



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75126 (13) C2
(51) МПК
C07D 295/02 (2006.01)
A01N 43/84 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

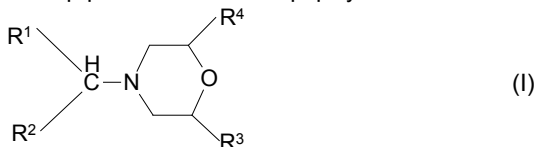
ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ N-ЗАМІЩЕНИХ 2,6-ДІАЛКІЛМОРФОЛІНІВ ТА ЗАСТОСУВАННЯ КАТАЛІЗАТОРА ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ТРЕТИННОГО АМІНУ

1

(21) 2003109251
(22) 15.03.2002
(24) 15.03.2006
(86) РСТ/ЕР02/02916, 15.03.2002
(31) 101 12 686.7
(32) 16.03.2001
(33) DE
(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.
(72) Хеннінгсен Міхаель, DE, Куше Андреас, DE, Хульманн Міхаель, DE, Руб Лотар, DE, Кесхаммер Штефан, DE, Герлах Тілл, DE
(73) БАСФ АКЦІЄНГЕЗЕЛЬШАФТ, DE
(56) DE 2118283, A, 02.11.1972
EP 0271750, A, 22.06.1988
DE 1014547, B, 29.08.1957
GB 1591144, A, 17.06.1981
EP 0129211, A, 27.12.1984
(57) 1. Спосіб одержання N-заміщених 2,6-діалкілморфолінів загальної формули I



у якій
R¹ і R² незалежно один від одного являють собою водень, алкіл або циклоалкіл
або R¹ і R² разом з атомом вуглецю, з яким вони зв'язані, утворюють 5-14-членний карбоцикл, а R³ і R⁴ незалежно один від одного являють собою алкіл або циклоалкіл, взаємодією принаймні однієї карбонільної сполуки загальної формули II



у якій R¹ і R² мають вказані вище значення принаймні з одним морфоліном загальної формули III



2

у якій R³ і R⁴ мають вказані вище значення у присутності водню і принаймні одного металовмісного каталізатора, який відрізняється тим, що активний компонент каталізатора містить принаймні 50 мас.% металу(ів) платинової групи.

2. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що застосовують каталізатор, активний компонент якого містить від 1 до 100 мас.% Pd, до 60 мас.% Pt та до 50 мас.% принаймні ще одного металу, вибраного з групи, яка включає Ru, Rh, Os, Ir, Ce, La та їх суміші.

3. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що застосовують каталізатор на носії.

4. Спосіб за п. 3, який відрізняється тим, що як носій використовують ZrO₂.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що застосовують каталізатор, який містить від 0,1 до 10 мас.% Pd і від 0 до 5 мас. % Pt.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що R¹ і R² разом з атомом вуглецю, з яким вони зв'язані, утворюють 6-12-членний карбоцикл, який може містити один, два або три замісники, незалежно один від одного, вибраних із групи, яка включає алкіл, алкоксигрупу, алкілтіогрупу, циклоалкіл і циклоалкілалкіл.

7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що R³ і R⁴ незалежно один від одного являють собою C₁-C₄алкільні групи.

8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що R³ і R⁴ незалежно один від одного являють собою метил.

9. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що як сполуку загальної формули I використовують N-(циклододецил)-2,6-диметилморфолін.

10. Застосування каталізатора за будь-яким з пп. 1-5 для одержання третинного аміну взаємодією принаймні однієї карбонільної сполуки принаймні з одним вторинним аміном у присутності водню.

(13) C2

(11) 75126

(19) UA

Даний винахід стосується способу одержання N-заміщених 2,6-діалкілморфолінів, який здійснюється взаємодією карбонільної сполуки з вторинним аміном шляхом відновного амінування.

Третинні аміни утворюють клас важливих сполук, які знаходять найширше промислове застосування. Тому існує нагальна потреба в розробці гранично простих у здійсненні способів, які дозволяють одержувати третинні аміни з найбільш доступних компонентів з високим виходом і високою вибірністю відносно потрібної цільової сполуки. З гетероциклічних третинних амінів, наприклад, N-заміщені тетрагідро-1,4-оксазини (морфоліни) застосовуються для захисту рослин.

