

Министерство образования и науки РФ
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения Высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

ДЕГИДРАТАЦИЯ СПИРТОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

по дисциплине
«Сырье и материалы производств полимеров»

**Нижекамск
2013**

УДК 66.093
М 62

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Кутузова Г.С., кандидат технических наук, доцент;
Дмитриев А.В., доктор технических наук, доцент.

Минигалиев, Т.Б.

М 62 Дегидратация спиртов : методические указания для выполнения лабораторных работ / Т.Б. Минигалиев и [др.]. - Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 20 с.

В указании рассмотрены теоретические основы дегидратации спиртов. Описана лабораторная установка и методика проведения работы и обработки результатов экспериментов.

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 240501 «Химическая технология высокомолекулярных соединений» и направления бакалавриата 240100 «Химическая технология» по профилю «Технология и переработка полимеров».

Подготовлены на кафедре химической технологии Нижнекамского химико-технологического института.

УДК 66.093

© Минигалиев Т.Б., Дорожкин В.П.,
Якупов А.А., Коробейникова О.А., 2013
© Нижнекамский химико-технологический
институт (филиал) ФГБОУ ВПО
«КНИТУ», 2013

1 ВВЕДЕНИЕ

На первых этапах развития промышленной органической химии процессы дегидратации служили для получения олефинов из соответствующих спиртов, в частности, для получения этилена. Процесс катализировался серной кислотой в жидкой фазе при 100-160 °С или осуществлялся в газовой фазе с катализатором Al_2O_3 при 350-400 °С. С появлением более дешевых способов получения низших олефинов данный способ утерял свое значение. Однако в некоторых странах распространение получает метод производства этилена из биоэтанола, получаемого в процессе переработки растительного сырья. В России с большими запасами нефти и дорогостоящим производством этанола из растительного сырья обратным процессом гидратации этилена получают технический спирт.

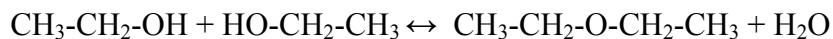
На данный момент дегидратация является одной из стадий некоторых методов получения таких важных продуктов, как стирол и изобутилен. Реакция дегидратации - сложный химический процесс, сопровождающийся побочными реакциями. Поиск оптимальных условий проведения реакции дегидратации является важной химической задачей.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

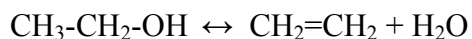
Дегидратация (от лат. de – отделение, удаление и hydor — вода) отщепление молекулы воды от органических или неорганических соединений.

Реакции дегидратации проводят в газовой или жидкой фазах в присутствии катализаторов кислотного характера, при этом возможны два направления:

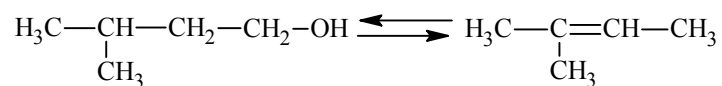
- межмолекулярная дегидратация – экзотермическая обратимая реакция с участием двух молекул, при этом разрывается связь С-О одной молекулы и связь О-Н другой с образованием простой эфирной связи:



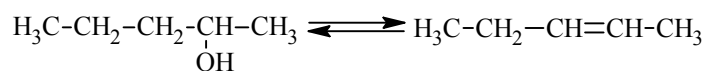
- внутримолекулярная дегидратация – эндотермическая реакция с участием одной молекулы с образованием двойной связи:



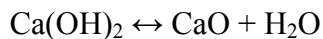
Внутримолекулярная дегидратация спиртов часто сопровождается образованием двойной связи в β-положении от ОН группы:



Если строение спирта таково, что возможно два направления дегидратации, то отщепление воды осуществляется в соответствии правила Зайцева (атом водорода отщепляется от наименее гидрогенизированного атома углерода). Так, при дегидратации 2-пентанола преимущественно образуется 2-пентен:



Примерами дегидратации неорганических веществ является отщепление воды от кислот и оснований с образованием ангидридов, например:



2.1. Влияние основных технологических параметров

2.1.1 Температура

Так как реакции внутримолекулярной дегидратации обратимы и эндотермичны (в случае этилового спирта $\Delta H^0_{298} = 46$ кДж/моль), то равновесие реакции можно сместить в сторону образования непредельных соединений повышением температуры. Понижение температуры будет способствовать обратному процессу гидратации олефинов в спирты. В зависимости от давления, типа спирта и используемого катализатора дегидратацию проводят в интервале температур 90-400 °С.

