

УДК 66.011:663.55

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ЭТИЛОВОГО СПИРТА ОТ МЕТАНОЛА
И ДРУГИХ ЛЕТУЧИХ ПРИМЕСЕЙ**

Буряков В.Г.

**МОДЕЛЮВАННЯ ОЧИЩЕННЯ ЕТИЛОВОГО СПИРТУ ВІД МЕТАНОЛУ ТА
ІНШИХ ЛЕТЮЧИХ ДОМІШОК**

Буряков В.Г.

**MODELLING OF ETHYL ALCOHOL PURIFICATION FROM METHANOL AND
OTHER VOLATILE ADMIXTURES**

Buriakov V.

Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев
ybur@yandex.ua

На основе компьютерного моделирования режимов работы метанольной колонны определены технологические параметры для достижения заданной степени очистки спирта от метанола и других летучих примесей.

Ключевые слова: Ректификация, этиловый спирт, очистка, метанол, примеси, колонна, кратность извлечения, концентрация

На основі комп'ютерного моделювання режимів роботи метанольної колони визначено технологічні параметри для досягнення заданого ступеня очищення спирту від метанолу та інших летючих домішок.

Ключові слова: Ректифікація, етиловий спирт, очищення, метанол, домішки, колона, кратність вилучення, концентрація

On the basis of computer design of the operating modes of methanol column technological parameters for the set degree of alcohol purification from methanol and other volatile admixtures are worked out.

Keywords: Rectification, ethyl alcohol, purification, methanol, admixtures, column, extraction ratio, concentration

Метиловый спирт является характерной примесью этилового спирта, вырабатываемого из растительного сырья (зерна, картофеля, сахарной свеклы). Содержания метанола в спирте-сырце из разного вида сырья сильно варьируется; особенно много метанола присутствует в спирте-сырце из картофеля и зерно-картофельного сырья. На дегустационную оценку ректификованного этилового спирта метиловый спирт практически не влияет. В то же время метанол является сильным ядом, в 80 раз токсичнее, чем этиловый спирт [1]. Поэтому ректификованный этиловый спирт, идущий на производство напитков, должен быть в должной степени очищен от метанола. По ДСТУ 4221:2003 в спирте

ректифікованном «Пшенична сльоза» концентрація метанола не повинна перевищувати 0,005% об. или около 50 мг/дм³. В ряду других стран требования к ректифікованному спирту еще более высокие. Так, в Чехии, Словакии, Финляндии, Германии, Франции концентрация метанола в спирте составляет 5,0–50,0 мг/дм³ [2].

Моделювання процесу очищення етилового спирта вироблялося на основі розробленої нами математическої моделі процесу ректифікації багатокомпонентних сумішей [3–4]. На основі проведеного моделювання процесу ректифікації етилового спирта, експериментальних досліджень на промислових ректифікаційних установках, перевірки адекватності моделі нами розроблено спосіб виробництва ректифікованого етилового спирта і установка для брагоректифікації [5–6]. Установка складається з п'яти колонн: бражної, епіраційної, спиртової, метанольної і колонни концентрування примісей.

Метанол являється кінцевою примісью спирта. Особливістю його поведінки в процесі ректифікації водно-спиртових розчинів являється те, що метанол виділяється лише з розчину з високою концентрацією етилового спирта. В зв'язі з цим частинна очистка спирта від метанола виробляється в спиртової колонні, де існує максимальна концентрація етилового спирта. Нескільки верхніх тарілок в концентраційній частині колонни, так звані зона пастеризації, служать для очищення спирта від метанола і других легколетучих примісей [7].

Однак ефективність пастеризації спирта в спиртової колонні недостатня висока. Це пов'язано, в першу чергу, з тим, що коефіцієнт ректифікації метанола (відношення коефіцієнтів випаровування метанола і етанолу) при високій концентрації етилового спирта складає всього лише 1,6. Результати комп'ютерного моделювання показали, що при зоні пастеризації, що складається з 8 робочих тарілок, концентрація метанола в ректифікованому спирті може бути зменшена в 5–7 раз. Це явно недостатньо для отримання ректифікованого спирта марки «Люкс» і тим більше «Пшенична сльоза».

Основна очистка спирта від метанола виробляється в метанольній колонні. Ми поставили задачу провести моделювання очищення етилового спирта від метанола, а також других примісей в метанольній колонні, визначити технологічні параметри, необхідні для досягнення заданої ступені вилучення примісей.

