

activity of the process was shown. The optimal conditions for the amination reaction in the presence of bis-(1,10-phenanthroline) copper (I) were found, which provide the highest yield of the target product, diphenylamine.

Keywords: amination of aryl halides, catalytic complex of copper (I), diphenylamine, synthesis of CuBr.

Об авторах:

БОГДАНОВА Анна Михайловна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: bogdanova.set@mail.ru

ЕГОРОВА Екатерина Максимовна – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: kegoliar@mail.ru

БЫКОВ Алексей Владимирович – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: bykovav@yandex.ru

About the authors:

BOGDANOVA Anna Mikhailovna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bogdanova.set@mail.ru

EGOROVA Ekaterina Maksimovna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kegoliar@mail.ru

BYKOV Alexey Vladimirovich – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bykovav@yandex.ru

УДК 54.057

МЕТОДЫ СИНТЕЗА ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

В.Д. Комарова, Г.Н. Демиденко, А.В. Быков

© Комарова В.Д., Демиденко Г.Н., Быков А.В., 2026

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению основных традиционных и перспективных каталитических методов многотоннажного синтеза изопропилового спирта высокой чистоты.

Ключевые слова: ацетон, изопропиловый спирт, пропилен, гидрирование, гидратация, катализаторы.

Одним из широко используемых реагентов и растворителей в химических, фармацевтических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах является изопропиловый спирт (изопропанол, пропанол-2, ИПС) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$, который представляет собой прозрачную жидкость с резким запахом, легко растворяется в воде, эфирах и других органических растворителях, обладает высокой летучестью, низкой плотностью ($0,786 \text{ г/см}^3$ (при 20°C)), а также низкой температурой замерзания ($-89,5^\circ\text{C}$). Смертельная доза при приеме внутрь варьируется от 100 до 400 мл, а смертельная концентрация в крови – около $1,5 \text{ г/л}$ [1].

Изопропиловый спирт обладает также дезинфицирующими свойствами и эффективен в борьбе с патогенными бактериями и микроорганизмами. Несмотря на то, что универсальным растворителем традиционно считается вода, изопропиловый спирт превосходит ее в растворении неполярных веществ, таких как хлороформ и некоторые масла. Он широко применяется как один из компонентов при производстве бытовой химии, поскольку эффективно удаляет грязь, жир с любых поверхностей; является компонентом незамерзающих жидкостей для автомобилей [2]. Кроме того, изопропанол активно используется в электронике для очистки деликатных поверхностей, контактов и разъемов, линз и мониторов. При этом он быстро испаряется, не оставляя разводов и пятен.

Таким образом, широкое применение ИПС в различных областях человеческой жизнедеятельности вызывает необходимость его получения в многотоннажном производстве с малыми затратами и с хорошим качеством продукта.

Основными современными промышленными методами получения ИПС являются прямой и косвенный виды гидратации пропилена.

Косвенная гидратация проводится с участием серной кислоты, на выходе получается смесь сложных эфиров сульфатов. Следующая стадия процесса – гидролиз, после которого выделяют ИПС, выход которого составляет около 93–95 %. Данный метод является устаревшим, но используется до сих пор из-за низкой стоимости сырья.

Преимущество метода заключается в минимальных требованиях к качеству пропилена.

Недостатки метода:

1. Образование побочного продукта – диизопропилового эфира, поэтому требуется повторный гидролиз до образования ИПС [3].

2. Серная кислота является очень агрессивным и коррозионным компонентом при производстве ИПС, что значительно повышает необходимость в использовании износостойкого и дорогостоящего оборудования.

Прямая гидратация, в отличие от косвенной, позволяет получать ИПС с минимальным количеством побочных продуктов. Выход изопропанола составляет около 90 %, при этом конверсия пропилена обычно не превышает 75 %. Реакция гидратации происходит при высоком

давлении и температуре порядка 250–300 °С. Катализатором процесса является фосфорная или серная кислота на каком-либо носителе. Например, в работе [4] использовали сульфокатионитовый катализатор на матрице сополимера стирола и дивинилбензола, причем к каждой фенильной группе присоединяли сульфогруппу.

Преимуществами метода являются простота (нет необходимости в использовании серной кислоты, что значительно снижает стоимость процесса), экологичность и эффективность за счет применения высоких давлений и температур.

Основной недостаток – малая конверсия, в связи с чем требуется проведение рециклинга и использование пропилена достаточного высокого качества.

Оба метода гидратации подразумевают обязательную последующую дистилляцию или ректификацию для отгонки воды и побочных продуктов.

Существуют, кроме гидратации пропилена, и другие методы получения ИПС. Например, в работе [2] изопропанол получали методом теломеризации из этилена и метанола (выход ИПС составил 52 %).

