теплоэнергии<br>< 1,0 Гкал/т<br>Расход<br>электроэнергии<br>< 166 кВтч/т | < 571 кг/т | П. 7,8,9,10 (табл. 211)                            |
| 7. | Автостриппинг +<br>старая башня                    | NH <sub>3</sub> < 2,326 кг/т | Расход природного<br>газа < 220 м <sup>3</sup> /т<br>Расход<br>электроэнергии<br>< 77 кВтч/т   | < 620 кг/т | П. 11, 12, 13, 14, 17, 19 (табл. 211); P.8.1.4.3.1 |



|    |                          |                                    |  |                      |  |
|----|--------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--|
| 8. | Австриппинг + грануляция | $\text{NH}_3 < 1,444 \text{ кг/т}$ | Расход природного газа $< 144 \text{ м}^3/\text{т}$<br>Расход теплоэнергии $< 0,098 \text{ Гкал/т}$<br>Расход электроэнергии $< 110 \text{ кВтч/т}$  | $< 569 \text{ кг/т}$ | П. 11, 12, 13 (табл. 211)                  |
| 9. | Теснимонт + старая башня | $\text{NH}_3 < 2,25 \text{ кг/т}$  | Расход природного газа $< 193 \text{ м}^3/\text{т}$<br>Расход теплоэнергии $< 0,308 \text{ Гкал/т}$<br>Расход электроэнергии $< 83,2 \text{ кВтч/т}$ | $< 586 \text{ кг/т}$ | П. 12, 17, 19 (табл. 211);<br>Р. 8.1.4.3.1 |



## Перечень НДТ для справочника «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот»

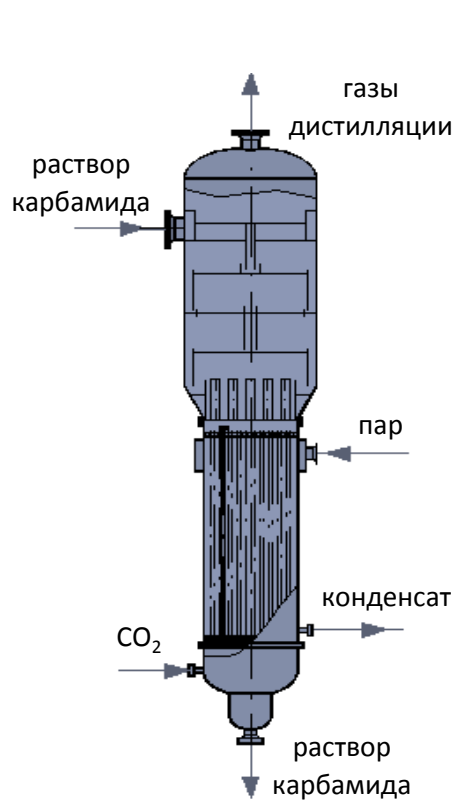
| № п/п  | Описание мероприятия                                      | Объект внедрения         | Эффект от внедрения                            |                                   |                                       | Ограничение применимости | Основное оборудование  |
|--|---|--------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
|  |   |                          | Снижение эмиссий основных загрязняющих веществ | Энергоэффективность, в отн. ед.   | Ресурсосбережение, в отн. ед.         |                          |  |
| <b>Производство карбамида</b>                              |   |                          |  |                                   |                                       |                          |  |
| <b>Таблица 211 НДТ в области получения плава карбамида</b> |   |                          |  |                                   |                                       |                          |  |
| 1.   | Комплект внутренних устройств в реактор синтеза карбамида | Полный жидкостный рецикл | -  | Экономия энергии 0,04-0,08 Гкал/т | Снижение расхода пара на производство | -                        | Вихревой смеситель<br>Насадка продольного секционирования<br>Массообменные тарелки |



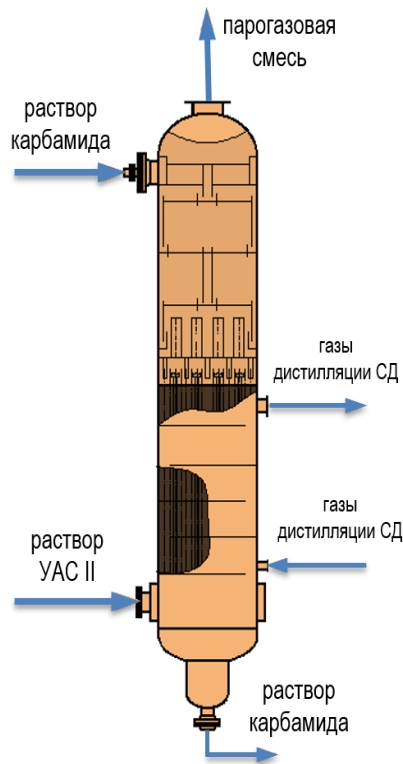
|    |  |                          |  |   |   |   |  |
|----|--|--------------------------|--|---|---|---|--|
| 2. | Дистиллятор среднего давления (один аппарат) либо стриппер-дистиллятор | Полный жидкостный рецикл | -  | Повышение эффективности работы узла дистилляции среднего давления. Экономия энергии 0,12 Гкал/т | Снижение расхода пара на производство   | - | Дистиллятор среднего давления<br>либо<br>Стриппер-дистиллятор        |
| 3  | Дистиллятор низкого давления (единый аппарат)                          | Полный жидкостный рецикл | -  | Экономия энергии 0,05-0,07 Гкал/т   | Снижение расхода пара на производство   | - | Дистиллятор низкого давления   |
| 4  | Рекуператор газов дистилляции  | Полный жидкостный рецикл | -  | Экономия энергии 0,15 Гкал/т  | Снижение расхода пара на производство   | - | Рекуператор газов дистилляции  |
| 5  | Абсорбер среднего давления   | Полный жидкостный рецикл | Исключение выбросов газов из узла среднего давления в случае отсутствия цеха аммиачной селитры | -   | Исключение вывода газов из узла среднего давления на переработку в цех аммиачной селитры. | - | Независимость работы цеха карбамида от работы цеха аммиачной селитры |



