

УДК 542.953.4

ВИБІР УМОВ СИНТЕЗУ І ТИПУ РЕАКТОРА ДЛЯ СИНТЕЗУ ДИПЕНТАЕРИТРИТА**Демченко О. О.****SELECTING THE SYNTHESIS CONDITIONS AND THE TYPE OF REACTOR FOR THE SYNTHESIS OF DIPENTAERYTHRITOL****Demchenko O. A.**

З використанням експерименту і математичної моделі досліджено синтез дипентаеритриту в періодичному реакторі (реакторі витіснення), в напівперіодичному реакторі і в реакторі змішення. Визначені тип реактору та оптимальні умови синтезу, в яких досягається вихід дипентаеритриту 44 %.

Ключові слова: дипентаеритрит, синтез, оптимальні умови, реактор, вихід, концентрація.

Введення. Дипентаеритрит має істотно відмінні властивості у порівнянні з пентаеритритом, що зумовлює його специфічні області застосування. В наш час дипентаеритрит знаходить все більш широке застосування для виробництва високоякісних лакофарбних матеріалів, синтетичних мастил, полімерів, пластифікаторів та інших цінних продуктів. Зокрема, про це свідчить постійне збільшення числа патентів, що стосуються різного застосування дипентаеритриту, наприклад, налічується більше десяти тисяч таких патентів США [1]. Значно також число патентів, в яких пропонуються різні способи отримання дипентаеритриту [2-13]. Способи отримання дипентаеритриту термічною дегідратацією пентаеритриту [2-5] складні і не забезпечують високий вихід продукту. У патентах [6-13] пропонується отримувати дипентаеритрит конденсацією формальдегіду і ацетальдегіду або акролеїну в лужному водному середовищі у присутності пентаеритриту, тобто в процесі, що використовується у виробництві пентаеритриту, в умовах, коли дипентаеритрит з побічного продукту перетворюється на основний або в один з основних продуктів. Але ці способи складні і також не забезпечують високий вихід дипентаеритриту. Провідні світові виробники пентаеритриту, включаючи Perstorp AB (Швеція), виробляють дипентаеритрит як товарний продукт тільки при очищенні синтезованого пентаеритриту, оскільки цілеспрямований синтез дипентаеритриту за відомими способами є дорогим.

Мета. Метою даної роботи є пошук умов синтезу і типа реактора, в яких досягається висока селективність реакції утворення дипентаеритриту при конденсації ацетальдегіду і формальдегіду у

присутності натрій гідроксиду, який є джерелом гідроксид-іонів.

Експериментальна частина. Синтез дипентаеритриту проводили в умовах відповідно до таблиці 3 на лабораторній установці, що включала скляний реактор, оснащений мішалкою, ртутним контактним термометром і штуцером для переливу реакційної суміші в місткості, поміщеній у водяну баню, в яку насосом термостата прокачувалася вода. В установці були передбачені скляні місткості для водних розчинів ацетальдегіду, формаліну і натрій гідроксиду. Для синтезу використовували стандартний формалін, ацетальдегід і натрій гідроксид марок х. ч. В реактор змішення безперервно зливали розчини реагентів з швидкістю, що відповідала заданому часу перебування в реакторі. Процес проводили до досягнення стаціонарного режиму. Протягом реакції періодично відбирали проби для визначення концентрації пентаеритриту, дипентаеритриту і біспентаеритритформалю в реакційній суміші методом газорідинної хроматографії. Результати цих вимірювань використовували для визначення виходу продуктів з розрахунку на початковий ацетальдегід.