2.1.2 Давление

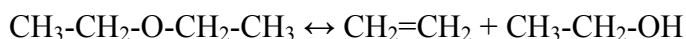
В большей степени на положение равновесия влияет давление процесса. Как видно из стехиометрии реакции внутримолекулярной дегидратации процесс протекает с увеличением объема. Поэтому равновесие дегидратации можно сместить вправо путем снижения давления. Как правило, промышленные процессы дегидратации проводят при давлениях близких к атмосферному или ниже. Также эффекта снижения давления добиваются путем разбавления реакционной смеси водяным паром для газофазного процесса, что приводит к снижению парциального давления спирта.

Увеличение давления процесса способствуют протеканию обратной реакции гидратации олефинов. При повышенных давлениях положение равновесие значительно смещается влево, что лежит в основе промышленных процессов гидратации.

2.1.3 Степень конверсии

При дегидратации спиртов протекает ряд параллельных и последовательных обратимых реакций, причем олефин образуется как непосредственно из спирта, так и через простой

эфир, образовавшийся в результате межмолекулярной дегидратации. Простые эфиры в условиях проведения процесса легко разлагаются до олефина и исходного спирта, например:



Чем выше степень превращения спирта, тем более полно происходит разложение эфира. В связи с этим селективность процесса по олефинам возрастает с увеличением конверсии спирта.

2.2. Катализаторы дегидратации

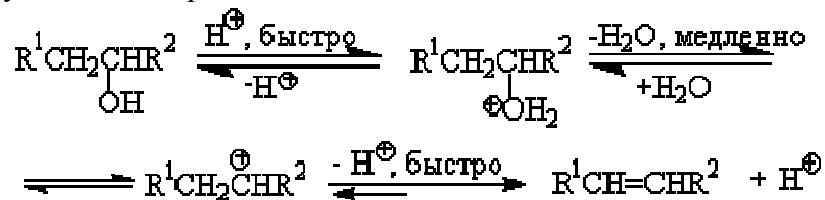
Катализаторами процесса являются протонные кислоты (серная, фосфорная, катиониты) и твердые контакты кислотного типа (некоторые окислы металлов, алюмосиликаты, фосфаты). В зависимости от способа дегидратации – в жидкой или газовой фазе – тип катализатора различается.

Жидкофазную дегидратацию проводят в тех случаях, когда газофазный процесс неприменим из-за того, что исходные или конечные реагенты при высокой температуре имеют высокую склонность к побочным процессам: расщепления, полимеризации, конденсации или гидролиза. Это относится к синтезу морфолина, ненасыщенных альдегидов и кетонов, но в жидкой фазе проводят дегидратацию нитроспиртов, триметилкарбинола, которые можно превращать в соответствующие ненасыщенные вещества и в газовой фазе. В качестве катализаторов используют серную кислоту (концентрацией до 70 %), фосфорную кислоту, фосфаты и катиониты.

Газофазная дегидратация используется в тех случаях, когда исходные и конечные вещества достаточно стойки к побочным процессам при повышенных температурах. Это относится к получению уксусного ангидрида, тетрагидрофурана, стирола. Наиболее часто используемые катализаторы: окись алюминия, фосфорная кислота на носителях.

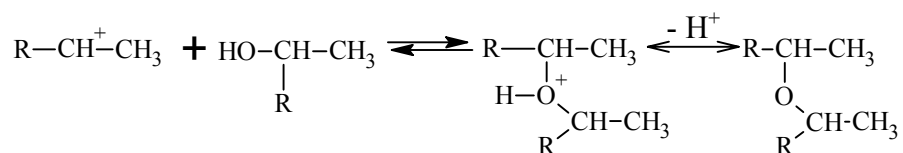
2.3. Химизм процесса

На начальной стадии происходит атака спирта электрофилом – частицей, заряженной положительно или имеющей дефицит электронов, т.е. брэнстедовской или льюисовской кислотой соответственно. Протон кислоты со спиртом создает катион алкоксона, который, отщепляя воду, образует катион карбония:



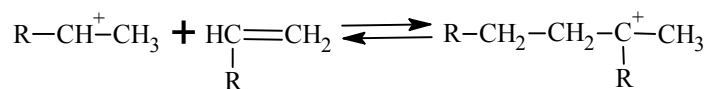
Образованный на промежуточной стадии ион карбония может вступать в побочные реакции полимеризации и образования простых эфиров.

При взаимодействии иона карбония с исходной молекулой спирта образуется простой эфир:



Повышение температуры и снижение парциального давления спирта благоприятствует снижению выхода эфиров, вследствие смещения равновесия в сторону образования олефинов.