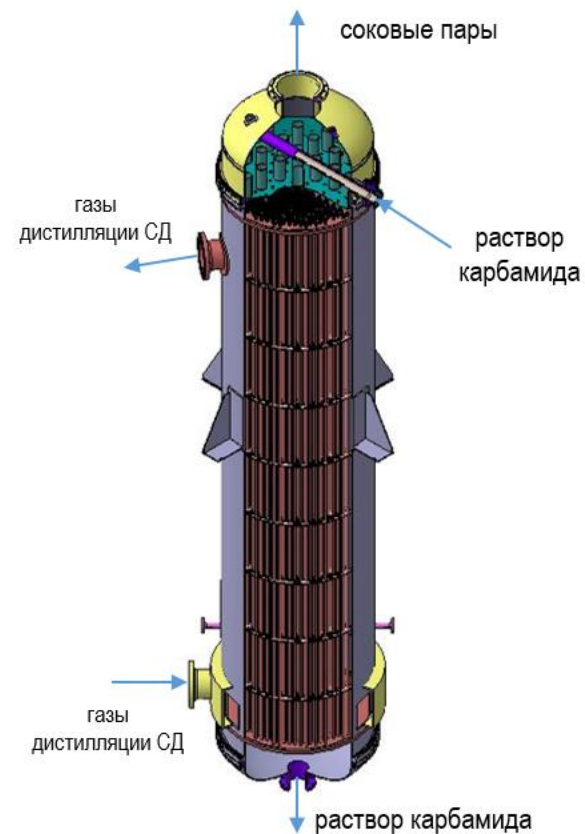




Дистиллятор низкого давления



Дистиллятор среднего давления



Теплообменник-рекуператор

|    |  |                                       |  |  |   |   |   |
|----|--|---------------------------------------|--|--|---|---|---|
| 6  | Модернизация атмосферного абсорбера  | Полный жидкостный рецикл              | Исключение выбросов аммиаксодержащих газов в случае отсутствия цеха аммиачной селитры. | -  | Исключение вывода газов из узла низкого давления в цех аммиачной селитры. | - | Независимость работы цеха карбамида от работы цеха аммиачной селитры                                  |
| 7  | Комплект внутренних устройств в реактор синтеза карбамида                                  | Стриппинг в токе CO <sub>2</sub>      | -  | Экономия энергии до 0,04 Гкал/т  | Снижение расхода пара на производство                                     | - | - Насадка продольного секционирования<br>- Массообменные тарелки                                      |
| 8  | Модернизация распределительного устройства раствора карбамида в стриппере                  | Стриппинг в токе CO <sub>2</sub>      | -  | Повышение эффективности процесса стриппинга (увеличение степени отгона аммиака на 3-7%)<br><br>Повышается степень превращения CO <sub>2</sub> в карбамид и достигается экономия пара и повышение производительности. | Снижение расхода пара на производство                                     | - | Распределительное устройство раствора карбамида   |
| 9  | Модернизация схемы работы карбаматного конденсатора (перевод в затопленный режим работы)   | Стриппинг в токе CO <sub>2</sub>      | -  | Повышение давления пара, вырабатываемого. Сокращение энергозатрат  | Снижение расхода пара на производство                                     | - | Модернизация существующего карбаматного конденсатора<br><br>либо<br><br>Новый карбаматный конденсатор |
| 10 | Утилизация тепла абсорбции газов синтеза в узле выпаривания                                | Стриппинг в токе CO <sub>2</sub>      | -  | Экономия энергозатрат  | Снижение расхода пара на производство                                     | - | Дополнительная секция теплообмена в узле выпаривания  |
| 11 | Утилизация тепла конденсата пара, обогревающего стриппер, в дистилляторе среднего давления | Австриппинг (в токе NH <sub>3</sub> ) | -  | Сокращение энергозатрат на подогрев для дистилляции под давлением 1,8 МПа  | Снижение расхода пара на производство                                     | - | Дополнительная секция теплообмена в узле дистилляции под давлением 1,8 МПа                            |



13

Узел, включающий в себя:

1. Двухступенчатую десорбцию, совмещенную в одном аппарате и подогревом острым паром.
2. Вертикальный двухзонный гидролизер с подогревом острым паром и с разделением газовой и жидкой фаз.
3. Рекуперативные теплообменники десорбера и гидролизера.
4. Затопленный конденсатор газов десорбции.

Очистка сточных вод (универсальный узел для всех технологий)

Обеспечение минимально возможных сбросов аммиака и карбамида (2 ppm для каждого в-ва). Прекращение сброса сточных вод на БОС и в канализацию.

Сокращение энергетических затрат. Достижение минимальных энергетических затрат и эксплуатационных за счет применения рекуперации тепла, подогрева острым паром, а также совмещения первой и второй ступеней десорбции (нет потерь тепла).

Снижение расхода пара на производство. Достижение минимальных капитальных затрат за счет объединения первой и второй ступени десорбции (нет дополнительного аппарата и обвязки между аппаратами).

