



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Технологический факультет  
Кафедра «Газохимия и моделирование химико-технологических процессов»

## **Разработка оптимальной энергосберегающей технологической схемы получения анилина**

Выпускная квалификационная работа  
по направлению подготовки 18.03.02 Энерго-и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,  
бакалаврская программа «Газохимия»

Выполнил: ст.гр. БТГ-20-01

Гузель Дамировна  
Садертдинова

Руководитель: доцент, к.т.н.

Николай Анатольевич  
Руднев

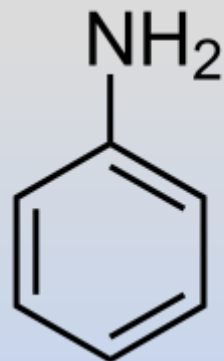
Уфа 2024



# Актуальность



**Динамика роста импорта аминов и анилина в Россию за 2019 – 2023 гг.**



- Отсутствие производства анилина в России;
- Анилин числится в списке плана мероприятий по импортозамещению в отрасли химической промышленности Российской Федерации;
- Анилин является востребованным и важным промежуточным сырьем для получения более сложных соединений;
- Анилин используют в получении компонентов для топлива.

# Цели и задачи

---

## Цель:

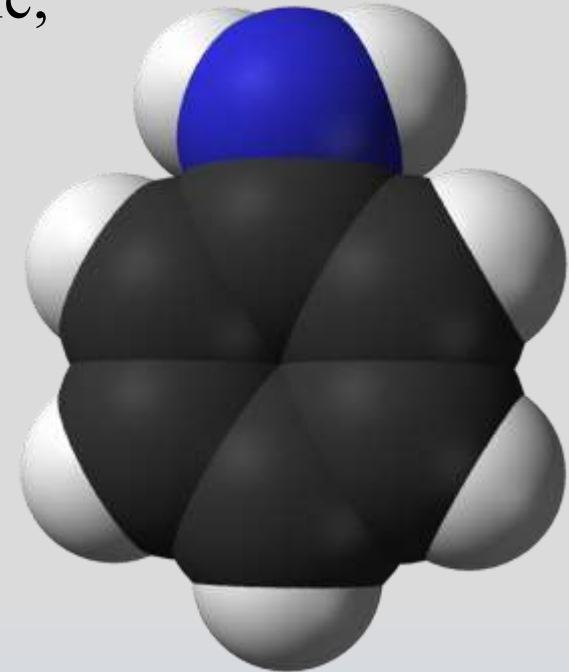
Разработка оптимальной энергосберегающей технологической схемы получения анилина наиболее предпочтительным методом производства.

## Задачи:

- Провести сравнительный анализ технологий получения анилина и предложить схему процесса;
- Создать модель и провести расчёт технологической схемы производства анилина;
- Проанализировать параметры процесса и существующие технические решения для создания оптимальной технологической схемы;
- Составить бизнес-план.

# Характеристика продукта

- Бесцветную маслянистую жидкость с характерным запахом;
- Плохо растворим в воде, но хорошо – в этиловом эфире и в бензоле;
- Является более слабым основанием, чем алифатические амины.
- Температура кипения 184,13 °С;
- Молекулярная масса 93,1265 г/моль;
- Образует азеотропную смесь с водой при температуре кипения с температурой кипения 98,5 °С, содержащую 18 (масс.) анилина;
- Второй класс опасности;





# Способы производства анилина

Прямое  
аминирование  
бензола

**0 %**

Восстановление  
нитробензола  
железом и солями

**5 %**

Аммонолиз фенола

**10 %**

Каталитическое  
гидрирование  
нитробензола в газовой и  
жидких фазах

**85 %**

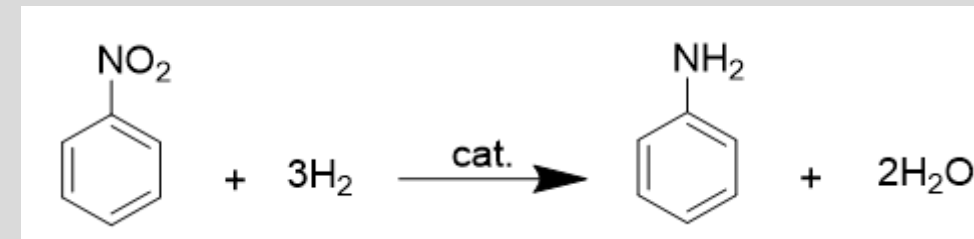
- 1) Высокий выход продукта (более 90 %);
- 2) Эффективное использование тепла;
- 3) Отсутствие необходимости в разделении продукта и катализатора;
- 4) Долгий срок службы катализатора;
- 5) Мягкие условия;
- 6) Селективность по продукту составляет 98 %.

