

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**НЕФТИ И ГАЗА имени И.М. ГУБКИНА**

**Кафедра технологии химических  
веществ для нефтяной и газовой  
промышленности имени И.М. Губкина.**

Серия: Методическое обеспечение  
самостоятельной работы студентов.

**В.А. Трофимов, И.С. Паниди, В.А. Заворотный**

**Производство метил-третбутилового эфира  
с применением реакционно-ректификационного  
аппарата на катализаторе сульфокатионите КУ-2/8ФПП.**

Под редакцией проф. М.А. Силина

Методические указания  
к выполнению курсовой работы.

Для студентов всех специальностей  
химико-технологического факультета.

Москва - 2015 г.

УДК 661.7.

«Производство метил-третбутилового эфира с применением реакционно-ректификационного аппарата на катализаторе сульфокатионите КУ-2/8ФПП» (В.А. Трофимов, И.С. Паниди, В.А. Заворотный). - М.; РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина, 2015, 17 с.

В методических указаниях даны варианты комплектов исходных данных процесса производства МТБЭ, необходимых для проведения расчета установки, приведена структура пояснительной записки.

В методическом указании подробно изложен принцип проведения технологического расчёта, на основе которого составлены программы расчета основных материальных потоков установки.

Составлены программы, позволяющие провести тепловой расчёт реакционного аппарата, работающего в условиях так называемой «каталитической перегонки», позволяющий определить как величину интегрального значения удельного теплового эффекта, учитывающего как целевую, так и побочные реакции, так и суммарную теплоту процесса, рассчитанную с учетом производительности процесса.

Методические указания предназначены для студентов химико-технологического факультета.

Издание подготовлено на кафедре технологии химических веществ для нефтяной и газовой промышленности.

Работа одобрена и рекомендована к изданию учебно-методической комиссией факультета химической технологии и экологии.

Рецензент, профессор Ф.Г. Жагфаров.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовая работа по технологии нефтехимического синтеза выполняется в соответствии с учебным планом и имеет своей целью закрепление студентами знаний, полученных при изучении теоретического курса, более глубокое ознакомление с сырьевой базой и технологией конкретных нефтехимических производств, приобретение практических навыков в области расчета и проектирования технологических установок и отдельных аппаратов.

Курсовая работа, выполняемая студентами специальностей 2501 и 1706, оформляется в виде пояснительной записки и технологической схемы процесса, вычерчиваемой на миллиметровой бумаге или кальке и включаемой в состав расчетно-пояснительной записки.

Студенты специальности 2501 включают в состав расчетно-пояснительной записки также поточную схему нефтеперерабатывающего завода с кратким ее описанием и обоснованием выбора темы курсовой работы, которая должна быть основана на сырье, источником которого являются процессы НПЗ, спроектированного студентом в курсовом проекте по курсу "Технология переработки нефти".

Требования по оформлению расчетно-пояснительной записки изложены в /1/. Все расчеты следует вести с использованием международной системы единиц измерения (СИ).

Технологическая схема вычерчивается с соблюдением требований, содержащихся в методических указаниях /2/. Полезная информация по графической части содержится в /3/, где даны примеры использования действующих ГОСТ системы ЕСКД.

## 2. СТРУКТУРА РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

2.1. Титульный лист.

2.2. Задание на курсовое проектирование. Задание студент получает на кафедре технологии органических веществ для нефтяной и газовой промышленности у преподавателя - руководителя курсовое работы. Задание студентам специальности 2501 выдается после предъявления преподавателю поточной схемы НПЗ с расчетом материальных балансов, на основании которых определяются целесообразность проектирования данной установки и ее производительность.

В задании указываются тема, производительность установки по целевому продукту, содержание изобутилена в отработанной изобутилен-содержащей фракции, номер варианта комплекса основных исходных данных, необходимых для выполнения курсовой работы.

2.3. Оглавление.

2.4. Введение. Во введении студент отмечает значение нефтехимической промышленности в народном хозяйстве страны, оценивает пути и динамику развития нефтехимии в текущей пятилетке в соответствии с решениями партии и правительства.

2.5. Поточная схема НПЗ (для специальности 2501). Схема сопровождается указанием основных направлений использования в нефтехимии образующихся продуктов нефтепереработки и обоснованием проектирования установки заданной производительности.

2.6. Обзор литературы. Краткий обзор литературы по промышленным методам получения метилтретбутилового эфира (МТБЭ): источники сырья, химизм и условия процесса, особенности технологического оформления установок по производству МТБЭ, области применения /4-7/. Экологические и экономические аспекты производства и применения МТБЭ.

