

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ХИМИЧЕСКОЙ И БИОХИМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ

УДК 543.054

На правах рукописи

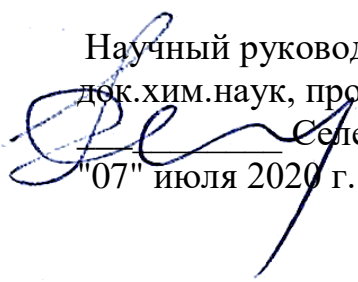
Амиров Альсеит Женисович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации: Моделирование, оптимизация и
предварительное технико-экономическое обоснование производства метанола
из синтез-газа

Направление подготовки 06M072100 — Химическая технология
органических веществ

Научный руководитель
док.хим.наук, профессор
 Селенова Б.С.
"07" июля 2020 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
PhD доктор,
ассоц. профессор


Нормоконтроль
Х.С.


Рафигова

"07" июля 2020 г.

"_07_" ____07____ 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт химических и биологических технологий

Кафедра Химической и биохимической инженерии

6M072100 – Химическая технология органических веществ

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Химической и биохимической
инженерии
PhD, ассоц. профессор



Рафикова Х.С.

"_07_" __07__ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Амирову Альсеиту Женисовичу

Тема: Моделирование, оптимизация и
предварительное технико-экономическое обоснование производства метанола
из синтез-газа.

Утверждена приказом Ректора Университета № _____ от "___" _____ 20 г.

Срок сдачи законченной диссертации "24" июня 2020 г.


ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	22.01.2019 – 16.04.2019	
Моделирование процесса в программе ASPEN HYSYS	17.04.2019 – 27.12.2019	
Технико-экономическое обоснование и подведение итогов	14.01.2020 – 15.05.2020	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

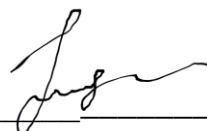
Наименования разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Научный руководитель док.хим.наук, профессор Селенова Б.С.		

Научный руководитель



Селенова Б.С.

Задание принял к исполнению обучающийся



Амиров А.Ж.

Дата "___" _____ 2020 г

АНДАТПА

Диссертация тақырыбы: «Синтез газынан метанол өндірісін модельдеу, оңтайландыру және алдын ала техникалық-экономикалық негіздеу»

Беттердің көлемі: 50 бет, 11 сурет, 6 кесте, 54 әдебиет көзі.

Кілт сөздер: метанол, газ синтезі, метанол синтезі.

Диссертациялық жұмыстың зерттеу нысаны: метанол синтезін модельдеу.

Диссертациялық жұмысқа кіреді: кіріспе, әдебиетке шолу, 3 бөлім, қорытынды және библиография.

Кіріспеде таңдалған тақырыптың өзектілігі негізделеді, жобаның мақсаттары мен міндеттері қалыптасады.

Бірінші тарау теориялық мәселелерді зерттеуге арналған, онда метанолды өндіру процестерінің түсінігі, мәні және түрлері, сонымен қатар осы мәселені зерттеудің өзектілігі көрсетілген. Төменде материалдық балансты, жылу балансын және жобаның негізгі сметасын есептейтін есептеу бөлімі келтірілген. Үшінші тарауда жобаның техникалық-экономикалық негіздемесі келтірілген.

Қорытындыда синтез газынан метанол өндірісінің тиімділігін арттыруға бағытталған негізгі тұжырымдар мен ұсыныстар бар.

АННОТАЦИЯ

Тема магистерской диссертации: «Моделирование, оптимизация и предварительное технико-экономическое обоснование производства метанола из синтез-газа»

Объем страниц составляет: 50 страниц, 11 рисунков, 6 таблиц, 54 источника литературы.

Ключевые слова: метанол, синтез газ, синтез метанола.

Объектом исследования дипломного проекта является: моделирование синтеза метанола.

Диссертационная работа состоит из: введения, литературного обзора, из 3 глав, заключения и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формируются цели и задачи проекта.

Первая глава посвящена исследованию теоретических вопросов, в ней раскрываются понятие, сущность и виды процессов получения метанола, также актуальность изучения данного вопроса. Далее приводится расчетный раздел с расчетом материального баланса, теплового баланса, и основной сметы проекта. В третьей главе технико-экономическое обоснование проекта.

Заключение содержит основные выводы и предложения, направленные на повышение эффективности производства метанола из синтез-газа.

ANNOTATION

Theme of the diploma project: "Modeling, optimization and preliminary technical and economic justification of methanol production from gas synthesis"

The volume of the page consists of: 50 pages, 11 drawings, 6 tables, 54 sources of literature.

Keywords: methanol, gas synthesis, methanol synthesis.

The object of research of the diploma project is: simulation of methanol synthesis.

The diploma project consists of: introduction, literary review, 3 chapters, conclusions and list of literature.

The introduction is based on the relevance of the chosen topic, the goals and objectives of the project.

The first chapter is devoted to the study of theoretical questions, in which the concept, essence and types of processes of obtaining methanol, as well as the relevance of the study of this question. The calculation section is followed by the calculation of material balance, heat balance, and the main estimate of the project. The third chapter is the technical and economic justification of the project.

The conclusion contains the main conclusions and propositions aimed at increasing the efficiency of methanol production from gas synthesis.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1. Литературный обзор.....	14
1.1 Общие характеристики синтеза метанола	14
1.2 Физико-химические свойства метанола.....	17
2. Модель синтеза метанола из синтез -газа.....	20
2.1 Синтез метанола на основе природного газа.....	21
2.2 Построение модели синтеза метанола из синтез-газа.....	34
3. Техничко-экономическое обоснование производства метанола из синтез – газа.....	44
Заключение.....	49
Список литературы.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Метанол является одним из важнейших с точки зрения стоимости и масштабов производства органических продуктов в химической промышленности. Метанол используется повсеместно, он потребляется не только на внутреннем рынке, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья: Китай, Тайвань, Словакия, Венгрия, Финляндия, Украина, Беларусь, Эстония.

Быстрый рост производства и потребления метанола обусловлены растущим разнообразием его использования. Метанол является сырьем для таких продуктов, как формальдегид (около 50% от общего количества производимого карбинола), синтетический каучук (11%), метиламин (9%) и диметилтерефталат, метилметакрилат, пентаэритритол, уротропин. Он используется для производства пленок, аминов, поливинилхлорида, мочевины и ионообменных смол, красителей и полупродуктов в качестве растворителей в лакокрасочной промышленности [1].

Также были отмечены тенденции в использовании метанола в качестве многообещающей новой разработки: его использование в качестве производства высокооктановых присадок для моторного топлива, производство синтетического бензина и его дальнейшее использование в качестве топлива, а также использование энергии, получаемой от побочных продуктов синтеза метанола и др., что связано с нехваткой углеводородов (нефтью, природного газа) и наличием возможности получения топлива из неуглеводородов (уголь, сланец, природные карбонаты и др.), чьи запасы значительно превышают запасы природного газа и нефти.

Повышенный спрос на метанол и разработка новых низкотемпературных, высокопроизводительных и селективных катализаторов привели к созданию больших единиц мощности с учетом передовых технологий. Обширные исследования методов создания низкотемпературных катализаторов и изучение их физико-химических свойств и кинетики привели к появлению новых технологий синтеза метанола и ректификации неочищенного метанола.

Несмотря на эти успехи, производство нуждается в улучшении: разработка более активных и селективных катализаторов, новые процессы для производства и изготовления исходного технологического газа, процесс регистрации устройств и процессы для более эффективного использования тепла, генерируемого в этом синтезе [2,3].

Учитывая то, что в нефтегазовой промышленности метанол практически незаменим в качестве ингибитора образования гидратов, производства метанола из синтез-газа является актуальной задачей на территории Казахстана.

Целью исследования является моделирование и оптимизация стадии синтеза метанола, в составе установки по производству его из синтез-газа.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие *задачи*:
- проанализировать процесс синтеза метанола на современных производственных предприятиях;

- промоделировать стадию синтеза метанола из синтез-газа;
- провести на основе технологических расчетов предварительное технико-экономическое обоснование производства метанола;

Метод или методология проведения работы: технологические расчеты с использованием математической модели процесса и методов квантовой химии.

Новизна: обоснованный технико-экономическими расчетами оптимизированный способ получения метанола из синтез-газа для удовлетворения спроса Казахстанских нефтегазодобывающих предприятия.

1 Литературный обзор

1.1 Общие характеристики синтеза метанола

Синтез метанола связан с именами величайших химиков [4,5]. Производство метанола из синтез-газа было впервые осуществлено в Германии в 1923 году компанией BASF. Процесс проводился при давлении 100-300 атм. на цинк-хромовых катализаторах ($ZnO-Cr_2O_3$) в интервале температур 320-400°C (схема синтеза приведена на рисунке 1). Производительность первой промышленной установки достигает 20 тонн/сутки. Интересно, что в 1927 году Соединенные Штаты Америки осуществили промышленный синтез метанола, основанный не только на окиси углерода, но и на углекислом газе.

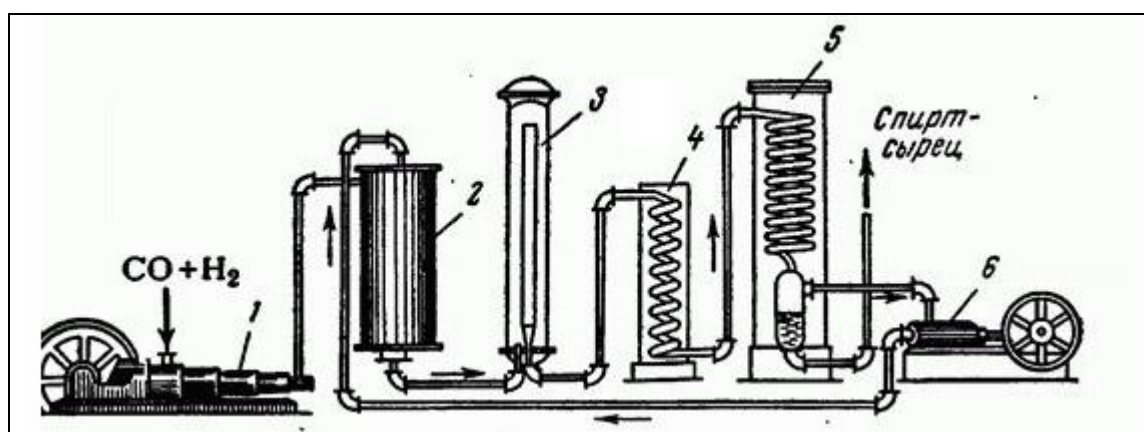


Рис. 1. Схема производства метанола из синтез-газа
1 – компрессор; 2 – смеситель; 3 – контактный аппарат; 4, 5 –
холодильники; 6 – насос

В настоящее время в связи с развитием и совершенствованием процесса для производства метанола из синтез-газа используются реакторы мощностью 2000 тонн в сутки.

Разработаны более активные катализаторы на основе оксидов цинка и меди, что позволило смягчить условия синтеза - снизить давление до 50-100 атмосфер.

История развития метанольных заводов в странах бывшего СССР началась в 1934 году с производительностью около 30 тонн / сутки. Сырьем для производства метанола был водяной газ, полученный газификацией кокса. В настоящее время большая часть метанола производится на основе природного газа. Процесс синтеза проводится при температуре 250 - 300 кгс / см² и 380°C.

Выделение метанола за определенный период роста значительно превышает производство многих химических продуктов. Увеличение производства метанола было проведено для интенсификации процесса, расширения существующих и строительства новых производственных мощностей. В будущем выпуск продолжал расти в результате строительства крупных однопоточных установок с использованием компрессоров с

турбонаддувом вместо поршневых двигателей и использования новых катализаторов, которые позволяют работать при относительно низком давлении (50-150 кг/см²) [6].

Несмотря на эти успехи работы по улучшению производства метанола были продолжены. Были разработаны более активные катализаторы, а также усовершенствованы катализаторы на основе цинк-хрома, способы и методики подготовки процесса очистки газа.

До сих пор необходимость более эффективного использования тепла, выделяемое при синтезе метанола остается не до конца решенной. Требуется разрабатывать технологические схемы на основе передовых технологий, разрабатывать новые мощные установки синтеза метанола до 30 тыс. м³/г с повышенной точкой выделения энергии. Для того чтобы производство и процесс синтеза был автономным практически не требуется внешнее энергоснабжение.

Недорогой метанол может быть получен в качестве источника газообразного материала. Что позволяет оплачивать транспортировку природного газа компаниями за счет использования метанола.

