

Сергеева Ю.Е.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,

Вопросы технологической безопасности производства метанола

Аннотация: дана характеристика процесса получения метанола из окиси углерода и водорода, произведена характеристика целевого продукта - метанола. Охарактеризовано исходное сырье - оксид углерода и водород. Производство метанола может базироваться на тех же сырьевых ресурсах, что и производство аммиака. Использование исходного сырья для синтеза метанола определяется его запасами и себестоимостью. Рассмотрен и описан технологический процесс получения метанола. Основным технологическим оборудованием является теплообменник и колонна синтеза. Производительность колонны синтеза метанола в большой степени зависит от конструкции насадки. Теплоносителем в теплообменнике могут выступать как жидкие, так и газообразные вещества. Произведен практический расчет материального и теплового баланса производства. Процесс синтеза метанола характеризуется основной и множеством побочных реакций. Рассчитаны количества прихода и расхода веществ производства метанола, а также теплоемкости смеси при данных температурах, количество газовой смеси на входе и выходе. Результаты расчетов представлены в таблицах. Изучены вопросы охраны труда и окружающей среды. Производство метанола является крайне опасным как для окружающей природной среды, так и для работающих на производстве и обслуживающих технологический процесс.

Ключевые слова: производство метанола, оксид углерода, водород, тепловой и материальный расчет.

Sergeeva J. E.

Murom Institute (branch) of the Vladimir State University
named after Alexander and Nicholas Stoletovs

Questions of technological safety of production of methanol

Abstract: the characteristic of methanol process from carbon monoxide and hydrogen is given, the characteristic of the target product - methanol is produced. The feedstock is characterized. The raw material is carbon monoxide and hydrogen. Production of methanol can be based on the same raw material resources, as production of ammonia. Use of initial raw materials for synthesis of methanol is defined by his stocks and prime cost. The technological process of methanol production is considered and described. The main technological equipment is a heat exchanger, synthesis column, mixer. Methanol synthesis column productivity to a large extent depends on a nozzle design. As the heat carrier in the heat exchanger both liquid, and gaseous substances can act. Practical calculation of material and thermal balance of production is made. Process of synthesis of methanol is characterized the main and a set and collateral reactions. The arrival and consumption quantities of methanol production substances, as well as the heat capacity of the mixture at these temperatures, the amount of the gas mixture at the inlet and outlet are calculated. The results of the calculations are presented in summary tables. The issues of labor and environment protection were studied. The production of methanol is extremely dangerous both for the environment and for those working in production and serving the technological process.

Key words: methanol production, carbon and hydrogen oxide, thermal and hydraulic calculation.

Введение

Вопросы экологической и технологической безопасности различных производств в настоящее время активно обсуждаются [1,2]. Производство метанола является крайне опасным как для окружающей природной среды, так и для работающих на производстве и обслуживающих технологический процесс. Метанол является одним из важнейших многотоннажных продуктов, отпускаемых современной химической промышленностью. Он широко применяется для получения пластических масс, синтетических волокон, синтетического каучука, в качестве растворителя. Одним из способов получения метанола

является синтез из оксида углерода (II) и водорода. Процесс выполняется под давлением и увеличенной температурой в специальном аппарате – колонне синтеза метанола. Цель работы заключается в изучении производства метанола. При исследовании производства необходимо охарактеризовать целевой продукт, исходное сырье, рассмотреть и описать технологический процесс получения метанола из оксида углерода и водорода, описать основное технологическое оборудование, рассчитать тепловой и материальный балансы, изучить вопросы охраны труда и окружающей среды.

Характеристика исходного сырья и целевого продукта

Данная работа посвящена изучению производства метанола из оксида углерода и водорода. Дана характеристика процесса производства метанола. Произведена характеристика целевого продукта.

Метанол CH_3OH – это простейший представитель предельных спиртов с одной гидроксогруппой. В свободном состоянии в природе не распространен, содержится в виде производных в растительных маслах, природных красителях. Представляет собой при нормальных условиях бесцветную, легколетучую, горючую жидкость, иногда с запахом, напоминающий запах этилового спирта. Метанол на организм человека действует опьяняющим образом и является сильным ядом, вызывающим потерю зрения и, в зависимости от дозы, смерть.

Охарактеризовано исходное сырье. Исходным сырьем является оксид углерода и водород. Оксид углерода (II) представляет собой бесцветный газ без вкуса и запаха. Водород - это самый простой, самый лёгкий, самый распространённый элемент. На его долю приходится около 88,6 % всех атомов. Молекулы водорода достаточно прочны, и для того, чтобы водород мог вступить в реакцию, должна быть затрачена большая энергия.

Рассмотрено и описано основное технологическое оборудование, и технологический процесс производства метанола из оксида углерода (II) и водорода [3].