Результати дослідження. Аналіз літературних даних [14-17] приводить до висновку, що шуканий технологічний режим синтезу дипентаеритриту конденсацією формальдегіду і ацетальдегіду, повинен одночасно забезпечити максимальний вихід дипентаеритриту при максимальному загальному виході пентаеритриту і дипентаеритриту, мінімальних витратах формальдегіду і мінімальній витраті енергії, зокрема, на випаровування води з реакційної суміші. За цими літературними даними загальний вихід продуктів зростає тільки тоді, коли знижується вихід продуктів побічної реакції ацетальдегіду, що може бути досягнуто шляхом зменшення поточної концентрації ацетальдегіду одним з наступних способів: розбавленням реакційної суміші водою; використанням великого надлишку формальдегіду; поступовим введенням ацетальдегіду в реакцію. Вихід дипентаеритриту зростає тільки тоді, коли в реакційній суміші збільшується рівноважна концентрація

пентаеритриту. Її можна збільшити: знижуючи розбавлення реакційної суміші водою; знижуючи концентрацію формальдегіду; вводячи ацетальдегід в реакцію при високому ступені перетворення альдегідів в продукти.

Модифікація умов синтезу можлива в реакторах певного типу. Тому, з використанням математичної моделі [18], досліджували залежності загального виходу продуктів, виходу дипентаеритриту і витрат формальдегіду в побічній реакції від умов синтезу в періодичному реакторі (реакторі витіснення), в напівперіодичному реакторі і в реакторі змішення. Для пошуку оптимального технологічного режиму використовували метод рототабельного композиційного планування другого порядку і метод крутого сходження [19].

При дослідженні синтезу в періодичному реакторі варіювалися три фактора відповідно до табл. 1. Кількість натрій гідроксиду у всіх розрахунках складала 1,3 моля на моль ацетальдегіду.

Таблиця 1

Умови розрахунків для періодичного реактора

Фактори	Рівень					Крок
	-1,682	-1	0	+1	+1,682	
T, °C	10	14	20	26	30	6
C _{A(0)} , моль·л ⁻¹	0,46	0,6	0,8	1,0	1,14	0,2
$M = \frac{C_{F(0)}}{C_{A(0)}}$	4,48	5,5	7	8,5	9,52	1,5

Залежності загального виходу продуктів, виходу дипентаеритриту в розрахунку на моль ацетальдегіду в умовах синтезу в центральній частині плану приведені на рис. 1. Результати розрахунків узгоджуються з літературними даними [14-16] і показують, що в періодичному реакторі високий загальний вихід продуктів досягається тільки при великому надлишку формальдегіду і значному розбавленні реакційної суміші водою.

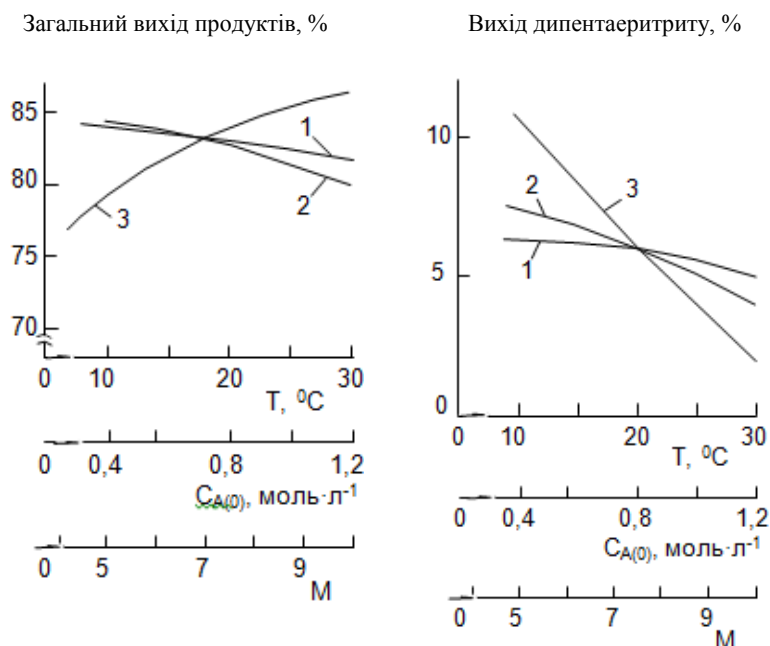


Рис. 1. Залежності загального виходу продуктів і виходу дипентаеритриту від умов синтезу в періодичному реакторі: 1 - від температури; 2 – від початкової концентрації ацетальдегіду; 3 – від мольного відношення формальдегіду і ацетальдегіду