# Характеристика процесса каталитического гидрирования нитробензола в паровой фазе

## Технологические параметры процесса

Температура	250 °С
Давление	152 кПа
Катализатор	Медьсодержащий (НТК-4)
Безрегенерационный период работы катализатора, не менее	6 месяцев
Мольное соотношение водород : нитробензол	10 : 1

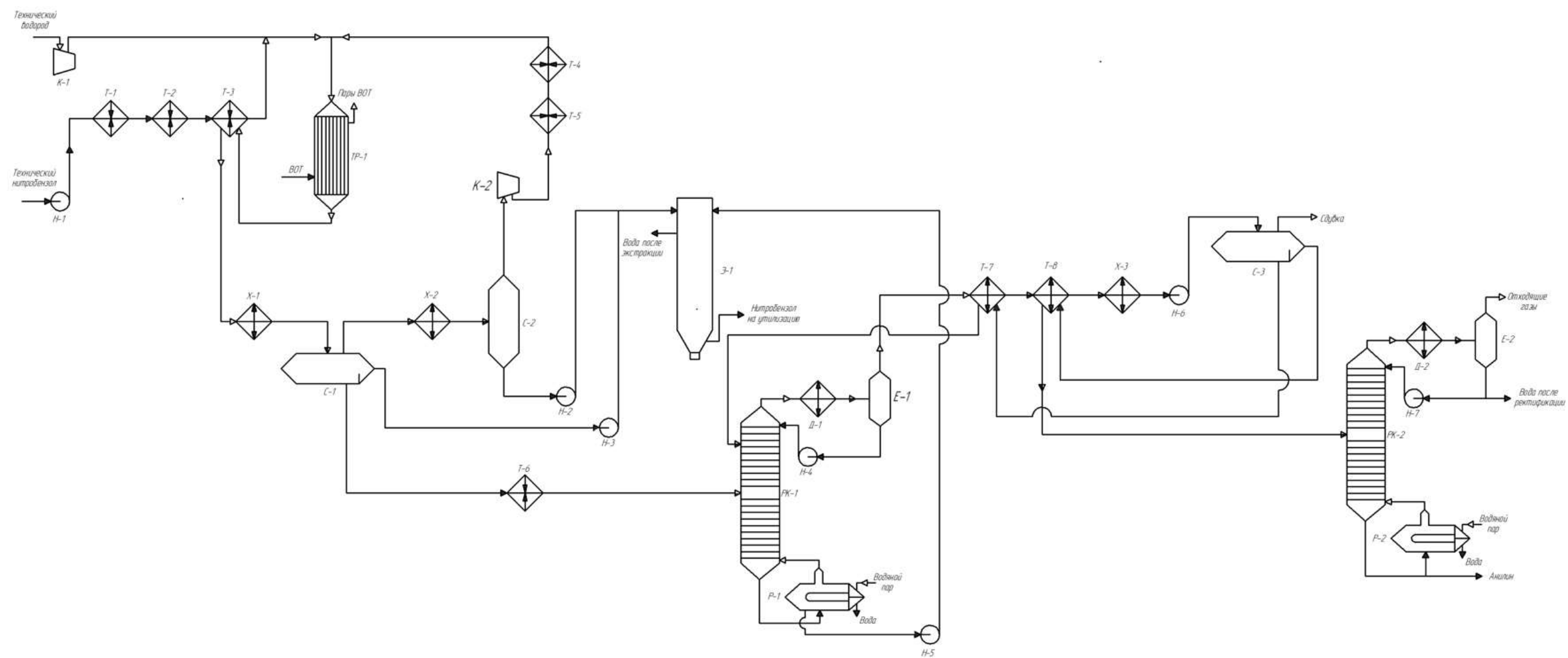
## Основная реакция процесса:



## Компонентный состав катализатора

Компонент	масс. %
CuO	50-57
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11-16
ZnO	9,5-13
SiO <sub>2</sub>	0,5-5,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Остальное

# Технологическая схема производства анилина





# Материальный баланс реактора

Приход			Расход		
Поток	Количество, кг/ч	Количество, %	Поток	Количество, кг/ч	Количество, %
Техн.нитробензол, в том числе:  чистый нитробензол  примеси нитробензола	9088,11	86,12	Анилин	6127,45	58,07
	9004,50	(99,08)	Водород	1068,83	10,13
	83,61	(0,92)	Непревращенный нитробензол	900,45	8,53
Технический водород	1464,15	13,88	Вода	2371,92	22,48
			Примеси нитробензола	83,61	0,79
Итого:	10552,26	100	Итого:	10552,26	100

# Материальный баланс установки

Приход			Расход		
Поток	Количество, кг/ч	Количество, %	Поток	Количество, кг/ч	Количество, %
Техн.нитробензол, в том числе:  чистый нитробензол  примеси нитробензола	9088,11	95,81	Анилин	5997,36	63,23
	9004,50	(99,08)	Вода после экстракции	1993,10	21,01
	83,61	(0,92)	Вода после ректификации	383,41	4,04
Технический водород	397,60	4,19	Нитробензол на утилизацию	1051,31	11,08
			Отходящие газы	60,52	0,64
			Сдувка	0,01	0,00
Итого:	9485,71	100	Итого:	9485,71	100

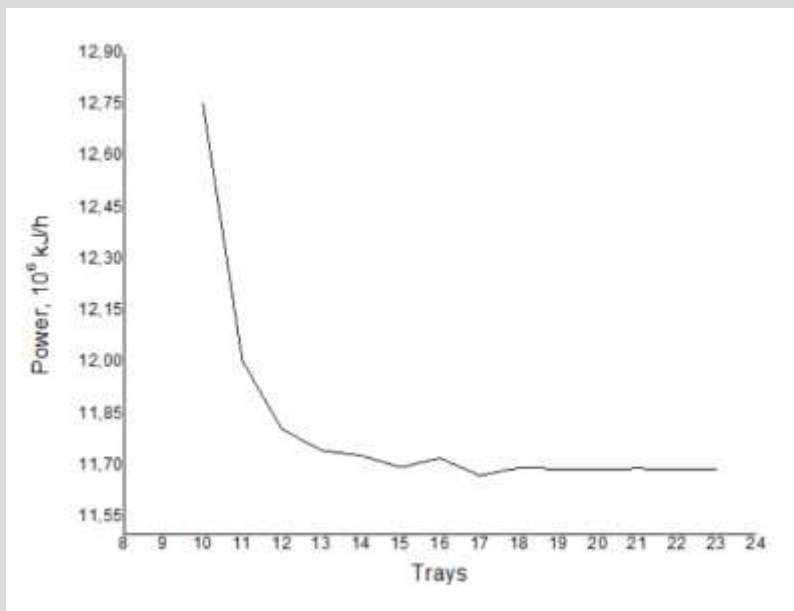
# Тепловой баланс реактора

Приход					Расход				
Поток	G, кг/ч	t, °C	C <sub>p</sub> , кДж/(кг·°C)	Q, кВт	Поток	G, кг/ч	t, °C	C <sub>p</sub> , кДж/(кг·°C)	Q, кВт
Чистый нитробензол	9004,50	205	1,171	600,44	Анилин	6127,45	250	1,907	811,46
Водород	1464,15	205	14,32	1193,93	Водород	1068,83	250	14,38	1067,34
Примеси нитробензола:	-	-	-	-	Нитробензол	900,45	250	1,541	96,36
Бензол	36,35	205	1,697	3,51	Вода	2371,92	250	1,986	327,13
1,3-динитробензол	18,18	205	1,789	1,85	Примеси нитробензола:	-	-	-	-
Нитрофенолы	1,36	205	1,687	0,13	Бензол	36,35	250	1,825	4,61
Нитротеофены	0,23	205	1,337	0,02	1,3-динитробензол	18,18	250	1,875	2,37
Вода	27,26	205	1,961	3,05	Нитрофенолы	1,36	250	1,795	0,17
Теплота реакции	-	-	-	8513,28	Нитротеофены	0,23	250	1,424	0,02
					Вода	27,26	250	1,986	3,76
					Отвод тепла	-	-	-	8002,98
Итого				10316,21	Итого				10316,21