У [K.H. König i in., *Angewandte Chemie* 77, 1965, стор.327-333], описані N-заміщені тетрагідро-1,4-оксазини і їх застосування як фунгіцидних сполук, які мають ефективну дію проти грибів, що уражують культурні рослини. За методикою, запропонованою авторами вищезгаданої публікації, ці сполуки можна одержувати, наприклад, дегідратуючою циклізацією відповідних біс(2-гідроксіетил)амінів.

У заявці DE-A 2543279 також описується спосіб одержання N-заміщених тетрагідро-1,4-оксазинів, який здійснюється одно- або двостадійною циклізацією і гідруванням N-заміщених біс(2-гідроксіалкіл)амінів.

Недолік вищевказаного способу полягає в необхідності використовувати вихідні речовини, пов'язані зі значними витратами на їх одержання.

У заявці DE-A 19720475 описаний спосіб одержання N-алкіл-2,6-діалкілморфолінів двостадійним синтезом, який передбачає одержання оксазолідину взаємодією відповідних альдегідів або кетонів із двохатомними спиртами вторинних амінів у присутності кислого іоніту і наступне перетворення оксазолідину в присутності водню і каталізатора гідрування.

Безпосереднє одержання третинних амінів з карбонільних сполук і особливо з кетонів і вторинних амінів вважається в принципі процесом, пов'язаним з істотними труднощами, оскільки він, як правило, не забезпечує досить високого виходу цільових сполук, для виділення яких потрібні відповідно значні витрати.

У заявці DE-A 3321712 описуються похідні 2,6-транс-диметилморфоліну і їх застосування як фунгіцидів. За запропонованою у цій заявці методикою N-(циклододецил)-2,6-диметилморфолін (додеморф), наприклад, одержують двостадійним синтезом, який передбачає взаємодію циклододеканону і 2,6-транс-диметилморфоліну в присутності n-толуолсульфонової кислоти з утворенням N-циклододеценіл-2,6-транс-диметилморфоліну і його наступне гідрування в присутності Pd/C-каталізатора.

У заявці EP-A 0271750 описані 4-заміщені циклогексиламіни, які мають фунгіцидну дію, одержувати які можна, наприклад, відновним амінуванням циклогексанонів вторинним аміном у присутності відповідного відновника. Як придатні для цих цілей відновники у заявці вказані водень, мурашина кис-

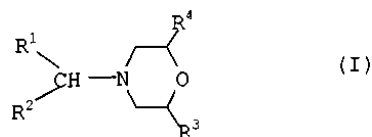
лота і комплексні гідриди, такі як ціанборогідрид натрію. Каталізатори ж, які можна використовувати при відновному амінуванні в присутності водню, у вказаній заявці не описані. Крім того, цей варіант реакції не підтверджений відповідним прикладом здійснення винаходу.

У заявці DE-A 2118283 описується спосіб одержання вторинних або третинних аліфатичних або циклоаліфатичних амінів, який здійснюється взаємодією аліфатичної або циклоаліфатичної карбонільної сполуки з аміаком або первинним, відповідно вторинним аміном у присутності водню і каталізатора гідрування, при цьому як каталізатор використовують суміш срібла і паладію на носії зі спеченого матеріалу. Один з істотних недоліків даного способу полягає у високих витратах, пов'язаних з використанням срібного каталізатора. Крім того, вихід цільових сполук, так само як і вибірність у відношенні цих сполук вимагають безумовного удосконалювання.

Виходячи з вищевикладеного, в основу даного винаходу була покладена задача розробити більш ефективний спосіб одержання N-заміщених 2,6-діалкілморфолінів. При цьому синтез повинен відбуватися виходячи з карбонільних сполук і вторинних амінів за одностадійним механізмом. Крім цього такий спосіб переважно повинен забезпечити можливість одержання третинних амінів з високим виходом і високою вибірністю відносно до необхідних цільових сполук.

При створенні винаходу несподівано було встановлено, що вказану вище задачу вдається вирішити за допомогою способу одержання N-заміщених 2,6-діалкілморфолінів, який полягає в тому, що принаймні одну карбонільну сполуку піддають взаємодії принаймні з одним похідним морфоліну в присутності водню і принаймні одного металовмісного каталізатора, активний компонент якого складається в основному з металів платинової групи, шляхом відновного амінування.