Оптимальними по критерію – високий загальний вихід продуктів, є умови: $T = 20$ °C, $C_{A(0)} = 0,5$ моль·л⁻¹, $M = 7$. У цих умовах загальний вихід продуктів 88 %, витрата формальдегіду в побічній реакції 0,33 моля на моль ацетальдегіду, проте вихід дипентаеритриту всього 2,2 %, необхідно видаляти залишковий формальдегід ректифікацією і випаровувати

значну кількість води, що збільшує витрати теплової енергії.

Таким чином, синтез в періодичному реакторі відносно ефективний при виробництві чистого пентаеритриту, але не може бути використаний для отримання суміші пентаеритриту і дипентаеритриту.

Для напівперіодичного реактора з поступовим введенням ацетальдегіду в суміш

решти реагентів варіювалися чотири фактора відповідно до табл. 2 при кількості натрій гідроксиду 1.3 моля на моль ацетальдегіду. Залежність виходу дипентаеритриту від умов синтезу в центральній частині плану приведені на рис. 2.

Таблиця 2
Умови розрахунків для напівперіодичного реактора

Фактори	Рівень					Крок
	-2	-1	0	1	2	
T, °C	10	15	20	25	30	5
C _{A(0)} , моль·л ⁻¹	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	0,2
M = C _{F(0)} /C _{A(0)}	4	5	6	7	8	2,5
τ, хв	20	50	80	110	140	30

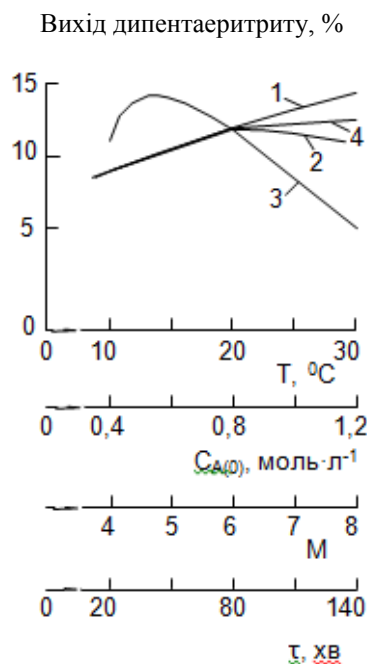


Рис. 2. Залежність виходу дипентаеритриту від умов синтезу в напівперіодичному реакторі: 1 - від температури; 2 – від початкової концентрації ацетальдегіду; 3 – від мольного відношення формальдегіду і ацетальдегіду; 4 – від тривалості періоду введення ацетальдегіду

Результати узгоджуються з літературними даними [17] і показують, що в напівперіодичному реакторі високий загальний вихід продуктів складає 93-96 % практично у всьому діапазоні даних умов, і знижується тільки при мольному відношенні формальдегіду і ацетальдегіду менше 4,5.

Процес протікає при зниженій концентрації ацетальдегіду і альдолю, що сприяє зниженню виходу альдоксану, і при вищій, ніж в періодичному реакторі, поступово зростаючій концентрації пентаеритриту, що сприяє підвищенню виходу дипентаеритриту. Оптимальними по критерію – високий вихід дипентаеритриту, є умови: T = 25 °C, C_{A(0)} = 0,8 моль·л⁻¹, M = 4,5. У цих умовах загальний вихід продуктів 95 %, вихід дипентаеритриту 15 %. Зменшення кількості води в реакційній суміші сприяє підвищенню виходу дипентаеритриту, але при цьому значно збільшується витрата формальдегіду в побічній реакції Канніццаро. При

дослідженні синтезу в реакторі змінення варіювалися чотири фактори при кількості натрій гідроксиду 1.3 моля на моль ацетальдегіду (відповідно до табл. 3).