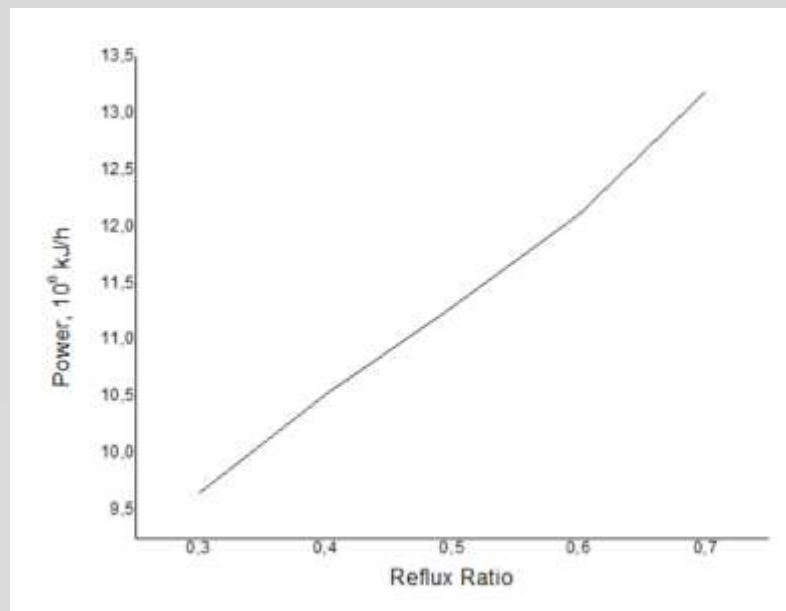


# Определение оптимальной нагрузки ректификационных колонн

## Первая колонна



Зависимость нагрузки колонны от количества тарелок

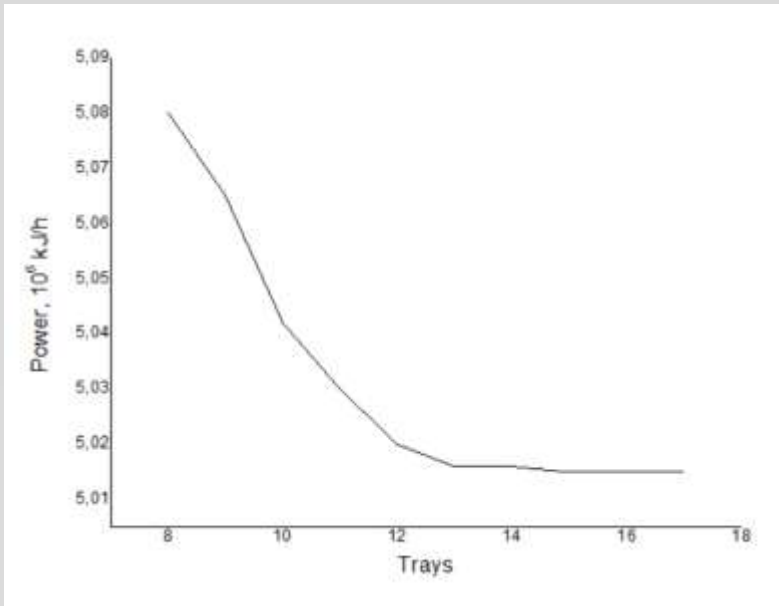


Зависимость нагрузки колонны от флегмового числа

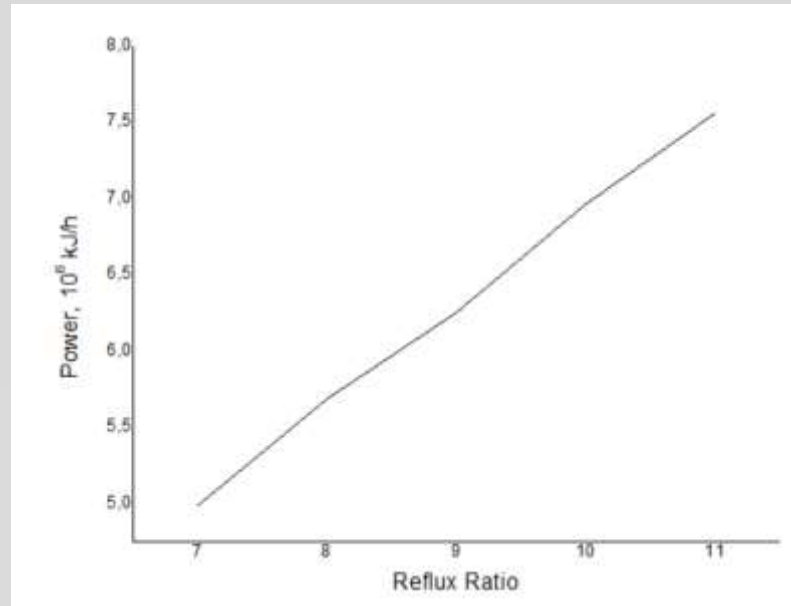
Оптимальное количество тарелок	18
Флегмовое число	0,4
Подача сырья	9 тарелка
Нагрузка колонны, МВт	2,57

# Определение оптимальной нагрузки ректификационных колонн

## Вторая колонна



Зависимость нагрузки колонны от количества тарелок



Зависимость нагрузки колонны от флегмового числа