Одновременно с созданием крупных агрегатных устройств и использованием катализатора при низких температурах в мире появляются примеры создания крупных агрегатов, работающих при высоком давлении (от 250 до 350 кгс/см²). Промышленные технологии для синтеза метанола (карбинола) постоянно совершенствуются.

В 1970-х годах компания Chemical Systems, Inc. (США) разработала метод синтеза карбинола в трехфазной системе (рисунок 2). Суть процесса заключается в том, что реакция оксидов углерода и водорода происходит в реакторе с использованием катализатора, который измельчают и разжижают с инертным жидким углеводородом в циркулирующем потоке, т.е. синтез проводят по схеме «газовый катализатор - инертная жидкость».

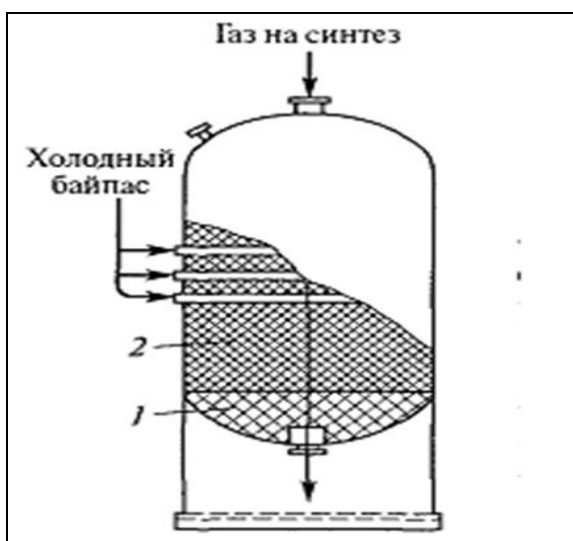


Рис. 2. Схема: колонна синтеза метанола низкого давления.
(1 – глиняные шарики; 2 – реагенты)

Жидкая фаза способствует равномерному распределению потока по всему поперечному сечению реактора, что корректирует профиль реактора и его температуру, близкие к изотермическим значениям, благодаря чему достигается эффективное использование тепла реакции.

Трехфазный синтез имеет несколько преимуществ: простота конструкции реактора, достаточно равномерное распределение жидкости и газа по площади поперечного сечения реактора, возможность входить и выходить из каталитической системы без остановки, относительно небольшая осевая диффузия газа и эффективное использование тепла реакции для преобразования в водяной пар.

Разработанный процесс производства метанола с использованием синтез-газа в основном используется для выработки электроэнергии, которая вырабатывается при газификации угля.

Одним из перспективных новых направлений в производстве метанола является метод прямого превращения природного газа путем частичного окисления в его карбинол. Однако исследование внедрения этого синтеза было очень трудным: низкий выход полезных продуктов (карбинол, формальдегид) и низкая селективность процесса.

При окислении природного газа параллельные и последовательные реакции окисления карбинола и его гомологов и промежуточных соединений происходят с образованием спиртов, альдегидов, кетонов, кислот, сложных эфиров и воды. В этом случае очень трудно получить метанол в качестве коммерческого продукта, который соответствует требованиям качества.

Однако при таком способе получения карбинола полученный продукт можно использовать в качестве ингибитора гидратов при транспортировке природного газа.

Новым способом получения карбинола является жидкофазное окисление свободного газа (пропана и бутана), где он образуется вместе с ацетальдегидом, формальдегидом и другими окисленными соединениями. Этот метод широко используется в Соединенных Штатах [7].

Во время окисления сжиженных газов может быть получен продукт окисления, представляющий собой сложную смесь различных кислородсодержащих продуктов. Получается тонна сырья, около 85 кг карбинола, 250 кг формальдегида, 110 кг ацетальдегида.

Необходимо отметить, что разработка и создание установок по окислению углеводородов можно осуществлять только в том случае, если распределение отдельных производственных затрат меньше, чем при экономии сырья.

Процесс этого синтеза можно считать безотходным, поскольку отработанные вещества используются в качестве сырья для производства других материалов на том же предприятии. Например: продувочные газы можно использовать на той же установке аммиачного газа в тех же резервуарах после проведения промывки.

Стоимость неочищенного метанола, полученного этим способом, значительно ниже по сравнению с конечным произведенным продуктом.

В связи с экономическими условиями рынка химической продукции, компания-производитель организует производство и маркетинг продукции для удовлетворения потребностей рынка и получения прибыли. Это становится реальностью, когда производитель способен корректировать свои планы в соответствии с колебаниями рынка.

Эта возможность основана на точном, своевременном расчете технико-экономических показателей предприятия. В расчетах необходимо применять фундаментальные исследования, использовать высокоэффективные информационные технологии. Все это позволит компании хорошо ориентироваться на перспективы технико-экономического развития производства, иначе может произойти сбой, что послужит возможностью безнадежно отстать от конкурентов [3].

1.2 Физико-химические свойства метанола

Метанол (древесный спирт, метиловый спирт, карбинол, метилгидрат) - это бесцветная, легковоспламеняющаяся жидкость со слабым запахом этанола. Метанол можно смешивать с другими веществами - водой; бензолом; этиловым спиртом; ацетоном. Метанол реагирует со щелочными металлами, выделяя водород и образуя метоксид, а также кислоты с образованием сложных эфиров и, в результате дегидрирования с катализаторами, также образует аммиак с образованием метиламинов.

В природе в свободном состоянии метанол встречается редко и в небольших количествах, как правило, в качестве компонента эфирных масел. Его производные, напротив, встречаются во многих растительных маслах (сложных эфирах), натуральных красителях, алкалоидах (простых эфирах) и тому подобное.

Метанол является одним из веществ, которые очень опасны для жизни человека. Это сильный яд, который оказывает на организм опьяняющее действие, воздействует на систему кровообращения и нервную систему, что приводит к потере зрения и, в определенных количествах, к смерти. Метанол может отравить не только при внутреннем потреблении, но и при вдыхании токсичных паров, которые он выделяет. Проникновение метанола через кожу человека также опасно.

При наличии метанола в воздухе определенной концентрации смесь становится взрывоопасной при температуре 15,6 °С.

Метиловый спирт, метанол - самый простой представитель одноатомных спиртов (рисунок 3). В свободном состоянии в природе встречается редко и в очень небольших количествах (например, эфирные масла). В обычных условиях это бесцветная, очень летучая, легковоспламеняющаяся жидкость, запах которой напоминает этиловый спирт.

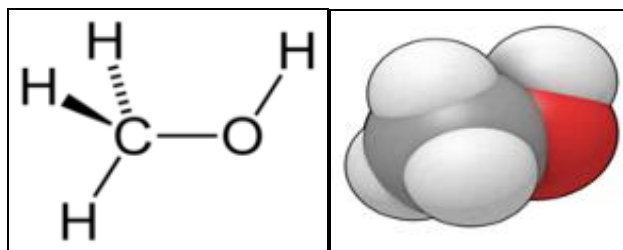


Рис. 3. Молекула метанола

Метанол имеет в нормальных условиях следующие физические характеристики:

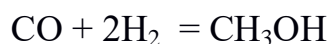
Молекулярная масса	32,14
Плотность, г / с	0,8110
Вязкость, мПа *	0,8171
Точка кипения, ° С	64,71
Температура плавления, ° С	-97,681
Теплота испарения, ккал / моль	8941
Жидкость	173 651
газ	177, 41

Плотность и вязкость метанола уменьшаются с повышением температуры следующим образом:

	-40°С	-20°С	20°С	40°С	60°С
Плотность, г /см ³	0,8270	0,8490	0,8900	0,7115	0,7540
Вязкость, МПа	1,775	1,167	0,810	0,590	0,457 0,357

Карбинол в оптимальных условиях имеет низкое давление пара. С повышением температуры давление пара резко возрастает. «Таким образом, когда температура поднимается с 10 до 60 ° С, давление насыщенного пара увеличивается с 51,4 до 628,9 мм рт. А при 100 ° С это 2640 мм рт. Он ведет себя как стандартные углеводороды. Он поглощает водяной пар, углекислый газ и некоторые другие вещества.

Общая реакция образования метанола:



Эта реакция считается сильно экзотермической. Исходя из того, что эта реакция протекает с уменьшением объема давление увеличивается и конверсия синтез-газа при этом тоже увеличивается.

Было предложено несколько механизмов образования метанола. Один из них включает в себя серию последовательных стадий гидрирования хемосорбированного оксида углерода на катализаторе, на поверхности, с образованием промежуточных соединений (рис.4).

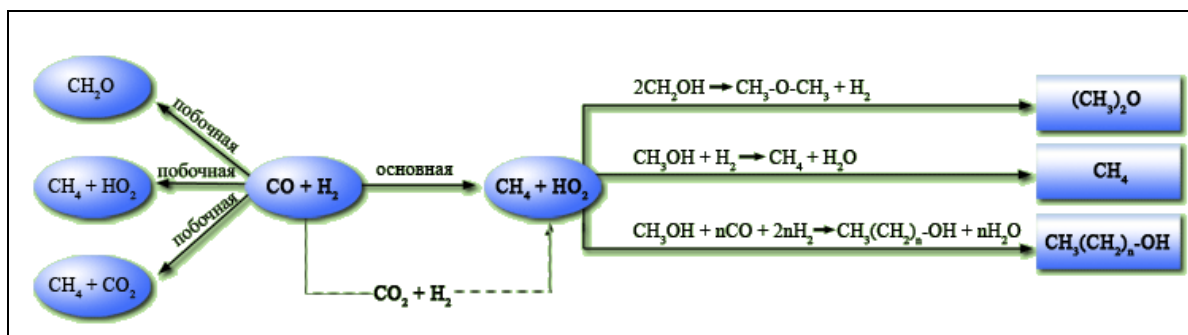
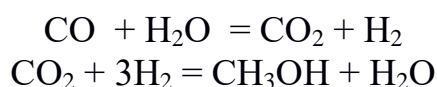


Рис. 4. Реакции синтеза метанола

Следует отметить, что дополнительно обоснованы экспериментальные механизмы синтеза (А.У.Розовский), согласно которым метанол получают восстановлением с помощью диоксида углерода. Угарный газ является единственным источником CO_2 :



Следует отметить, что метанол обладает хорошей способностью растворять большинство известных газов и паров.

Таким образом, растворимость гелия, неона, аргона, кислорода в метаноле в стандартных условиях выше, чем их растворимость в ацетоне, бензоле, этиловом спирте, циклогексане и тому подобном. Растворимость этих газов в метаноле по мере разбавления водой уменьшается. Растворимость высокого газа широко используется в промышленной практике, а также при использовании метанола в качестве абсорбирующих растворов для извлечения примесей из технологических газов.

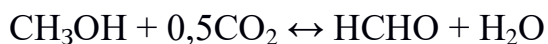
Свойства растворов метанола, смешанных с другими веществами, значительно отличаются от свойств чистого метанола. Интересно рассмотреть изменение свойств системы метанол-вода. Температура кипения водных растворов метанола регулярно увеличивается с увеличением концентрации воды и давления.

При нанесении точечных значений на график во время увеличения концентрации метанола температура снижается до -55°C , а в конце концентрации 45% CH_3OH и до -135°C при концентрации 93% CH_3OH .

В настоящее время известно более 100 известных веществ, среди которых есть соединения, которые обычно присутствуют в неочищенном метаноле. Эти вещества, например, включают ацетон, метилэтилкетон, метил и другие. Следует отметить, что азеотропные смеси, содержащие такие соединения, как метиленкетон, метилформиат, изобутилформиат и некоторые другие, имеющие температуру кипения, близкую к температуре кипения чистого метанола ($62-64,6^\circ \text{C}$).

Метанол сочетает в себе свойства очень слабого основания и еще более слабой кислоты благодаря наличию алкильных групп и гидроксила. При

окислении метанола кислородом в присутствии катализатора образуется формальдегид:



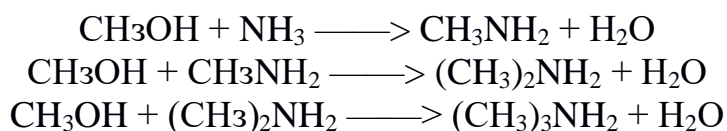
Эта реакция широко используется в промышленности и аналогична методу получения формальдегида, который используется при производстве пластмасс. Под действием водорода гидроксильная группа метанола образует оксид щелочного металла:



Эта реакция происходит только в отсутствие воды, так как вода омыляет ее до метанола и щелочи:

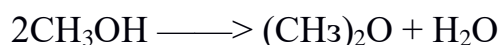


Поскольку аммиак, метанол образует различные формы метиламинов:

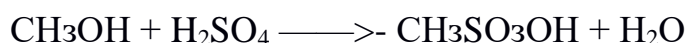


Эти реакции протекают в паровой фазе в присутствии катализаторов при 375-405°C и условиях повышенного давления.