По мере накапливания олефинов в системе возможно протекание катионной полимеризации с образованием жидких олигомеров

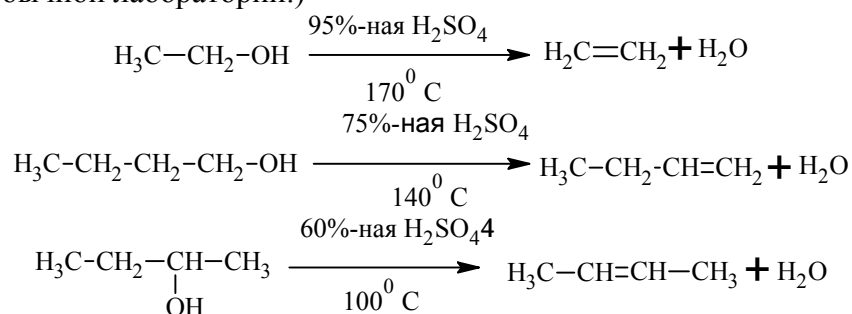


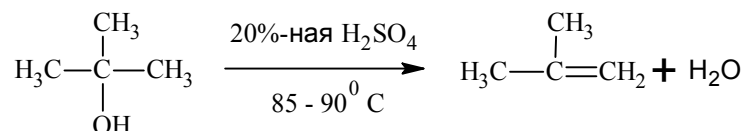
Выход полимера зависит в основном от температуры и увеличивается с ее повышением. Особенно значителен выход полимера при получении изобутилена, поэтому дегидратацию триметилкарбинола необходимо проводить при пониженных температурах.

2.4. Дегидратация спиртов

В лаборатории дегидратацию обычно проводят, либо нагревая спирт с серной кислотой или фосфорной кислотой при температуре около 200°C , либо пропуская пары спирта над окисью алюминия Al_2O_3 при $350-400^{\circ}\text{C}$, при этом окись алюминия реагирует как кислота Льюиса.

Различные классы спиртов сильно отличаются по легкости дегидратации. На примере следующих реакций показано, как различия в реакционной способности спиртов влияют на экспериментальные условия дегидратации. (Некоторые третичные спирты дегидратируются настолько легко, что их можно разделить ректификацией, если только принять меры для тщательной защиты от паров кислот в воздухе, имеющих в обычной лаборатории.)





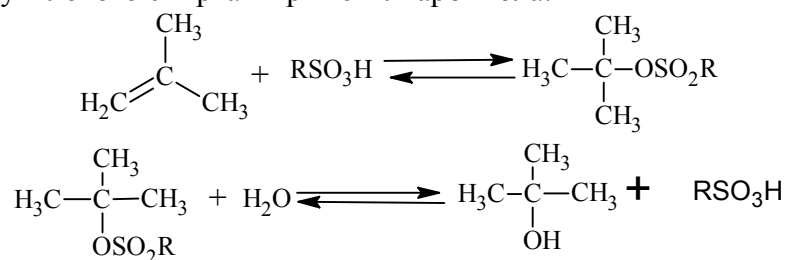
Если возможно образование изомерных алкенов, то обычно преобладает один изомер согласно правилу Зайцева. Так, втор-бутиловый спирт, который может дегидратироваться с образованием бутена-2 и бутена-1, дает почти исключительно бутен-2.

В нефтехимической промышленности дегидратация используется для получения изобутилена и стирола.

2.4.1. Получение изобутилена. Дегидратация триметилкарбинола

Главным промышленным способом производства изобутилена является его выделение из фракций C_4 термических и каталитических процессов крекинга, пиролиза и дегидрирования углеводородов. В связи с близостью температур кипения углеводородов C_4 их разделение затруднено. Выделение изобутилена осуществляют либо с помощью серной кислоты, либо гидратацией и дальнейшей дегидратацией на ионообменных смолах.

Процесс извлечения изобутилена на ионообменных смолах основан на способности изобутилена в присутствии сульфокатионита вступать в реакцию с водой с образованием трет-бутилового спирта – триметилкарбинола:



где: RSO_3H – сульфокатионит.

