



Исходные данные (DBS) к базовому проекту на производство сухого цианида натрия с конденсацией синильной кислоты при отсутствии хранения. Мощность 2*25.000 т/год.



Содержание

1. Введение.....	
2. Процессы, не имеющие лицензионных претензий от третьих сторон, для получения:	
- синтез-газа, содержащего цианистый водород.....	
- синильной кислоты, конденсацией цианистого водорода.....	
- сухого цианида натрия из жидкой синильной кислоты и едкого натра.....	
3. Технологическая конфигурация процесса получения сухого цианида натрия принимаемая к базовому проектированию.....	
3.1 BFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс. Сульфатная нейтрализация аммиака с выделением сульфата аммония.....	
3.2 BFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс. Фосфатная нейтрализация аммиака с рециклом аммиака в процесс.....	
4. Качество сырья и готовых продуктов принимаемых для расчета процессов и оборудования (базовый проект). Расходные коэффициенты по сырью.....	
5. Катализатор.....	
6. Энергоресурсы.....	
7. Отходы производства.....	

Сокращения.

ТЗ – техническое задание

БП – базовый проект

ТУ – технические условия

ОЛ – опросные листы на оборудование

BL – границы установки (battery limited)

DCS – система управления технологическим процессом, (Distributed Control System)

Приложения.

Приложение 1. PFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс. Сульфатная нейтрализация аммиака с выделением сульфата аммония.

Приложение 2. Перечень и краткие характеристики основного оборудования, получения сухого цианида натрия 98% масс. Сульфатная нейтрализация аммиака с выделением сульфата аммония.

Приложение 3. Технологическое описание достаточное для базового проектирования по расчету процессов и оборудования получения сухого цианида натрия 98% масс. Сульфатная нейтрализация аммиака с выделением сульфата аммония.

Приложение 4. Качество и расходные коэффициенты по энергоресурсам получения сухого цианида натрия 98% масс. Сульфатная нейтрализация аммиака с выделением сульфата аммония.

Приложение 5. Отходы производства и коэффициенты образования получения сухого цианида натрия 98% масс. Сульфатная нейтрализация аммиака с выделением сульфата аммония.

Приложение 6. PFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс. Фосфатная нейтрализация аммиака с рециклом аммиака в процесс.

Приложение 7. Перечень и краткие характеристики основного оборудования, получения сухого цианида натрия 98% масс. Фосфатная нейтрализация аммиака с рециклом аммиака в процесс.

Приложение 8. Технологическое описание достаточное для базового проектирования по расчету процессов и оборудования получения сухого цианида натрия 98% масс. Фосфатная нейтрализация аммиака с рециклом аммиака в процесс.

Приложение 9. Качество и расходные коэффициенты по энергоресурсам получения сухого цианида натрия 98% масс. Фосфатная нейтрализация аммиака с рециклом аммиака в процесс.

Приложение 10. Отходы производства и коэффициенты образования получения сухого цианида натрия 98% масс. Фосфатная нейтрализация аммиака с рециклом аммиака в процесс.

Приложение 11. Стехиометрия общей и частных реакций, уравнения для расчета скорости каждой реакции, комментарии по кинетике процесса.

Приложение 12. Рекомендации поставщика по эксплуатации и контролю за работой катализатора. Активация и дезактивация.

1. Введение.

1.1 Компания ██████████ желает выполнить БП на производство сухого цианида натрия с использованием **жидкой синильной кислоты** выделяемой из синтеза газа, содержащего цианистый водород, процесс Андрусова.

1.2 Компания ██████████ **не рассматривает** выполнение БП на производство сухого цианида натрия из синтез-газа, содержащего HCN, если выделение жидкой синильной кислоты не предусматривается.

1.3 Обязательным условием Компании ██████████ является **отсутствие хранения** жидкой синильной кислоты, т.е. количество выпускаемой строго соответствует количеству потребляемой. Выпуск, как «пленный» - «captive production» или «по требованию» - «on demand».

