РЕАКЦИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ГИДРАТАЦИИ АЦЕТИЛЕНА

Каржавов Абдихаким Рахмонович
Самаркандский государственный медицинский университет
Самаркандская область, Узбекистан

Аннотация. Ацетон — ценный химический продукт. Его можно получить окислительным дегидрированием изопропилового спирта, окислением пропилена, разложением уксусной кислоты и этилового спирта, окислением цимола и другими способами.

Среди известных способов получения ацетона наиболее перспективным является синтез гидратацией ацетилена в присутствии катализаторов. Преимуществом данного метода является возможность реализации процесса на действующих установках по производству уксусного альдегида. С другой стороны, перспективен процесс одновременного получения ацетальдегида и ацетона под воздействием многофункциональных катализаторов и проведение процесса с использованием гибкой технологии. Исследована парофазная гидратация ацетилена с образованием ацетона на полифункциональных катализаторах. Найдены параметры процесса, обеспечивающие высокую селективность получения ацетона и конверсию ацетилена. В настоящее время уксусный альдегид получают в основном двумя способами — гидратацией ацетилена и окислением этилена. Процесс гидратации ацетилена в уксусный альдегид в присутствии катализаторов изучен достаточно хорошо. Для этого процесса предложено множество катализаторов. Среди известных катализаторов гидратации ацетилена в уксусный альдегид наиболее активным оказался кадмий-кальций-фосфатный катализатор (ККФ), рекомендованный для промышленного использования. Однако кадмий-кальций-фосфатный катализатор не лишен недостатков. Средний выход ацетальдегида за один проход ацетилена не превышает 7,0%. Катализатор ККФ очень чувствителен к изменению температуры, срок его службы до регенерации не превышает 72-76 часов.

Ключевые слова: ацетон, пропилен, процесс гидратации, катализатор, сшивка, многофункциональные свойства.

Annotation. Acetone is a valuable chemical product. It can be obtained by oxidative dehydrogenation of isopropyl alcohol, oxidation of propylene, decomposition of acetic acid and ethyl alcohol, oxidation of cymol and other methods. Among the known methods for producing acetone, the most promising is the synthesis by hydration of acetylene in the presence of catalysts. The advantage of this method is the possibility of implementing the process in existing

ISSN 3030-3907

installations for the production of acetic aldehyde. On the other hand, the process of simultaneous production of acetaldehyde and acetone under the influence of multifunctional catalysts and carrying out the process using flexible technology is promising. The vapor phase hydration of acetylene with the formation of acetone on multifunctional catalysts has been studied. The process parameters providing high selectivity of acetone production and acetylene conversion are found. Currently, acetic aldehyde is obtained mainly by two methods — acetylene hydration and ethylene oxidation. The process of acetylene hydration into acetic aldehyde in the presence of catalysts has been studied quite well. Many catalysts have been proposed for this process. Among the known catalysts for the hydration of acetylene into acetic aldehyde, cadmium-calcium-phosphate catalyst (CCF), recommended for industrial use, turned out to be the most active. However, the cadmium-calcium-phosphate catalyst is not without its drawbacks. The average yield of acetaldehyde per acetylene pass does not exceed 7.0%. The CCF catalyst is very sensitive to temperature changes, and its service life before regeneration does not exceed 72-76 hours.

Keywords: acetone, propylene, hydration process, catalyst, crosslinking, multifunctional properties.