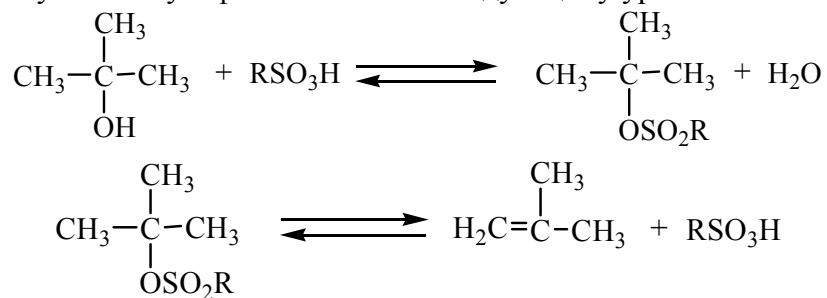
Реакционная способность олефинов к гидратации соответствует аналогичному ряду спиртов по их способности к дегидратации:

Третичный > Вторичный > Первичный

Из таких углеводородов как изобутилен, бутен-2 и бутен-1 наиболее реакционноспособным является первый. Поэтому практически только изобутилен вступает во взаимодействие. Полученный триметилкарбинол имеет высокую температуру кипения и его легко отделить от других углеводородов ректификацией.

На следующей стадии дегидратацией триметилкарбинола получают изобутилен. Процесс практически аналогичен процессу гидратации изобутилена, отличием является пониженное давление (1,6 кгс/см²), чем при дегидратации (17-20 кгс/см²). Низкое давление позволяет сместить равновесие процесса в сторону образования изобутилена.

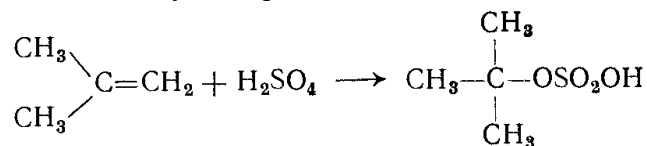
Процесс дегидратации триметилкарбинола обратен процессу гидратации и его проводят при температуре 90 °С в присутствии сульфокатионита по следующему уравнению:



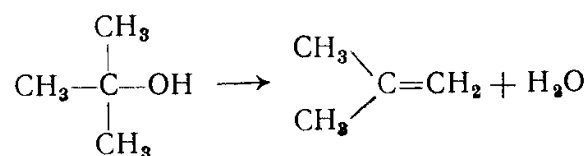
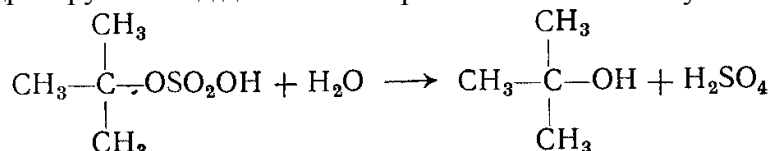
Дегидратацию ведут непрерывно, выводя с реакционной зоны (катализатора) более летучие продукты изобутилен и воду. Катализатор обогревается парами подводимой азеотропной смеси триметилкарбинола и воды. Над реактором находится обратный конденсатор, с помощью которого можно регулировать возврат триметилкарбинола. Выводимый из

конденсатора изобутилен отделяется от воды и направляется на получение каучуков.

При сернокислотном способе выделения изобутилена, его обрабатывают 60-65 %-ной серной кислотой при 35-40 °С с образованием изобутилсерной кислоты:

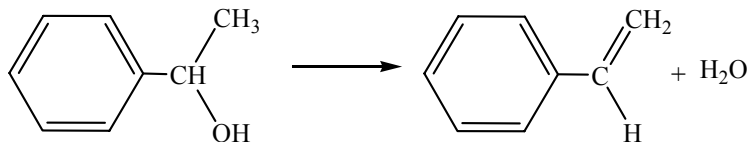


При разбавлении водой изобутилсерная кислота легко гидролизуется, образуя триметилкарбинол, который тут же дегидратируется под действием серной кислоты в изобутилен:



2.4.2. Получение стирола. Дегидратация метилфенилкарбинола

Около 85% всего стирола получают в промышленности путем дегидрирования этилбензола. Остальные 15% приходятся на совместный способ производства стирола и пропилен оксида. На первой стадии осуществляют окисление этилбензола с получением гидропероксида этилбензола, который при взаимодействии с пропиленом образует оксид пропилена и метилфенилкарбинол. Метилфенилкарбинол подвергают дегидратации в присутствии оксида алюминия при температуре 250-320 °С с образованием стирола:



Кроме основной реакции протекает ряд побочных с образованием ацетофенона, этилбензола, водорода, бензойной кислоты, альфа-метилестирола, бензальдегида, а также тяжелокипящих соединений.

Кроме того, образуется бензол и легкие углеводороды. В процессе дегидратации для снижения парциального давления углеводородов подается водяной пар в соотношении водяной пар:метилфенилкарбинол=10:1 мол.