1.4 Обязательным условием Компании ██████████ является получение продукции, соответствующей по качественным показателям и расходам энергоресурсов равнозначным технологиям.

1.5 Компания ██████████ желает выполнить БП на основе технологии не обремененных лицензиями на процесс, ноу-хау на оборудование или иными ограничениями третьих сторон.

1.6 Компания ██████████ допускает получение технологической реплики, которая совмещает в себе:

- технологии прошлых лет, адаптированные к современным условиям качества, системам управления, сервису, катализаторам, оборудованию

- современные технологии третьих сторон, но узлы, секции и блоки которых будут реализованы в иной конфигурации или совмещении конфигураций в аппаратурном исполнении с иными условиями режима

1.7 Компании ██████████ известно, что при приобретении лицензионной технологии, как правило, накладывает ограничение на продажу получаемой продукции в пределах строго ограниченной географии, что и прописывается в контракте на покупку технологии, оборудования и инжиниринга.

1.8 Компания ██████████, с использованием БП, **выполнит патентование** отдельных технологических стадий, что является достаточным для **лицензирования собственного процесса**.

1.9 Компания ██████████ планирует воспользоваться возможностями лицензирования по существующему производству, которое прошло ряд модификаций для устранения

недостатков допущенных поставщиком технологии, так и планируемого к строительству производству циансолей.

1.10 Компания ██████████ не планирует коммерциализировать процесс, вполне достаточно, что наличие собственной лицензии позволит исключить ограничения по географии продаж циансолей.

2. Процессы, не имеющие лицензионных претензий от третьих сторон, для получения:

- синтез-газа, содержащего цианистый водород

- синильной кислоты, конденсацией цианистого водорода

- сухого цианида натрия из жидкой синильной кислоты и едкого натра

2.1 Получение цианистого водорода.

2.1.1 Процесс «Andrussow». заключается в окислительном аммонолизе метана в присутствии воздуха: $2\text{CH}_4 + 2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{HCN} + 6\text{H}_2\text{O}$. Получение синтез-газа, содержащего HCN на платино-родиевых сетках. Процесс разработан ГОСНИИОХТ в 1939 г. Отечественная разработка исключает правовые претензии третьих сторон, но допускает использование методов и практик, п. 1.3.

2.1.2 Процесс «BMA» заключается в окислительном аммонолизе метана в отсутствии кислорода: $\text{CH}_4 + \text{NH}_3 = \text{HCN} + 3\text{H}_2$

2.1.3 Процесс «FDE» заключается в окислительном аммонолизе пропана в отсутствии кислорода: $\text{C}_3\text{H}_8 + 3\text{NH}_3 = 3\text{HCN} + 7\text{H}_2$

2.1.4 Процессы «BMA» и «FDE» не рассматриваются.

2.2 Получение синильной кислоты, конденсацией цианистого водорода. Процесс разработан ГОСНИИОХТ в 1939 г. Отечественная разработка исключает правовые претензии третьих сторон, но допускает использование методов и практик, п. 1.3.

2.2.1 Хранение жидкой синильной кислоты не рассматривается.

2.3 Получение сухого цианида натрия из жидкой синильной кислоты и едкого натра с высаждением и сушкой. Процесс разработан НИИК в 1960 г. Отечественная разработка исключает правовые претензии третьих сторон, но допускает использование методов и практик, п. 1.3.

2.3.1 Получение цианида натрия подачей синтез-газа, содержащего HCN (без конденсации синильной кислоты) в раствор едкого натра, **не рассматривается**.

2.3.2 Получение цианида натрия в виде раствора, как товарного продукта не рассматривается.

2.4 Собственные процессы являются формальным, но необходимым юридическим условием, исключающим предъявления претензий третьих сторон и абсолютно не важно с каким качеством они работали, так как вопрос заключается не в качестве, а наличии.