-

Десорбер

Гидролизер

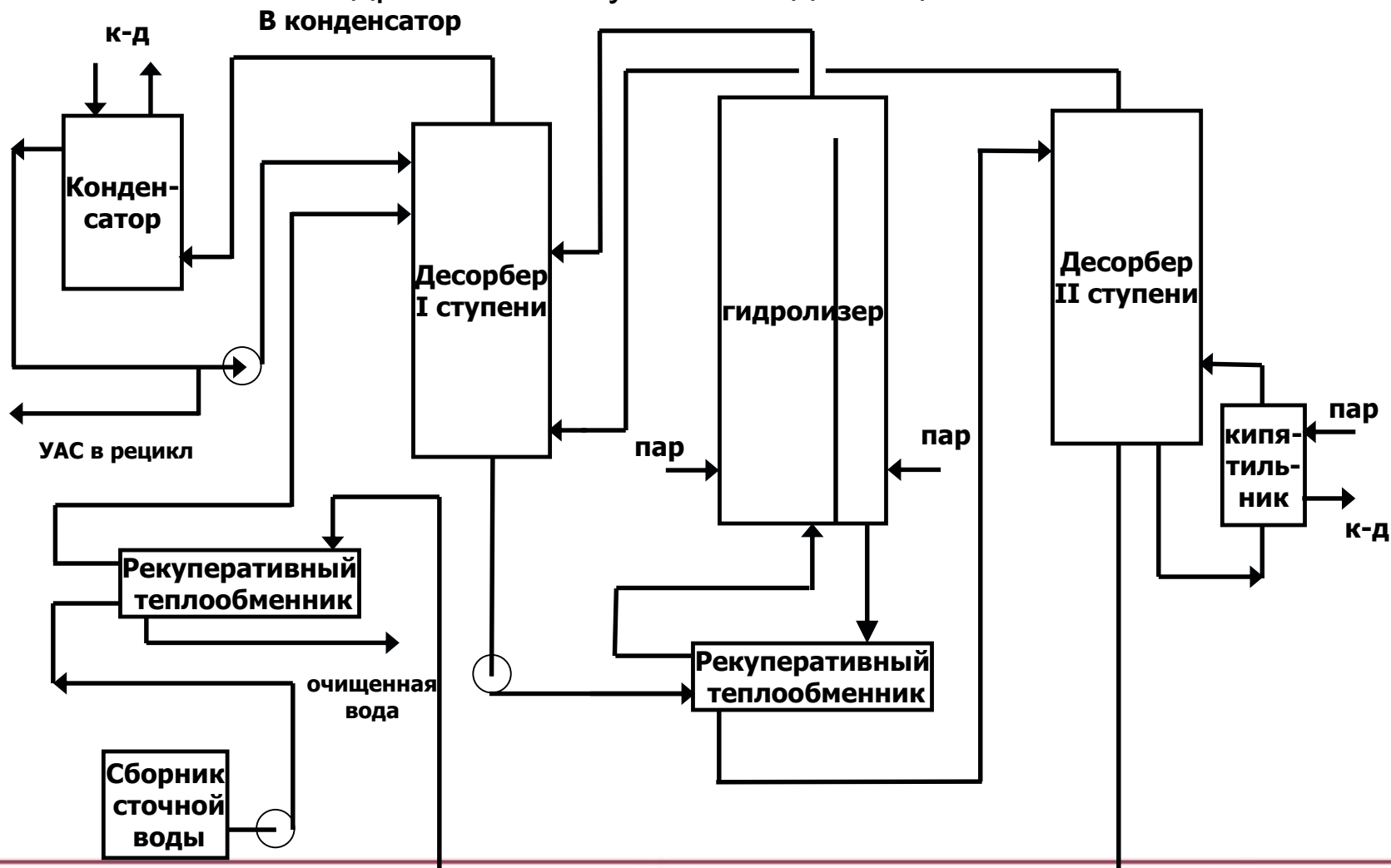
Рекуперативные теплообменники десорбера и гидролизера