Таблиця 3
Умови розрахунків на моделі по рототабельному плану

Фактори	Рівень	Рівень					Крок
		-2	-1	0	1	2	
X ₁ T, °C	21	28	35	42	49	7	
X ₂ C _{A(0)} , моль·л ⁻¹	0,6	0,8	1	1,2	1,4	0,2	
X ₃ M = C _{F(0)} /C _{A(0)}	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	0,3	
X ₄ τ, год	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	

Залежності виходу дипентаеритриту в умовах синтезу в центральній частині плану приведені на рис. 3.

Вихід дипентаеритриту, %

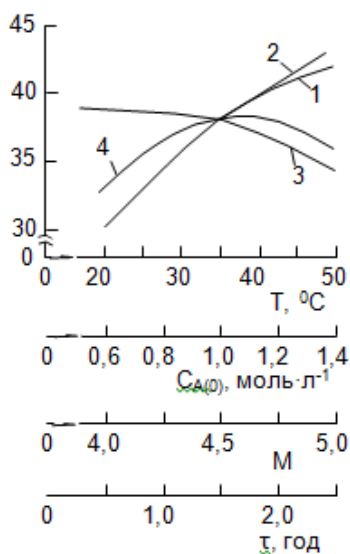


Рис. 3. Залежність виходу дипентаеритриту від умов синтезу в реакторі змішення в центральній частині плану: 1 - від температури; 2 – від приведеної концентрації ацетальдегіду; 3 – від мольного відношення формальдегіду і ацетальдегіду; 4 - від середнього часу перебування реакційної суміші в реакторі.

Розрахунки показують, що в реакторі змішення високий загальний вихід продуктів складає 93-96 % практично у всьому діапазоні даних умов і знижується тільки при молярному відношенні формальдегіду і ацетальдегіду менше 4,1:1. Оптимальними по критерію – високий вихід дипентаеритриту, є умови: $T=40-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\tau=0,5-1,5$ годин, $C_{A(0)}=1,2$ моль·л⁻¹, $M=4,2$. У цих умовах вихід дипентаеритриту 44 %, загальний вихід продуктів 97 %. Цей спосіб отримання дипентаеритриту захищений патентом України на корисну модель [20].

Порівняння експериментальних і розрахункових результатів в оптимальних умовах синтезу проведено в табл. 4.

Таблиця 4

Синтез в реакторі змішення

Концентрація CH_3OH в формаліні, % (мас)	Концентрація в реакторі, моль·л ⁻¹		Вихід продуктів, % (мас)				
	C_{AL}	C_{NaOH}	P_P	P_D	P_B	P_T	P_O
Експеримент							
2	0,66	0,41	48,2	43,1	1,0	2,3	94,6
5	0,74	0,38	46,7	42,2	0,5	2,1	91,5
10	0,71	0,44	44,9	41,2	0,4	2,2	88,7
Розрахунок							
0	0,70	0,39	51,9	44,2	0,6	-	96,7

Примітка: P_P , P_D , P_B , P_T , P_O – вихід відповідно пентаеритриту, дипентаеритриту, біспентаеритрит-формалю, трипентаеритриту та загальний.

У реакторі змішення синтез проходить при низькій концентрації ацетальдегіду, що сприяє зниженню виходу альдоксану, як і в

напівперіодичному реакторі. На відміну від напівперіодичного реактора, синтез проходить також при низькій концентрації формальдегіду, що сприяє зниженню виходу біспентаеритритформалю і значному зменшенню витрати формальдегіду в побічній реакції, що дозволяє проводити процес при підвищеній температурі.

Математична модель не враховує реакції з участю метанолу і дипентаеритриту, подібних до реакцій утворення дипентаеритриту. У присутності метанолу утворюються метиловий і метоксиметиловий ефіри пентаеритриту, у присутності дипентаеритриту – трипентаеритрит [21].

Розрахувати зниження виходу продуктів ΔP_O , % (мас) у присутності метанолу можна за допомогою емпіричної залежності

$$\Delta P_O = 2,5G_{\text{CH}_3\text{OH}}, \quad (1)$$

де $G_{\text{CH}_3\text{OH}}$ – масова концентрація метанолу в реакційній суміші, %.