2.5 Следующим шагом является адаптация собственных процессов к современным материалам, катализаторам, управлению DCS, нормам безопасности и конечно же качеству продукции и расходам сырья материалов и энергоресурсов. Документация обрабатывается грамотными процесс-инженерами, используется инжиниринговый опыт, практики и знания компетентных поставщиков и консультантов для объектов с близкими процессами. Создание лицензионных технологических реплик обычная и законная практика.

3. Технологическая конфигурация процесса получения сухого цианида натрия, принимаемая к базовому проектированию.

3.1 BFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс., **Схема 1** (сульфатная нейтрализация аммиака с выделением сульфата аммония).

3.1.1 PFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс, **Приложение 1.**

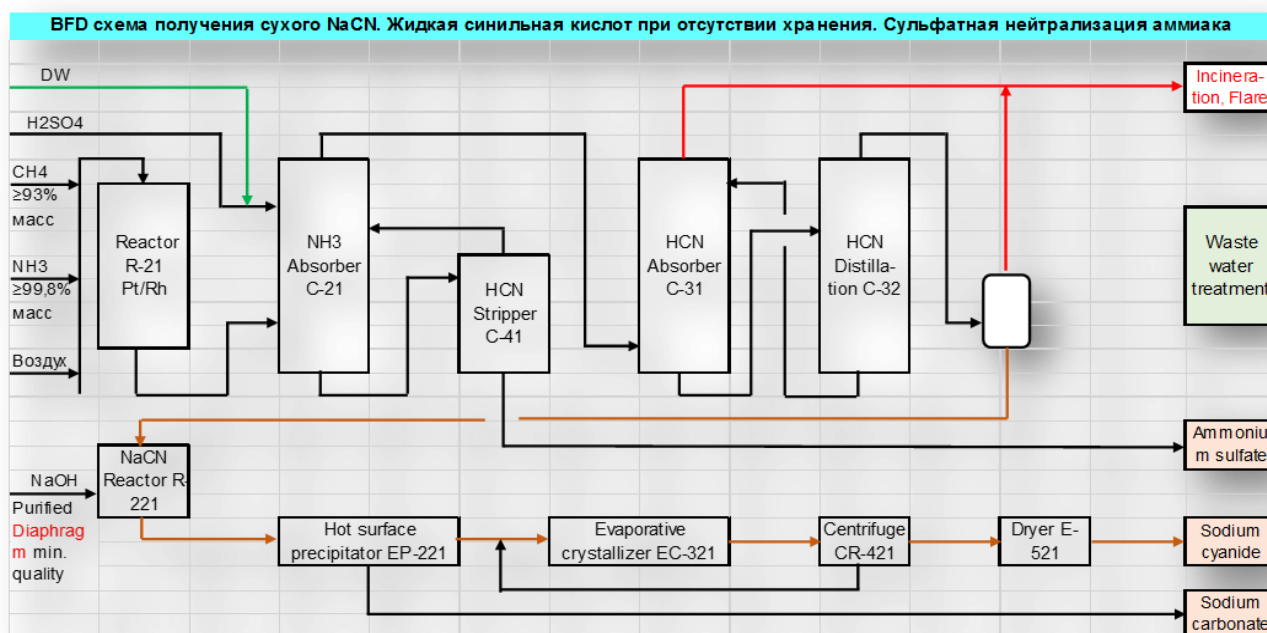
3.1.2 Перечень основного оборудования, краткие характеристики, **Приложение 2.**

3.1.3 Технологическое описание процесса, **Приложение 3.**

3.1.4 Характеристики используемых энергоресурсов, **Приложение 4.**

3.1.5 Характеристики отходов производства, **Приложение 5.**

Схема 1.



3.1.6 Элементы технологических матриц используемых, **Схема 1** и детализированных, **Приложение 1**, за исключением перечисленных в п. **2.1.1**, **2.2** и **2.3**.