При дегидрировании на катализаторе при повышенных температурах получают диметиловый эфир:



В реакции метанола и сложных минеральных кислот образуются сложные эфиры. Этот процесс называется этерификацией и широко используется в промышленной практике для производства различных метиловых эфиров - метилхлорида, метилбромид, метилнитрата, метилсульфата и т. д. :



Органические кислоты также реагируют с метанолом с образованием сложных эфиров:



Как и в большинстве подобных случаев, однозначное определение истинных механизмов химических реакций является серьезной проблемой, и в синтезе метанола все еще остаются нерешенные вопросы.

2 Модель синтеза метанола из синтез-газа

2.1 Синтез метанола на основе природного газа

В мировой газовой и химической промышленности уже давно произошли технологические прорывы. В отличие от производства и переработки других продуктов, требующих дорогостоящего производственного процесса (например, производство топлива и газовых продуктов), в производстве метанола используется широкий спектр органических продуктов, которые используются во всех сферах современной жизни и ранее.

Существуют также передовые технологии, которые имеют наибольшую добавленную стоимость для продукта, учитывая относительно низкую стоимость сырья, такого как природный газ (метан-С1).

Химическая переработка природного газа займет совершенно новую позицию в использовании ресурсов газа.

Эта технология эффективна для переработки природного газа в чрезвычайно холодных условиях Сибири, Крайнего Севера и арктического шельфа[8].

Проблемы нефтегазопереработки (ПНГ) также актуальны и в Казахстане. Ежегодно требуется утилизация 10 миллиардов кубометров попутного газа. В то время как в Казахстане нет собственного производства метанола, и все потребности удовлетворяются в данном регионе за счет импорта. На рисунках 5 и 6 приведены структурная схема получения метанола на основе природного газа и блок-схема для материального баланса.



Рис 5. Структурная схема производства метанола

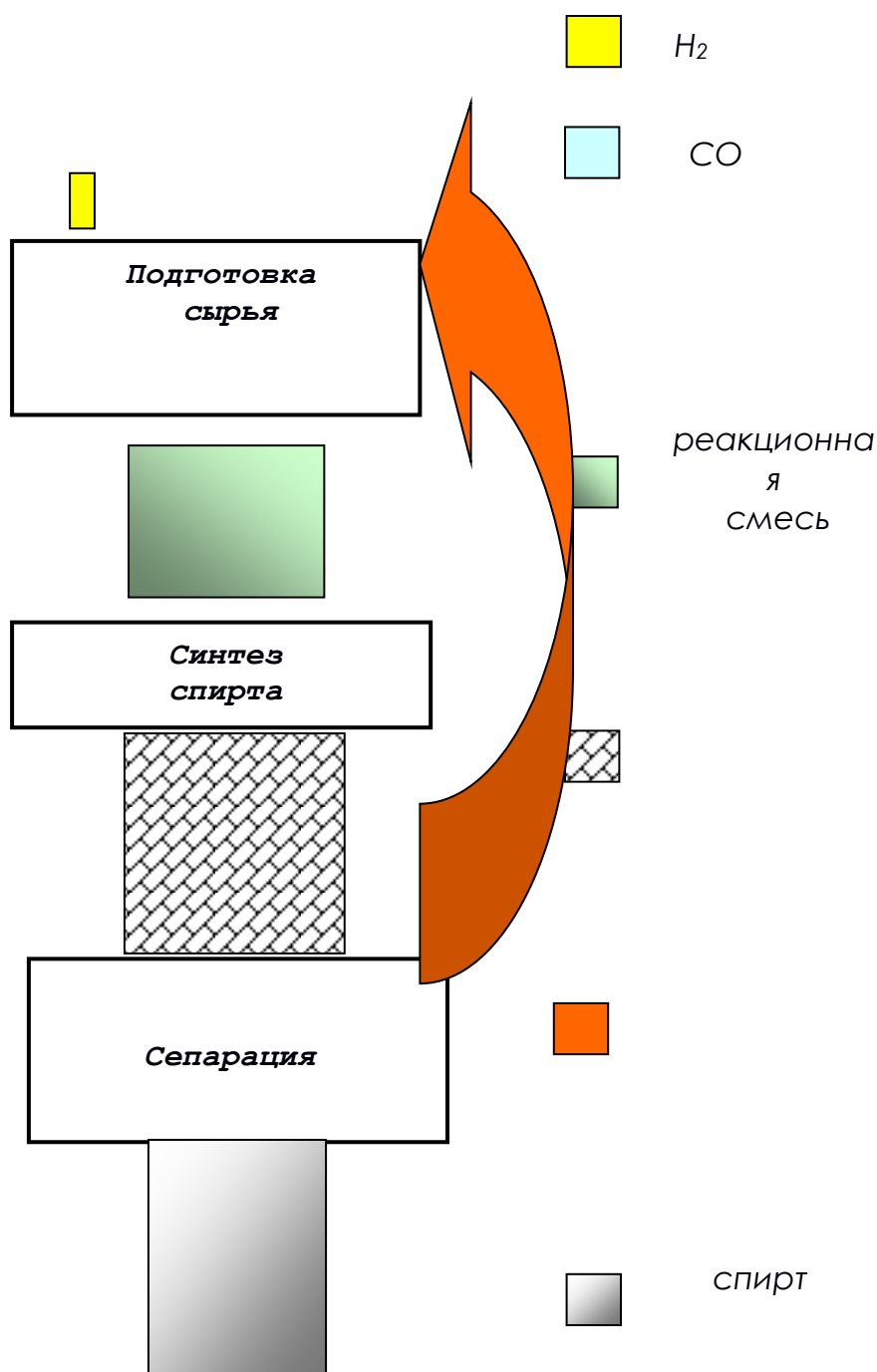


Рис.6 Блок-схема материального баланса, в масштабе 1см = 200 кг

Основные принципы технологии заключаются в следующем:

- Все тепловые и энергетические потоки используются по максимуму.

Синтез метанола осуществляется в изотермическом реакторе и предлагает оптимальные условия процесса:

-Катализаторы, используемые для этого процесса, имеют улучшенную активность, селективность, высокую механическую прочность и обеспечивают стабильную работу в широком диапазоне температур.

Годовой объем готового продукта с выпрямленным метанолом составляет 130 000 тонн с суточной производительностью 380 тонн.

Производственная мощность определяется на основании материалов

расчетов и анализа основного технологического баланса оборудования.

2.2 Построение моделей для синтеза метанола из синтез-газа

Создание небольших блоков для организации процесса производства метанола и прямой конверсии природного газа в комплексное производство синтез-газа (GPP) решит проблему в газовой промышленности [8].

Эта модель (рис.7) включает установку комплексного газового реактора для окисления углеводородного газа в газовой фазе, состоящего из реакционной зоны газо-газового теплообменника, состоящей из отдельных цилиндрических трубок и теплоносителя. Водяной теплообменник, который служит зоной охлаждения, и холодильник используются для окончательного охлаждения реакционной смеси и для разделения выхлопных газов и жидких продуктов. Выпрямительный блок для отделения метанола и других жидких продуктов. Система Esc1 для очистки пола и для отвода тепла. Отдельная газовая горелка создается из выхлопных газов из каждой цилиндрической трубы.

Основная задача создания небольших установок по производству метанола состоит в том, что все существующие в настоящее время процессы предназначены для прямого окисления метана в метанол кислородом. Этот процесс проводится при низкой концентрации кислорода в исходной газовой смеси, и поэтому реакционная смесь покидает поток, обогащенный метаном, оксидом азота и диоксидом углерода и другими элементами, из реактора.

Рециркуляция метана требует его отделения от реакционной смеси, что очень сложно. В результате метан на основе конверсии метанола остается чрезвычайно низким, и практически невозможно извлечь метан за один цикл.

Однако на основании результатов исследований можно найти метод, позволяющий работать с определенными параметрами и геометрическими свойствами нагретого реактора, который решает эту проблему (метан окисляется за один проход) для получения приемлемого выхода метанола и его содержания.

Установка для производства метанола содержит устройство, соединенное последовательно с трубопроводом смесительных камер, соединенных с отдельными источниками углеводородов, содержащих газ, воздух или кислород. Продукт изготовлен из инертного материала, а нагревательные элементы для частичного окисления метана в смеси, подаваемой в сжатый реактор, конденсатор и сепаратор, используются для отделения метанола от продуктов реакции, контейнера для вторичных газообразных продуктов реакции и трубопровод подачи углеводородного газа к ним и затем смесительные камеры (GB, 2196335, a). Однако длительное время пребывания реагентов в реакторе не позволяет организовать высокую производительность установки.

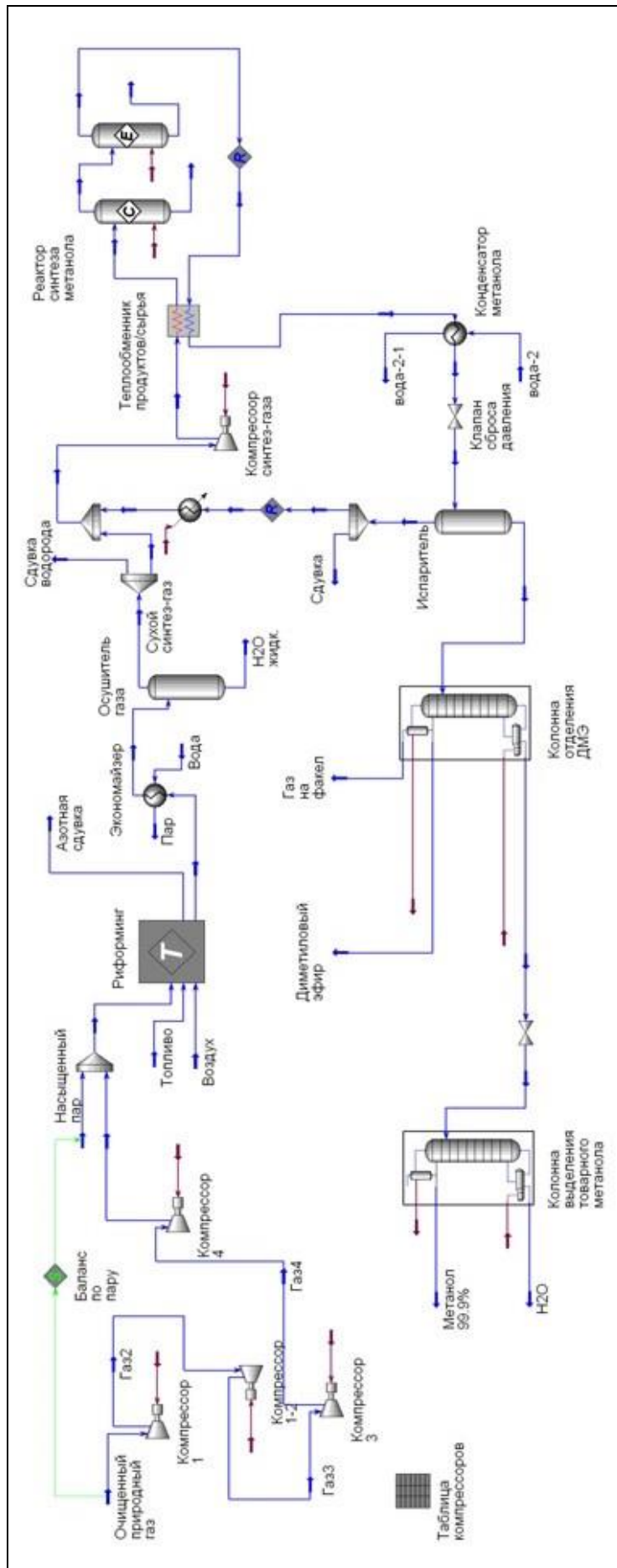


Рис. 7 Модель синтеза метанола в программе HYSYS

Имеются установки для получения метанола, содержащие источник углеводородов, газовый компрессор и нагреватель для сжатия и нагрева газа, источник кислородсодержащего газа с компрессором, последовательно установленные реакторы с переменным перемешиванием и реакционная зона в трубопроводах, которые подают углеводороды. Газ поступает в первую зону смешения, в реактор, содержащий кислород в каждой зоне смешения, и рекуперативные теплообменники для охлаждения реакционной смеси через стенку углеводородного газа.