Исходный газ для синтеза метанола можно получить почти из всех видов сырья, которые используют при получении водорода, например в процессах синтеза аммиака, и гидрирования жиров. Поэтому производство метанола может базироваться на тех же сырьевых ресурсах, что и производство аммиака. Использование того или иного вида сырья для синтеза метанола определяется рядом факторов, но прежде всего его запасами и себестоимостью в выбранной точке строительства. Процесс синтеза метанола характеризуется следующими основными реакциями:





Технологический процесс и оборудование

Рассмотрен и описан технологический процесс получения метанола. Основное технологическое оборудование производства метилового спирта из окиси углерода и водорода: колонна синтеза и теплообменник. Колонны обычно изготавливают из высоколегированной стали, хорошо сопротивляющейся коррозионному действию H_2 и CO , или из низколегированных конструкционных сталей с футеровкой стенок медью или ее сплавами. Производительность колонны синтеза метанола в большой степени зависит от конструкции насадки. Теплообменником называют специальное устройство для передачи тепловой энергии от теплого носителя к холодному. Теплоносителем может выступать как жидкая субстанция, так и газообразная [4]. Процесс теплообмена важен в таких отраслях промышленности как химическая, энергетическая, металлургическая, пищевая и другие. Теплообменное устройство, способствует передаче энергии от одного носителя к другому через разделительную стенку между ними. Это очень сложный процесс, разделяющийся по принятым канонам на такие виды теплообмена: конвекцию, тепловое излучение и теплопроводность. Эти процессы протекают одновременно в определенных пропорциях. Наибольшую важность для теплообменника имеет конвективный теплообмен, т.е. совместное действие конвекции с теплопроводностью.

Расчет материального и теплового баланса

В ходе работы произвели практический расчет материального баланса. По следующим исходным данным: рабочий объем катализатора, $V_{\text{кат}} = 22\text{ м}^3$, расход окиси углерода и метанола на побочные продукты: CO : реакция 2 – 3,6, реакция 3 – 3,9, реакция 4 – 2,3, реакция 5 – 0,5. CH_3O : реакция 6 – 1,7, реакция 7 – 0,3, температура, $T = 641\text{ К}$, давление, $P = 34,5\text{ МПа}$, объемная скорость $26,6 \cdot 10^3\text{ нм}$, мольное соотношение $\text{H}_2 : \text{CO} = 6,2 : 1$. Рассчитали количества прихода и расхода веществ производства метанола.

Рассчитывался объем газа для проведения процесса в условиях колонны синтеза по формуле:

$$V = p_0 V_0 T / p T_0,$$

где p , V – давление, объем при данной температуре T ; p_0 , V_0 – давление и объем при нормальных условиях.

Объем синтез - газа рассчитывали, учитывая объем катализатора. Рассчитывали количество молей и массовый расход исходного угарного газа и водорода на целевую и побочные реакции.

Примеры расчетов:

Образующийся объем газа в условиях реактора:

$$V_{\text{газ}} = \frac{101325 \cdot 26600 \cdot 641}{34500000 \cdot 298} = 168,043 \text{ м}$$

Количество молей водорода и оксида углерода содержится:

$$\nu(\text{H}_2 + \text{CO}) = \frac{22 \cdot 26600}{0,0224} = 26,125 \cdot 10^6 \text{ моль}$$

Количество молей H₂:

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{26,125 \cdot 10^6 \cdot 6,2}{6,2+1} = 22,49 \cdot 10^6 \text{ моль/ч}$$

Количество молей CO:

$$\nu(\text{CO}) = \frac{26,125 \cdot 10^6 \cdot 1}{6,2+1} = 3,63 \cdot 10^6 \text{ моль/ч}$$

Массовый расход H₂:

$$m(\text{H}_2) = 22,49 \cdot 10^6 \cdot 2 = 44,98 \cdot 10^6 \text{ г/ч} = 44,98 \cdot 10^3 \text{ кг/ч}$$

Массовый расход CO:

$$m(\text{CO}) = 3,63 \cdot 10^6 \cdot 28 = 101 \cdot 10^6 \text{ г/ч} = 101 \cdot 10^3 \text{ кг/ч}$$

Расход водорода по реакции (1):

$$m(\text{H}_2) = \frac{2 \cdot 2 \cdot 90597}{28} = 12942 \text{ кг/ч}$$

Расход водорода по реакции (2):

$$m(\text{H}_2) = \frac{3 \cdot 2 \cdot 3636}{28} = 779,1 \text{ кг/ч}$$

Получено метана по реакции (2):

$$m(\text{CH}_4) = \frac{16 \cdot 3636}{28} = 2077,7 \text{ кг/ч}$$

Получено воды по реакции (2):

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \cdot 3636}{28} = 2337,4 \text{ кг/ч}$$

Аналогичные расчеты проведены по реакциям 3,4,5,6,7.