Водяной пар является также теплоносителем для эндотермической реакции дегидратации. По мере протекания реакции дегидратации метилфенилкарбинола на поверхности катализатора происходит отложение кокса, вследствие чего снижается его активность. Для восстановления активности катализатора производится его регенерация паровоздушной смесью при температуре 400-600°C через 400 - 600 часов работы.

Процесс каталитической дегидратации МФК в стирол проводится в адиабатических условиях с промежуточным обогревом реакционного газа.

Дегидратация МФК производится в две ступени: степень превращения МФК в первой ступени составляет 50-70%, во второй ступени – 20-40%, общая конверсия составляет 90%, селективность процесса 96-97%.

Катализат, полученный при дегидратации МФК, разделяется методом ректификации в вакууме. Выделение стирола методом ректификации при обычных условиях затрудняется из-за склонности его к термополимеризации.

В связи с этим разделение стирола, ацетофенона и этилбензола проводится под глубоким вакуумом в присутствии ингибиторов полимеризации.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Описание устройства и принципа действия установки

Установка состоит из трубы реактора 1, термопары 2, насадки входной 3, крышки 4, газового входа 5, крышки газового входа 6, насадки выходной 7, приемника 8, адаптера приемника 9, газометра 10, холодильника 11, сборника жидкости 12, реле 13, нагревательного элемента 14, крана подачи воды в газометр К1, крана сброса избыточного давления и избытка жидкости/отрицательного отбора уровнемера К2, крана подачи реакционных газов в газометр К3, крана слива жидкости К5, положительного отбора уровнемера К6, резервных кранов К4, К7 и К8.

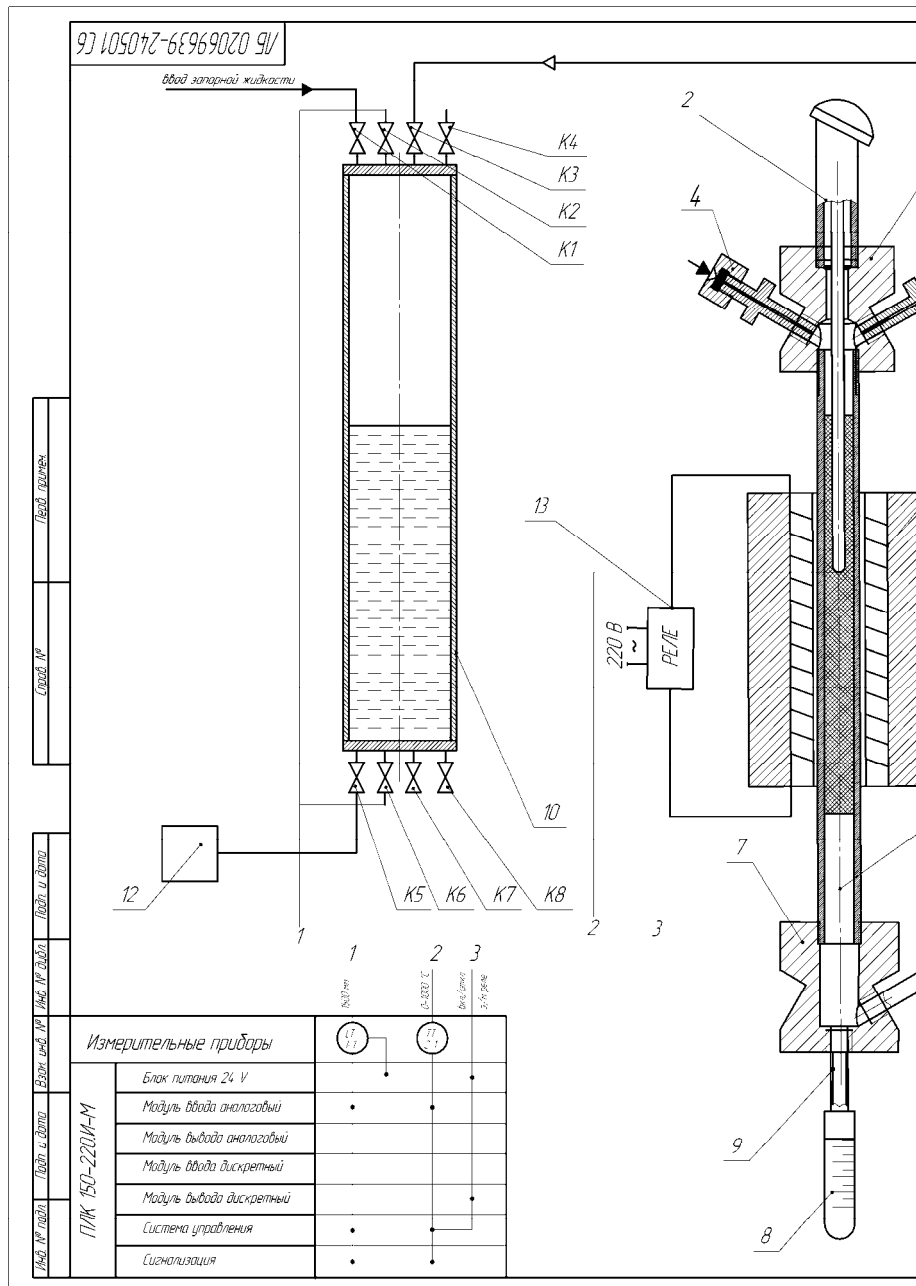
Ввод жидкости осуществляется через крышку 6 газового входа 5, ввод твердых образцов осуществляется через крышку 4. Реакция идёт в трубе 1, которая обогревается нагревательным элементом 14. Напряжение 220 В подается на спираль нагревательного элемента электромагнитным реле 13. Измерение температуры в зоне реакции осуществляется при помощи термопары 2. Образовавшаяся в результате реакции жидкость через адаптер приемника 9 стекает в приемник 8. Газообразные продукты реакции охлаждаются в холодильнике 11 и через кран К3 поступают в газометр 10. Вытесняемая газообразными продуктами реакции из газометра 10 жидкость стекает в сборник 12.