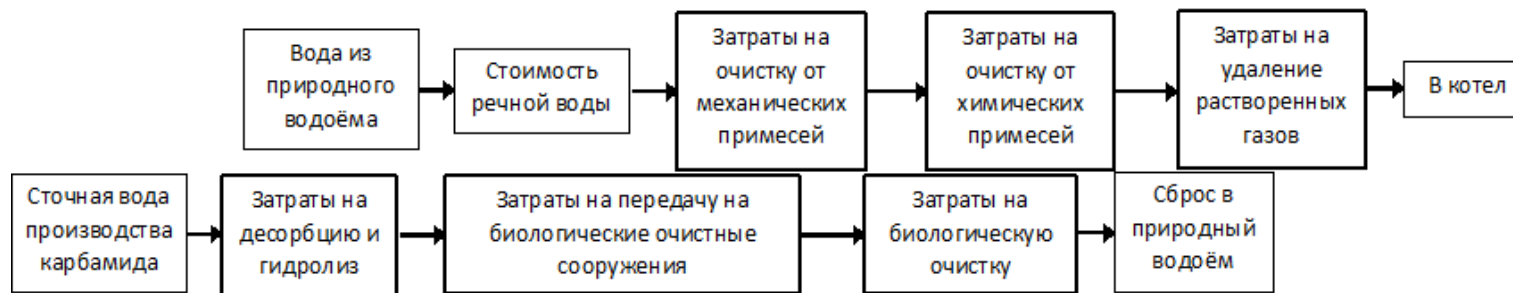
Затопленный конденсатор газов десорбции



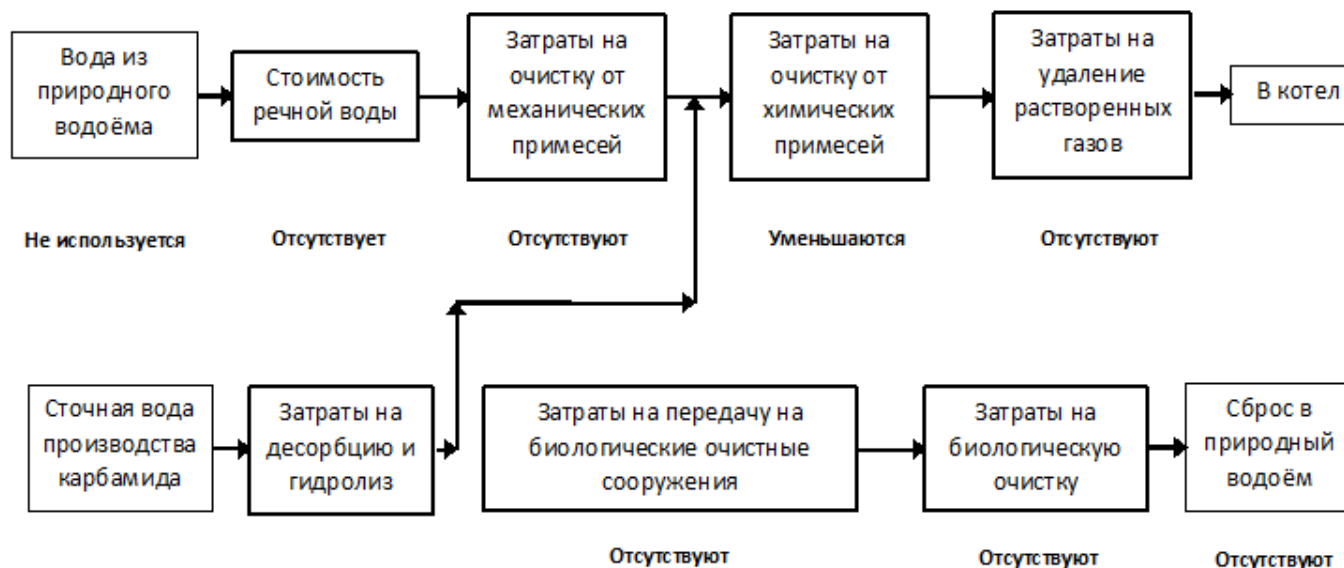
# Принципиальная схема очистки сточных вод с двухступенчатой десорбцией и

гидролизом и с узлом конденсации





## Существующая схема затрат на получение котловой воды и переработку сточных вод производства карбамида



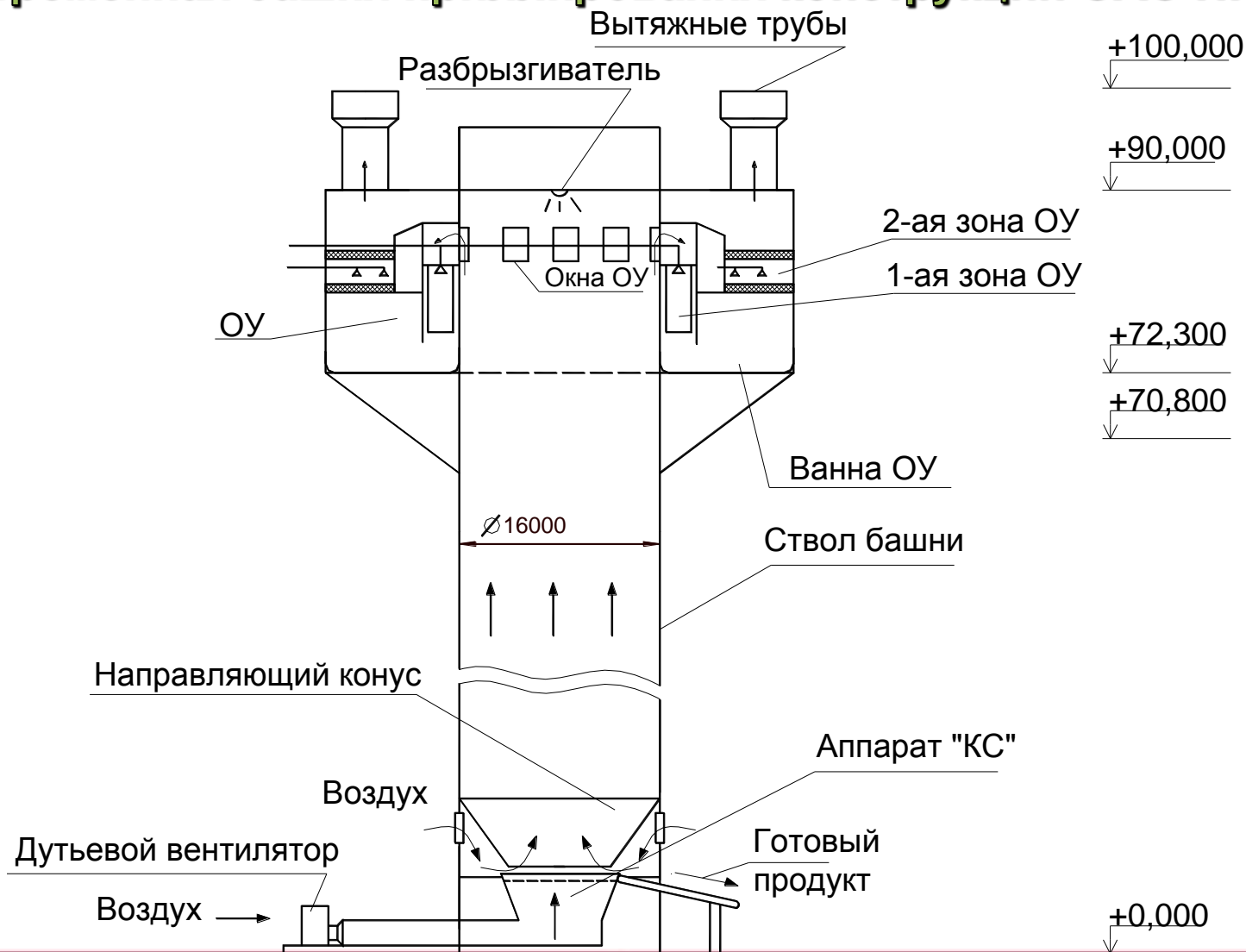
## Предлагаемая схема затрат на получение котловой воды