2.7. Технологическая схема. Физико-химические основы выбранного способа производства. Обоснование выбора технологической схемы процесса.

Описание технологической схемы процесса с указанием технологического режима и назначения отдельных аппаратов.

2.8. Расчет материальных балансов отдельных узлов и установки в целом.

2.9. Тепловой баланс и определение основных размеров реактора.

2.10. Литература. Ссылка на литературу приводится в тексте, литературные источники располагаются в порядке цитирования и приводятся в соответствии с правилами библиографического описания произведений /1/.

В методических указаниях приведены программы расчета на ЭВМ "Искра-1256" состава изобутилен содержащего у/в. потока на входе в реактор (программа 1), материального баланса реакционного узла (без учета флегмы) (программа 2), теплового эффекта процесса получения МТБЭ (программа 3), количества флегмового потока, поступающего в реакционный узел (программа 4), материального баланса промывной колонны (программа 5).

### 3. РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МТБЭ

#### 3.1. Исходные данные.

Варианты исходных данных приведены в приложении 2, выбор варианта определяется в задании преподавателем.

3.1.1. Для проведения расчета приняты следующие обозначения.

Производительность установки по целевому продукту, тыс.т/год.

Состав целевого продукта, мас. доли:

- метилтретбутиловый эфир – **xz(1)**
- третбутиловый спирт – **xz(2)**
- диизобутилен – **xz(3)**
- метанол – **xz(4)**

Содержание компонентов свежей изобутиленсодержащей у.в.фракции, мас. доли:

- изобутилена – **x(1)**
- н-бутиленов – **x(2)**
- изобутана – **x(3)**
- н-бутана – **x(4)**

Содержание изобутилена в отходящей с установки отработанной изобутиленсодержащей у.в.фракции, мас. доли – **yz(1)**.

Конверсия изобутилена, доли – **AL**.

Соотношение метанол : изобутилен на входе в реактор, моль – **D**.

Соотношение вода : у.в.-метанольная фракция (промывная колонна), мас. доли – **DW**.

Производство метилтретбутилового эфира осуществляется в реакционном блоке, представляющем собой ректификационную колонну, в средней части которой в два слоя загружен катализатор КУ - 2 ФПП в смеси с кольцами Рашига 15x15 в соотношении 1:1 по объему. Изобутиленсодержащая у/в. фракция поступает в реакционный блок под

слой катализатора, метанол - над слоем катализатора.

Целевой продукт выводится из нижней части реакционного блока, а не вступившие в реакцию компоненты сырьевых потоков - в паровой фазе через его верх. На верхнюю тарелку реакционного узла возвращается часть у.в.-метанольной фракции в виде флегмы.

Устройство и принцип работы реакторного блока приведены в работе /6/.

Принципиальная блок-схема получения МТБЭ приведена на рисунке 1.

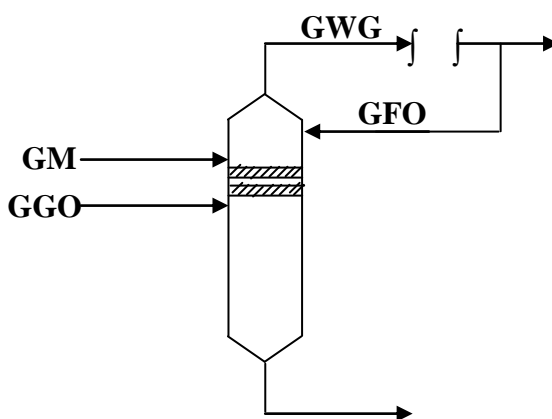


Рис.1. Принципиальная блок-схема реакторного блока получения метилтретбутилового эфира:

**GGO** - изобутиленсодержащая у/в. фракция (свежая и циркулирующая);

**GM** - метанол (свежий и циркулирующий);

**GWG** - пары отработанной у/в. фракции и метанола;

**GFO** - флегма (у/в. - метанольная фракция).

Производство МТБЭ основано на взаимодействии изобутилена с метанолом, протекающем в соответствии с уравнением:



Другие компоненты, входящие в состав изобутиленсодержащей фракции  $\text{C}_4$ , используемой для этих целей, в реакцию с метанолом не вступают, в связи с чем этот процесс рассматривается как процесс извлечения изобутилена из указанных фракций.