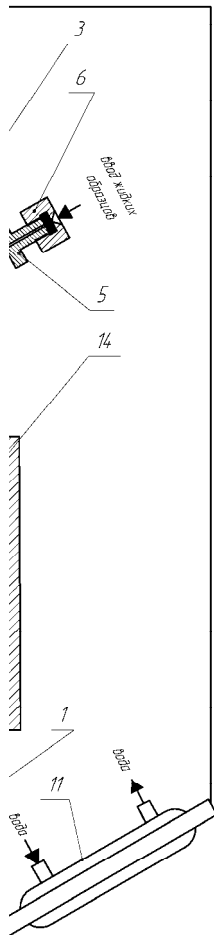
3.2 Эксплуатация установки

Пуск установки

Пуск установки состоит из следующих операций:

- соединить газометр 10 с системой водоснабжения гибким шлангом через кран К1;





Поз.	Наименование	Кол.
1	Труба пиролитиза	1
2	Термометра	1
3	Насадка входная	1
4	Газовый вход	1
5	Газовый выход	1
6	Крышка газового входа	1
7	Насадка выходная	1
8	Приемник	1
9	Адаптар приемника	1
10	Газометр	1
11	Холодильник	1
12	Сборник жидкости	1
13	Электромагнитное реле	1
14	Электронагреватель	1
К1-К8	Кран	8

				ЛБ 02069639-240501 С6			
Иван	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Рязов		02.03.2018	И				
Григор		Миничаев			Лист	Листов	1
Г.Контр.		Королевичев			НХТИ		
Н.Контр.		Миничаев					
Утв.							

Копировал

Формат А2

- настроить сброс газовой подушки из газометра 10 через кран К2 по гибкому шлангу второй конец которого должен быть опущен в сборник жидкости 12 для сброса излишка воды;
- открыть краны К2 и К6, закрыть краны К4 и К5, кран К3 перевести в верхнее положение;
- подать воду в газометр 10;
- после достижения уровня воды 100 % в газометре 10, подачу воды прекратить;
- подключить отрицательный отбор уровнемера к газометру 10 через кран К2;
- включить компьютер;
- включить установку в сеть 220 В, на блоках питания должны загореться зеленые индикаторы;
- включить автомат А1 микроконтроллера, при этом он автоматически проводит проверку исправности;
- запустить программу управления установкой дегидратации;
- в меню управления выбрать «ON LINE» и нажать «LOG IN» в выпадающем списке. На панели микроконтроллера загорится зеленый индикатор «СВЯЗЬ»;
- на вопрос о необходимости загрузки программы в микроконтроллер в открывшемся диалоговом окне нажать кнопку «ДА»;
- нажать клавишу F5 для принудительного запуска программы микроконтроллера;
- подать напряжение на спираль нагревателя, включив автомат А2;
- установить температуру согласно режиму,
- соединить нижний ввод холодильника 11 с системой водоснабжения гибким шлангом;
- присоединить гибкий шланг к верхнему вводу холодильника 11, конец шланга опустить в раковину;
- подать воду в холодильник 11;
- открыть краны К2, К3 и К6, при этом краны К1, К4, К5, К7 и К8 должны быть закрыты;
- после стабилизации температуры на уровне заданного значения, приступить к работе.