- DuPont HCN Technology
- DuPont Sodium Cyanide Process
- Arkema HCN Technology
- IPSC Sodium Cyanide Process

3.1.7 Синтез цианистого водорода ведется при низком давлении. В случае аварийных ситуаций все количество цианистого водорода сбрасывается в факельную систему. Не используется хранилище жидкой синильной кислоты. Система мониторинга воздуха гарантирует своевременное обнаружение любых следов HCN.

3.1.8 Нейтрализация жидкой синильной кислоты раствором едкого натра ведется в трубчатом реакторе. Остаточная щелочь после нейтрализации не превышает 0.5% масс. Испарение и кристаллизация проводятся под вакуумом, что снижает образование формиата натрия.

3.1.9 Технологическое описание, **Приложение 3**. достаточное для базового проектирования по расчету процессов и оборудования <https://makston-engineering.ru/inzhenernyj-servis/post/bazovye-proekty-mogut-vypolnyat-po-trem-variantam-kotorye-sushchestvenno-razlichayutsya-po-ob-yemu-i-sledovatelno-po-trudozatratam-raznica-po-stoimosti-varianta-1-i-varianta-3-mozhet-dostigat#variant3>

3.1.10 Использование секции Hot surface precipitator EP-221 основывается на кристаллизации карбоната натрия ранее чем цианида натрия, это позволяет снижать содержание Na_2CO_3 в готовой продукции до 0.6% масс., или до 0.3% масс. Удаление карбоната натрия непосредственно из раствора цианида натрия позволяет в значительной мере снижать требования по качеству для каустической соды. Использование секции Hot surface precipitator EP-221 позволяет удалять до 80% от исходного карбоната находящегося в растворе щелочи, т.е. использовать диафрагменный едкий натр, п. **4.4.3**.

3.2 BFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс., **Схема 2** (фосфатная нейтрализация аммиака с рециклом аммиака в процесс).

3.2.1 PFD схема получения сухого цианида натрия 98% масс, **Приложение 6**.

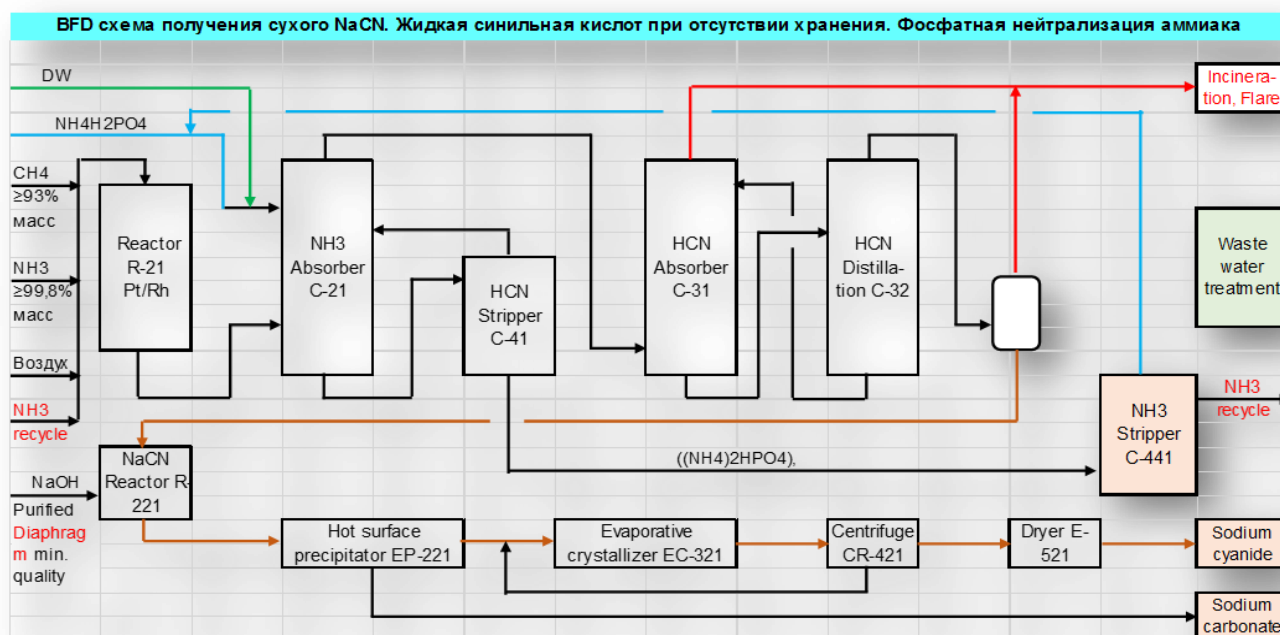
3.2.2 Перечень основного оборудования, краткие характеристики, **Приложение 7**.