Annotatsiya. Aseton qimmatbaho kimyoviy mahsulotdir. Uni izopropil spirtini oksidlovchi dehidrogenlash, propilenning oksidlanishi, sirka kislotasi va etil spirtining parchalanishi, simolning oksidlanishi va boshqa usullar bilan olish mumkin. Aseton ishlab chiqarishning ma'lum usullari orasida katalizatorlar ishtirokida atsetilenning hidratsiyasini sintez qilish eng istiqbolli hisoblanadi. Ushbu usulning afzalligi sirka aldegid ishlab chiqarish uchun mavjud qurilmalarda jarayonni amalga oshirish qobiliyatidir. Boshqa tomondan, ko'p funktsiyali katalizatorlar ta'siri ostida asetaldegid va asetonni bir vaqtning o'zida olish va moslashuvchan texnologiyadan foydalangan holda jarayonni o'tkazish jarayoni istiqbolli. Atsetilenning parofazik hidratsiyasi ko'p funktsiyali katalizatorlarda aseton hosil bo'lishi bilan tekshirildi. Aseton ishlab chiqarishning yuqori selektivligini va asetilen konversiyasini ta'minlaydigan jarayon parametrlari topildi. Hozirgi vaqtda sirka aldegidi asosan ikki usulda — atsetilenni gidratlash va etilenni oksidlash orqali olinadi. Asetilenni sirka aldegidiga katalizatorlar ishtirokida namlash jarayoni juda yaxshi o'rganilgan. Ushbu jarayon uchun ko'plab katalizatorlar taklif qilingan. Asetilenni sirka aldegidiga gidratlash uchun ma'lum bo'lgan katalizatorlar orasida sanoat maqsadlarida foydalanish uchun tavsiya etilgan kadmiy-kaltsiy-fosfat katalizatori (KKF) eng faol bo'lgan. Biroq, kadmiy-kaltsiy-fosfat katalizatori kamchiliklardan xoli emas. Atsetilenning bir o'tishi uchun o'rtacha asetaldegid hosildorligi 7,0% dan oshmaydi. KKF katalizatori

ISSN 3030-3907

harorat o'zgarishiga juda sezgir, uning regeneratsiya muddati 72-76 soatdan oshmaydi.

Kalit so'zlar: aseton, propilen, hidratsiya jarayoni, katalizator, o'zaro bog'lanish, ko'p funktsiyali xususiyatlar.

Введение

Гидратацию ацетилена в присутствии катализатора можно проводить с целью получения ацетона. Преимуществом данного метода является возможность реализации процесса на действующих установках по производству уксусного альдегида. Замена кадмий-кальцийфосфатного катализатора на цинксодержащий катализатор позволяет получать ацетон с хорошим выходом при незначительных изменениях технологии [1-5]. В последнее время золь-гель метод интенсивно применяется для синтеза неорганических и орегано-неорганических матриц при низких температурах.