Заданием определяется содержание изобутилена в отработанной у/в. фракции  $yz(1)$  (здесь и далее индекс 1 принадлежит только изобутилену). Концентрация изобутилена в этой фракции при однократном прохождении сырьевого потока через реакционный блок определяется из выражения:

$$yz(1) = \frac{xs(1) * (1 - AL)}{1 - xs(1) * AL}, \text{ доли мас.} \quad (1)$$

Если полученное значение (1) отвечает условиям, то оно используется в дальнейших расчетах.

При достаточно высоком содержании изобутилена в у/в. сырьевом потоке концентрация его в отработанной фракции будет превышать значение, приведенное в задании. В этом случае решение задачи может быть достигнуто снижением концентрации изобутилена в у/в. потоке на входе в реакционный блок путем разбавления свежего сырья отработанной у/в. фракцией. Рассмотрим расчет такой системы.

### 3.2. Расчет состава углеводородного потока на входе в реакционный блок

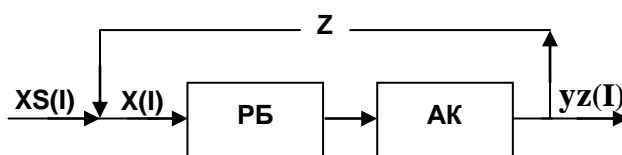


Рис.2. Схема потоков у/в. фракции  $C_4$  с применением рециркуляции:

РБ - реакционный блок;

АК - абсорбционная колонна;

$z$  - степень разбавления - отношение количества циркулирующего потока к свежему;

$x(l)$  - концентрация компонента потока на входе в реакционный блок, доли мас.

С учетом обозначений потоков на рисунке 2 выражение (1) принимает вид:

$$yz(1) = \frac{x(1) * (1 - AL)}{1 - x(1) * AL}, \text{ доли мас.} \quad (2)$$



Отсюда после преобразований получаем выражение для определения величины концентрации изобутилена на входе в реакционный блок:

$$x(1) = \frac{yz(1)}{1 - AL + yz(1) * AL}, \text{ доли мас.} \quad (3)$$

С другой стороны:

$$x(1) = \frac{xs(1) + z * yz(1)}{1 + z}, \text{ доли мас.} \quad (4)$$

Откуда после преобразований получаем выражение для определения степени разбавления:

$$z = \frac{xs(1) - x(1)}{x(1) - yz(1)}, \text{ доли мас.} \quad (5)$$

Содержание остальных компонентов у/в. потока на входе в реактор вычисляют по формуле:

$$x(I) = \frac{xs(I) + z * yz(I)}{1 + z}, \text{ доли мас.} \quad (6)$$

Расчеты проводятся с применением программы (приложение 1), составленной на языке "Фортран-4".

Полученные результаты используются в дальнейших расчетах.

### 3.3. Расчет материального баланса реакционного блока (без учета флегмы).

Производительность установки по целевому продукту (**GE**, кг/ч) вычисляется с учетом числа рабочих дней в году (**L**), приведенных в задании. Расчет материального баланса процесса производства МТБЭ осуществляется с применением программы для работы на ЭВМ (см. приложение 2). Сущность программы заключается в следующем:

Вычисляется состав целевого продукта:

метилтретбутиловый эфир

$$GEK(1) = GE * xz(1) \quad (7)$$

Содержание компонентов целевого продукта вычисляется как

$$GEK(I) = GE * xz(I) \quad (8)$$

Образование основного компонента целевого продукта, протекающее

в соответствии с уравнением (1), сопровождается побочными реакциями:



Исходя из стехиометрических соотношений уравнений (1, 9 и 10), определяют количества реагентов, необходимых для их образования (программа 2):

**RI1** -изобутилена на образование метилтретбутилового эфира, кг/ч;

**RI2** - изобутилена на образование третбутилового спирта, кг/ч;

**RI3** - изобутилена на образование диизобутилена, кг/ч.

Отсюда общее количество конвертированного изобутилена составит:

$$\text{SRI} = \text{RI1} + \text{RI2} + \text{RI3}, \text{ кг/ч.} \quad (11)$$

**RME** - количество метанола, расходуемого в данном процессе, кг/ч;

**GW** - количество воды, пошедшее на образование третбутилового спирта, кг/ч.

Количество изобутилена, поступающего в реакционный блок, вычисляется как:

$$\text{GG}(1) = \text{SRI} / \text{AL}, \text{ кг/ч,}$$

отсюда общее количество у/в. фракции составляет

$$\text{GGO} = \text{GG}(1) / \text{x}(1), \text{ кг/ч.} \quad (12)$$

Поскольку состав у/в. фракции, поступающей в реакционный блок, известен (см.программу 1), определяем содержание инертных компонентов ее с помощью соотношения

$$\text{GG}(I) = \text{GGO} * \text{x}(I) \quad (13)$$

С учетом соотношения метанол: изобутилен (**D**, моль) на входе в реакционный блок определяем **GM** - количество метанола, поступающего в реактор, кг/ч.