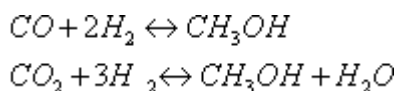
Невозможность быстрого понижения температуры реакции во время массового окисления углеводородсодержащего газа требует уменьшения количества подаваемого углеводородного газа и, следовательно, изменения степени превращения углеводорода. Даже когда кислород используется в качестве окислителя, этот способ получения углеводородного газа не эффективен из-за быстрого увеличения концентрации окиси углерода. Значительная часть исходного кислорода расходуется на окисление СО в СО₂, что приводит к дальнейшему снижению степени превращения углеводородного газа, содержащегося при перегреве реакционной смеси. Этот процесс также требует дополнительного сжигания углеводородного газа, содержащегося в нем.

В зоне реакции целесообразно поддерживать концентрацию кислорода в диапазоне от 1 до 2,5%.

Широкие возможности использования метанола определяются простотой его производства, разнообразием источников сырья (синтез – газ может быть получен переработкой природного газа, угля, тяжелых нефтяных остатков, отходов различных производств, в том числе и самого микробиологического синтеза). Важным обстоятельством является то, что в условиях его синтеза из различных сырьевых смесей получается продукт высокой степени чистоты [2].

Для синтеза метанола можно применять практически любой газ, содержащий водород и оксиды углерода. Наиболее распространенным сырьем является природный газ. Потенциальным сырьем для получения метанола является диоксид углерода.

Суммарные реакции получения метанола из оксидов углерода и водорода описываются уравнениями:



Независимо от метода получения исходного газа в нем всегда присутствуют оксид углерода и диоксид углерода.

Исходный газ может быть получен практически из любого вида сырья, содержащего углеводороды и углерод, однако в большинстве случаев состав

газа необходимо корректировать. Это обеспечивается дополнительными стадиями очистки, дозированием отдельных компонентов и ли смешиванием потоков газов, полученных разными способами.

Обычно для получения исходного газа и его подготовки для синтеза метанола применяют парокислородную, паровую, паровую с дозированием диоксида углерода, высокотемпературную и некоторые другие виды конверсии. Вид конверсии определяется технологическими факторами и зависит от состава природного газа.

Промышленные способы получения исходного газа:

1- Каталитическая парокислородная конверсия природного газа с дозированием диоксида углерода.

Каталитическая конверсия природного газа в шахтных конверторах часто встречается в промышленном производстве метанола, причем она комбинируется с другими методами получения исходного газа.

Парокислородная конверсия при атмосферном давлении применяется с дозированием диоксида углерода, выделяющегося в генераторе из раствора моноэтаноламина. В данном случае диоксид углерода используется для смещения равновесия реакции водяного газа.

2- Высокотемпературная конверсия метана

Этот процесс можно проводить при любом давлении, так как высокая температура обеспечивает низкое содержание метана в конвертированном газе. Это позволяет создать производства метанола с единым давлением на стадиях подготовки газа и синтеза метанола.

3- Каталитическая паровая конверсия природного газа в трубчатых печах с дозированием диоксида углерода

Именно такой способ подготовки природного газа применяется на большинстве агрегатах производства метанола. Поскольку при паровой конверсии объем газа увеличивается, что при последующем сжатии газа приводит к повышению расхода энергии, разработки последних лет основаны на применении конверсии под давлением

4- Комбинированные методы

5- Использование синтез-газа, отходящего от производства ацетилена

6- Газификация жидких и твердых топлив

Изучение процесса синтеза метанола на цинк-хромовых катализаторах проводилось многими исследователями. Для достижения максимальной производительности синтез метанола необходимо проводить при наибольших давлениях и объемной скорости газов.

Промышленный синтез метанола из оксидов углерода и водорода при низких температурах (210-270) может быть проведен при разных давлениях.

1- Синтез под давлением 3,9-5,9 МПа.

Для производства метанола при этом интервале давлений используют медь-цинк-хром оксидный катализатор. Такой катализатор известен под маркой СНМ – 1. Очень высокая активность катализатора в начальный период позволяет работать уже при температуре газа на входе в колонну, равной 210° С, однако со временем активность катализатора снижается.

Таким образом, зона максимальной скорости реакции по мере старения катализатора смещается к нижележащим слоям.

2- Синтез под давлением 9,8-15,0 МПа

Температура процесса является одним из важных технологических параметров эксплуатации промышленных производств. Чем активнее катализатор, тем при более низкой температуре образуется метанол с приемлемой скоростью.

3 Синтез под давлением 19,6-29,4 МПа

Увеличение мощности производств метанола под низким давлением затрудняется созданием и транспортированием крупногабаритного оборудования. Повышение давления в системе синтеза метанола приводит к увеличению объемной скорости газа, снижению содержания паров метанола в газах циркуляции и некоторому повышению температуры.

Также имеется устройство для производства метанола, включающее источник углеводородного газа и реактор для газофазного окисления углеводородного газа, содержащий зону реакции и зону охлаждения, устройство для окончательного охлаждения реакционной смеси и разделения выхлопные газы из жидких продуктов и один выпрямительный блок для отделения метанола и других жидких продуктов. Источником газа является установка для переработки углеводородного газа, зона охлаждения которой представляет собой трубчатый реактор, зона охлаждения реакции которого снабжена устройством для охлаждения углеводородного газа, которое нагревается в теплообменнике до температуры, позволяющей реакции смесь охлаждаются в два этапа.

Внутренняя стенка реакционной зоны может состоять из материала, который является инертным для реакции. Реактор обычно снабжен рукавом и устройством для контроля и регулирования температуры в зоне реакции.

На основании приведенного выше примера метанольный блок имеет выход неочищенного метанола 1 м³ метана, протекающего через канал, примерно 60 г / м³ СН₄.

По отношению к полученному высококачественному метанолу эта величина еще ниже, примерно 30 г / м³ СН₄, что будет очень низкого качества. Кроме того, подаваемый газ имеет низкое содержание кислорода (1-2,5% по объему). Высокое давление в зоне реакции (8 МПа), необходимость в МГП и сложность процесса контроля делают производство метанола неэффективным в экономических условиях.

Наиболее близким к предлагаемому устройству является устройство для производства метанола, включающее установку комплексного газового реактора для окисления углеводородного газа в газовой фазе, состоящего из газо-газового теплообменника и реакционной зоны, состоящей из отдельных цилиндрических трубок и один хладагент. Газо-водяной теплообменник, конденсаторный охладитель для окончательного охлаждения реакционной смеси и для отделения дымовых газов от жидких продуктов, охлаждения ректификационного блока и отделения метанола, а также для очистки выхлопных газов. Длинная цилиндрическая труба нагревается - $820 \div 850$ мм; внутренний диаметр цилиндрической трубы составляет $67 \div 69$ мм; Внутренняя поверхность для шлифования цилиндрической трубы; Нагревание цилиндрической реакционной трубы, оборудованной газовой горелкой, прототип зоны №.

Основным недостатком этого завода является низкая производительность производства метанола. Это связано с недостаточным отводом тепла из зоны их разделения и достаточно длинным путем от нагрева исходного газа до температуры, необходимой для реакции.

Эта проблема может быть решена путем понижения температуры в зоне окисления метана и развития способности передавать тепло, выделяемое в зоне реакции, путем увеличения потока реакции в передней части реактора. Это увеличивает скорость потока реакционного газа при сохранении желаемой степени конверсии, тем самым увеличивая производительность метанольной установки.

Технический результат предлагаемой полезной модели характеризуется значительным увеличением выхода метанола на 1 м площади реактора.

Это достигается тем, что устройство для производства метанола предусматривает установку сложного газового реактора для окисления углеводородного газа в газовой фазе, который состоит из газо-газового теплообменника; Реакционная зона состоит из цилиндрической трубы и теплообменника, а также зоны охлаждения конденсатора газо-водяного холодильника. «Для окончательного охлаждения реакционной смеси и отделения дымовых газов от жидких продуктов - выпрямительный блок для отделения метанола и других жидких продуктов и нижней части окружающих систем очистки выхлопных газов Ки; Цилиндрическая реакционная труба в зоне газовой горелки нагревается по всей длине газо-газового теплообменника в соответствии с предложенной полезной моделью.

Предлагаемое устройство для производства метанола обеспечивает полное окисление метана, который поступает в метанол за один проход. Этот завод является абсолютно экологически чистым производством без выбросов.

В дальнейшем предложенная полезная модель будет показана на чертеже, где приведена схема аппарата для синтеза карбинола.

Метанольная установка включает реактор газозафазного окисления метана. Реактор 1 состоит из двух зон 2 и 3, одна из которых 2 снабжена реакционной камерой и устройством ввода 4 для ввода исходного газа, а другая зона 3 - для предварительного охлаждения реакционного газа из реакционной зоны.

Зона 2 представляет собой газо-газовый трубчатый теплообменник, который состоит из цилиндрической трубы 5, которая установлена в стенках трубы на входе и выходе из реакционной смеси. Блок нагрева 5 заполняет цилиндрические продукты сгорания. Функции газогорелочной трубки 7 при движении реакционной смеси в кольцевом пространстве.

Зона 3 представляет собой трубчатый газо-водяной теплообменник для предварительного охлаждения реакционных газов через стенки трубки 8, который установлен в трубчатых экранах 9 на входе и выходе реакционной смеси. Кроме того, реактор 1 снабжен устройствами для контроля и регулировки температуры в реакторе (не показано на фигуре). Температура реактора регулируется путем изменения режима работы газовой горелки 7 и потока воды через устройство ввода 10 и подачи холодного воздуха через дозатор 16. В результате получается пара лопастей 3 из зоны теплообменника 11 через устройство вывода.

Газ, подаваемый в реактор, поступает из газового процессора 12. Окончательное охлаждение реакционного газа и отделение отработавших газов от жидкой фазы происходит в холодильнике-конденсаторе 13. Выпрямительный блок и система очистки окружающей среды не показаны. На фиг.2 показана конструкция цилиндрического реактора. Который содержит цилиндрическую трубку 17, которая расположена во вкладыше и состоит из семи коаксиальных цилиндрических трубок 14, которые расположены близко друг к другу. Движение газовой смеси происходит внутри труб 14 и 15 и в промежутках между ними. Толстая монтажная труба 14 способствует равномерному распределению температуры по радиусу реактора и передаче тепла потоку исходной газовой смеси.

Устройство (рисунок 8) работает следующим образом.

Сложная смесь метана подается из устройства 12, и при заданной концентрации метана давление реакции также подается выше по потоку от реактора 2. Реакционная смесь нагревает часть метана до заданной температуры, а затем метан окисляется в газовой фазе. , Затем реакционная смесь поступает в зону 3 реактора, где ее предварительно охлаждают до температуры от 150 до 200 ° C перед закалкой, которая отличается тем, что теплообменник поглощает пары метанола, а затем пар используется для установки перегонка и другие нужды.

После этого реакционный газ подается в холодильник и конденсатор 13, где он охлаждается до конечной температуры от 20 до 30 ° C, а отработавшие газы и жидкая фаза, содержащие метанол, воду и другие продукты окисления, отделяются.

Выхлопные газы продолжают поступать в систему очистки окружающей среды и выбрасываются в атмосферу после необходимых процессов очистки.

Жидкая фаза подается в дистилляционную установку, в которой метанол отделяется от других жидких продуктов. Отходы сбрасываются в окружающую среду после системы очистки и отправляются в канализацию. В результате тепло и вода могут использоваться для дистилляции и других нужд в конденсаторе парового охладителя.

Полное окисление метана происходит за один проход в установке.

Приведены примеры, подтверждающие осуществимость предлагаемого устройства для получения метана. Например, длина реактора (цилиндрическая труба) составляет 820 мм, внутренний диаметр 67 мм, газовая смесь, скорость потока 260,0 м³ / сутки, давление 2,0 МПа, концентрация метана в смеси подачи газа 4,5% по объему.

Начальные свойства реактора были следующими:

- выход метанола при прохождении метана - 310 г / м³;
- содержание метанола в продуктах окисления 284 г / л;
- Суточный выход метанола составляет 3,6 кг / сут.

Таким образом, производительность предлагаемой метанольной установки примерно в три раза выше при той же площади поперечного сечения реакторного блока.

В экспериментах существует явление, при котором температура поддерживается точно независимо друг от друга, без подачи тепла от внешнего источника, при котором система по существу работает регулярно.