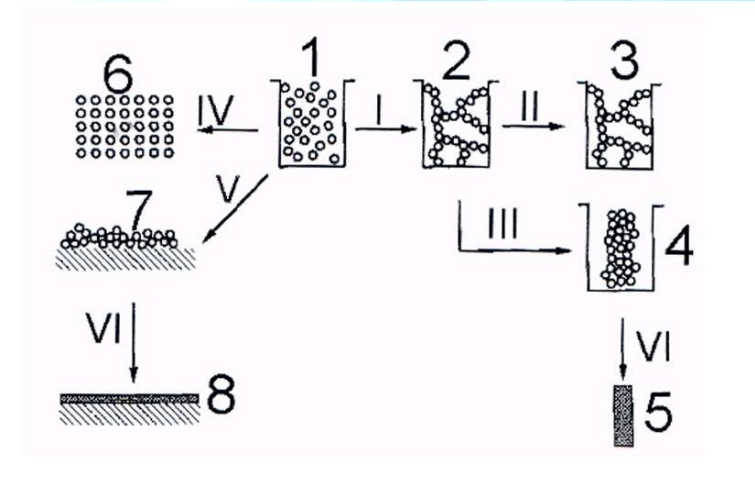


Рисунок 1 – Общая схема получения нанокатализаторов по золь-гель технологии

Данный метод обладает рядом преимуществ: простота используемого оборудования, эффективность, экологическая безопасность, дешевизна, технологичность и другие. На рисунке 1 представлена общая схема получения нанокатализаторов по золь-гель технологии. Основные процессы, происходящие при золь-гель переходе, и продукты, которые можно получить золь-гель методом, показаны на рисунке 1. I-созревание золя и образование геля: золь (1) → гель (2); II-сушка в сверхкритических условиях или промывка геля растворителями: гель (2) → аэрогель (3); III-сушка в нормальных условиях: гель (2) → ксерогель (4); IV-осаждение наночастиц: золь (1) → порошок (6); V-абсорбция золя стержневым веществом: золь (1) → тонкий слой ксерогеля (7); VI — закалка (варка): ксерогель (4) или тонкий слой ксерогеля (7) → монолитное стекло и керамика (5) или тонкий слой и оболочка.

ISSN 3030-3907

Нанокатализаторы проявляют высокую каталитическую активность, селективность, а также стабильность.

Во-первых, с уменьшением размера частиц большая часть атомов располагается на поверхности; поэтому катализатор, состоящий из наночастиц, имеет большую поверхность и становится очень активным в гетерогенных реакциях.

Во-вторых, большинство свойств наночастиц связано с их размером (размерной эффективностью), поэтому, изменяя размер наночастиц, можно управлять не только активностью, но и селективностью. С уменьшением размера частиц катализатора скорость реакции резко возрастает.

Исходя из вышеизложенного, следует, что изучение возможности использования нанокатализаторов, полученных на основе металлов Zn, Mn, Fe, V и других элементов с полифункциональными свойствами, для реакции гидратации ацетилена и его производных является актуальной задачей [6-9].

Методы. Эксперименты по каталитической гидратации ацетилена и его производных в газовой фазе проводились в реакторе диаметром 25 мм, высотой 1000 мм, изготовленном из нержавеющей стали, в стационарных условиях. Качественный и количественный состав продуктов реакции изучался методом газожидкостной хроматографии при следующих условиях: неподвижная фаза – 15% Апиезон-М в цвете хром, температура термостата колонки 80 ^{0}C, расход газа-носителя – гелия 60 см^3/мин, DIP-детектор. Количественный анализ проводился методом внутренних стандартов.

Определялись удельная поверхность, прочность на раздавливание, общий объем пор и зольность образцов. Удельную поверхность определяли методом термической десорбции азота в потоке газа-носителя – гелия при температуре кипения жидкого азота, экспериментальные данные обрабатывали с использованием уравнения БЭТ [10–13].

Механическую прочность гранул на раздавливание измеряли на приборе «Прочность мер ПК-1», предназначенном для испытания гранулированных материалов на механическую прочность в статических условиях сжатием.

За результат анализа принимали среднее арифметическое значение 25 индивидуальных испытаний.

Общий объем пор гранул рассчитывали по формуле:

$$V = \frac{1}{p_k} \square \frac{1}{p_n}$$

ISSN 3030-3907

где, p_k, p_n – кажущаяся и психометрическая плотность гранул, г/мл соответственно.

Кажущуюся плотность гранул определяли путем измерения их объема без учета внутренних пор. Объем гранул находили путем погружения их в твердый порошок (кварцевый песок с размером частиц 0,063–1,1 мм).

Фазовый состав образцов определяли методом рентгеновской дифрактометрии на дифрактометре ДРОН-3М в CuKα-излучении с Ni-фильтром, а также длиной рентгеновского
излучения.

Удельную площадь поверхности полученного катализатора рассчитывали методом БЭТ, средний размер мезопор – методом ВУА. Дисперсные свойства катализатора изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (JSM-6510 LV). Каталитическую активность полученного образца изучали в реакции гидратации ацетилена [14–17]. Ацетальдегид и ацетон синтезировали следующим образом. Ацетилен насыщали водой при температуре 70-80 ^{0}C и при соотношении вода:ацетилен = (1:3) - (1:5) моль/л пропускали через
слой катализатора при температуре 360 ^{0}C с объемной скоростью 180-200 ч-1.