Ця залежність виведена на підставі експериментальних даних, приведених в літературі [22, 23, 24]

Вихід продуктів при отриманні дипентаеритриту 85-87 %, готовий дипентаеритрит містить 89-90 % основної речовини, 6-9 % трипентаеритриту і 1-5 % пентаеритриту, готовий пентаеритрит містить 96-98 % основної речовини і 2-4 % дипентаеритриту. Кольоровість продуктів за шкалою АРНА 50-100.

Висновки. З використанням математичної моделі досліджено синтез дипентаеритриту у періодичному, напівперіодичному і реакторі змішення. Встановлено, що в періодичному

реакторі вихід дипентаэритриту складає 2-4 %, в напівперіодичному – 15 %. Високий вихід дипентаэритриту - 44 % - досягається тільки в реакторі змішення безперервної дії, в якому при високій конверсії одночасно досягаються: мінімальна поточна концентрація ацетальдегіду – зменшується вихід альдоксану, низька концентрація формальдегіду - зменшується вихід біспентаэритрит-формалю, і висока концентрація пентаэритриту – підвищується вихід дипентаэритриту. Знайдені оптимальні умови синтезу по критерію – високий вихід дипентаэритриту

Література

1. United States Patent and Trademark Office. <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>
2. Пат. 2495305 США, МПК С 07 D 305/00. Esters of pentaerythritol degydration products / J. A. Wyler (США); Trojan Powder Company (США). - № 682595 ; заявл. 10.07.46 ; опубл.24.01.50.
3. Пат. 3000901 США, МПК В 28 D 1/00. Dehydration of pentaerythritol / J. A. Wyler (США); Trojan Powder Company (США). - № 810556 ; заявл. 04.05.59 ; опубл.19.09.61.
4. Пат. 5254749 США, МПК С 07 С 41/09. Process for producing dipentaerythritol / Y. Kambara, T. Idemoto, Y. Ono, S. Tona (Японія); Mitsui Toatsu Chemicals, Inc. (Японія). - № 07/741518 ; заявл. 25.07.91 ; опубл. 19.10.93.
5. Пат. 3069475 США, МПК С 08 G 63/00. Process for the production of dipentaerythritol / H. S. Paramus (США); Heyden Newport Chemacal Corporation (США). - № 821347 ; заявл. 19.06.59 ; опубл. 18.12.62.
6. А. с. 387959 СРСР, МПК С 07 С 31/24. Способ получения ди- и трипентаэритрита / С. Е. Лулева, В. Н. Одинок, О. В. Елимахова, А. Е. Образцов (СРСР). - № 1624004/23-04 ; заявл. 26.02.71 ; опубл. 22.06.73.
7. А. с. 197741 ЧССР, МПК С 07 С 31/18. Spôsob výroby dipentaerytritolu z nizkym obsahom vyššich pentaerytritol / G. Guba, V. Macho, L. Koudelka, L. Komora (ЧССР). - № PV-8517 ; заявл. 31.08.79 ; опубл. 28.02.83.
8. Пат. 6121499 США, С 07 С 41/01. Process for producing polyhydroxy ethers and unsymmetrical polyhydroxy ethers obtainable with the process / M. Morawietz, D. Arntz, M. Hopp (ФРН); Degussa Aktiengesellschaft (ФРН). - № 09/033896 ; заявл. 03.03.98 ; опубл. 19.09.2000.
9. Пат. 2325589 США, МПК С 07 С 43/00. Acetaldehyde-formaldehyde condensation product / E. A. Bried (США); Hercules Powder Company (США). - № 382341 ; заявл. 08.03.41 ; опубл. 03.08.43.