Всего образовалось:

$$\sum \text{CO}_2 = 3094,4 + 1825,2 = 4920,1$$

$$\sum \text{H}_2\text{O} = 2337,4 + 174,7 + 495,045 = 3007,145$$

$$\sum \text{CH}_4 = 155,3 + 1125,4 + 2077,7 = 3358,4$$

Данные расчета материального баланса производства представлены в сводной таблице.

Таблица 1 – Материальный баланс по метанолу.

Приход	кг/ч	т/сут	Расход	кг/ч	т/сут
Синтез - газ, в т. ч. H ₂ CO	44980 101000	1079,52 2424	CH ₃ OH	101468,2	2435,24
			(CH ₃) ₂ O	1265	30,36
			H ₂ O	3007,1	72,17
			CH ₄	3358,4	80,60
			CO ₂	4920,1	118,08
			HCHO	541,1	12,99
			H ₂	497,8	11,95
			30922	742,128	
ИТОГО	145980	3503,52	ИТОГО	145980	3503,52

Сделан расчет теплового баланса синтеза метанола. Исходными данными служат: количество газовой смеси на входе в реактор синтеза 272,21 м³/с, количество газовой смеси на выходе из реактора синтеза 260,53 м³/с, температура: газовой смеси на входе в реактор, °С – 200; газовой смеси на выходе из реактора, °С - 220; холодной (байпасной) газовой смеси, °С – 35, расход холодного газа составляет 50% от поступающего в реактор газа. Рассчитаны теплоемкости смеси при данных температурах, количество газовой смеси на входе и выходе.

Данные расчета теплового баланса производства представлены в сводной таблице.

Таблица 2 – Тепловой баланс реактора синтеза.

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
Тепловой поток газовой смеси на входе	41827,11	48,0	Тепловой поток газовой смеси на выходе	85103,69	95
Теплота экзотермической реакции	45356,81	52,0	Теплопотери в окружающую среду	2676,77	5
Итого	87483,92	100	Итого	87780,46	100

Невязка теплового баланса составляет 0,68%.

Таким образом, в работе исследовали технологический процесс производства метанола, основное технологическое оборудование, рассчитали материальный и тепловой балансы.

Охрана труда и окружающей среды

Изучили охрану труда и окружающей среды. Метанол — сильнейший яд, употребление которого приводит к тяжёлому отравлению, токсический эффект проявляется спустя

некоторое время. ПДК метанола в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест составляет 1 мг/м³ [5]. Метанол, попавший в организм человека, окисляется до не менее ядовитого формальдегида, который влияет на нервную систему, в частности на ее зрительный отдел, реагирует с белками, что приводит к головной боли, общей слабости, недомоганию, ознобу, тошноте, рвоте. Помимо метанола особенно опасным веществом является используемый оксид углерода, который вызывает необратимые изменения в кровеносной и дыхательной системах. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода (II) являются трубчатые печи технологических установок, выбросы которых составляют 50% от объема общих выбросов; реакторы установок каталитического крекинга (12%); выхлопы газовых компрессоров (14%); битумные установки (8%) и факелы (17%). Водород является взрывоопасным веществом, что также влияет на опасность производства и требует повышенных мер предосторожности при проведении технологического процесса.

К мероприятиям по снижению степени распространения вредных веществ, относят: нейтрализацию, консервацию, захоронение и утилизацию выбросов. При рассмотрении технологических мероприятий по снижению выбросов вредных веществ их принято разбивать на группы в соответствии с тем, выбросы каких веществ они предотвращают.

Для снижения выбросов оксида углерода проводится каталитический дожиг отходящих газов и утилизация больших количеств в котлах – утилизаторах.

Таким образом, в работе исследовали технологический процесс производства метанола, основное технологическое оборудование, рассчитаны материальный и тепловой балансы, рассмотрены вопросы технологической безопасности производства.

Литература:

1. Ермолаева В.А. Оценка безопасности технологического процесса окраски металлоконструкций, Технологии техносферной безопасности, выпуск № 4 (68), 2016. <http://ipb.mos.ru/ttb/2016-4/2016-4.html>
2. Ермолаева В. А. Экологические аспекты технологического процесса предварительной обработки металла, Вестник Тамбовского государственного университета, Серия Естественные и технические науки, т. 19, вып. 5 (октябрь), 2014. - с. 1413-1416
3. Производство метанола [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://vector-study.ru/store/pdf>.
4. Мухленов И.П. и др. Общая химическая технология. Портал научно-технической информации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://nglib.ru/annotation.jsp?book=014935>
5. Характеристика целевого продукта [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://xreferat.com/108/858-1-proizvodstvo-metanova>.