Спирт подається на очистку в середню частину колонни, з куба відводиться очищений спирт. Головна фракція, що містить спирт разом з метанолом і другими летучими примісями, виводиться з верхньої частини колонни. Ефективність очищення метанола залежить від числа тарілок в колонні. При збільшенні числа тарілок роздільна здатність колонни, а саме, кратність вилучення і кратність концентрування примісей, зростає, при цьому зменшується удільний витрата пари. Практика останніх років показала, що в спиртовому виробництві кількість тарілок в колонні остаточної очистки, призначеної для вилучення метанола і головних примісей, цілком природно збільшити до 50–60. Метанольна колонна в типовій установці для виробництва ректифікованого спирта з гідролізного сировини має 70 тарілок.

Ми провели моделювання роботи колонни при 70 робочих тарілках, а також порівняли ефективність роботи колонни при 70 і 40 робочих тарілках. Число робочих тарілок в відгонній частині змінювали в межах від 35 до 45, удільний витрата пари – від 6 до 12 кг/дал, відбір метанольної фракції – від 0,0312 до 1,0 % від

абсолютного алкоголя в питанні колонни.

Кратность извлечения (отношение концентрации примеси в питании к концентрации примеси в кубе колонны) метанола увеличивается при увеличении процента отбора головной, или метанольной, фракции (МФ) и удельного расхода пара (см. рис. 1).