Работа на установке

Дегидратацию спирта проводят следующим образом:

- набрать заданный объем спирта в шприц;
- ввести жидкость через крышку газового входа 5 со скоростью 1мл/мин;
- открыть кран К5;
- отметить момент, когда вода из газометра перестанет вытекать через кран К5 и начать отсчет времени с помощью секундомера;
- через равные промежутки времени регистрировать объем выделившегося газа в газометре 10 и объем жидкости в сборнике 8;
- через пять минут после того как жидкость и газ перестанут выделяться эксперимент прекратить.

Во время работы запрещается:

- открывать краны К1, К4, К7 и К8 во избежание попадания газов дегидратации в воздух рабочей зоны, что может привести к отравлению персонала, загоранию и/или взрыву;
- закрывать краны К3 и К5 во избежание избыточного давления в системе, что может привести к разгерметизации системы и попаданию газов дегидратации в воздух рабочей зоны и последующим отравлению персонала, загоранию и/или взрыву;
- выдергивать шприц со спиртом;
- устанавливать температуру более 1000 °С.

Выключение

После окончания работы необходимо остановить установку следующим образом:

- отключить обогрев, выключив автомат А2;
- прекратить подачу охлаждающей воды в холодильник 11;

- в меню управления выбрать «ON LINE» и нажать «LOG OUT» в выпадающем списке. Зеленый индикатор «СВЯЗЬ» на панели микроконтроллера погаснет;
- закрыть программу управления установкой дегидратации;
- выключить компьютер;
- нажать кнопку Пуск/Стоп на панели микроконтроллера, при этом погаснет красный индикатор «РАБОТА»;
- отключить питание установки, выключив автомат А1;
- отключить установку от сети, выдернув штепсельную вилку из розетки, при этом погаснут зеленые индикаторы на блоках питания;
- закрыть краны К1, К4, К5, К7 и К8; краны К2, К3 и К6 оставить открытыми.

Действие персонала в аварийных ситуациях

При выбросе жидких углеводородов из шприца, приемника 8 или через негерметичные соединения необходимо:

- немедленно отключить обогрев трубы реактора 2 и питание установки, выключив автоматы А1 и А2;
- выдернуть штепсельную вилку из розетки;
- разлившуюся жидкость собрать с помощью песка.

При появлении на установке открытого огня необходимо:

- немедленно отключить обогрев печи и питание установки выключив автоматы А1 и А2;
- выдернуть штепсельную вилку из розетки;
- набросить на установку противопожарное полотно;
- потушить очаг возгорания углекислотным огнетушителем ОУ5.

3.3 Задание на эксперимент и обработка результатов

В качестве объекта исследования следует выбирать этиловый спирт (предпочтительно), пропиловый или изопропиловый спирт. В качестве катализатора применяется оксид алюминия.

Условия дегидратации:

- температура: 400°C, 500°C, 600°C;
- объёмные скорости подачи спирта: 0,5; 1,0; 1,5 мл/мин;
- объём пробы спирта: 15 мл.

Спирт вводят при помощи шприца. Пример протокола экспериментов представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Протокол эксперимента

Объёмная скорость подачи спирта, мл/мин	Температура, °C	Масса исходного спирта, гр	Масса полученной жидкой фракции (m _ж), г	Объём полученного газа (этилена), л
0,5	700	13,452	4,089	14,1
	600	11,990	4,053	7,63
	500	11,121	4,590	5,36
0,10	700	12,120	1,515	12,24
	600	11,837	5,162	6,28
	500	11,847	3,460	4,29

Определяем концентрацию непрореагировавшего водного раствора спирта по таблице 3.2 в зависимости от плотности, которую находят по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

где m - масса жидкой фракции, г;
 V - объем жидкой фракции.