Парогазовая смесь, выходящая из реактора, охлаждалась в холодильнике. Продукты реакции улавливались водой. Каталитические реагенты содержат ацетальдегид, ацетон, кретоновый альдегид, паровой альдегид и другие. Для поддержания степени превращения ацетилена не ниже 80% температуру реакции повышали на 10 ^{0}C каждые 20 часов. Через 96-120 часов степень превращения ацетилена снижали до 75-70%. Затем реакцию останавливали и катализатор регенерировали известным способом [18-21]. Далее было изучено влияние различных параметров (температуры, объемной скорости, соотношения ацетилен-вода) на конверсию ацетилена и выход ацетона.

Результаты. В результате исследования влияния температуры на выход ацетона установлено, что в интервале температур 360–500 ^{0}C зависимость выхода реакции от температуры носит экстремальный характер, а при 450 ^{0}C выход считается максимальным.

На основании результатов исследования качественного и количественного состава продуктов реакции на данном катализаторе нами предложен следующий механизм образования ацетона:

В реакции образования ацетона сначала образуется ацетальдегид, затем в результате альдольной конденсации – 3-гидроксибутаналь.

ISSN 3030-3907

$$CH{\equiv}CH + H_2O \rightarrow CH_3CHO,$$

$$2CH_3CHO \rightarrow CH_3CHOHCH_2CHO.$$

При гидратации 3-гидроксибутаналя образуется двухатомный спирт, а при дальнейшем дегидрировании — ацетоуксусная кислота:

$$CH_3CHOHCH_2CHO + H_2O \rightarrow CH_3CHOHCH_2CH(OH)_2$$

$$CH_3CHOHCH_2CH(OH)_2 \rightarrow CH_3COCH_2COOH + 2H_2$$

В свою очередь, ацетоуксусная кислота в этих условиях декарбоксилазируется и образуется ацетон.

$$CH_3COCH_2COOH \rightarrow CH_3COCH_3 + CO_2$$

Предложенная нами технологическая схема получения ацетальдегида, ацетона (или их смеси) представлена на рисунке 2.

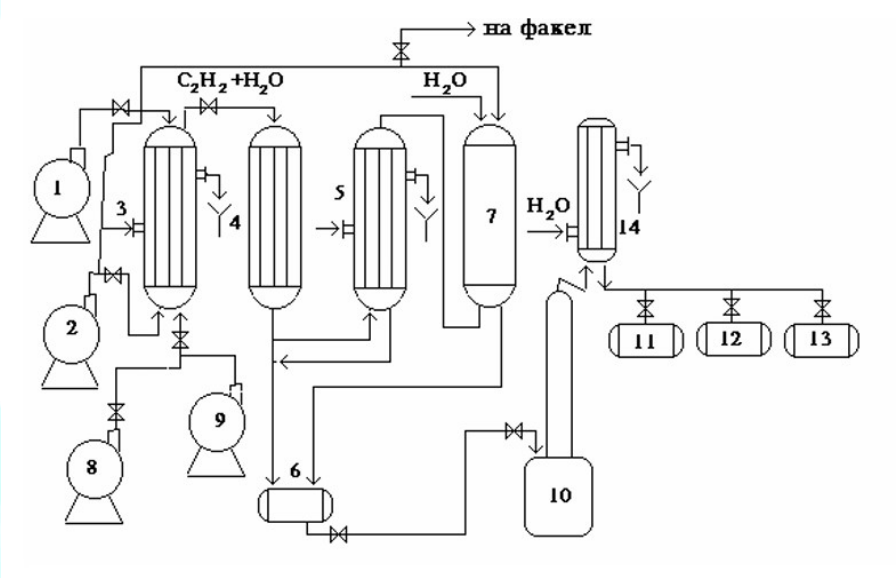


Рисунок 2 - Технологическая схема гидратации ацетилена:

1 – насос; 2 – газгольдер ацетилена; 3 – теплообменник; 4 – реактор; 5 – теплообменник; 6 – емкость для катализа;

7 – абсорбционная колонна; 8 – воздуходувка; 9 – газгольдер азота; 10 – ректификационная колонна; 11 – емкость для ацетальдегида;

12 – емкость для ацетона; 13 – емкость для кубового остатка; 14 – теплообменник

Нами изучен процесс каталитической парофазной гидратации ацетилена и его производных в присутствии комплексных смешанных полифункциональных катализаторов. В процессе получения ацетальдегида в качестве катализатора использовался фторид кадмия на оксиде алюминия, промотированный фторидом алюминия. При синтезе ацетона в качестве катализатора использовался оксид цинка, нанесенный на оксид алюминия, промотированный фторидом кадмия и алюминием, следующего состава, % масс.: ZnO – 20,0–25,0; CoF_2 – 3,0–5,0; AlF_3 – 3,0–5,0; Al_2O_3 – 60,0–84,0.

ISSN 3030-3907

Состав и свойства синтезированных катализаторов синтеза ацетальдегида и ацетона представлены в таблице 1.

Таблица 1

Состав и свойства синтезированных катализаторов

№	Состав, масс. %	Условные обозначения	Удельная поверхность, м2/г	Время работы до регенерации, час	Выход целевого продукта, %	
					ацетальдегид	ацетон
1	ZnO-20.0; AlF_3–3.0 Al_2O_3 - 77.0	ЦХ-1	135,0	72,0	10,0	82,0
2	CdF_2 – 20.0 Al_2O_3 – 80.0	КА-1	186,0	96,0	75,0	5,0
3	CdF_2 - 18.0; AlF_3- 3.0 Al_2O_3 – 79.0	КА-2	210,0	96,0	82,0	3,0
4	CdF_2- 18.0; AlF_3- 2.0 Cr_2O_3- 5.0; Al_2O_3- 75.0	КХА-1	225,0	120,0	83,0	1,5
5	ZnO-18.0; CdF_2- 2.0	ЦКХА-1	165,0	120,0	3,0	86,0

ISSN 3030-3907

	Cr_2O_3-5.0; Al_2O_3-80.0					

Как видно из таблицы, катализатор № 5 стабильно работает в течение 120 часов (при повышении температуры на 100 ^{0}C каждые 20 часов), обеспечивая степень превращения ацетилена на уровне 91-95% и выход ацетона 86,0%.

Ниже представлена зависимость степени превращения, стабильности катализатора (катализатор № 5) и выхода целевого продукта от соотношения вода:ацетилен (таблица 2).

Из представленных данных следует, что с увеличением соотношения вода:ацетилен наблюдается постепенное увеличение стабильности и селективности катализатора, выхода целевого продукта и конверсии ацетилена.

Таблица 2

Зависимость степени превращения, стабильности катализатора и выхода целевого продукта от соотношения вода:ацетилен

Соотношение вода: ацетилен, моль	Средний пробег катализатора до регенерации	Выход целевого продукта, в пересчете на прореагировавший ацетилен, %		Конверсия ацетилена, %
		ацетальдегид	ацетон	
1	32,0	4,6	55,0	70,2
2	54,0	3,4	66,0	80,4
3	96,0	2,2	76,0	86,0
4	125	1,5	80,0	91,0
5	144	1,2	82,0	95,0
6	132	1,1	76,0	94,0

Нами также изучено влияние температуры, объемной скорости, соотношения метилацетилен-алленовая фракция:вода и других факторов на выход ацетона. В оптимальных условиях ацетон был получен с выходом 86,0% при конверсии метилацетилен-алленовой фракции 92,0–94,0%.

Реакцию гидратации ацетилена в ацетальдегид проводили в присутствии кадмийхромалюминиевого катализатора – КГА в интервале температур 360–460 °C.