10. Пат. 2490567 США, МПК С 07 С 43/00. Preparation of polypentaerythritols / J. A. Wyler (США); Trojan Powder Company (США). - № 753807 ; заявл. 10.06.47 ; опубл. 06.12.49.
11. Пат. 2401749 США, МПК С 07 С 31/24. Pentaerythritol / R. E. Burghard, R. H. Bart (США); Heyden Newport Chemacal Corporation (США). - № 442620 ; заявл. 12.05.42 ; опубл. 11.06.46.
12. А. с. 237838 ЧССР, МПК С 07 С 29/14. Spôsob pripravy pentaerytritolu / M. Lichvár, L. Komora, V. Macho, J. Sabadoš (ЧССР). - № PV-5370 ; заявл. 18.07.1983 ; опубл. 15.03.1987.
13. Пат. 2441597 США, МПК С 07 С 31/24. Manufacture of pentaerythritol / J. P. Remensnyder, P. I. Bowman, R. H. Bart (США); Heyden Newport Chemacal Corporation (США). - № 484478 ; заявл. 24.04.1943 ; опубл. 18.05.1948.
14. Белкин Д. И. Исследование зависимости выхода пентаэритрита и дипентаэритрита от начальных условий реакции конденсации формальдегида и ацетальдегида / Д. И. Белкин // Журн. прикладной химии. - 1979. - Т. 52. - С. 237-239.
15. Исследование статистики процесса конденсации альдегидов в синтезе пентаэритрита / Д. И. Белкин, Г. В. Кравченко, Л. И. Шепель, М. Я. Розкин // Вестник ХПИ. - 1976. - № 125, вып. 7. - С. 73-75.
16. Белкин Д. И. Влияние различных факторов на выход пентаэритрита / Д. И. Белкин, Л. Я. Герцберг, Л. И. Шепель // Труды Бурятского института естественных наук БФ СО АН СРСР. - 1977. - Вып. 14. - С. 331-334.
17. Оборудование и условия выделения и очистки пентаэритрита / Д. И. Белкин, В. Г. Шарыкин, В. В. Меньшиков, А. М. Пеклер // Лакокрасочные материалы и их применение. - 1990. - № 4. - С. 70-74.
18. Белкин Д. И. Кинетика конденсации формальдегида и ацетальдегида / Д. И. Белкин // Журн. прикладной химии. - 1990. - Т. 63. - С. 2312-2320.
19. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений / Ю. В. Линник – М. : Физматгиз, 1962. - С. 303-304
20. Пат. № 58613 Україна, МПК С 07 С 31/24. Спосіб одержання пентаэритриту і дипентаэритриту / О. О. Демченко, Д. І. Белкін (Україна). - № u201012655 ; заявл. 25.10.2010 ; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8.
21. Wawzonek S. Formation of ether in the preparation of pentaerythritol / S. Wawzonek, D. A. Rees // J. Amer. Chem. Soc. - 1948. - V. 70. - P. 2433-2435.
22. Выбор оптимального режима стадии конденсации пентаэритрита / В. А. Даут, А. М. Новокшонова, А. А. Шураченко, Н. И. Фирстова // Пентаэритрит. Проблемы производства и потребления : сб. науч. тр. - Черкассы : ОНТИИТЭХИМ, 1989. - С. 59-62.
23. Рачковский Э. Э. Оптимизация синтеза пентаэритрита с использованием гидроксида натрия / Э. Э. Рачковский, С. Р. Авдеенко, Т. П. Никитина // Пентаэритрит. Проблемы производства и потребления : сб. науч. трудов. - Черкассы : ОНТИИТЭХИМ, 1989. - С. 48-53.
24. Превращение формальдегида в реакции Каннищаро в синтезе пентаэритрита / В. В. Бровко, О. В. Елимахова, А. С. Кочманюк, Т. А. Дегтярева // Пентаэритрит. Проблемы производства и потребления : сб. науч. тр. - Черкассы : ОНТИИТЭХИМ, 1989. - С. 53-58.