Находим конверсию:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1}$$

где m_1 – масса исходного безводного этанола,

m_2 – масса этилового спирта в жидкой фракции

Масса этилового спирта в жидкой фракции рассчитывается

$$m_2 = m_{ж} \cdot (100-\omega)/100.$$

Таблица 3.2 – Плотность водных растворов спиртов (при 20⁰С) г/мл

Массовая доля (ω), %	этанол	1-пропанол	2-пропанол
1	2	3	4
0,5	0,9973	0,9973	0,9973
1,0	0,9963	0,9963	0,9939
2,0	0,9945	0,9946	0,9939
3,0	0,9927	0,9928	0,9920
4,0	0,9910	0,9911	0,9902
5,0	0,9893	0,9896	0,9884
6,0	0,9878	0,9882	0,9871
7,0	0,9862	0,9868	0,9855
8,0	0,9847	0,9855	0,9843
9,0	0,9833	0,9842	0,9831
10,0	0,9819	0,9829	0,9816
12,0	0,9792	0,9804	0,9793
14,0	0,9765	0,9779	0,9772
16,0	0,9739	0,9749	0,9751
18,0	0,9713	0,9719	0,9725
20,0	0,9687	0,9686	0,9696
22,0	0,9660	0,9653	0,9667
24,0	0,9632	0,9612	0,9637
26,0	0,9602	0,9571	0,9609

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4
28,0	0,9571	0,9533	0,9580
30,0	0,9539	0,9495	0,9551
32,0	0,9504	0,9452	0,9552
36,0	0,9431	0,9370	0,9493
38,0	0,9392	0,9288	0,9464
40,0	0,9352	0,9288	0,9302
42,0	0,9311	0,9206	0,9286
44,0	0,9269	0,9124	0,9225
46,0	0,9227	0,9042	0,9154
48,0	0,9183	0,8961	0,9060
50,0	0,9139	0,8959	0,8978
52,0	0,9139	0,8895	0,8936
56,0	0,9139	0,8878	0,8902
60,0	0,8676	0,8875	0,8824
70,0	0,8676	0,8714	0,8816
80,0	0,8436	0,8470	0,8341
90,0	0,8180	0,8345	0,8249
92,0	0,8125	0,8288	0,8188
94,0	0,8070	0,8226	0,8026
98,0	0,7954	0,8146	0,7947
100,0	0,7893	0,8034	0,7848

Плотность газа этилена при н.у. = 0,974 г/см³. Находят массу этилена по формуле:

$$m_{\text{этилен}} = V \cdot \rho_{\text{газа}}$$

где $m_{\text{этилен}}$ – масса газа этилена,

V – объем газа (этилена) накопившегося в газометре.

По итогам обработки результатов эксперимента строят графические зависимости конверсии спирта от условий его дегидратации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабаров, Ю.С. Органическая химия / Ю.С. Шабаров. - М. : Химия, 1994.
2. Артеменко, А.И. Органическая химия / А.И. Артеменко. - М. : Высш. шк., 1998. - 535 с.: ил.
3. Степин, Б.Д. Органическая химия / Б.Д. Степин, А.А. Цветков. - М. : Высш. шк., 1994. - 605с.: ил.
4. Моррисон, Р. Органическая химия / Р. Моррисон. – М. : Химия, 1974. – 600 с.
5. Бюлер, К. Органические синтезы. Т.2 / К. Бюлер, Д. Пирсон. – М. : Мир, 1973. – 593 с.
6. Одабашян, Г.В. Лабораторный практикум по химии и технологии органического и нефтехимического синтеза / Г.В. Одабашян, В.Ф. Швец. – 2-е изд. – М. : Химия, 1998. – 840 с.: ил.
7. Ваншейдт А.А. Получение стирола путем дегидратации метилфенилкарбинола в присутствии кислот / А.А. Ваншейдт, А.В.Кон // Журнал прикладной химии. - 1940. - Т. 13, № 12.- с.1873.
8. Робертс, Дж. Д. Основы органической химии. Т. 1 / Дж.Д. Робертс, М.К. Касерио. – 2-е изд., пер. с англ. - М. : Химия, 1978. – 813 с.: ил.
9. Мищенко, Г.Л. Синтетические методы органической химии / Г.Л. Мищенко, К.В. Вацуро. - М. : Химия. - 1982. – 615с.: ил.

Учебное издание

Минигалиев Т.Б.

кандидат технических наук, доцент

Дорожкин В.П.

доктор химических наук, профессор

Якупов А.А.

кандидат технических наук, доцент

Коробейникова О.А.

старший преподаватель

ДЕГИДРАТАЦИЯ СПИРТОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по дисциплине
«Сырье и материалы производств полимеров»**

Корректор Габдурахимова Т.М.

Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 08.02.2013

Подписано в печать 20.02.2013.

Бумага писчая. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,4. Тираж 100.

Заказ №8.

НХТИ (филиал) ФГОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.