3.2.3 Технологическое описание процесса, **Приложение 8**.

3.2.4 Характеристики используемых энергоресурсов, **Приложение 9**.

3.2.5 Характеристики отходов производства, **Приложение 10**.

Схема 2.



3.2.6 Элементы технологических матриц используемых, **Схема 2** и детализированных, **Приложение 6**, за исключением перечисленных в п. **2.1.1, 2.2** и **2.3**.

- DuPont HCN Technology
- DuPont Sodium Cyanide Process
- Arkema HCN Technology
- IPSC Sodium Cyanide Process

3.2.7 Синтез цианистого водорода ведется при низком давлении. В случае аварийных ситуаций все количество цианистого водорода сбрасывается в факельную систему. Не используется хранилище жидкой синильной кислоты. Система мониторинга воздуха гарантирует своевременное обнаружение любых следов HCN.

3.2.8 Нейтрализация жидкой синильной кислоты раствором едкого натра ведется в трубчатом реакторе. Остаточная щелочь после нейтрализации не превышает 0.5% масс. Испарение и кристаллизация проводятся под вакуумом, что снижает образование формиата натрия. Использование кристаллизации карбоната натрия ранее чем цианида натрия позволяет снижать содержание Na₂CO₃ в готовой продукции до 0.6% масс., или до 0.3% масс. т.е удаляется до 80% от исходного карбоната в растворе щелочи.

3.2.9 Технологическое описание, **Приложение 3** достаточное для базового проектирования по расчету процессов и оборудования <https://makston-engineering.ru/inzhenernyj-servis/post/bazovye-proekty-mogut-vypolnyat-po-trem-variantam->

[kotorye-sushchestvenno-razlichayutsya-po-ob-yemu-i-sledovatelno-po-trudozatratom-raznica-po-stoimosti-varianta-1-i-varianta-3-mozhet-dostigat#variant3](#)

3.2.10 Использование принципиальной схемы очистки синтез-газа от аммиака на секциях NH₃ Absorber C-21, HCN Stripper C-41 и NH₃ Stripper C-441 выглядит следующим образом. Синтез-газ после охлаждения, н/б 40°C подается в NH₃ Absorber C-21 орошаемый 50% раствором моноаммоний фосфата. При поглощении аммиака моноаммоний фосфат переходит в диаммоний фосфат. Синтез-газ отправляется на дальнейшие стадии процесса, а диаммоний фосфат подается в Stripper C-441, продуваемый перегретым водяным паром и разлагается под действием температуры на моноаммоний фосфат и аммиак. Аммиак конденсируется и возвращается в начало процесса на синтез HCN, а моноаммоний фосфат возвращается в NH₃ Absorber C-21.

4. Качество сырья и готовых продуктов принимаемых для расчета процессов и оборудования (базовый проект). Расходные коэффициенты по сырью.

Качественные показатели и расходные коэффициенты идентичны при работе, **Схема 1,2** исключение п. **4.8.1.1**.

4.1 Воздух, применяемый в производстве синильной кислоты, не должен содержать механических примесей, что обеспечивается надежной системой фильтрации. Наличие в воздухе кислых газов должно быть исключено.