## НДТ в области получения твёрдых форм готового карбамида

| № п/п | Описание мероприятия                                 | Объект внедрения  | Эффект от внедрения   |  |   | Ограничения применимости | Основное оборудование   |
|-------|--|---|---|--|---|--------------------------|---|
|       |  |   | Снижение эмиссий основных загрязняющих веществ  | Энергоэффективность, в отн. ед.  | Ресурсосбережение, в отн. ед.   |                          |   |
| 17    | Современная башня приллирования конструкции ОАО НИИК | Любая технология получения высококонцентрированного плава | Снижение концентрации пыли карбамида до 10-20 мг/нм <sup>3</sup> .<br>Снижение концентрации аммиака до 30-60 мг/нм <sup>3</sup> | Затраты электрической энергии: 23-30 кВтч/т<br><br>Пар используется периодически | Сокращение потерь аммиака до 0,3- 0,6 кг/т<br><br>Повышение качества готового продукта, увеличение производительности установки | -                        | Ствол башни<br>Виброприллер<br>Аппарат КС<br>Пылеочистное устройство<br>Вентилятор дутьевой<br>Насос циркуляционный |



# Современная башня приллирования конструкции ОАО НИИК



## Башни прилливания современной конструкции



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015



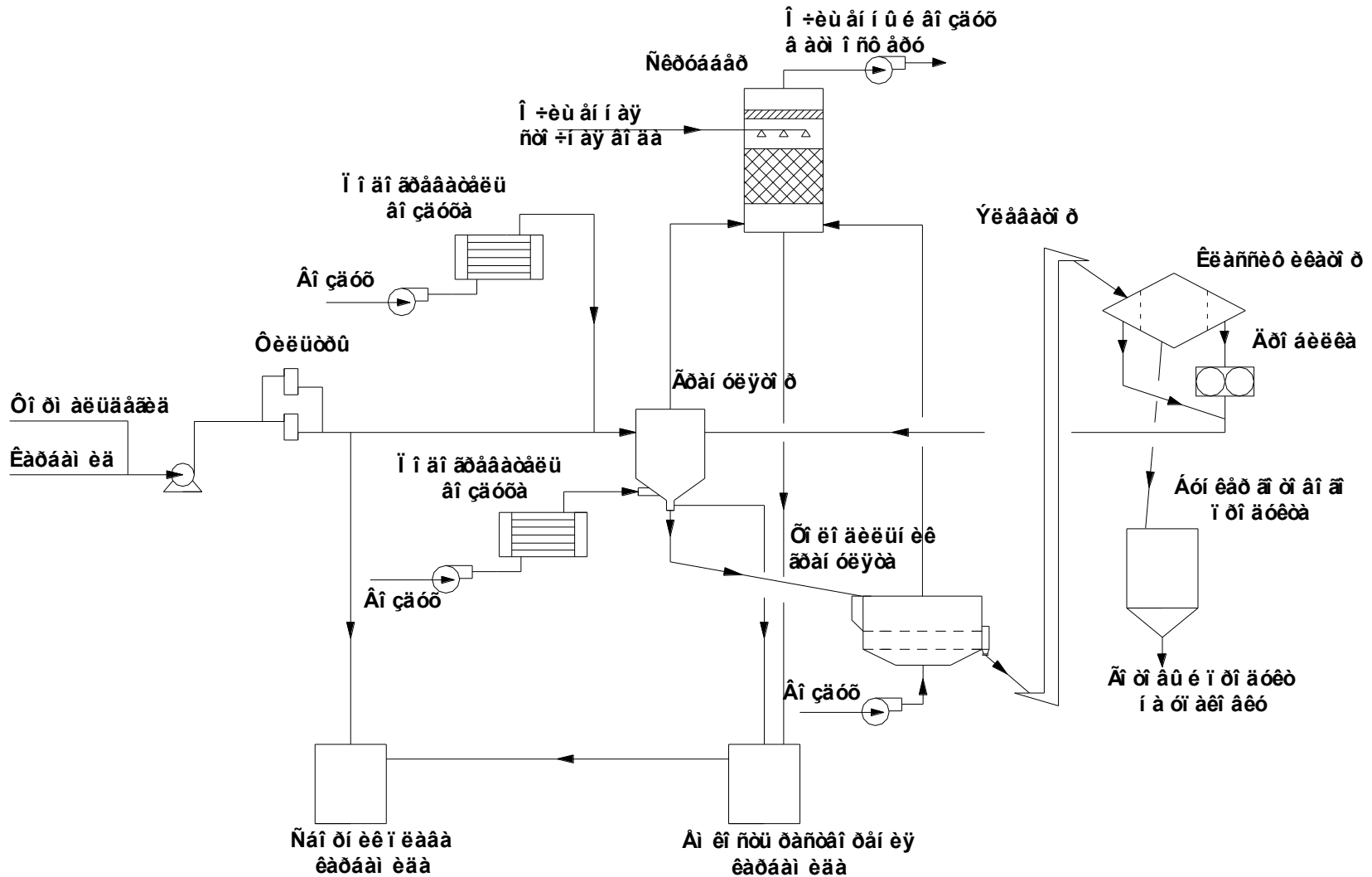
## Башня прилливания без вытяжных вентиляторов



|    |   |   |   |  |   |  |   |
|----|---|---|---|--|---|--|---|
| 18 | Установка грануляции в кипящем слое фирмы Stamicarbon | Любая технология получения плава с концентрацией карбамида 98,5 % масс. | - | Затраты электрической энергии:<br>38 кВтч/т<br>Затраты тепловой энергии:<br>0,015 Гкал/т | - | Из-за повышенного содержания КФС продукт имеет ограниченное применение | Гранулятор с большим количеством форсунок<br>Подогреватель воздуха<br>Ёмкость растворения<br>Холодильник гранулята<br>Воздуходувка<br>Нагнетатель воздуха на распыление<br>Элеватор<br>Классификатор<br>Дробилка<br>Транспортёр ретура<br>Бункер<br>Скруббер<br>Вентилятор<br>Насос |
|    |   |   |   |  |   |  |   |