В настоящее время активно развивается и внедряется метод получения ИПС каталитическим гидрированием ацетона водородом в газовой и жидкой фазах, создаются новые металлосодержащие каталитические системы, которые способствуют значительному повышению выхода ИПС и конверсии ацетона.

Чаще всего в реакции гидрирования ацетона используют никелевые катализаторы, к преимуществам которых относятся низкая (по сравнению с платиновыми) стоимость и высокая активность.

Согласно данным патента RU 2472766 «Способ производства изопропанола жидкофазным гидрированием», при жидкофазном гидрировании ацетона в присутствии катализатора Ni на нейтральной подложке (α -Al₂O₃) была получена конверсия ацетона 99 %, а выход изопропанола составил 98,7 % [5].

Достаточно часто используют, помимо никелевых катализаторов, медные на носителе в виде гранул силикагеля. В патенте RU 2666893 «Способ получения изопропилового спирта из ацетона» на таком катализаторе конверсия ацетона составила 99,7 %, а выход ИПС – 99,4 % [6]. По данным литературных источников, медные катализаторы показывают лучшие результаты по сравнению с никелевыми, причем стоимость тех и других невелика.

Кроме вышеописанных каталитических систем, в процессе гидрирования ацетона с целью получения изопропанола используют платиновые, палладиевые и рутениевые катализаторы на различных носителях.

В настоящее время активно исследуются и внедряются новые, более экологичные методы с другими условиями протекания процесса для получения ИПС с минимальными затратами.

Итак, способы получения ИПС весьма разнообразны, имеют свои достоинства и недостатки. В зависимости от степени чистоты исходных веществ, оборудования и условий проведения реакции можно получать целевой продукт с необходимым выходом и заданной степенью чистоты.

Библиографический список

1. Спирты / Н.Ф. Маркизова [и др.]. СПб.: ФОЛИАНТ, 2004. 112 с.
2. Худойберганава С., Нурмонов С. Синтез изопропанола из реакции теломеризации этилена // *Universum: технические науки*. 2021. № 6-4 (87). С. 50–53.
3. Амиров Ф.О., Шахвердиева Ф.М. Синтетическая жидкость для электрических аппаратов // *Наука, техника и образование*. 2017. № 8 (38). С. 18–21.
4. Павлов О.С., Карсаков С.А., Павлов Д.С. Технология производства изопропилового спирта на сульфокатионитном катализаторе // *Известия вузов. Химия и химическая технология*. 2007. № 4. С. 51–54.
5. Способ производства изопропанола жидкофазным гидрированием: пат. 2472766 Рос. Федерация. № 2010116979/04 / Р. Бонманн [и др.]; заявл. 10.11.2011; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2. 16 с.
6. Способ получения изопропилового спирта из ацетона: пат. 2666893 Рос. Федерация. № 2018112443 / Ю.Г. Носков [и др.]; заявл. 06.04.2018; опубл. 13.09.2018, Бюл. № 26. 9 с.

METHODS OF SYNTHESIS OF ISOPROPYL ALCOHOL

V.D. Komarova, G.N. Demidenko, A.V. Bykov

Abstract. *The article is devoted to the consideration of the main traditional and promising catalytic methods for the multi-tonnage synthesis of high purity isopropyl alcohol.*

Keywords: *acetone, isopropyl alcohol, propylene, hydrogenation, hydration, catalysts.*

Об авторах:

КОМАРОВА Валерия Дмитриевна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: valeriakomarova723@gmail.com

ДЕМИДЕНКО Галина Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: xt345@mail.ru

БЫКОВ Алексей Владимирович – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: bykovav@yandex.ru

About the authors:

KOMAROVA Valeria Dmitrievna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: valeriakomarova723@gmail.com

DEMIDENKO Galina Nikolaevna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: xt345@mail.ru

BYKOV Alexey Vladimirovich – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bykovav@yandex.ru

УДК 615.014

МЕТОДИКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

И.А. Любкевич, В.П. Молчанов

© Любкевич И.А., Молчанов В.П., 2026

***Аннотация.** Описана методика валидации эффективности дезинфицирующих средств на фармацевтическом производстве. Уделено внимание специфике микробных рисков при проведении исследования, необходимости адаптации методик контроля, а также комплексному подходу к валидации дезинфицирующих средств.*

***Ключевые слова:** валидация, квалификация, фармацевтическое производство, дезинфицирующие средства, контроль качества, лабораторные исследования, микробиологический контроль.*

На сегодняшний день нормативно-правовые акты, регулирующие проведение валидации, имеют как национальный, так и наднациональный характер. Это обусловлено вхождением Российской Федерации в Евразийский экономический союз (ЕАЭС). Ранее принятые российские нормативно-правовые акты остаются действующими. Законодательно закреплено главенство наднациональных требований ЕАЭС. Федеральный законодательный акт, регламентирующий обращение