ISSN 3030-3907

Изучено влияние соотношения ацетилен:вода на селективность образования ацетальдегида в диапазоне ацетилен:вода = 1:1–6 моль. При этом установлено, что в диапазоне соотношений ацетилен:вода = 1:1–1:3 наблюдается увеличение доли побочных продуктов.

Выход ацетальдегида не превышает 26,0% от прореагировавшего ацетилена. При соотношении ацетилена и воды от -1:4 до 1:6 выход ацетальдегида и конверсия ацетилена достигают максимума. Дальнейшее увеличение соотношения ацетилен:вода не оказывает существенного влияния.

Экспериментально установлено, что выход ацетальдегида и конверсия ацетилена существенно зависят от скорости подачи ацетилена.

Влияние скорости подачи ацетилена на выход ацетальдегида и его конверсию изучалось в диапазоне скоростей подачи от 50 до 120 часов (рисунок 3).

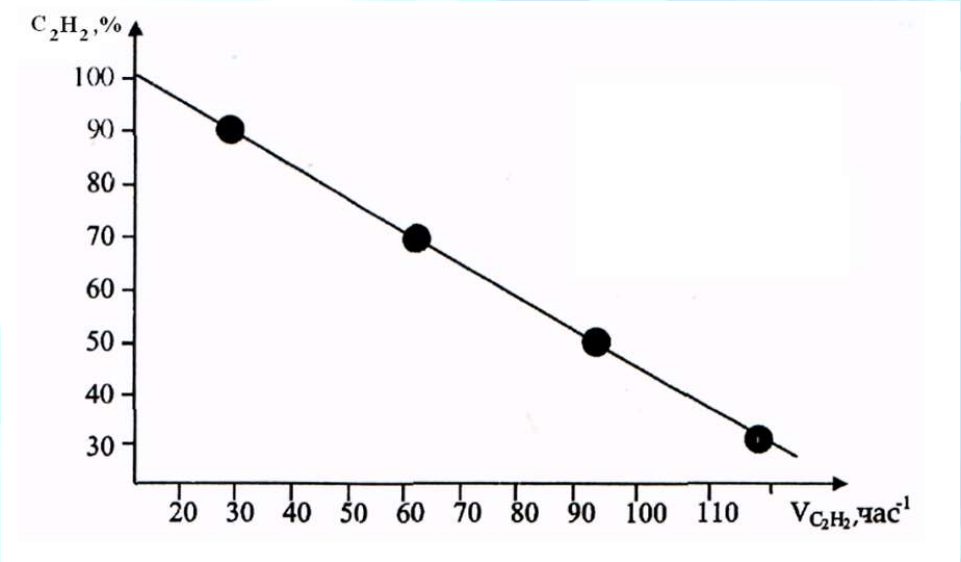


Рисунок 3 – Влияние объемной скорости ацетилена на его конверсию

Изучено влияние температуры, размера зерна катализатора, параметров реактора и высоты слоя катализатора на параметры процесса. Установлено, что реакция синтеза ацетальдегида начинается при 350 0С. Для поддержания конверсии ацетилена на уровне 70–75% температуру реактора повышали на 10 0С каждые 10 ч. Установлено, что оптимальное соотношение высоты слоя катализатора к диаметру реактора составляет 50–60, объемная скорость подачи ацетилена – 50–60 ч. В этих условиях катализатор КХА-1 при постоянной активности работает до 120 ч и при регенерации в течение 16–24 ч полностью восстанавливает свою активность.

Замена кадмий-хром-алюминиевого катализатора на цинк-алюмофторид или цинк-кадмий-хром-алюминиевый катализатор приводит к образованию ацетона как основного продукта в процессе гидратации ацетилена. С целью установления технологических параметров процесса

ISSN 3030-3907

получения ацетона методом прямой гидратации ацетилена изучено влияние объемной скорости, температуры, соотношения ацетилен : вода и других факторов на выход ацетона. Влияние температуры изучалось в диапазоне 250–500 0С в присутствии катализатора ССА-1, при соотношении ацетилен : вода = 1 : 4 моль/л, при объемной скорости подачи ацетилена 80 ч/л (таблица 3).