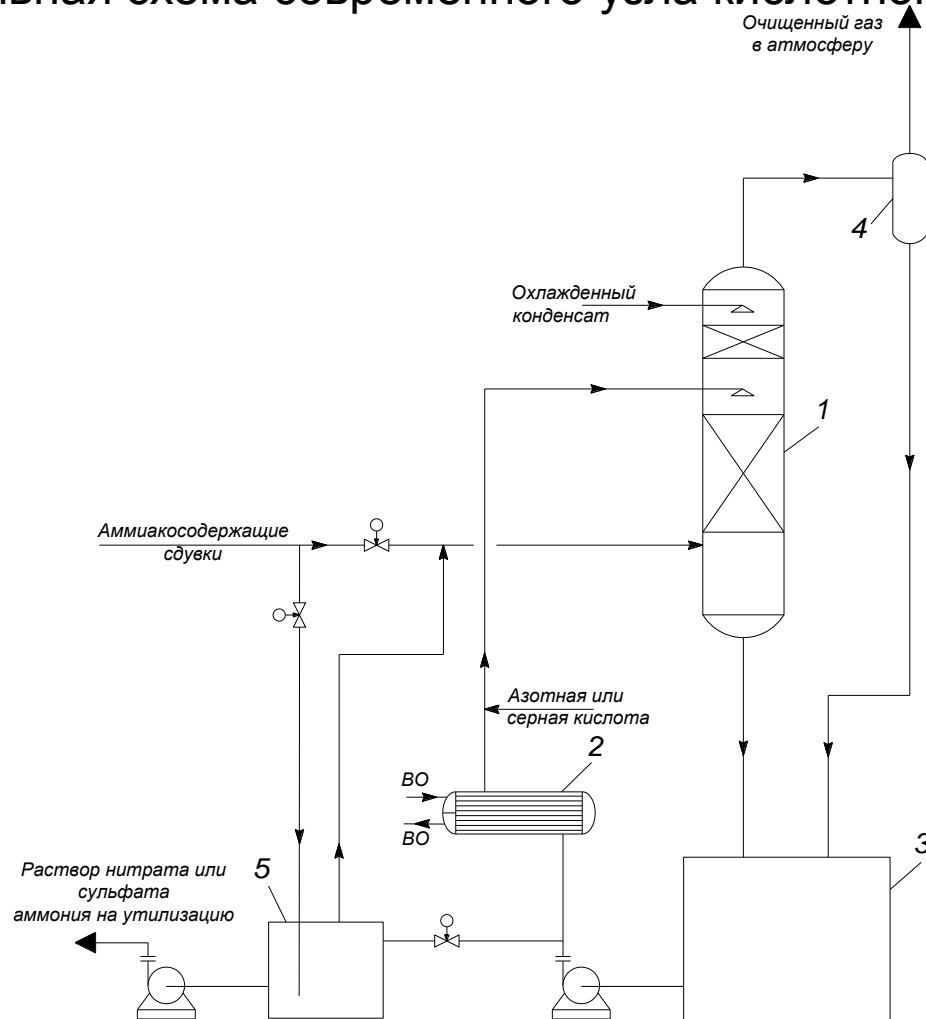
# Схема гранулирования карбамида по технологии Stamicarbon



|    |   |  |   |   |  |   |  |
|----|---|--|---|---|--|---|--|
| 19 | Установка кислотного улавливания аммиаксодержащих газов | Сдувки с примесью аммиака из технологических аппаратов | Снижение концентрации и аммиака после кислотной промывки до 20 мг/нм <sup>3</sup> | - | Образовавшийся раствор сульфата или нитрата аммония утилизируется в виде сульфатной добавки или на смежных производствах аммиачной селитры и сложных удобрений | - | Скруббер колонного типа с двумя зонами контакта<br>Холодильник<br>Сборник<br>Сепаратор-каплеуловитель<br>Донейтрализатор |
|----|---|--|---|---|--|---|--|