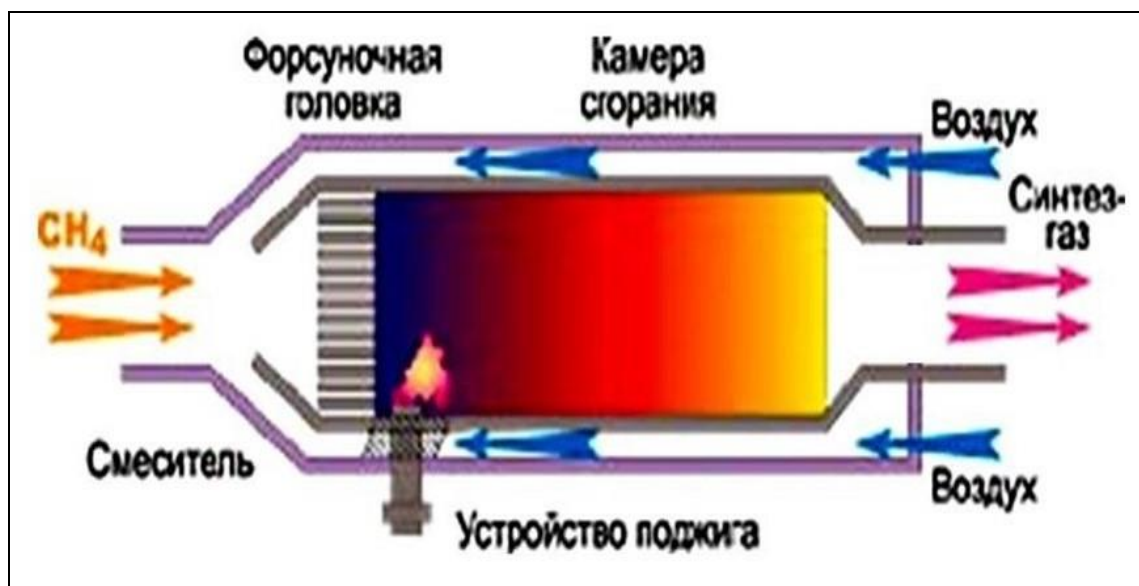


Рис. 8 Контур впускного клапана

Метанольная установка содержит комплексный газовый реактор для окисления углеводородного газа в газовой фазе, состоящий из газо-газового теплообменника зоны реакции, который извлекается из отдельных цилиндрических трубок, и газо-водяного теплообменника, который является зоной конденсатора холодильника для окончательного охлаждения реакционной смеси. и для отделения выхлопных газов и жидких продуктов - выпрямительный блок для отделения метанола и других жидких продуктов, а также система очистки окружающей среды от отходов почвы. Процесс нагрева цилиндрической области реакционной трубы, которая оборудована

газовой горелкой, отличается тем, что холодный воздух подается в распылители пены и теплообменник по всей длине газо-газового теплообменника.

Реактор синтеза представляет собой вертикальный цилиндрический контейнер с своеобразным сварным валом и эллиптическим днищем, который снабжен люками для загрузки и выгрузки катализатора.

Для поставляемого гомогенного газового реактора Основной продукт оснащен распределительным устройством терминала. В нижней части реактора, которая расположена на эллиптическом перфорированном полу с выхлопной трубой, два слоя тонкой проволочной сетки покрыты слоем фарфоровых шариков диаметром 25 мм. Это загруженный катализатор в виде сфер, который ограничен двумя сферами со слоями проволочной сетки. Чтобы предотвратить разрушение газового потока катализатором, в верхнюю часть реактора был загружен слой керамических колец Рашига (50 × 50 мм).

Газ выходит из реактора при температуре не более 3000 ° С, а объемная доля карбинола в газе составляет от 2,5 до 3,0%. Затем газ поступает в боковую трубку регенеративного теплообменника Т5-6 и охлаждается до температуры не более 1500 ° С. Затем он поступает в холодильник - конденсаторы с воздушным и воздушным охлаждением.

Из-за расположения холодильников - конденсаторов с воздушным охлаждением - при синтезе температуры устройства после доставки первого газоохладителя рекомендуется избегать не менее 700 ° С, чтобы избежать конденсации пара и жидкости в Персидском заливе. Карбинольные трубки этих приборов.

Сжиженный метанол отделяют в сепараторе и подают в необработанном виде в коллектор Сб-карбинол-Sa.

За исключением конденсированного карбинола - циркулирующий сырой газ поступает во всасывающий центробежный компрессор К2, где он смешивается со свежим газом, и цикл повторяется.

Карбинол - сырье поступает из коллектора на базу склада СО. Питание, подаваемое выпрямителем для обработки карбинола, является фиксированным.

SUI-1 - катализатор стабилен только в присутствии определенного количества оксида углерода (IV), который участвует в формировании активной поверхности катализатора.

В отсутствие газа катализатор быстро теряет свою активность, которая затем не восстанавливается полностью, даже если газ СО₂ проходит стадию стабилизации монооксида углерода (IV).

Объемное отношение оксида углерода (IV) в газе, выходящем из реактора синтеза, должно составлять не менее 4,0%.

Активность катализатора SUI-1 уменьшается со временем. Наибольшее снижение активности (20-30%) наблюдалось в течение двух-трех недель восстановления, что связано с образованием и стабилизацией поверхности контакта их фазового состояния.

Объемная доля инертного газа в циркулирующем газе на выходе из

реактора в начале маршрута составляет не менее 35%, средний пробег составляет от 20 до 30%, а в конце пробега не менее 10% - 15%

Катализатор был запущен. SYC-1 определяли в течение одного года со средней эффективностью кампании 6,5 т / день, 100% карбинола с 1 м3 катализатора.

Если должны соблюдаться все рабочие правила (безостановочная работа с оптимальным объемным содержанием CO₂, оптимальным соотношением H₂ / CO и т. д.) всего объема катализатора.

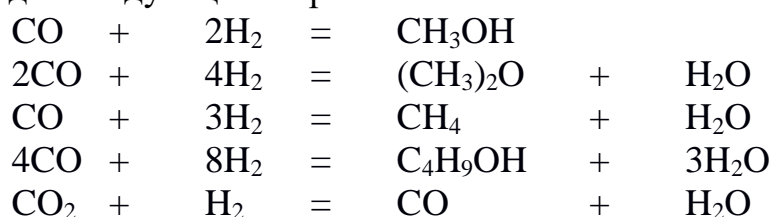
Как и все медные катализаторы, катализатор СНМ-1 содержится в соединениях серы. Свежий газ, поставляемый для синтеза карбинола, не должен содержать соединений серы, которые превышают 0,2 мг / м3.

Компоненты нормативных отношений в свежем газе должны быть не менее 2.

Минимальная температура, при которой значительная скорость, с которой карбинол начинает синтезировать реакцию на катализаторе SYC-1, составляла 180 ° С, поскольку температура катализатора не поднималась выше 250 ° С, температура в слое катализатора не должна превышать 300 ° С, если каталитический нейтрализатор частично или полностью перегревается выше 300 ° С

Потеря активности в зависимости от продолжительности перегрева и зоны обнаружения. Напротив, поддержание температуры процесса в диапазоне от 260 до 270 ° С помогает поддерживать более активный катализатор. Следует также иметь в виду, что повышение температуры в зоне катализатора превышает 270%; С способствует образованию высших спиртов и парафиновых углеводородов.

При расчете баланса массы использовался синтез, при котором реакция выглядит следующим образом:



Строим уравнение:

x – расход исходного газа на 1 т карбинола-сырца, м³;

y – объем продувочных газов, м³;

c – объем метана, образовавшегося по реакции (3.15), м³;

g - объем оксида углерода (IV), м³;

i - объем инертных компонентов в цикле, об. дол. (m+n=i);

b - объем водорода в циркуляционном газе, об. дол.

В итоге получаем:

Состав исходного газа, об. дол: Н 2-67,81; 29-29.50; CO₂-1,00; CH₄-0,54; N₂-1, 15;

- состав циркулирующего газа, об. дол. : CO-11.0; CO₂-0,90; CH₄-м; H₂-

п;

- состав баллонов с газами, м3: -182-18,70; 7.-7,50; CO2-5,24; CH4-4.30; N2-4,80; (CH 3) 2 O-2,50;

Состав сырого карбинола:

О программе. Долина (CH 3) 2 O-3,0; CH 3 OH-91,5; C 4 H 9 OH-1,1; H 2 O-4.4;

м 3 (CH 3) 2 O-14,60; CH3OH-640,30; C 4 H 9 OH-3,30; H 2 O-54,72.

Сообщество состоит из аннотации статей «исходный газ», «газ перед сепаратором».

Расход состоит из сводки статей «газы в резервуаре», «продувочные газы», «газ выше по потоку от сепаратора» и «сырой карбинол».

Определить эффективный фонд рабочего времени

$$Z = (365 - П - ВР) \leq 24, \text{ ч.}$$

$$Z = 365 \leq 24 - 160 = 8600 \text{ ч.}$$

Производство метанола - это непрерывный производственный процесс, при котором происходит тройной сдвиг. Нагрузка меняет форму.

Поскольку производство метанола опасно (пожар или взрыв), электрооборудование должно иметь дополнительную защиту от взрыва и пожара.

С точки зрения надежности, непрерывности и безопасности основного блока, он относится к первой категории, поскольку возможные перебои в подаче питания этого блока представляют опасность для жизни человека и могут привести к значительному повреждению имущества в результате повреждения и выхода из строя оборудования сложного процесса.

Эти электрические устройства относятся к особой группе с точки зрения надежности, особенно источника питания. Это масляные насосы - компрессоры, электрические жалюзи, аварийное освещение. Это устройство важно для безаварийного отключения производства в случае выхода из строя основного и аварийного источника питания.

Эти продукты предлагают техническое обслуживание, ремонт и аварийное освещение. Надежность питания систем освещения первой категории.

Основными потребителями электроэнергии являются компрессоры, насосы и вентиляторы.

Производительность электрической нагрузки определяется в соответствии с каталогом, из которого выбрано данное технологическое оборудование.

Основной список устройств с их свойствами приведен ниже в таблице 1.

Таблица 1. Основные данные оборудования

Обозначение приемника или электропривода	Кол-во	Мощность блока, кВт
1	2	3

1. Центробежный компрессор (нагнетатель) EGRACH 5.5 1.25	3	4000
2. Центробежный газовый компрессор 22 ЧУ-42 / 8-38M1	2	2100
3. Центробежный углекислотный компрессор, SA-425/6	2	1620
4. Центробежный компрессор конвертируемого газа К-160-131-1	4	6400
5. Центробежный азотный компрессор	2	1100
6. Электронагреватели	8	510
7. Вентилятор	6	85
8. Вентилятор	16	65
9. Центробежный насос для перекачки газа с циркуляцией карбинола ДН 25/50 К-7,5-5	4	45
10. Центробежный насос для перекачки углеводородных фракций, а также смеси метанол-вода-масло-АХ-55 50-32-200А	4	7,5

Все электрические устройства, используемые в производстве, работают с трехфазным переменным током.

380 В используются для тестирования устройств. Для освещения напряжением 220 В 36 В и 12 В используются для ремонтного освещения, а переменное напряжение 220 В также используется для аварийного освещения.

Питание осуществляется через контроллер индукционного трансформатора TS-118/60. Напряжение, подаваемое на трансформаторы, может быть установлено в диапазоне от 0 до 220, а сами регуляторы выдерживают напряжение до 600 В.

Поскольку машины не требуют управления мощностью, могут

использоваться синхронные и асинхронные двигатели.

Если требуется мощность более 300 кВт, рекомендуется использовать синхронные двигатели, поскольку синхронные двигатели, помимо высокой мощности, имеют ряд преимуществ перед асинхронными двигателями, например, В. Более высокая эффективность, самое важное Вы должны использовать синхронные двигатели для увеличения коэффициента мощности сети. Поэтому использование синхронных двигателей для привода компрессоров, насосов и вентиляторов очень эффективно.

Электрическая нагрузка при транспортировке электроэнергии рассчитывается следующим образом. Если вы знаете номинальную мощность для каждого приемника мощности R_n и количество приемников одного типа n , определите установленную мощность группы аналогичных приемников.

$$R_{ust} = R_n \cdot n$$

Затем рассчитанные значения определяются активным R_{rom} , Q_r и общей реактивной мощностью.

$$P_p = R_c \cdot P$$

$$Q_r = P \cdot \tan \phi$$

$$S_p = 0$$

Где измеряется X-фактор.

Для освещения используются лампы DPL мощностью 250 Вт и LB-40 мощностью 40 Вт (рис.8). Электрическая нагрузка приведена в таблице 2 ниже.