References

1. United States Patent and Trademark Office. <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>
2. Pat. 2495305 SShA, МПК С 07 D 305/00. Esters of pentaerythritol degydration products / J. A. Wyler (SShA); Trojan Powder Company (SShA). - № 682595 ; zajavl. 10.07.46 ; opubl.24.01.50.
3. Pat. 3000901 SShA, МПК В 28 D 1/00. Dehydration of pentaerythritol / J. A. Wyler (SShA); Trojan Powder

- Company (SShA). - № 810556 ; zajavl. 04.05.59 ; opubl.19.09.61.
4. Pat. 5254749 SShA, MPK C 07 C 41/09. Process for producing dipentaerythritol / Y. Kambara, T. Idemoto, Y. Ono, C. Tona (Japonija) ; Mitsui Toatsu Chemicals, Inc. (Japonija). - № 07/741518 ; zajavl. 25.07.91 ; opubl. 19.10.93.
 5. Pat. 3069475 SShA, MPK C 08 G 63/00. Process for the production of dipentaerythritol / H. S. Paramus (SShA) ; Heyden Newport Chemacal Corporation (SShA). - № 821347 ; zajavl. 19.06.59 ; opubl. 18.12.62.
 6. A. s. 387959 SRSR, MPK S 07 S 31/24. Spособ poluchenija di- i tripentajeritrita / S. E. Luneva, V. N. Odinkov, O. V. Epimahova, A. E. Obrazcov (SRSR). - № 1624004/23-04 ; zajavl. 26.02.71 ; opubl. 22.06.73.
 7. A. s. 197741 ChSSR, MPK S 07 S 31/18. Spособ výroby dipentaerytritola z nizkym obsahom vyššich pentaerytritolu / G. Guba, V. Macho, L. Koudelka, L. Komora (ChSSR). - № PV-8517 ; zajavl. 31.08.79 ; opubl. 28.02.83.
 8. Pat. 6121499 SShA, C 07 C 41/01. Process for producing polyhydroxy ethers and unsymmetrical polyhydroxy ethers obtainable with the process / M. Morawietz, D. Arntz, M. Hopp (FRN) ; Degussa Aktiengesellschaft (FRN). - № 09/033896 ; zajavl. 03.03.98 ; opubl. 19.09.2000.
 9. Pat. 2325589 SShA, MPK C 07 C 43/00. Acetaldehyde-formaldehyde condensation product / E. A. Bried (SShA) ; Hercules Powder Company (CShA). - № 382341 ; zajavl. 08.03.41 ; opubl. 03.08.43.
 10. Pat. 2490567 SShA, MPK C 07 C 43/00. Preparation of polypentaerythritols / J. A. Wyler (SShA) ; Trojan Powder Company (SShA). - № 753807 ; zajavl. 10.06.47 ; opubl. 06.12.49.
 11. Pat. 2401749 SShA, MPK C 07 C 31/24. Pentaerythritol / R. E. Burghard, R. H. Bart (SShA) ; Heyden Newport Chemacal Corporation (SShA). - № 442620 ; zajavl. 12.05.42 ; opubl. 11.06.46.
 12. A. s. 237838 ChSSR, MPK S 07 S 29/14. Spособ pripravy pentaerytritola / M. Lichvár, L. Komora, V. Macho, J. Sabadoš (ChSSR). - № PV-5370 ; zajavl. 18.07.1983 ; opubl. 15.03.1987.
 13. Pat. 2441597 SShA, MPK C 07 C 31/24. Manufacture of pentaerythritol / J. P. Remensnyder, P. I. Bowman, R. H. Bart (SShA) ; Heyden Newport Chemacal Corporation (SShA). - № 484478 ; zajavl. 24.04.1943 ; opubl. 18.05.1948.
 14. Belkin D. I. Issledovanie zavisimosti vyhoda pentajeritrita i dipentajeritrita ot nachal'nyh uslovij reakcii kondensacii formal'degida i acetal'degida / D. I. Belkin // Zhurn. prikladnoj himii. - 1979. - T. 52. - S. 237-239.
 15. Issledovanie statiki processa kondensacii al'degidov v sinteze pentajeritrita / D. I. Belkin, G. V. Kravchenko, L. I. Shepel', M. Ja. Rozkin // Vestnik HPI. - 1976. - № 125, vyp. 7. - S. 73-75.