Количество изобутилена в газовой фазе на выходе из реактора **GR(1)**, кг/ч вычисляется как разность между его количеством на входе в реакционный блок **GG(1)**, кг/ч и общим количеством конвертированного изобутилена.

Аналогично вычисляется содержание метанола в газовой фазе (**GMR**,

кг/ч).

Отсюда общее количество у/в.-метанольной смеси, уходящей через верх реакционного блока, вычисляется как сумма количеств инертнов, содержащихся в у/в. потоке на входе в реакционный блок, непрореагировавших изобутилена ( $GG(1)$ , кг/ч) и метанола ( $GMR$ , кг/ч). Результат расчета материального баланса распечатывается в виде таблицы.

### 3.4. Расчет теплового эффекта реакции

Расчет теплового эффекта процесса производства МТБЭ проводится с применением программы для работы на ЭВМ (приложение 3). В основе расчета - методики, изложенные в работах /10, 11/. Величины стандартных теплот образования кислородсодержащих соединений (метилтретбутилового эфира, метилтретбутилового спирта, метанола) приведены в работах /8, 12/, а углеводов - в работах /10, 13/.

В результате расчета определяется как общее количество тепла, выделяющееся в процессе ( $QR$ , кДж/ч), так и удельные его значения ( $QUG$ , кДж/кг и  $QUM$ , кДж/моль  $C_4H_9$ ). Последние сравниваются с соответствующими величинами, опубликованными в работах /6, 8/. Общее значение количества тепла, выделяющегося в данном процессе ( $QR$ ), используется в дальнейших расчетах.

### 3.5. Расчет количества флегмового потока и общего количества газа, выходящего из реакционного блока

В технологической схеме производства МТБЭ предусмотрена подача в реакционный блок в виде флегмы углеводород - метанольной фракции после ее конденсации в конденсаторе - холодильнике. При ее испарении снимается тепло, выделяющееся в результате протекания основной и побочных реакций данного процесса. Расчет проводится на ЭВМ (приложение 4). Принцип расчета заключается в следующем.

Теплоту испарения флегмы, подаваемой в реакционный блок **TG**, определяют по закону аддитивности, исходя из содержания ее компонентов в смеси (**YO(I) доли мас.**), вычисленного с применением программы 2, по соотношению

$$\mathbf{TG} = \Sigma \mathbf{TR(I)} * \mathbf{YMO(I)}, \text{ кДж/моль}, \quad (14)$$

где **YMO** - содержание компонентов, мольн. доли, **TR(I) кДж/моль** - величины теплот испарения компонентов флегмового потока, приведенные в работах /10, 12, 13/.

Отсюда количество флегмового потока, подаваемого в реакционный блок, составляет:

$$\mathbf{GF} = \frac{\mathbf{QR} * \mathbf{MG}}{\mathbf{TG} * \mathbf{1000}}, \quad (15)$$

где **QR** - общее количество тепла, выделяющегося в данном процессе.

**MG** - средняя молекулярная масса флегмового потока.

Общее количество газа, уходящего через верх реакционного блока, определяется так:

$$\mathbf{GWG} = \mathbf{GRO} + \mathbf{GF}, \text{ кг/ч}, \quad (16)$$

где **GRO**, кг/ч (программа 2).

Флегмовое число (**RF**) вычисляется как отношение

$$\mathbf{RF} = \mathbf{GF} / \mathbf{GRO}. \quad (17)$$

### 3.6. Материальный баланс реакционного блока с учетом флегмы

Материальный баланс составляется с использованием данных, полученных в расчетах при работе на ЭВМ с применением программ 2 и 4. Полученные при этом данные заносятся в таблицу 1.

Таблица 1.