Таблица 2. Основные характеристики электрического света

Название комнаты	рН кВт	Количество ламп	кВт	кГц	tgφ	Рр. кВт	QR, квар	SP кВА	категория
ЦПУ	0.34	54	2,22	0.7	1,23	4	2,88	3,2	2
Общее		54	2,22	2,44	3,12	9	5,22	3,2	2

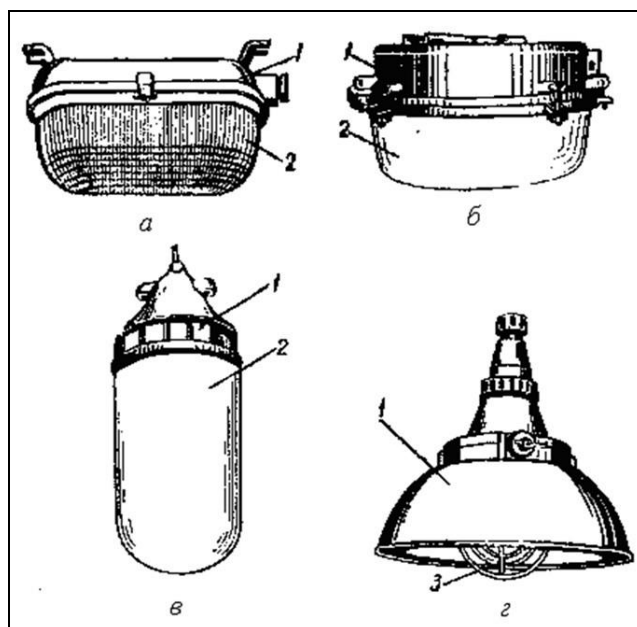


Рис. 8 Типы светильников используемых на производстве метанола (а, б, в – защищенные светильники, г – не защищенный светильник (коридорный), 1 – корпус светильника; 2 – колба; 3 – лампа.)

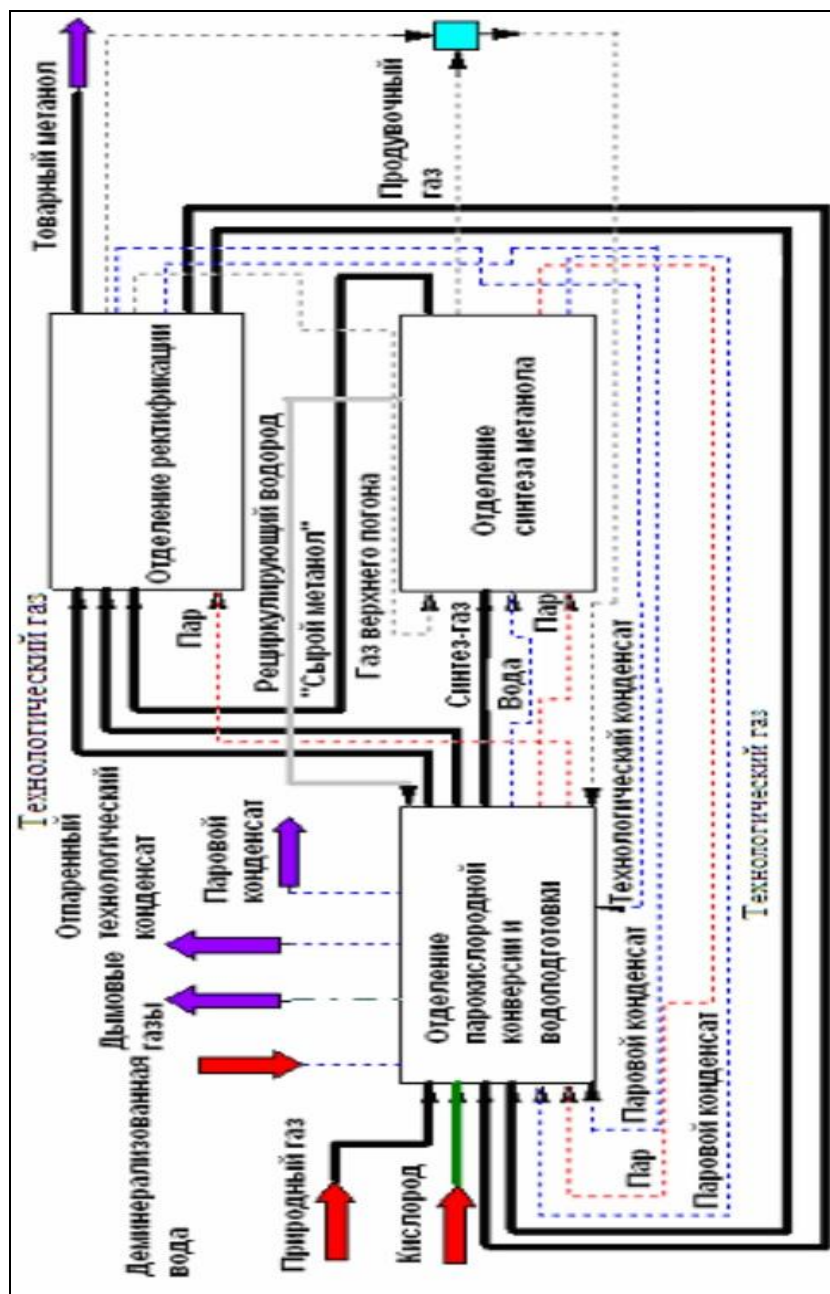


Рис. 9. Программа CHEMCAD для моделирования производства метанола

Описание потенциальных рисков и опасностей, которые могут возникнуть при внедрении процесса производства карбинола:

- формирование локальных концентраций взрывчатых веществ внутри устройств из-за утечки;
- возможность загрязнения рабочего пространства газом, что может привести к взрывам, пожарам и отравлениям;
- отравление парами карбинола и его продуктов;
- термические ожоги из-за выделения горячих газов и паров;
- повышенный риск поражения электрическим током;
- химические ожоги щелочами;
- механическое повреждение (неосторожное использование оборудования);

- повышенный риск поражения электрическим током.

Токсичные и взрывчатые характеристики материалов, используемых в процессе этого синтеза:

Водород (H_2) - это бесцветный, легковоспламеняющийся, взрывоопасный газ без запаха и вкуса. Для эксплуатации используют водородную изоляцию.

Оксид углерода (II), (CO) - газ, бесцветный, без запаха, горит синим пламенем. Это оказывает токсическое воздействие на организм человека, который является одним из видов гемолитических ядов: вызывает удушье из-за образования соединения с гемоглобином в крови. При острых отравлениях наблюдается быстрая потеря сознания, судороги, одышка. Первая помощь: вывести пострадавшего на свежий воздух и устранить все дыхательные шумы - открыть воротник и ремень. Если пострадавший не дышит, то проводят искусственную вентиляцию легких.

Метан (CH_4) - это бесцветный, легковоспламеняющийся газ, который оказывает токсическое воздействие на людей и животных, вызывая удушье из-за недостатка кислорода. Первая помощь: вывести пострадавшего из опасной зоны, освободить его от ограничений одежды, согреть тело жертвы [8].

Диметиловый эфир (CH_3)₂O представляет собой бесцветный газ с запахом хлороформа, напоминающий слегка раздражающий дыхательные пути.

Каустическая сода - белое твердое вещество, вызывает ожоги кожи, очень опасно при попадании в глаза. Первая помощь - глаза, промыть водой и обратиться в медицинский центр.

Катализатор - SUI Catalyst 1 - раздражает глаза, вызывая головную боль.

Сильное сжатие отсека классифицируется как взрывоопасное (температура выше $30^\circ C$).

Остальные вещества классифицируются как «вещества без повышенного риска».

Часть этого вещества относится к классу «материальный риск» и должна использоваться в специальном взрывозащищенном электрооборудовании.

Подробная информация о классе опасности приведена в СНиП 21-01-97-II.

Ширина санитарно-защитной зоны для производства метанола составляет 500 м.

Категория строительства электрической опасности назначается в соответствии с РД 34. 21. 122-87-II.

Возможны следующие виды защиты от молнии во время грозы:

- молниеотводы установлены на всех промышленных зданиях;
- заземление всех технологических устройств.

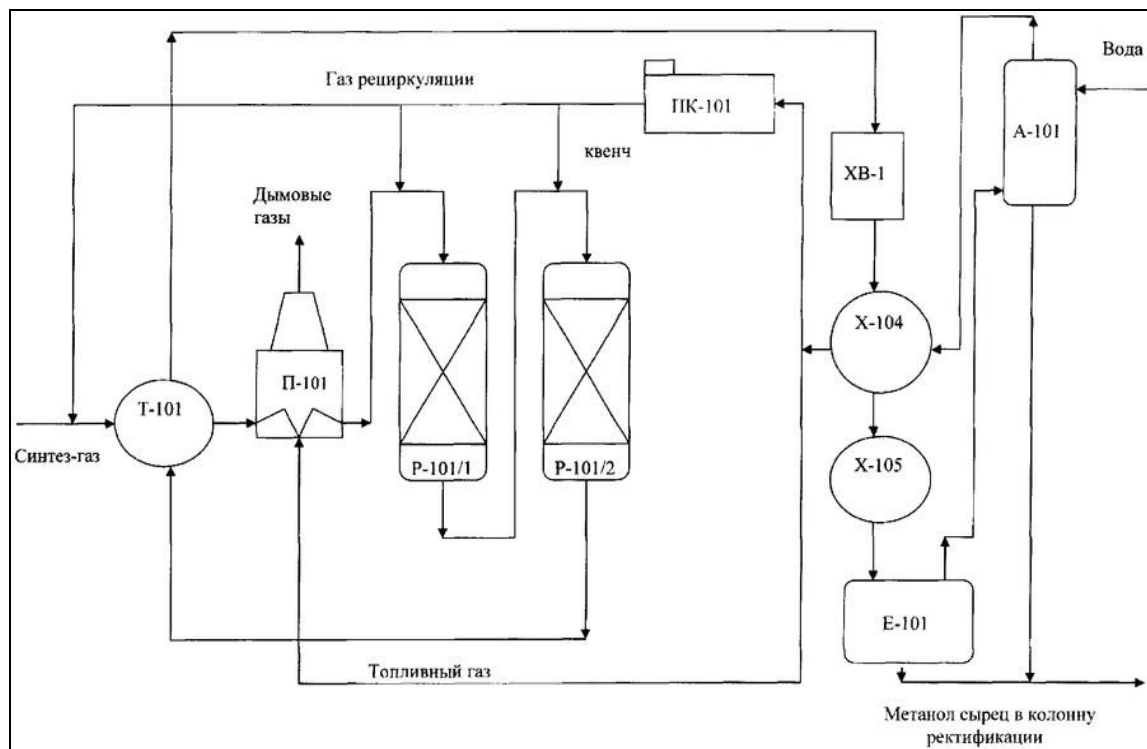


Рис. 10 Схема газораспределения процесса производства метанола

В связи с тем, что основная часть технологического оборудования расположена на открытых площадках, большинство сотрудников проводят много времени на открытом воздухе при любых погодных условиях. Поэтому необходимо обеспечить наличие в помещениях приемлемых параметров микроклимата, которые помогут поддерживать здоровье персонала. Производство осуществляется в основном с работой двух категорий уровня напряжения 175-232 Вт. Допустимые параметры производственных условий помещений регламентируются соответствующими государственными стандартами.