 16. Belkin D. I. Vlijanie razlichnyh faktorov na vyhod pentajeritrita / D. I. Belkin, L. Ja. Gercberg, L. I. Shepel' // Trudy Burjatskogo instituta estestvennyh nauk BF SO AN SRSR. - 1977. - Vyp. 14. - S. 331-334.
 17. Oborudovanie i uslovija vydelenija i ochistki pentajeritrita / D. I. Belkin, V. G. Sharykin, V. V. Men'shikov, A. M. Pekler // Lakokraschnye materialy i ih primenenie. - 1990. - № 4. - S. 70-74.
 18. Belkin D. I. Kinetika kondensacii formal'degida i acetal'degida / D. I. Belkin // Zhurn. prikladnoj himii. - 1990. - T. 63. - S. 2312-2320.
 19. Linnik Ju.V. Metod naimen'shih kvadratov i osnovy teorii obrabotki nabljudenij / Ju.V. Linnik - M. : Fizmatgiz, 1962. - S. 303-304
 20. Pat. № 58613 Ukraïna, MPK S 07 S 31/24. Spособ oderzhannja pentaeritritu i dipentaeritritu / O. O. Demchenko, D. I. Belkin (Ukraïna). - № u201012655 ; zajavl. 25.10.2010 ; opubl. 26.04.2011, Bjul. № 8.
 21. Wawzonek S. Formation of ether in the preparation of pentaerythritol / S. Wawzonek, D. A. Rees // J. Amer. Chem. Soc. - 1948. - V. 70. - R. 2433-2435.
 22. Vybor optimal'nogo rezhima stadii kondensacii pentajeritrita / V. A. Daut, A. M. Novokshonova, A. A. Shuravenko, N. I. Firstova // Pentajeritrit. Problemy proizvodstva i potreblenija : sb. nauch. tr. - Cherkassy : ONTIITJeHIM, 1989. - S. 59-62.
 23. Rachkovskij Je. Je. Optimizacija sinteza pentajeritrita s ispol'zovaniem gidroksida natrija / Je. Je. Rachkovskij, S. R. Avdeenko, T. P. Nikitina // Pentajeritrit. Problemy proizvodstva i potreblenija : sb. nauchn. trudov. - Cherkassy : ONTIITJeHIM, 1989. - S. 48-53.
 24. Prevrashhenie formal'degida v reakcii Kamiccaro v sinteze pentajeritrita / V.V. Brovko, O. V. Epimahova, A. S. Kochmanjuk, T. A. Degtareva // Pentajeritrit. Problemy proizvodstva i potreblenija : sb. nauch. tr. - Cherkassy : ONTIITJeHIM, 1989. - S. 53-58.

Демченко О. А. Выбор условий синтеза и типа реактора для синтеза дипентаэритрита

С использованием эксперимента и математической модели исследован синтез дипентаэритрита в периодическом реакторе (реакторе вытеснения), в полупериодическом реакторе и в реакторе смешения. Определены тип реактора и оптимальные условия синтеза, в которых достигается выход дипентаэритрита 44 %.

Ключевые слова: дипентаэритрит, синтез, оптимальные условия, реактор, выход, концентрация.

Demchenko O. A. Selecting the synthesis conditions and the type of reactor for the synthesis of dipentaerythritol

Using mathematical models and the experiment investigated the synthesis of dipentaerythritol in a batch reactor (tubular reactor), a semi-batch reactor and in the stirred tank reactor. Determine the type of reactor and optimal synthesis conditions in which the output is achieved dipentaeritrita 44 %.

Keywords: dipentaerythritol, synthesis, optimal conditions, reactor, yield, concentration.

Демченко Ольга Олександрівна – к.т.н., старший викладач кафедри машини та апарати хімічних виробництв, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. (м. Рубіжне). seredaoa@bk.ru.

Рецензент: Кондратов С. О. - д.х.н., професор