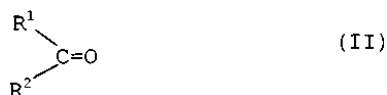
Об'єктом винаходу відповідно до цього є спосіб одержання N-заміщених 2,6-діалкілморфолінів загальної формули I



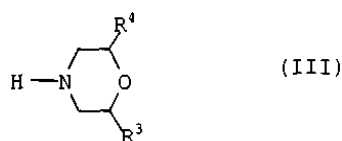
у якій

R¹ і R² незалежно один від одного являють собою водень, алкіл або циклоалкіл або R¹ і R² разом з атомом вуглецю, з яким вони зв'язані, утворюють 5-14-членний карбоцикл, а

R³ і R⁴ незалежно один від одного являють собою алкіл або циклоалкіл, взаємодією принаймні однієї карбонільної сполуки загальної формули II



у якій R^1 і R^2 мають вказані вище значення, принаймні з одним морфоліном загальної формули III



у якій R^3 і R^4 мають вказані вище значення, у присутності водню і принаймні одного металовмісного каталізатора, який відрізняється тим, що активний компонент каталізатора складається в основному з металів платинової групи.

У контексті даного опису під поняттям "алкіл" маються на увазі прямоланцюгові і розгалужені алкільні групи. Переважно мова при цьому йде про прямоланцюгові або розгалужені C_1 - C_{20} алкільні, переважно C_1 - C_{12} алкільні, особливо переважно C_1 - C_8 алкільні і найбільш переважно C_1 - C_4 алкільні групи. Як приклади подібних алкільних груп можна назвати метил, етил, пропіл, ізопропіл, н-бутил, 2-бутил, втор-бутил, трет-бутил, н-пентил, 2-пентил, 2-метилбутил, 3-метилбутил, 1,2-диметилпропіл, 1,1-диметилпропіл, 2,2-диметилпропіл, 1-етилпропіл, н-гексил, 2-гексил, 2-метилпентил, 3-метилпентил, 4-метилпентил, 1,2-диметилбутил, 1,3-диметилбутил, 2,3-диметилбутил, 1,1-диметилбутил, 2,2-диметилбутил, 3,3-диметилбутил, 1,1,2-триметилпропіл, 1,2,2-триметилпропіл, 1-етилбутил, 2-етилбутил, 1-етил-2-метилпропіл, н-гептил, 2-гептил, 3-гептил, 2-етилпентил, 1-пропілбутил, октил, ноніл і децил.

Заміщені алкільні групи містять переважно 1, 2, 3, 4 або 5, насамперед 1, 2 або 3, замісники. Ці замісники можуть бути вибрані, наприклад, із групи, яка включає циклоалкіл, арил, гетарил, галоген, OH -, SH -, алкокси-, алкілтіогрупу, NE^1E^2 , $(NE^1E^2E^3)^+$, карбоксил, карбоксилат, $-SO_3H$, сульфонат, нітро- і ціаногрупу.

У випадку циклоалкільної групи переважно мається на увазі C_6 - C_{12} циклоалкільна група, така як циклогексил, циклогептил, циклооктил, циклодецил або циклододецил. Особливо переважні з них циклогексил і циклододецил.

У тих випадках, коли циклоалкільна група заміщена, вона містить переважно 1, 2, 3, 4 або 5, насамперед 1, 2 або 3, замісники. Ці замісники можуть бути вибрані з групи, яка включає алкіл, алкокси-, алкілтіо-, OH -, SH -групу, циклоалкіл, циклоалкілалкіл, нітро-, ціаногрупу і галоген.

Під поняттям "арил" переважно маються на увазі феніл, толіл, ксиліл, мезитил, нафтил, антраценіл, фенантренил, нафтаценіл і насамперед феніл або нафтил.

Заміщені арильні групи містять переважно 1, 2, 3, 4 або 5, насамперед 1, 2 або 3 замісники. Ці замісники можуть бути вибрані з групи, яка включає алкіл, алкоксигрупу, карбоксил, карбоксилат, трифторметил, $-SO_3H$, сульфонат, NE^1E^2 , алкілен- NE^1E^2 , нітро-, ціаногрупу і галоген.