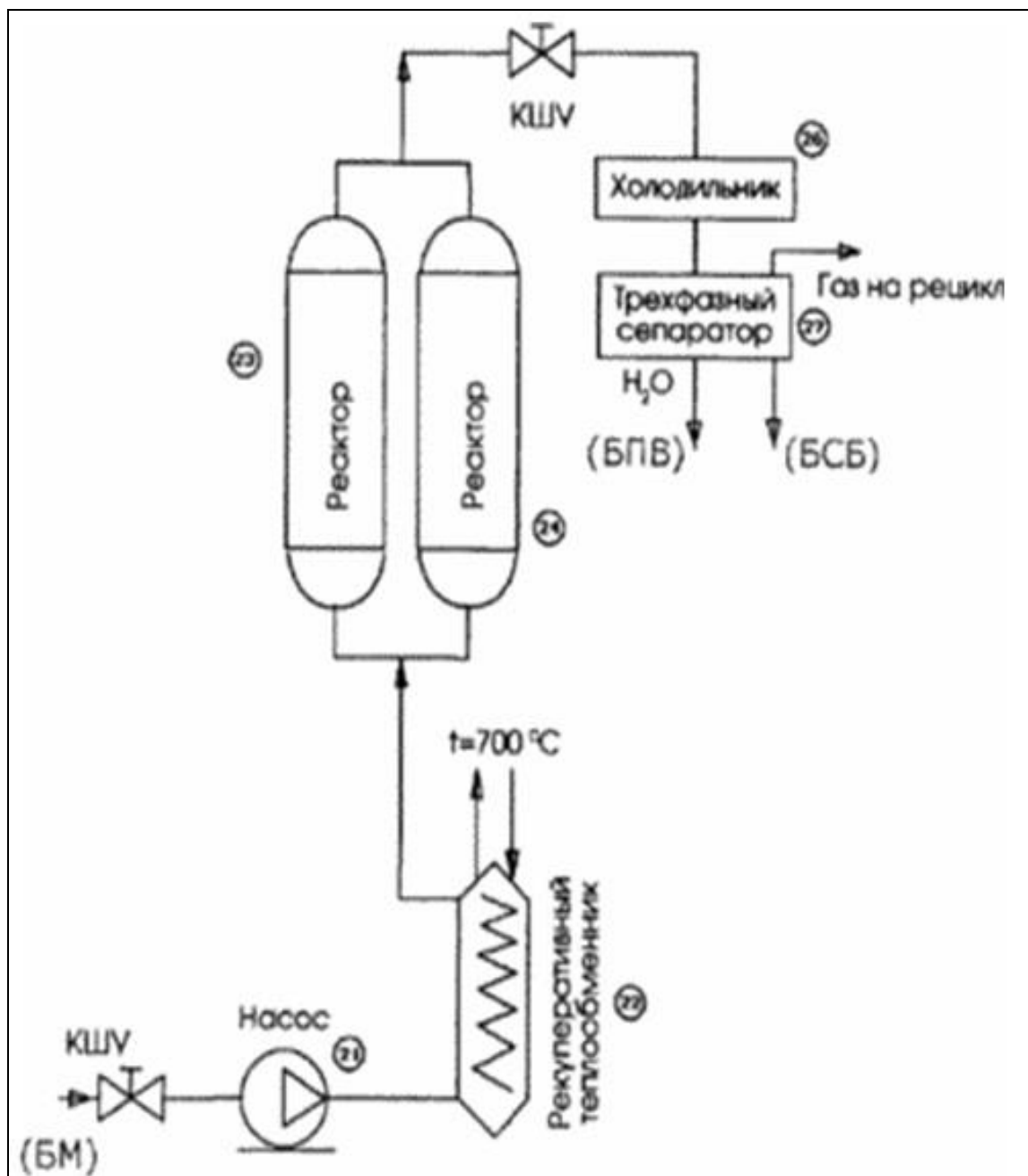


Рис. 11. Техническая схема производства метанола

Температурный режим рабочего места должен поддерживаться отоплением и вентиляцией (СН.2.04.05-91 *).

При производстве карбинола источниками шума являются компрессоры, электрические вентиляторы и насосы. Максимально допустимый уровень шума не должен превышать 80 децибел (СН.2.2.4 / 2.1.8.562-96).

Средства индивидуальной защиты от шума - «бирюши».

Приемлемые нормы вибрации, применимые к человеку, не должны превышать условий производства, указанных в таблице 8.4., По ГОСТ 12.1.012-90.

При условии, что используется комбинированная система освещения:

естественное освещение за счет световых люков - КЕО -1% и искусственное освещение 200 Вт (реле на 23-05-95).

Освещение люминесцентными лампами, выполненными по ГОСТ 6825-91.

Есть аварийное освещение, которое обеспечивает не менее 5% от номинального значения яркости, с автономным источником питания и сигналом эвакуационной таблицы - даты, указывающие пешеходные дорожки и лестницы.

Общая система вентиляции осуществляется в соответствии со СНиП 2.04.05-91.

В целях защиты персонала от опасных веществ на производстве используются следующие средства индивидуальной защиты для использования в чрезвычайных ситуациях: фильтрующая маска «А», «М», «СЕФ» «КД», кислородно-изолирующая маска QIA-10, шлем защитная одежда спецобувь.

Во избежание несчастных случаев и аварийных ситуаций вы должны строго соблюдать общие требования безопасности:

1. Перед выполнением любых работ внутри технологического аппарата, сосудов и резервуаров рабочие должны пройти инструктаж в соответствии с правилами безопасных методов работы и скорой медицинской помощи;

2. Запрещается работать в условиях, когда невозможно оказать немедленную помощь в случае несчастного случая, т. Е. В смену должны входить не менее двух человек;

3. Лица, которые не были проинструктированы, не допускаются;

4. Ведение производственной деятельности открыто для работников только с письменного разрешения на работу на опасных и пожароопасных объектах.

5. Запрещено находиться на работе без защитной одежды и средств индивидуальной защиты.

Во время эксплуатации электрооборудования возможен риск поражения электрическим током и возгорания (короткого замыкания).

Ремонт электродвигателей должен выполняться специально обученным персоналом.

Все оборудование должно быть заземлено по ГОСТ 019-79. Проведение работ, связанных с риском поражения электрическим током, необходимо только с использованием защитных средств.

Необходимо строго соблюдать правила условий процесса, к которым относятся:

герметичность соединений и средств связи;

- поддержание в исправном рабочем состоянии предохранительных устройств на машинах и трубопроводах;

- бесперебойная работа, сигнализация и вентиляция.

Аппараты, работающие под давлением, периодически, после определенного периода, должны испытываться в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации устройств, работающих под

давлением».

По категории взрывоопасности и пожароопасности эти продукты относятся к категории А.

Использование строительных элементов из горючих материалов, а также вынос строительных элементов, не обладающих высокой огнестойкостью.

Для предотвращения возгорания от статического электричества используется местное заземление при сопротивлении 4 Ом.

Весь процесс автоматизирован и оптимизирован. Газоопасные операции регулируются.

Следующие меры должны быть приняты для предотвращения и сдерживания пожара:

- Отделение азота для предотвращения образования взрывоопасных концентраций в аппарате;

- НЕ открытое пламя;

- использование обратных клапанов и гидравлических замков огнестойких в жидкостных трубопроводах;

- установка разрывных дисков в газопроводах;

- установка резервуаров для аварийного дренажа.

Система пожаротушения включает в себя использование:

- Денчерные установки;

- есть система разбавления воды с карбинолом;

- система закалки паром (расположена на складе).

К основным агрегатам пожаротушения относятся песочные, водяные, огнетушители ОНП-10, ОС-5, -10 ОП. И они должны быть размещены на лестнице, на входах, в коридорах внутреннего пожарного выхода. В случае аварии предусмотрены пожарные выходы.

В случае пожара необходимо действовать в соответствии с ППБ 01 -03:

1. Отключить электричество, вентиляцию и остановить производство.

2. Сообщить о происшествии в пожарную часть по адресу 01;

3. До прибытия пожарных, начните тушить пожар с помощью имеющегося средства пожаротушения.

Отходы газа:

- продувочный диоксид $P = 2,7$ МПа (циркулярный карбинол синтез-газа) распыляют для получения конвертированного газа для производства аммиака;

- резервуар с диоксидом углерода $P = 0,4$ МПа (сборник карбинола) предназначен для сжигания в системе сжигания отходов;

- нет жидких отходов.

При производстве метанола возникают чрезвычайные ситуации, такие как:

Утечка синтез-газа, аммиака, азота, водорода. Эти смеси могут привести к скоплению взрывчатых веществ в воздухе с последующим возгоранием и взрывом.

Управление в чрезвычайных ситуациях:

- уведомить сотрудников отделения неотложной помощи;
- стоп все работы;
- удалить посторонние утечки;
- выключить компрессоры;
- включить завесу воды для поглощения аммиака;
- Сблокировать блоки давления;
- включить блок продувки азотом;
- устранить основную утечку.

Полное прекращение подачи электроэнергии может привести к отключению всего электрического оборудования.

Управление в чрезвычайных ситуациях:

- уведомление о поступлении сообщения от предприятия менеджера о возможном отключении электроэнергии в мастерской;
- информированные сообщения о возможном сбое питания;
- закрыть клапаны в трубопроводах подачи пара.

Проблема защиты населения и работников от химического загрязнения решается силами гражданской обороны. Это делается благодаря быстрой реализации ряда мер:

- создание защитных сооружений для укрытия персонала;
- обеспечение работников средствами индивидуальной защиты;
- эвакуация персонала с завода в случае серьезного катастрофического разрушения и загрязнения окружающей среды;
- организация оповещения работников об угрозе химического заражения;
- подготовка работников, а также спасательные и восстановительные мероприятия.

Локальные системы оповещения обеспечивают сложный сигнал для предупреждения сотрудников о потенциальных чрезвычайных ситуациях. Включает в себя сигнализацию, уведомление и предупреждение.

В направлении движения входы в защитные сооружения должны быть свободны от помех. Проходы к запасным выходам должны быть защищены от дождя и поверхностных вод.

Инженерные защитные сооружения должны быть в исправном состоянии и готовы к использованию по назначению.

Нормальной влажностью в защитном сооружении считается относительная влажность не выше 65 - 70%. В неиспользуемых помещениях зимой температура воздуха не должна быть ниже + 10 ° С.

Приюты, созданные на большой территории (вмещающей до 600 человек каждый), должны быть оборудованы системами жизнеобеспечения. Эта установка должна иметь следующее оборудование: PVA-блок-фильтр, состоящий из абсорбционного фильтра AF-100-PB, электрического вентилятора, пылевого фильтра со сменными регенеративными картриджами RP-100, предохранительного клапана PDC и наличия кислородных баллонов.

Вентиляция воздуха осуществляется в двух режимах:

1. Режим вентиляции с чистым фильтром. В котором воздух забирается

снаружи и очищается от пыли. В этом режиме наружный воздух очищается от загрязненной пыли, токсичных веществ, биологических агентов.

2. Режим полной изоляции необходим для предотвращения доступа наружного воздуха к укрытиям и включения регенеративных фильтров. Этот режим применим, когда в воздухе достаточно кислорода.

Источником энергии укрытия является дизельный генератор. Защитное сооружение обеспечивается аварийным водоснабжением (6 литров питьевой воды на человека, 4 литра воды для санитарных целей). В укрытии также есть резервная емкость для сбора сточных вод.

Обязательно иметь маски для личной защиты и защиты органов дыхания и зрения от вредных газов, паров, дыма, присутствующих в воздухе.

Решение об эвакуации принимается руководством компании. На производстве руководитель группы дает команду и инструкции по эвакуации.

На предприятии создана эвакуационная комиссия, состоящая из следующих подразделений:

- управление эвакуацией комиссии;
- группа по выводу транспорта эвакуирована;
- группа сотрудников по выводу из помещения.

3. Техничко-экономическое обоснование производства метанола из синтез-газа

Продукт: проект установки синтеза метанола

Целевой рынок: предприятия нефтеперерабатывающей и нефтяной промышленности Казахстана

SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и

Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

<p>Внешняя среда</p> <p>Внутренняя среда</p>	<p>Возможности</p> <p>1. Отсутствие конкурентов</p> <p>2. Хорошая репутация как среди потребителей так и у простого населения</p> <p>3. Поддержка со стороны государственных органов власти</p> <p>4. Наличие стабильного рынка сбыта</p>	<p>Угрозы</p> <p>1. Изменение цен на газ</p> <p>2. Изменение законодательства</p> <p>3. Природные катастрофы</p> <p>4. Смена политики местных органов власти</p> <p>5. Переманивание специалистов другими предприятиями</p>
<p>Сильные стороны</p> <p>1. Опыт разработки сложных малых и средних месторождений природного газа.</p> <p>2. Высокий профессионализм сотрудников</p> <p>3. Четкая организационная структура</p> <p>4. Высокотехнологичное оборудование</p>	<p>1. Увеличение объемов добычи природного газа</p> <p>2. Поддержание репутации социально ответственной компании</p> <p>3. Географическое расширение рынка сбыта</p> <p>4. Улучшение корпоративной культуры</p>	<p>1. Специальные программы по обучению сотрудников и повышению квалификации</p> <p>2. Покупка новых месторождений</p> <p>3. Поддержка местной власти по финансированию социальных проектов</p>

<p>Слабые стороны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Большой кредитный портфель 2. Нет средств на освоение и развитие новых место- рождений 3. Нечеткое распределение обязанностей сотрудников 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление четкой системы обязанностей внутри компании 2. Установление и поддержание тесного взаимодействия между высшим уровнем управления и сотрудниками 3. Проведение опросов у сотрудников компании 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Привлечение молодых специалистов 2. Проведение реорганизации в компании 3. Привлечение инвестиций. 4. Изучение и проработка всех возможных кризисных ситуаций
---	--	---

Расчёт производственной мощности

Под производственной мощностью понимается максимально возможный годовой выпуск продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования, площадей в результате внедрения инноваций или проведения организационно-технических мероприятий [33].