4.2 Аммиак, применяемый в производстве синильной кислоты, **Схема 1**, отвечает качеству:

- аммиак, н/м 99.8% масс.
- осадок после испарения, н/б 0.15% масс.
- вода, н/б 0,12% масс.
- железо (растворимое), н/б 0,0002% масс или н/б 2.0 ppm
- масло, н/б 0.012% масс
- инертные газы, н/б 0.1% масс

Качество жидкого аммиака ГОСТ 6221-90, Марка А, соответствует указанным требованиям. Российские стандарты качества действительны в стране строительства, но всегда могут быть заменены аналогами по требованию Заказчика.

4.3 Метан (природный газ), применяемый в производстве синильной кислоты, **Схема 1**, отвечает усреднённому качеству:

- азот 0.91% об.
- двуокись углерода 0.20% об.

- метан 96.50% об.
- этан 1.64% об.
- пропан 0.54% об.
- бутан, изобутан 0.16% об.
- пентаны 0.04% об.
- гексаны 0.01% об.

4.3.1 Усредненное качество не отражает фактические возможности технологии, применяемый в производстве синильной кислоты, **Схема 1**.

Содержание метана в природном газе может варьировать в пределах 90-98% об., при жестком ограничении по суммарному содержанию C₂-C₅, н/б 4% об. Большие количества способствуют отравлению катализатора в виду образования сажи.

Содержание серы регламентируется до 20 ppm для исключения отравления катализатора.

4.3.2 В отличии от получения цианида натрия без конденсации синильной кислоты, **п. 2.3.1** примеси C₂-C₅ для процесса, **Схема 1** не оказывают влияние на качество готовой продукции.

4.4 Каустическая сода, применяемая в производстве цианида натрия, **Схема 1**, отвечает качеству:

- NaOH, н/м 45% масс.
- Na₂CO₃, н/б 0.6% масс., см. **п.4.4.3**
- NaCl, н/б 0.05% масс.
- Fe₂O₃, н/б 0.002% масс

4.4.1 При симуляции процесса использовать показатели качества от DuPont NaOH (Purified **Diaphragm** min. quality).

4.4.2 46% раствор диафрагменного едкого натра содержит до 3.0% масс хлорида натрия. Очистка до указанного качества, как по хлориду натрия, так и по оксиду железа, производится по стандартным схемам.

4.4.3 46% раствор диафрагменного едкого натра содержит до 0.6% масс карбоната натрия. Очистка до содержания 0.05-0.1% масс не требуется, так как наличие, **Схема 1** Hot surface precipitator EP-221, позволяет получать цианид натрия с требуемым качеством по Na₂CO₃, **Таблица 1**.

4.5 Синильная кислота, получаемая в процессе производства, **Схема 1**, как полуфабрикат, отвечает качеству:

- HCN, н/м 98.0% масс.

- H₂O, н/б 2.0% масс.
- CO₂, н/б 0,03% масс.
- SO₂, н/б 0,005% масс
- аммонийного азота в пересчете на аммиак, н/б 0.0012% масс.

4.5.1 При симуляции процесса использовать показатели качества от DuPont HCN Technology для HCN (liquid) (99%; 0.5% H₂O max.).

4.6 Цианистый натрий, получаемый в процессе производства, **Схема 1** и для сравнения по технологии из синтез-газа, содержащего цианистый водород, т.е. без конденсации синильной кислоты. Качество цианида натрия по ГОСТ, допускает до 5% влаги, в таблице приведен обезвоженный состав.

Таблица 1

Наименование	Ед. изм	Конденсация HCN, Схема 1			Без конденсации HCN
		Arkema+IPSC	DuPont	ГОСТ 8464-79 к 100%	Evonik Rohm+CyPlus
NaCN, н/м	% масс	98.00	98.00	97.13	≥98
NaOH, н/б	% масс	0.30	0.50	0.90	≤0.98
Na ₂ CO ₃ , н/б	% масс	0.50	0.60	1.55	≤1
NaCOOH, н/б	% масс	0.80	0.50		≤0.5
H ₂ O, н/б	% масс	0.20	0.20	0.20	≤1
Прочие, н/б	% масс	0.20	0.20	0.22	-
Итого	% масс.	100.00	100.00	100.00	-

4.7 Сульфат аммония, получаемый в процессе производства, **Схема 1** отвечает качеству (до получения сухого продукта):

- H₂O, н/б 50% масс.
- (NH₄)₂SO₄, н/б 47% масс.
- H₂SO₄, н/б 3% масс.