Під поняттям "гетарил" маються на увазі переважно піроліл, піразоліл, імідазоліл, індоліл, карбазоліл, піридил, хіноліл, акридиніл, піридазиніл,

піримідиніл або піразиніл.

Заміщені гетероарильні групи містять переважно 1, 2 або 3 замісники, вибраних із групи, яка включає алкіл, алкоксигрупу, карбоксил, карбоксилат, $-SO_3H$, сульфонат, NE^1E^2 , алкілен- NE^1E^2 , трифторметил і галоген.

Наведені вище пояснення щодо алкільних груп стосуються відповідно і алкокси- й алкілтіогруп.

Під групами NE^1E^2 переважно маються на увазі N,N -диметил, N,N -діетил, N,N -дипропіл, N,N -діізопропіл, N,N -ди-н-бутил, N,N -ди-трет-бутил, N,N -дидициклогексил або N,N -дифеніл.

Галоген означає фтор, хлор, бром і йод, переважно фтор, хлор і бром.

Карбоксилат і сульфонат у контексті даного опису являють собою похідне функціональної групи карбонової кислоти, відповідно функціональної групи сульфонової кислоти, насамперед карбоксилат або сульфонат металу, функціональну групу ефіру карбонової кислоти або сульфонової кислоти, функціональну групу амідів карбонової кислоти або сульфонової кислоти.

Активний компонент каталізатора, який використовується відповідно до винаходу, складається, як зазначалося вище, в основному з металів платинової групи, тобто Ru , Rh , Pd , Os , Ir , Pt і їх сумішей. Переважно застосовувати каталізатор, активний компонент якого не містить головним чином срібла.

Переважно застосовувати каталізатор, активний компонент якого містить

- від 1 до 100 мас.%, переважно від 10 до 99 мас.%, Pd ,

- від 0 до 60 мас.%, переважно від 1 до 55 мас.%, Pt і

- від 0 до 50 мас.%, наприклад від 0,1 до 40 мас.%, принаймні ще одного металу, насамперед вибраного з групи, яка включає Ru , Rh , Os , Ir , Ce , La і їхньої суміші.

У запропонованому у винаході способі переважно застосовувати каталізатор, нанесений на відповідний носій. Як придатні для таких цілей носії можуть використовуватися в принципі звичайні, відомі фахівцям у даній галузі матеріали. До них належать серед інших вуглецевмісні матеріали, такі як активоване вугілля, карбід кремнію, полімерні носії, металеві носії, наприклад з високою кислотної сталі, оксиди алюмінію, діоксиди кремнію, силікати, алюмосилікати, такі як цеоліти, пемза, діатомова земля, кізельгель, гідроталькіт, діоксиди титану, діоксиди цирконію, оксид цинку, оксид магнію, а також їх комбінації і суміші. При необхідності до матеріалів носіїв можуть додаватися оксиди лужних і/або лужноземельних металів. Особливо переважно використовувати в цих цілях $\alpha-Al_2O_3$, $\gamma-Al_2O_3$, SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 і їх суміші. Найбільш переважним з них є ZrO_2 . Носії можуть мати в принципі будь-яку звичайну форму, наприклад, їх можна застосовувати у вигляді екструдатів (джгутів), сферичних гранул, зерняток, таблеток, кілець, сідел- або гантелеподібних виробів, тканин, переплетеної структури, монолітів, кульок, порошку і т.д. При здійсненні способу в періодичному режимі переважно застосовувати носії у вигляді порошку.

Застосовувані в способі за винаходом каталізатори можна одержувати за загальновідомими

методами, наприклад просоченням носія розчинами сполук або комплексами використовуваних металів. Як сполуки металів (попередників) придатні, наприклад, солі металів, такі як нітрати, нітрозилнітрати, галогеніди, карбонати, карбоксилати, металеві комплекси, такі як ацетилацетонати, галогенові комплекси, наприклад хлорвмісні комплекси, комплекси з аміном і т.д. Для нанесення сполук металів на носій можна використовувати, наприклад, метод спільного осадження або просочення. При використанні декількох сполук металів останні можна наносити одночасно або послідовно. При цьому послідовність, у якій наносять активні компоненти, як правило, може бути будь-якою. Придатними розчинниками для одержання каталізаторів просоченням є вода й органічні розчинники, такі як спирти, наприклад метанол і етанол, ароматичні вуглеводні, такі як бензол і толуол, аліфатичні розчинники, такі як гексан, гептан і т.п., циклоаліфатичні розчинники, такі як гексан, і інші.