Оптимальное количество тарелок	13
Флегмовое число	7
Подача сырья	10 тарелка
Нагрузка колонны, МВт	1,39

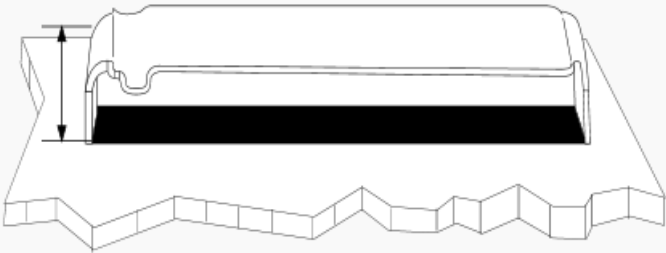
# Подбор тарелок в ректификационной колонне

Параметр	Значение		Единица измерения
	1 колонна	2 колонна	
Количество проходов	1	1	-
Расстояние между тарелками	0,5	0,6096	м
Диаметр	0,9010	1,191	м
Высота	6,5	10,97	м
Перепад давления	102,3	196,4	мбар
Потери напора	1181	2202	мм

Тип тарелки **Nutter-BDP**    Кол-во проходов **1**

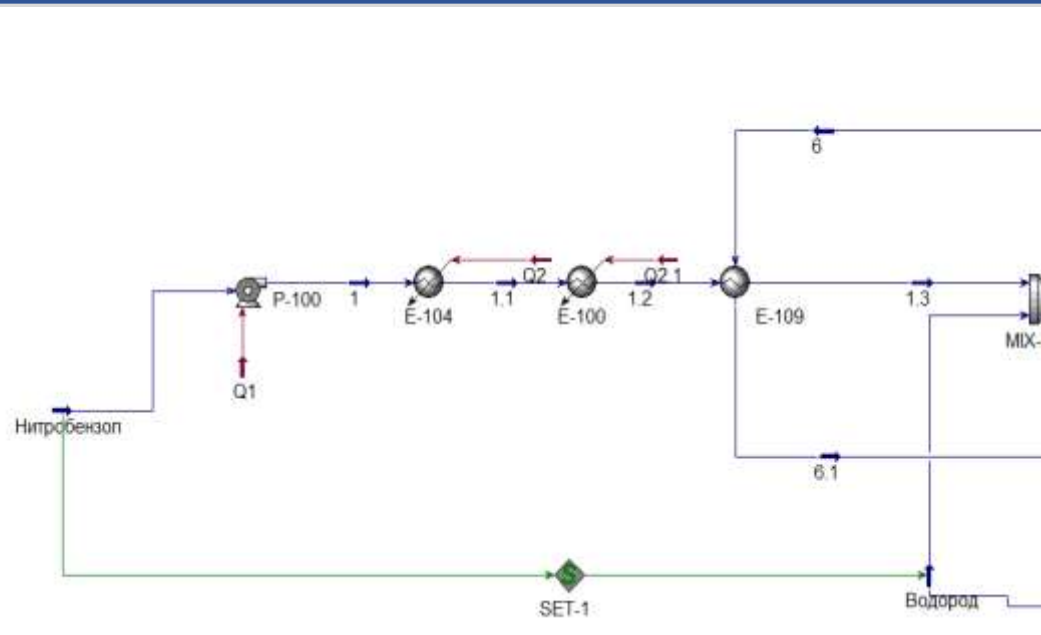
Длина колена **0.375 in (9.53 mm)**    Материал клапана **Carbon Steel**