# Принципиальная схема современного узла кислотного улавливания

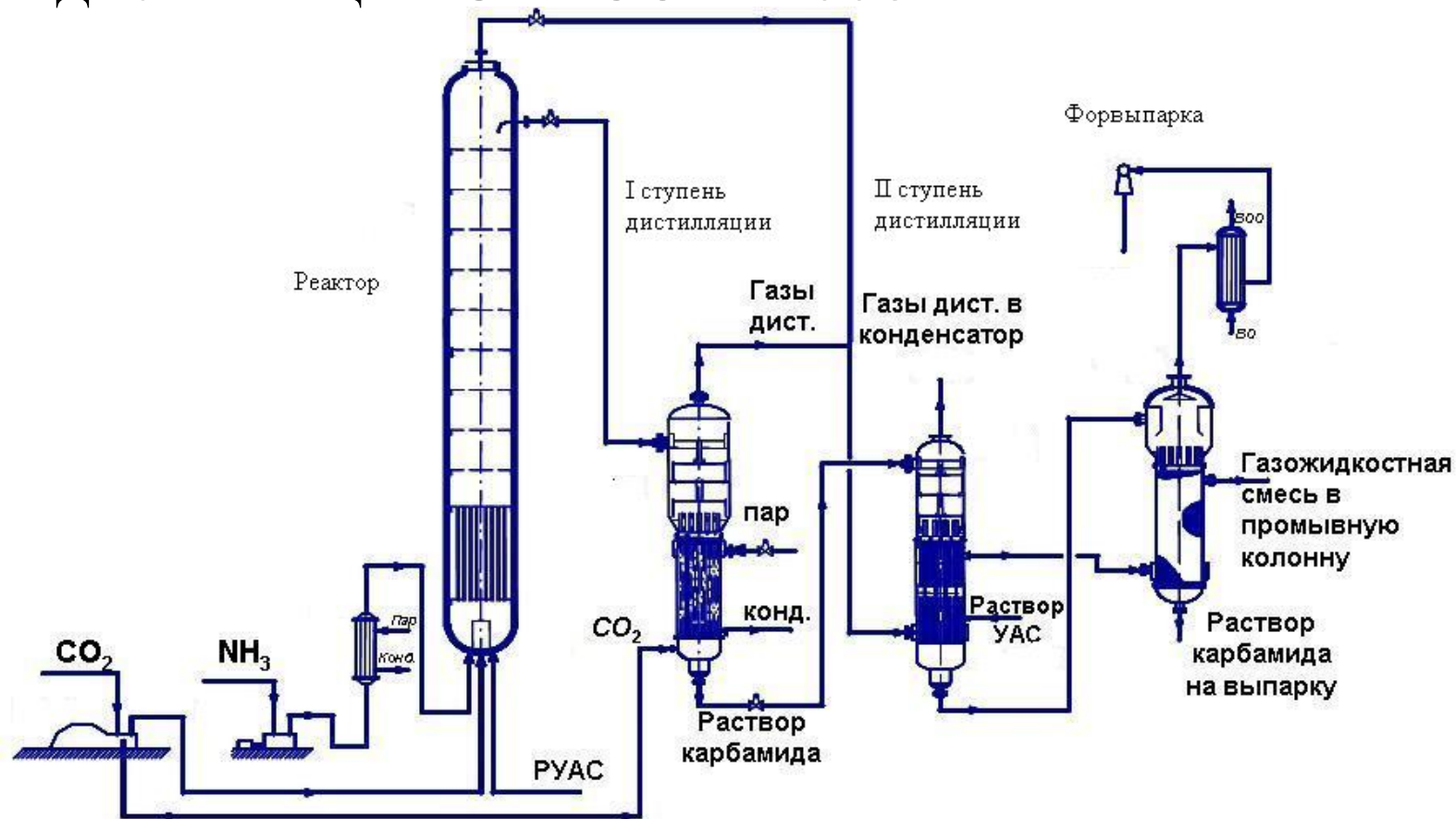


1 – скруббер, 2 – холодильник, 3 – сборник нитрата (или сульфата) аммония,  
4 – сепаратор-каплеотделитель, 5 – донейтрализатор

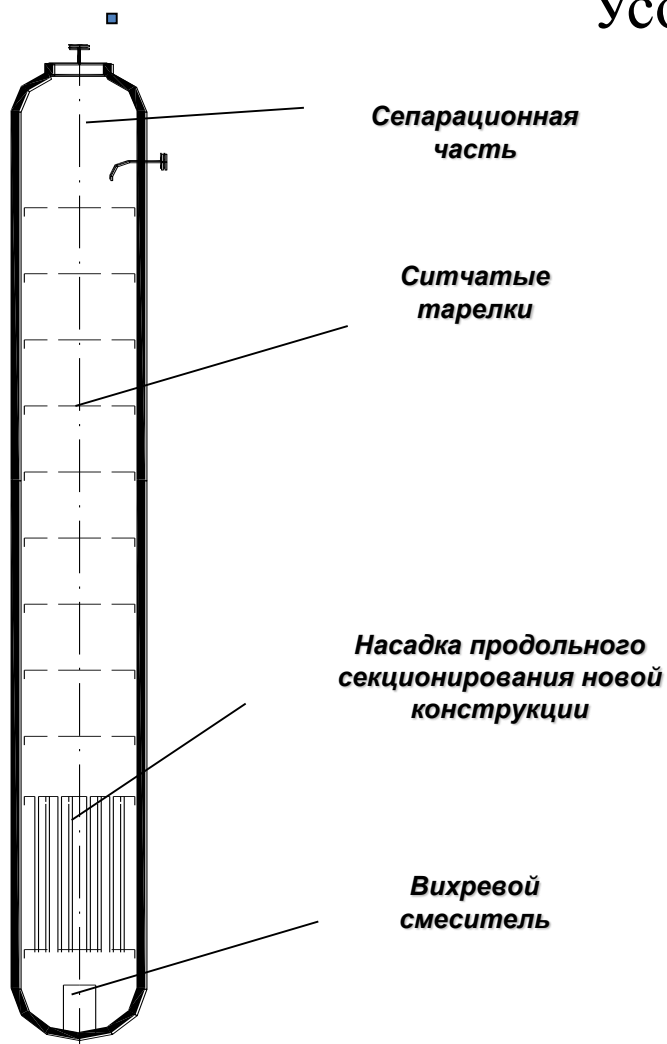
|   |                                   |          |  |  |  |   |
|---|-----------------------------------|----------|--|--|--|---|
| <p><b>Новый агрегат мощностью 300-600 т/сутки</b></p> | <p><b>Новое строительство</b></p> | <p>-</p> | <p><b>Снижение расхода пара до 0,80 Гкал/т</b></p> <p><b>Расход электрической энергии 190 кВтч/т</b></p> | <p><b>Расход аммиака- 570 кг/т</b></p> <p><b>Расход диоксида углерода – 740 кг/т</b></p> | <p><b>Агрегат небольшой мощности</b></p> | <p><b>Комплектная поставка оборудования</b></p> |
|---|-----------------------------------|----------|--|--|--|---|