Нанесені на носій паладійвмісні каталізатори одержують переважно просоченням носія розчином $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, PdCl_2 , H_2PdCl_2 , Pd -ацетилацетонату і т.п. Після просочення носій доцільно піддавати сушінню при температурі в основному в інтервалі від порядку 50 до 200°C , переважно від 100 до 150°C . Після сушіння носій при необхідності можна кальцинувати. Температура при цьому знаходиться, як правило, в інтервалі від 200 до 600°C , переважно від 400 до 500°C . Тривалість кальцинування може змінюватися в широких межах і становити, наприклад, від порядку 1 до 10 годин, переважно від 1,5 до 5 годин. Для переведення попередників в активний компонент каталізатор можна обробляти звичайним відновником, таким як водень. При цьому до відновника при необхідності можна домішувати інертні гази, такі як азот або аргон. Температура при відновленні знаходиться переважно в інтервалі від порядку 100 до 500°C , особливо переважно від 200 до 300°C . Якщо для одержання застосовуваних відповідно до винаходу каталізаторів як попередник використовують сполуку металу, яка термічно легко розкладається, то подібні сполуки, як правило, вже в умовах кальцинування розкладаються на елементарні метали або оксидні сполуки металів, що дозволяє в принципі виключити необхідність наступного відновлення.

Після сушіння і/або кальцинування і/або відновлення при необхідності можна проводити принаймні ще одну операцію з обробки. До таких операцій належать, зокрема, пасивування, наприклад за допомогою кисню, до якого в разі потреби може бути домішаний інертний газ. Пасивування доцільно проводити при одержанні каталізаторів на основі металів, оксиди яких також мають каталітичну активність.

Інші способи одержання каталізаторів, які застосовуються відповідно до винаходу, відомі фахівцям у даній галузі. Як приклади можна назвати напілювання з парової фази, металізацію, іонообмінний спосіб і інші.

Відповідно до одного з рекомендованих варіантів здійснення винаходу каталізатор відновлюють *in situ* за допомогою водню і переводять таким шляхом в активну форму.

Поверхня каталізатора, об'єм пор і розподіл

пор за розмірами вирішального значення не мають і можуть змінюватися в широких межах.

Особливо переважно в способі за винаходом застосовувати каталізатор, який містить від 0,1 до 10мас.% Pd, у кожному випадку в перерахунку на масу активного компонента і носія. Переважно каталізатор містить Pt у кількості 0-5мас.%, наприклад 0,1-4мас.%. Особливо переважні каталізатори, які містять як активний компонент лише один Pd.

Запропонований у винаході спосіб дозволяє економічним і ефективним шляхом одержувати за одностадійним механізмом N-заміщені 2,6-діалкілморфоліни. При цьому цільові сполуки, як правило, одержують з високим виходом і високою вибірністю. Одна з переваг запропонованого у винаході способу полягає в можливості одержання N-заміщених 2,6-діалкілморфолінів також при подачі едуктів з високою витратою, тобто при всіх умовах забезпеченні високий вихід продуктів з одиниці об'єму за одиницю часу. Ще одна перевага способу за винаходу полягає в тому, що він дозволяє одержувати N-заміщені 2,6-діалкілморфоліни у вигляді чистих ізомерів.

Переважно для одержання N-заміщених 2,6-діалкілморфолінів використовувати кетон загальної формули II, де R^1 і R^2 разом з атомом вуглецю, з яким вони зв'язані, утворюють 6-12-членний карбоцикл, який може містити один, два або три замісники, незалежно один від одного вибраних із групи, яка включає алкіл, алкоксигрупу, алкілтіогрупу, циклоалкіл і циклоалкілалкіл. Особливо переважно сполукою формули II є циклододеканон.

R^3 і R^4 у формулі III незалежно один від одного переважно являють собою C_1 - C_{10} алкільні групи. Особливо переважно R^3 і R^4 означають обидва метил.

Запропонований у винаході спосіб придатний насамперед для одержання N-(циклододецил)-2,6-диметилморфоліну (додеморфу).