125 mm

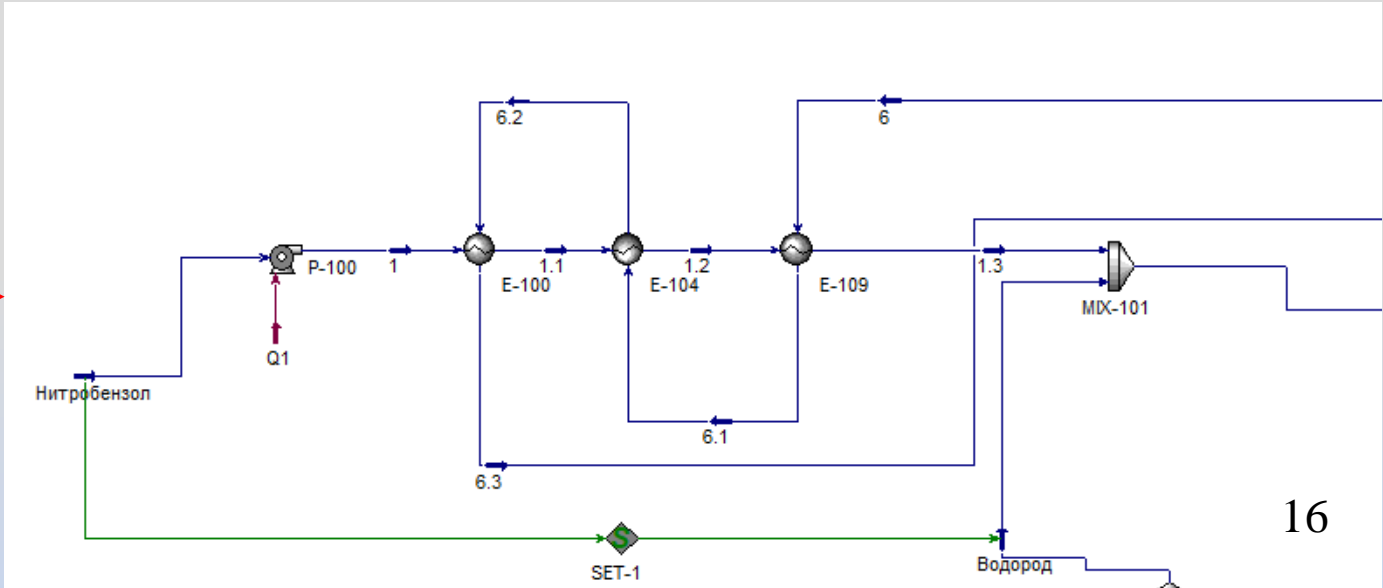


толщина клапана **14 Gauge**

# Оптимизация модели установки производства анилина



Общий эффект:  
**- 251,86 кВт**





# Потенциальные конкуренты

## Зарубежные производители-поставщики

**Jilin Connell Chemical Industry Co. Ltd**



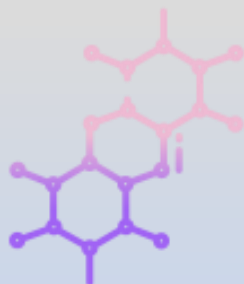
**WANHUA CHEMICAL GROUP CO.,LTD.**



Shandong, China

**CHEMCHINA**

**BASF**  
We create chemistry



## Потенциальные конкуренты



**ЛЕНГИПРОНЕФТЕХИМ**

Институт по проектированию  
предприятий нефтеперерабатывающей и  
нефтехимической промышленности