4.8 Расходные показатели в процессе производства, **Схема 1**.

4.8.1 На тонну HCN

- аммиак на 100%, кг 1060
- природный газ, Нм³ 1580 (сырье)
- катализатор, грамм 0.2 (не восстанавливаемые потери)
- катализатор, грамм 7.9 (восстанавливаемые потери)
- фосфорная кислота на 75%, кг 5
- серная кислота на 100%, кг 560
- сульфат аммония на 100%, кг 650 (образуется при нейтрализации аммиака)

4.8.1.1 Использование серной кислоты и образование сульфата аммония исключается при работе, **Схема 2**.

4.8.2 На тонну NaCN

- синильная кислота на 99%, кг 570
- каустическая сода на 100%, кг 870

5. Катализатор

5.1 Стехиометрия для расчета в паровой фазе



Приведенное стехиометрическое уравнение является общим. Серия из 13 частных реакций, уравнения для расчета скорости каждой реакции, комментарии по кинетике процесса, **Приложение 11**.

5.2 Параметры для расчета

Catalyst: platinum-rhodium wire screens

1100-1200°C @ atmospheric pressure

$\Delta H @ 1000^\circ\text{K} = -$ (минус) 1112.38 kcal

$K_p @ 1000^\circ\text{K} = 2.443 \times 10^{29}$

5.3 Характеристика катализатора.

Катализатор состоит из сеток, сплетенных из проволоки диаметром:

- тип 1. 0,076 мм, 1024 ячейки на см²
- тип 2. 0,16 мм, 575 ячеек на см²

Пакет может иметь от 10 до 50 слоев сеток. Диаметр пакета может достигать 2 м или 6,4 фута и определяется диаметром реактора.

Содержание Pt (90%)/Rh (10%). Допустимые примеси:

- мышьяк, н/б 0.03% масс.
- свинец, н/б 0.03% масс.
- висмут, н/б 0.03% масс.
- золото, н/б 0.01% масс.
- железо, н/б 0.01% масс.

Всего примесей, н/б 0.1% масс.

5.4 Рекомендации поставщика по эксплуатации и контролю за работой катализатора. Активация и дезактивация, **Приложение 12**.

Активация катализатора проводится в течении 2-3 суток. При активации площадь поверхности и активность увеличиваются из-за образования нитевидных кристаллов Pt-Rh. Высокая активность сохраняется в течение более 2000 часов.

Деактивация катализатора происходит:

- за счет сажеобразования, п. 4.3.1. Отложение сажи легче происходит на участках сетки с более низкой температурой, т.е. по периметру.

- за счет отложение ржавчины из трубопроводов, при плохой промывке и отсутствии пассивации. Концентрации железа 35 частей на миллион уже снижает активность катализатора и активирует разложение NH_3 и HCN .

6. Энергоресурсы.

6.1 Качество и расходные коэффициенты по энергоресурсам, Приложение 4 и 9.

6.1.1. Пар водяной 0,9 МПа.

6.1.2. Конденсат водяного пара.

6.1.3. Вода обратная.

6.1.4 Вода захлажденная +7°C.

6.1.5. Холод минус 10°C.

6.1.6. Азот 0,8 МПа

6.1.7. Азот 3.0 МПа

6.1.8. Воздух КиП

6.1.9. Воздух технический

6.1.10. Электроэнергия

6.1.11 Природный газ (топливо)

7. Отходы производства.

7.1 Отходы производства и коэффициенты образования, Приложение 5 и 10.

7.1.1 Газы на сжигание в котле утилизаторе.

7.1.2 Сточные воды.

7.1.3 Твердые отходы в процессе производства отсутствуют.