Температура реакції знаходиться переважно в інтервалі від 100 до 300°C . Тиск при перебігу реакції становить переважно від 5 до 300 бар, особливо переважно від 10 до 250 бар.

Запропонований у винаході спосіб можна здійснювати без використання розчинників або у присутності відповідного розчинника. З переліку можливих розчинників можна назвати воду, спирти, такі як метанол і етанол, прості ефіри, такі як метил-трет-бутиловий ефір, прості циклічні ефіри, такі як тетрагідрофуран, кетони, такі як ацетон і метилетилкетон, і ряд інших. Особливо переважно застосовувати як розчинник морфолін, який використовується як едукт. При цьому морфолін можна використовувати в 100-кратному молярному надлишку відносно до амінового компонента.

Запропонований у винаході спосіб можна здійснювати як у періодичному, так і в безперервному режимі. Переважно працювати в безперервному режимі.

Для здійснення способу за винаходу можуть використовуватися звичайні, відомі фахівцям апарати і пристрої, придатні для роботи під високим тиском, такі, наприклад, як автоклави або трубчасті реактори. Переважно застосовувати каталізатор у вигляді стаціонарного (нерухомого) шару або в

якій-небудь іншій формі, придатній для використання у вигляді вбудованого елемента. Реакційну камеру при цьому доцільно розміщати у вертикальному положенні. Реакцію переважно проводити пропусканням реагентів через шар каталізатора низхідним потоком і висхідним потоком. Вихідні речовини при цьому переважно подавати таким чином, щоб практично весь шар каталізатора повністю був покритий рідиною.

Ще одним об'єктом винаходу є застосування вищеописаного каталізатора для одержання третинного аміну взаємодією принаймні однієї карбонільної сполуки принаймні з одним вторинним аміном у присутності водню.

Нижче винахід більш докладно пояснюється на прикладах, які не обмежують його обсяг.

Приклади

Приклад 1 (порівняльний Pd/Ag-каталізатор)

У розташований вертикально трубчастий реактор поміщали 500мл каталізатора, який містив 5% Ag_2O і 0,4% Pd на SiO_2 -Носії. При температурі 220°C і тиску водню 100 бар знизу накачували нагріту до 220°C суміш з однієї частини цис-2,6-диметилморфоліну, однієї частини транс-2,6-диметилморфоліну і 0,39 частини циклодеканону при витраті 360мл/год. На виході реакційна суміш після видалення з неї у вакуумі 2,6-диметилморфоліну містила 89,6% додеморфу, а також 2,3% циклодеканону. Ці значення відповідають перетворенню, що дорівнює 97,3%, і вибірності, що дорівнює 91%.

Приклад 2 (Pd/ZrO₂-каталізатор)

У даному прикладі працювали аналогічно до прикладу 1, з тією, однак, відмінністю, що використовували чистий цис-2,6-диметилморфолін і Pd/ZrO₂-каталізатор (вміст паладію 0,9%). При тій же температурі і швидкості подачі і після відділення 2,6-диметилморфоліну реакційна суміш містила 94,4% додеморфу, а також 0,7% циклодеканону. Ці значення відповідають перетворенню, що дорівнює 99,3%, і вибірності, що дорівнює 95%.

Приклад 3 (Pd/ZrO₂-каталізатор)

У даному прикладі працювали аналогічно до прикладу 2, з тією, однак, відмінністю, що швидкість подачі була вдвічі вищою (720мл/год), а температура становила 240°C . Після відділення 2,6-диметилморфоліну реакційна суміш містила 92,2% додеморфу, а також 2,6% циклодеканону. Ці значення відповідають перетворенню, що дорівнює 97,4%, і вибірності, що дорівнює 95%.

Приклад 4 (Pd/Pt, ZrO₂-каталізатор)

У даному прикладі працювали аналогічно до прикладу 1, з тією, однак, відмінністю, що використовували чистий цис-2,6-диметилморфолін і Pd/Pt/ZrO₂-каталізатор (вміст паладію 0,4%, вміст платини 0,4%). При температурі 230°C і витраті 180мл/год реакційна суміш після відділення 2,6-диметилморфоліну містила 95,6% цис-додеморфу при повній відсутності циклодеканону. Ці значення відповідають перетворенню, що дорівнює 100%, і вибірності, що дорівнює 95%.