ПРОМХИМПРОЕКТ  
**ПХП**  
PROMHIMPROJECT

**ООО «ПРОМХИМПРОЕКТ»**  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ОБЪЕКТОВ



**ОРГНЕФТЕХИМПРОЕКТ**

# Анализ рынка

- На сегодняшний день в России отсутствуют производственные мощности анилина;
- Производительность установки – 50 000 т/год;
- Продукция по нашей технологии будет занимать 83,33 %.

Объём импорта 2023 год  
30 000 т/год ~ 17 603 млн. р.



Прогноз к 2030 году  
60 000 т/год ~ 35 220 млн.р

# Бизнес-модель стартап-проекта

<b>Ключевые партнеры</b>  Научно – исследовательские институты, проводящие аналогичные исследования, проектные институты	<b>Ключевые виды деятельности</b>  R&D	<b>Ценностное предложение</b>  Мы предлагаем технологию производства анилина каталитическим гидрированием нитробензола в паровой фазе с выходом 98 %.  Собственное производство в стране позволит закрыть потребности внутреннего рынка.	<b>Отношения с клиентами</b>  Ориентир на долгосрочное сотрудничество	<b>Потребительские сегменты</b>  Предприятия, которые производят на основе анилина
	<b>Ключевые ресурсы</b>  Команда проекта; Денежные средства; Интеллектуальные ресурсы. Материальные ресурсы		<b>Каналы продвижения</b>  Сайт; Научные публикации; Отраслевые маркетплейсы	
<b>Структура затрат</b>  Оргтехника, регистрация патента, заработная платы сотрудникам, составление лицензионного договора			<b>Планируемые потоки доходов</b>  Продажа лицензий на технологию	

# Организационный план

Содержание работ	Сроки выполнения работ														
	1 кв.			2 кв.			3 кв.			4 кв.			5 кв.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Регистрация предприятия	■														
2. Закупка необходимого оборудования		■													
3. Создание команды		■													
4. Разработка продукта			■	■	■	■	■	■	■	■	■				
5. Патентование на полезную модель											■	■	■		
6. Поиск потенциальных клиентов											■	■	■		
7. Составление лицензионного договора на использование патента														■	■

Срок реализации проекта – 15 месяцев

Срок окупаемости – 15 месяцев

Финансирование за счёт средств грантов ~ 1 000 000 рублей;

Прогнозируемая стоимость продукта ~ 1 500 000 рублей.

# Дополнительно

✓ Письмо заинтересованности



✓ Прохождение курсов по стартап-проекту на платформе Oil.edu.



✓ Участник и призер хакатонов



✓ Участник Евразийской  
Акселерационной программы 2024

# Заключение

---

- Разработана модель установки производства анилина с производительностью 50 000 т/год и оптимизирована с точки зрения энергосбережения;
- В ходе исследования установки производства анилина были определены влияния различных факторов на нагрузку и оптимальный режим ректификационных колонн;
- Подобраны клапанные тарелки с диаметром 1,19 м и высотой колонны 10,97 м для первой ректификационной колонны, для второй – 0,90 м и 6,5 м соответственно;
- Рассчитан блок рекуперации тепла с общим эффектом 251,86 кВт;
- Составлен бизнес-план проекта.

**Спасибо за внимание!**



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Технологический факультет  
Кафедра «Газохимия и моделирование химико-технологических процессов»

## **Разработка оптимальной энергосберегающей технологической схемы получения анилина**

Выпускная квалификационная работа  
по направлению подготовки 18.03.02 Энерго-и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,  
бакалаврская программа «Газохимия»

Выполнил: ст.гр. БТГ-20-01

Гузель Дамировна  
Садертдинова

Руководитель: доцент, к.т.н.

Николай Анатольевич  
Руднев

Уфа 2024