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эф}} \cdot K_{\text{об}} \quad (3.2.1)$$

где $P_{\text{час}}$ – часовая производительность, кг/ч;

$T_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, ч; $K_{\text{об}}$ – количество однотипного оборудования.

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{ном}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}} \quad (3.2.2)$$

где $T_{\text{ном}}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчётный период $T_{\text{ТО}}$ – время технологических остановок.

$T_{\text{ном}} = 365$ дней или 8760 часов; $T_{\text{ППР}} = 820$ часа;

$T_{\text{ТО}} = 54$;

$T_{\text{эф}} = 8760 - 820 - 54 = 7886$ ч;

$P_{\text{час}} = 107785,95$ кг/ч; $K_{\text{об}} = 1$;

$M = 150000$ т/год.

Для определения фактического выпуска продукции рассчитываем производственную программу:

$$N_{\text{год}} = K_{\text{м}} \cdot M \quad (3.2.3)$$

где: $K_{\text{м}}$ – коэффициент использования мощности, $K_{\text{м}} = 1$. $N_{\text{год}} = 1 \cdot 150000 = 150000$ т/год.

Объем производства на составляет 150 тыс. т/год.

Таким образом, в течение двух лет предприятие выходит на эту мощность.

Расчёт годовой потребности в сырье и материалах (таблица 3).
 Определение затрат на сырьё и материалы производим исходя из принятого объёма производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

Таблица 3.Расчёт годовой потребности в сырье и материалах

Наименование сырья	Ед. изм	Цена, тыс. тенге	Расход, т	Затраты, тыс. тенге		
			На единицу готовой продукции	На единицу готовой продукции	N _{год=7} 50 тыс. тонн	N _{год=8} 50 тыс. тонн
Синтез-газ	т	20	1,17	23,4	17550000	19890000
Едкий натр	т	2,329	0,0002	0,0005	375	425
Дем. вода	т	3,109	0,004	0,012	9000	10200
Фильтрованная вода	т	3,815	0,0006	0,0023	1725	1955
Оборотная вода	т	0,087	0,0422	0,0037	2775	3145
Сточные воды	т	1,63	0,0002	0,0003	225	255
Катализатор	т	180,25	0,0006	0,1081	81075	91885
Сукно шинельное	т	0,08	0,0002	0,000016	12	14
Итого:				23,5269	17645187	19997879

Стоимость обслуживания и эксплуатации оборудования по стоимости сложных деталей рассчитывается только в том случае, если она отражена в себестоимости продукции. Эта оценка осуществляется за счет интегрированных элементов.

Таблица 4. Ориентировочная стоимость обслуживания и эксплуатации устройств

Элементы затрат	Лот, тысяч тенге	Расчет объяснения
Операционные расходы:		

1. Заработная плата работников по мониторингу и обслуживанию оборудования	10276	В соответствии с расчетом в табл. 10,5
2. Соц.пакет	2020	$26 + 0,7 = 26,7\%$ статьи 1
3. Запчасти	5771	60% статья 1
4. Техническое обслуживание	25331	4% от стоимости оборудования
5. Капитальный ремонт оборудования	15993	3% от стоимости оборудования
6. Амортизация	10440	Точность. Расчетная таблица 10,8
Всего пунктов 1-6	10721	
7. Прочие расходы, связанные с техническим обслуживанием и эксплуатацией оборудования.	556,87	4% от общей стоимости оборудования
Общая оценка	24482	

Стоимость 1 тонны товара: $24182 : 150 = 561$ тенге.

Производственные затраты - затраты на содержание и управление производством. Это включает в себя заработную плату административного и управленческого персонала департамента с вычетами на социальные нужды, расходы на гигиену и безопасность и другие расходы.

Таблица 5. Оценка стоимости производства

Элементы затрат	Лот, тысяч тенге	Расчет объяснения
Операционные расходы:		
1. Склад, фонд оплаты труда	1966,2	В соответствии с расчетом в табл. 10,6
2. Соц.пакет	522,8	26,7% статьи 1

3. Техническое обслуживание промышленных зданий и сооружений	2990	3% от их стоимости
4. Техническое обслуживание зданий и сооружений	1993	2% от их стоимости
5. Капитальный ремонт зданий и сооружений	996	1% от их стоимости
6. Амортизация промышленных зданий и сооружений	1557	Точность. Расчетная таблица 10,8
7. Затраты на охрану труда	622	8% от зарплаты всех сотрудников журнала
7. Прочие расходы по доставке	834,36	8% от предыдущих статей
Общая оценка	11344,4	

Расходы на тонну продукции составляют:

51304,4 тыс. тенге: 150 тыс. тонн = 305,4 тенге.

Расчет технико-экономических показателей работы цеха

1. Определим доход компании от реализации продукции:

$$D = VP * C.$$

где С - контрактная цена компании за 1 тонну карбинола, 25667 тенге.

Д - 150 тыс. Тонн * 25667 тенге. = 4050050 тысяч тенге

2. Определите прибыль от продажи продукции:

$$П = (25667 \text{ тенге} - 25060 \text{ тенге}) * 150 \text{ тысяч тонн} = 451050 \text{ тысяч тенге.}$$

Это определяет прибыльность продаж на рынке.

Таблица 6. Перечень технико-экономических показателей производства

	показатели	Единица измерения	показатели
1	Годовое производство	тонн	151000
2	Выручка от продажи продукции	тысяча рублей	851050
3	Количество сотрудников	Персона	149

4	Разработка рабочего стола	тонн	1263
5	Стоимость капитала	тысяча рублей	275428
6	Производственные затраты	тенге	25160
7	Годовые производственные затраты	тысяч тенге	3559900
8	Выгода от продаж	тысяч тенге	451150
9	Рентабельность продаж	%.	10
10	Срок окупаемости капитальных вложений	лет	2
11	Возврат инвестиций	лет	4,7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Казахстане своего метанола пока нет, но в мае 2014 инвесторы из Малайзии подписали с акиматом Мангистауской области соглашение о строительстве завода по производству метанола в поселке Курык. Проект оценивается в \$700 млн.

Однако под вопросом – обеспечение завода сырьем. Как сообщали малазийские СМИ, проектная мощность завода - 1 млн тонн метанола в год. Для этого в Курык надо ежегодно поставлять 1 млрд куб. м природного газа. Для сравнения: годовое потребление газа в Мангистауской области составляет около 1,5 млрд куб. м. Месторождение Ракушечное, на которое рассчитывают авторы проекта, в своем нынешнем состоянии не способно полностью обеспечить метаноловый завод сырьем.

Именно вопрос обеспечения газом – основное препятствие для развития метанолового производства в РК. Ранее метанол собирались производить и в Атырау, но дальше планов дело не пошло.

Кроме того, вызывает сомнение целесообразность производства такого количества метанола в непосредственной близости от азербайджанского AzMeCo, который уже выдает 720 тыс. тонн метанола в год. Комплексный подход к производству метанола подразумевает комбинированное использование дешевого угля при высоких капитальных вложениях и дорогого газа при относительно низких капитальных вложениях. Метаноловая экономика позволит увеличить собственное производство топлива и нефтехимической продукции без увеличения нефтедобычи или снижения экспорта нефти.

Производство метанола в центральной или восточной части Казахстана, в местах высокого спроса и доступности угольных ресурсов был бы логичным шагом по диверсификации экономики республики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдахамил Д. Экстремальной система управления моделью реактора / Новости НУК. - 2018. - №15 (186). - Часть 2. - с.152-156.;
2. В.Г. Аунштейн способ и устройство технологии / Химическая. учебник. - М: Высшая школа, 2017. - 1730.;
3. Амелин А.Г., Фумен И.Е / (ред.) Практикум по общей химической технологии. МНТИ их. Диатомовый Менделеева, 2015. - 56 с.;
4. Амелин А.Г. Генеральная химическая лаборатория / А.Г. Амелин, А.М. Кутепов - М.: Химия, 2016. - 324 с.;
5. Багманова А.Д., Дорожкин В.П. / Материальные балансы химикотехнологических процессов. Методические указания. Нижнекамск, 2017. - 73 с.;
6. Баумухамбетова М.Г., Рыжак У.Ф. / Генеральная химическая лаборатория. Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения. - Павлодар, ПГУ. С. Торайгырова, 2018. - 36 с.;
7. Методы оптимизации Б. Банди. Вводный курс / Б. Банди. Сделка с английского. - М: Радио и sviyaz, 2017. – 128 с.;
8. Бесков В.С / Руководство по программному управлению в лабораторной практике при скорости химических процессов в реакторе. МНТИ их. Менделеев, 2017. - 52 с.;
9. Бесков В.С., Игнатенко В.И., Вяткин У. Л. / Курсовые в химической технологии. Инструментарий. РХТУ. Диатомовый Менделеев, 2016. - 40 с.;
10. Бутт Ю.С., технология Дудеров Г.Н. Матвеев GM / Общей силикатный. - Киев: Высшая школа, 2018. – 599 с.;
11. Вальков А. В. Хмелевская Н.Д. / Химическая технология. Лабораторный практикум. Лабораторный практикум. Сергей В. (ред.). МИФИ, 2018. - 56 с.;
12. Ведерников М.И., Таланкин В.С. Панов Т.М. / Общие требования к реализации и разработки курсовых и дипломных проектов (работ), часть 1 и 11, 2016, 106с.;
13. Вольфович С.И. (ред.) / Практикум по химической технологии. Московский государственный университет, 2017. - 367 с.;
14. Гапон В. П. Мирончук П. А. Пушкарев С. И. / метанол синтеза. М. Химия, 2018, 57 с.;
15. Глазко И. Л. / Составление материальных балансов типичного производства органического синтеза. Расчет тепловой изоляции. Расчет теплообменного оборудования. Самара, Самарский государственный технический университет, 2018. - 73 с.;
16. Горин Л. Н. / Руководство к дипломному проектированию для химических производств. Тольятти: ТГУ. 2016. 17 с.;
17. Горин Л. Н. / Обеспечение безопасных условий труда на производстве .//

Тольятти: ТГУ. 2017. 68 с.;

18. Грошева Л. П / Основы материального баланса. Инструментарий. - Великий Новгород, Новосибирский государственный университет, 2016. - 14 с.;

19. Грошев Л.П. / Теоретические основы химической технологии. Инструментарий. Новгородский государственный университет, 2017. - 19 с.;

20. Зайцев М. / Экономика промышленности. М.: Высшее.2017. 120.;

21. Захаров А.А. / Химические процессы и устройство технолого-Ology. Уч. Учебник для ВУЗов ООО «РН Академия», 2016.-528 с.;

22. Инструкции безопасности при работе в ОАО «Тольятти». Тольятти 2017 36 с.;

23. Инструкция по станции оператора DPU разделение синтеза блока синтезирование метанол / ООО «Томет». Тольятти, 2019. 48 с.;

24. Карпов З. Г. Методические указания по технико - экономическое обоснование дипломных проектов. - Новомосковск, 2018. -36с.;

25. Караваев М.М., Леонов, В. Е., Попов И. Г. / метанол технологии синтеза. М. химии. 2018, 64 с.;

26. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия. 2018. 754 с.;

27. Кононов Г.Н. Сафонов В.В., Егоров Е.В. / Расчет материального баланса, 2017, 35 с.;

28. Лачински А.А., Толчинский А.Р. / Основы конструирования и расчета химической аппаратуры, 2017. 752 с.;

29. Лин Г.И. / Кинетика и механизм синтеза метанола из оксидов углерода и водорода. Химреагент -2017. 145 с.;

30. Костюкова Мария / Статья «Найдено катализатор для производства метанола из воздуха» от 22.04.2018г.;

31. Кузнецов И. М., У.Е. Харлампида, Батиршин Н.Н. / Общее химическое машиностроение. Материальный баланс химико-технологического процесса., 2017, 56 с.;

32. Кутепов А.М., Бомбарева Т.И. / Генеральная химическая лаборатория. М.М.: Высшая школа. 2016. 448 с.;

33. Мещеряков Г.В., Коммисаров Ю.А. / Превращение природного газа для совместного производства метанола и водорода, аммиака и метанола. 2018. С. 72-76.