Приход				Расход			
компонент	кг/ч	доли масс.		компонент	кг/ч	доли масс.	
	у/в. поток				газ		
GG(1)	GG(1)	P(1)	x(1)	GRW(1)	GRW(1)	xR(1)	y0(1)
GG(2)	GG(2)	P(2)	x(2)	GRW(2)	GRW(2)	xR(2)	y0(2)
...	...	...	...	...	...	...	...
				метанол	GWM	xM	y0M
у/в.	GG0	P1N	1,0000	газ	GWM	xG	1,0000
метанол	GM	PM	-	МТБЭ	GE	xE	-
вода	GW	PW	-				
сырье	SP	1,0000	-				
	Флегма						
GF(1)	GF(1)		y0(1)				
GF(2)	GF(2)		y0(2)				
...	...		...				
итого	GF		1,0000				
Всего	G0R		-	Всего	G0R		-

#### 4. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОМЫВНОЙ КОЛОННЫ И КОЛОННЫ РЕГЕНЕРАЦИИ МЕТАНОЛА

В технологической схеме предусматривается промывка отработанной у/в-метанольной фракции водой для извлечения содержащегося в ней метанола. Расчет проводится с применением программы на ЭВМ (программа 5). Принцип расчета заключается в следующем. На промывку поступает у/в.-метанольная фракция, количество которой ( $GRO$ , кг/ч) и состав ( $YO(I)$ ,  $YOM$ , доли масс.) получены при работе с программой 2.

С учетом соотношения вода : у/в.- метанольная фракция ( $DW$ ) количество воды, подаваемой в промывную колонну, составляет:

$$GW = GRO * YOM, \text{ кг/ч.} \quad (18)$$

Отсюда количество водного метанола, выводимого через низ промывной колонны, составляет:

$$GK = GK + GRO * YOM, \text{ кг/ч.} \quad (19)$$

Количество у/в. фракции, выходящей через верх колонны, составляет:

$$GR = \sum GRO * YO(I), \text{ кг/ч,} \quad (20)$$

или 
$$GR = GRO * (1 - YOM), \text{ кг/ч,} \quad (21)$$

Отсюда вычисляется состав отработанной у/в. фракции (доли масс.), который следует сравнить с результатами, полученными в результате расчетов, проведенных по программе 1.

Состав водного метанола (доли масс.) определяется исходя из отношений:

$$Y_W = G_W / G_K \text{ и } Y_M = \frac{G_{RO} * Y_{OM}}{G_K}. \quad (22)$$

Исходя из состава водного метанола, выводимого из промывной колонны, составляется материальный баланс регенерации метанола. Потери компонентов смеси в расчете не учитываются.

## **5. СВОДНЫЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МТБЭ**

При составлении сводного материального баланса установки, в которой не применяется рециркуляция отработанной у/в. фракции, в табл.2 вносятся данные, полученные в расчетах в разделах 3 и 4. Следует при этом учесть, что расход свежего метанола определяется как разность между количествами его, поступающего в реакционный блок и возвращаемого в процесс после регенерации (см. поз. 27).

При использовании в технологической схеме рециркуляции отработанной у/в. фракции следует произвести предварительные расчеты.

Количество свежей у/в. фракции, поступающей на установку, составляет:

$$G_{GS} = G_{GO} / (1 + z), \text{ кг/ч.} \quad (23)$$

Количества компонентов свежего потока у/в. фракции:

$$G_{S(I)} = G_{GS} * y(I), \text{ кг/ч.} \quad (24)$$

Количество циркулирующей у/в. фракции составляет:

$$G_{GZ} = G_{GO} - G_{GS}, \text{ кг/ч.} \quad (25)$$

Количество свежего метанола, поступающего на установку, составляет

$$G_{MS} = G_M - G_{MR}, \text{ кг/ч.} \quad (26)$$

Количество отработанной у/в. фракции, уходящей с установки, составляет:

$$\mathbf{GOG = GR - GGZ, \text{ кг/ч.}} \quad (27)$$

Количества компонентов отработанной углеводородной фракции, уходящей с установки:

$$\mathbf{GO(I) = GOG * yz(I), \text{ кг/ч.}} \quad (28)$$

Общий приход на установку:

$$\mathbf{GSS = GGS + GMS + GW, \text{ кг/ч.}} \quad (29)$$

Общий расход с установки:

$$\mathbf{GSR = GOG + GE, \text{ кг/ч.}} \quad (30)$$

Полученные результаты расчета заносятся в табл. 2.