Таблица 3

Влияние температуры на конверсию ацетилена

Температура, ^{0}C	Выход ацетона на прореагировавший ацетилен, %	Конверсия ацетилена, %
250	15,2	18,0
300	20,6	26,0
325	33,4	34,0
350	63,0	62,0
375	70,6	80,0
400	82,0	84,0
425	84,0	90,0
450	65,0	94,0
500	52,0	98,0

Как видно из таблицы, катализатор ЦККА-1 неэффективен до 350 0С. Начиная с 350 0С до 425 ^{0}C наблюдается постепенное увеличение выхода ацетона и конверсии ацетилена. Дальнейшее повышение температуры приводит к значительному снижению выхода ацетона за счет образования побочных продуктов. Заключение. Исследованы реакции синтеза ацетона методом прямой гидратации ацетилена на катализаторах, приготовленных на основе оксидов и фторидов цинка, кадмия, железа, хрома и алюминия, с использованием раствора уксусной кислоты в качестве пептизатора. Определены основные текстурные и эксплуатационные характеристики синтезированных катализаторов.

На основании изучения зависимости степени превращения, стабильности работы катализатора и выхода целевого продукта от соотношения вода:ацетилен выявлено, что катализатор № 5 стабильно работал в течение 125–144 часов (при повышении температуры на 100 °C каждые 20 часов), обеспечивая степень превращения ацетилена на уровне 91–95% и выход ацетона – 90–92%.

Предложена технологическая схема получения ацетальдегида, ацетона методом каталитической гидратации ацетилена.

ISSN 3030-3907

ЛИТЕРАТУРА

1. Файзуллаев Н.И., Юсупов Д., Умирзаков Р.Р. Каталитический синтез ацетона прямой гидратацией ацетилена // Узбекские химические журналы. (2001). №5. С. 68-71.
2. Файзуллаев Н.И., Юсупов Д., Умирзаков Р.Р. Синтез катализаторов для получения ацетальдегида и ацетона // Композиционные материалы журналов. (2002). №4. С. 7-8.
3. Файзуллаев Н.И., Юсупов Д., Ширинов Х.Ш., Коротоев А.В., Умирзаков Р.Р. Каталитическая парофазная гидратация ацетилена и его производных // Химическая промышленность. (2002). №7. С. 1-33.
4. Файзуллаев Н.И., Юсупов Д., Миркомилов Т.М. // Докл. академик. наук. Республика Узбекистан. (2002). №5. 47-50.
5. Файзуллаев Н.И., Юсупов Д., Умирзаков Р.Р. Каталитический синтез ацетона методом прямой гидратации ацетилена // Журналы химии Узбекистана. (2001). №5. С. 68-71.
6. Файзуллаев Н.И. Оптимизация процесса синтеза ацетона из ацетилена // 224-я национальная конференция Американского химического общества, Бостон, Массачусетс, 18-22 августа. (2002). С.80.
7. Файзуллаев Н.И., Умирзаков Р.Р. Кинетика и механизм гидратации ацетилена // Турция. Карс, 06. (2004)
8. Файзуллаев Н.И., Турабжонов С.М., Коротоев А.В.. Каталитическая парофазная гидратация ацетилена // Техника фанлары ВА XXI АСР глобальные муаммолари. Рез.Микошидаги Профессор-Китувчилнинг илмий амалий конференции. Марусуляр тўплами, 4-қизм. Ташкент: Таш ДТИ, (2001). 24-25 бетлар.
9. Танъяриков Н.С., Мусульманов Н.Х., Туробжонов С.М., Икрамов А., Прокофьев В.Ю. Каталитическая гидратация ацетилена и его производных. М.: Ленанд, (2014).150 с.
10. Турабжанов С.М., Тангяриков Н.С., Юсупов Д., Икрамов А., Юсупов Б.Д. Разработка и исследование свойств новых катализаторов синтеза ацетальдегида. // Вестник ТГТУ. Ташкент, (2006). № 3. С.114-118. (02.00.00.№11).
11. Мусулмонов Н.Х., Икромов А., Тангяриков Н.С. Технология получения кадмий-цинковых катализаторов и их рентгенофазовый и дериватографический анализ. // Химическая технология. Назорат В.А. Бошарув // Журнал «Илмийский техник». (2010). № 3. С. 9-12. (02.00.00.№10).