# Принципиальная схема узлов синтеза и дистилляции URECON<sup>®</sup>2006



# Усовершенствованный узел синтеза



**Повышение  
степени  
конверсии**

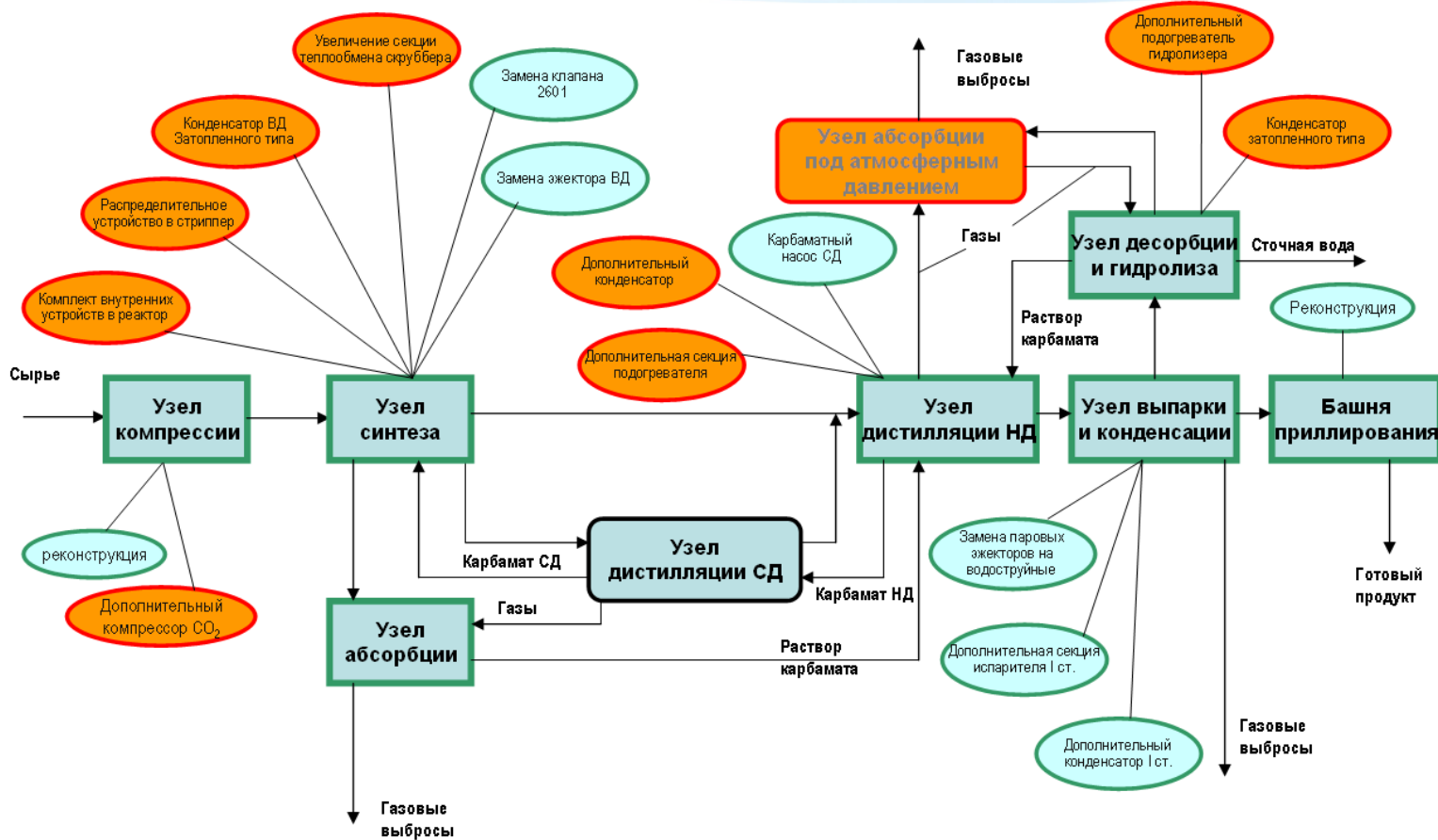
**на 3%**





|  |                                   |          |  |   |   |   |
|--|-----------------------------------|----------|--|---|---|---|
| <p><b>Новый агрегат мощностью 1500 т/с</b></p> | <p><b>Новое строительство</b></p> | <p>-</p> | <p><b>Снижение расхода пара до 0,65 Гкал/т</b></p> <p><b>Расход электрической энергии</b></p> <p><b>180 кВтч/т</b></p> | <p><b>Расход аммиака - 570 кг/т</b></p> <p><b>Расход диоксида углерода – 740 кг/т</b></p> | <p><b>Технология подходит для строительства и реконструкции агрегатов мощностью 1500-2500 т/с</b></p> | <p><b>Комплектная поставка оборудования</b></p> |
|--|-----------------------------------|----------|--|---|---|---|





## Блок-схема реконструкции агрегата карбамида по технологии

URECON®2007



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

III Московский Международный Химический Форум, 2015



## Основные результаты работы

1. Раздел 8 «Производство карбамида и КАС» подготовлен в соответствии с требованиями ПНСТ, Методическими рекомендациями и на основе информации, полученной из анкет, заполненных предприятиями.
2. Принимая во внимание специфику разнообразия технологий получения карбамида в РФ при определении показателей НДТ выделены группы технологий, учитывающие как различия в способах получения плава карбамида, так и особенности получения твёрдой формы готового продукта.
3. В пределах своей группы технологий показатели действующих агрегатов карбамида не превысят показатели НДТ, указанные в таблице показателей НДТ.



## Основные результаты работы

4. Составлен перечень НДТ в области получения плава карбамида и в области получения твёрдых форм готового продукта.

5. Представлены перспективные разработки в области НДТ, которые подготовлены к промышленной реализации, но не проходят по критерию «промышленное внедрение на двух и более объектах в Российской Федерации»





**Спасибо за внимание!**



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАРБАМИДА

**III Московский Международный Химический Форум, 2015**