Расходные показатели процесса производства МТБЭ составляют:

- по у/в. фракции:

$$\mathbf{URG = \frac{GGS}{GE} * 1000, \text{ кг/т МТБЭ}} \quad (31)$$

- по метанолу:

$$\mathbf{URG = \frac{GMS}{GE} * 1000, \text{ кг/т МТБЭ}} \quad (32)$$

**Таблица 2.**

Приход				Расход			
компонент	кг/ч	доли масс.		компонент	кг/ч	доли масс.	
		на сырье	на у/в. фракцию			на сырье	на у/в. фракцию
свежая у/в. фракция				отработанная у/в. фракция			
изобутилен GS(1)				изобутилен GO(1)			
н-бутилен GS(2)				н-бутилен GO(2)			
изобутан GS(3)				изобутан GO(3)			
н-бутан GS(4)				н-бутан GO(4)			
<b>Итого</b>	<b>GGS</b>	<b>1,0000</b>		<b>Итого</b>	<b>GOG</b>	<b>1,0000</b>	
метанол	GMS			МТБЭ	GE		
вода	GW						
<b>Всего</b>	<b>GGS</b>	<b>1,0000</b>	<b>-</b>	<b>Всего</b>	<b>GSR</b>	<b>1,0000</b>	<b>-</b>

Таблица 3.

Варианты исходных данных для расчета установки производства МТБЭ

Показатели процесса	Условные обозначения	Номер варианта					
		1	2	3	4	5	6
1. Производительность по МТБЭ, тыс. т/год		40	45	50	55	60	65
2. Число часов работы в году, ч		7800	7848	7920	7968	7848	7920
3. Состав целевого продукта, доли масс. - метилтретбутиловый эфир - трет. бутанол - диизобутилен - метанол		0,983	0,978	0,980	0,975	0,982	0,980
		0,005	0,006	0,006	0,006	0,004	0,007
		0,007	0,008	0,006	0,009	0,009	0,006
		0,005	0,008	0,008	0,010	0,005	0,007
4. Состав свежей у/в. фракции, доли масс. - изобутилен - н-бутилен - изобутан - н-бутан		0,432	0,328	0,285	0,180	0,200	0,305
		0,268	0,302	0,375	0,420	0,355	0,340
		0,095	0,170	0,145	0,225	0,235	0,165
		0,205	0,200	0,195	0,175	0,210	0,190
5. Содержание изобутилена в отходящей с установки у/в. фракции, доли масс., не более		0,005	0,004	0,005	0,006	0,006	0,004
6. Конверсия изобутилена, доли		0,970	0,960	0,965	0,980	0,985	0,975
7. Температура реакции, К		70	70	70	70	70	70
8. Соотношение метанол:изобутилен на входе в реакционный блок, моль		1,05	1,10	1,07	1,08	1,06	1,09
9. Соотношение вода:у/в.-метанольная фракция в промывной колонне		0,25	0,30	0,28	0,25	0,30	0,35



## ЛИТЕРАТУРА

1. Белов П.С., Крылов И.Ф. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. - М.: Химия, 1985, - 60 с.
2. Белов П.С., Крылов И.Ф., Тонконогов Б.П. Методические указания по выполнению графической части курсовых и дипломных проектов. – М.: МИНГ, 1987. - 70 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. - М.: Химия, 1983. - 272 с.
4. Адельсон С.В., Вишнякова Т.П., Паушкин Я.М. Технология нефтехимического синтеза. - М.: Химия, - 1985. - 337 с.
5. Переработка нефти и нефтехимия. Экспресс-информация ЦНИИТЭнефтехим. - М., 1987, № 30, с. 19.
6. Переработка нефти и нефтехимия//Экспресс-информация ЦНИИТЭнефтехим. - М., 1987.- № 19. - с.27.
7. Минскер К.С., Сангалов Ю.А. Изобутилен и его полимеры. - М.: Химия, 1986. - 224 с.
8. Чаплин Д.Н. и др. Выделение изобутилена и изоамиленов из углеводородных фракций//ЦНИИТЭнефтехим, Тематический обзор. Сер. "Промышленность синтетического каучука".- М., 1981. - 35 с.
9. Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономия топлива на автомобильном транспорте. - М.: Транспорт, 1984. - 302 с.
10. Казанская А.С., Скобло В.А. Расчеты химических равновесий. Сб. примеров и задач. - М.: Высшая школа, 1974. - 288 с.
11. Адельсон С.В., Белов П.С. Примеры и задачи по технологии нефтехимического синтеза. Учебное пособие для вузов. - М.: Химия, 1987. - 192 с.
12. Васильев И.А., Петров В.М. Термодинамические свойства кислородсодержащих органических соединений. - М.: Химия, 1984. - 240 с.
13. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. - М.: Наука, 1972. - 720 с.

14. Вукалова М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А. Таблицы  
теплофизических свойств воды и водяного пара. - М.: Изд-во стандартов,  
1969. – 408с.