ISSN 3030-3907

12. Журинов М.Ж., Касымбеков Ж.К., Касымбеков Г.Ж. Освоение и развитие гидроэнергетики в Казахстане // Национальная академия наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук, (2019), Том 3, № 435, с. 219–224. https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.88
13. Тангяриков Н.С. Каталитическая парофазная гидратация ацетилена. // Научно-технический журнал. Химия и химическая технология // Иваново, (2010) Том 53, Выпуск 5, С.56–58. (02.00.00.№24).
14. Тангяриков Н.С., Турабжанов С.М., Икрамов А., Мусулманов Н.Х. Математическое описание реактора для синтеза ацетальдегида и ацетона. // Научно-технический журнал. Химия и химическая технология // Иваново, (2015) Том 58 Вып. 9, С.68-69. (02.00.00.№24).
15. Турабжанов С.М., Кадыров Х.И., Икрамов А., Гафуров Б.Б. Гетерогенные композитные катализаторы для синтеза ацетона // Международная конференция. -Ташкент. (2013). С. 108-109.
16. Турабжонов С.М., Икрамов А., Кадиров Х.И., Рузиев Д.У., Гафуров Б.Б. Некоторые аспекты выбора катализаторов для гетерогенного присоединения молекул НХ к ацетилену // Международная конференция. Ташкент. (2013). С. 29-30.
17. [Икрамов А., Халикова С., Хамдамов Д.А., Душанов О.Дж. Совместное производство ацетона, ацетальдегида и уксусной кислоты // Материалы международной научно-практической конференции. Бухара. (2015). С. 21-23.
18. Икрамов А., Мухитдинов Б.Ф., Тен А.В., Халикова С.Д., Рузиев Д.У., Душанов О.Дж. Катализаторы на основе бентонита для гидратации ацетилена. // Материалы VIII Международной научно-технической конференции. Навои, (2015). 316 с.
19. Масенова А.Т., Калыкбердиев М.К., Сасс А.С., Кензин Н.Р., Абильмагжанов А.З., Канатбаев Э.Т., Касенова Д.С. // КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ГИДРОДЕАРОМАТИЗАЦИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТОПЛИВ, (2019), Том 5, № 437 (2019), с. 37–45. https://doi.org/10.32014/2019.2518-1491.51
20. Икрамов А., Тангяриков Н.С., Кадыров Х.И., Рузиев Д.У.,. Саидов Ш.А., Хакимова Г.Р. Каталитический парофазный гидрат ацетилена и его производных // Материалы VIII Международной научно-технической конференции. Навои. (2015). С. 320-3321.
21. Икромов А., Мусулманов Н.Х., Тангяриков Н.С., Турабжанов С.М. Математическое описание реактора синтеза ацетальдегида и ацетона // Химия и химическая технология. Известия вузов, (2015), т. 58, № 9. С. 68-69.

ISSN 3030-3907

22. Темкин О.Н. Химия ацетилена «Ацетиленовое дерево» в органической химии XXI века // Соросовский образовательный журнал. (2001). № 6. С. 32-41.

ISSN 3030-3907