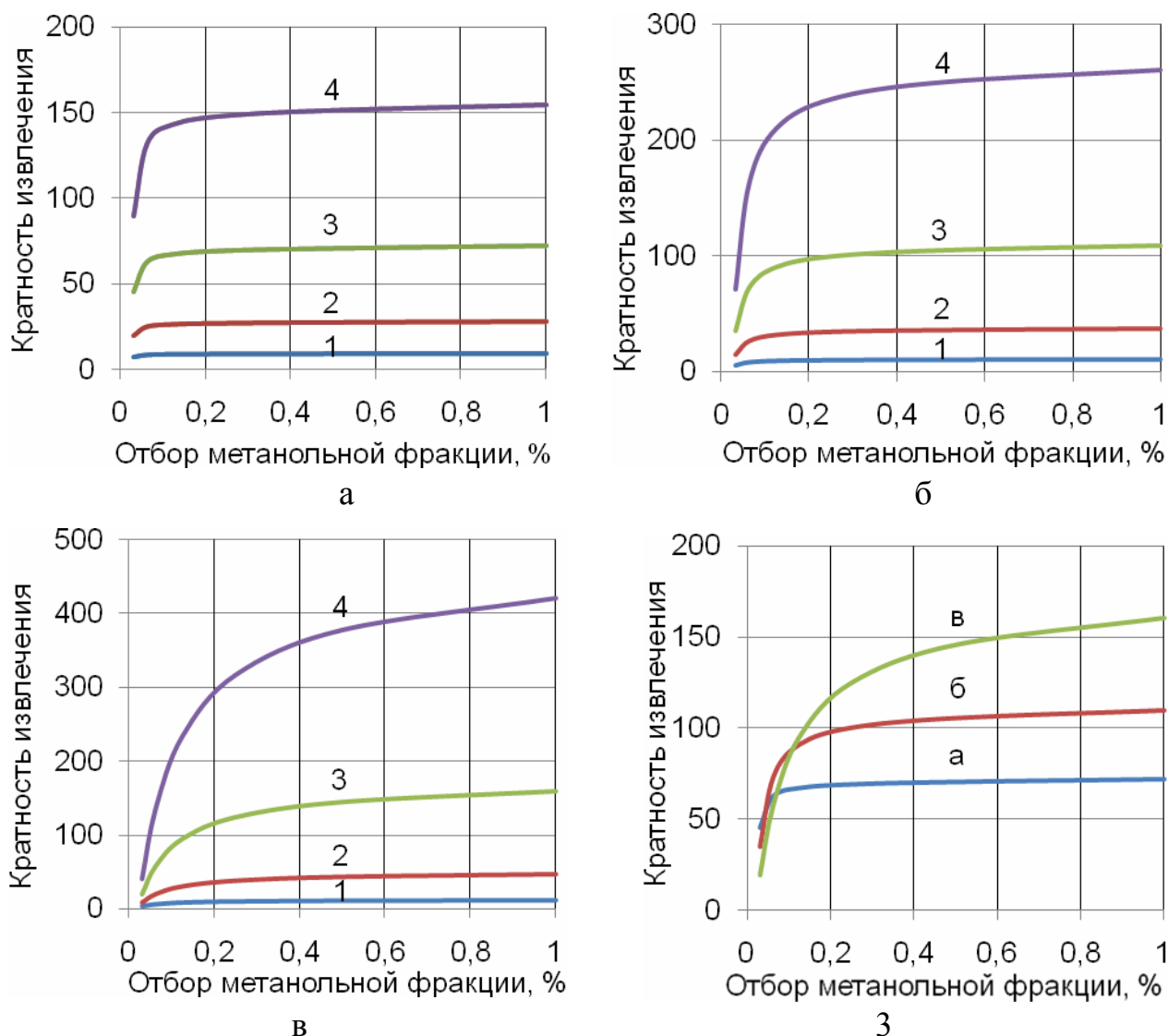


Рис. 1. Зависимость кратности извлечения метанола от процента отбора головной фракции при удельном расходе пара, кг/дал: 1 – 6, 2 – 8, 3 – 10, 4 – 12; число рабочих тарелок в отгонной части: а – 35, б – 40, в – 45

Мы сравнивали значение кратности извлечения метанола при отборе головной фракции 1,0 % и 0,125 %. При удельном расходе пара 6 кг/дал, который регламентирован для типовых брагоректификационных установок, при отборе ГФ 1% и 0,125 % кратность извлечения метанола составляет соответственно 10,3 и 9,1. Такие значения могут быть недостаточными для необходимого извлечения метанола из спирта. При увеличении удельного расхода пара до 8 кг/дал при отборе ГФ 1% и 0,125 % кратность извлечения метанола увеличивается и составляет соответственно 37,1 и 31,7. При удельном расходе пара 10 кг/дал при отборе ГФ 1% и 0,125 %

кратность извлечения метанола составляет соответственно 109,6 и 90,8. При увеличении удельного расхода пара до 12 кг/дал при отборе ГФ 1% и 0,125 % кратность извлечения метанола составляет соответственно 261,0 и 210,7.

При увеличении отбора ГФ с 0,125 до 1,0 % кратность извлечения метанола увеличивается, причем более интенсивно при увеличении числа тарелок в отгонной части, а также с увеличением удельного расхода пара .

Кратность извлечения метанола резко падает при отборе головной фракции менее 0,08–0,15 %, причем этот перепад более выражен при меньшем числе тарелок в отгонной части. Поэтому целесообразно устанавливать процент отбора в районе 0,1 %. При таком отборе кратность извлечения метанола достигается при числе рабочих тарелок в отгонной части, равном 40 и при удельном расходе пара 6, 8 и 10 кг/дал (см. рис. 1, 3). При увеличении отбора ГФ кратность извлечения возрастает интенсивнее при большем удельном расходе пара и большем числе тарелок в отгонной части, т. е. при 45. При сокращении отбора ГФ концентрация этанола во фракции уменьшается до 37 % мас., концентрация метанола во фракции возрастает и может достигать 60 % мас.

Таким образом, для сокращения потерь спирта следует стремиться к работе колонны с минимальным отбором головной фракции, при котором не происходит резкого падения кратности извлечения метанола, т. е. в области 0,08 – 0,15 %. Для минимизации энергозатрат следует сокращать величину удельного расхода пара. Исходя из этого, для достижения желаемой кратности извлечения метанола следует установить минимальный удельный расход греющего пара, при котором такая кратность извлечения достигается.

Вместе с метанолом из спирта извлекаются также остатки головных примесей: уксусного альдегида, метилацетата, этилацетата. Кратность извлечения головных примесей значительно отличается. Уксусный альдегид имеет самую высокую кратность извлечения, которая резко возрастает при увеличении удельного расхода пара (см. рис. 2.). Так, при отборе головной фракции 0,125 %, числе рабочих тарелок в отгонной части 40 и удельном расходе пара соответственно 6, 8, 10, 12 кг/дал кратность извлечения уксусного альдегида равняется соответственно 6300, 21490, 51380, 98890.

Кратность извлечения метилацетата при таких же значениях отбора ГФ, числа рабочих тарелок в отгонной части и удельного расхода пара равняется соответственно 261, 607, 1099, 1709.

Кратность извлечения этилацетата при тех же параметрах значительно меньше и равняется соответственно 4,9, 6,9, 8,9, 10,8.

При увеличении числе рабочих тарелок в отгонной части кратность извлечения для различных примесей изменяется по-разному. Так, при одних и тех же технологических параметрах: удельном расходе пара 10 кг/дал, отборе головной фракции 0,125 % при числе рабочих тарелок в отгонной части 35, 40, 45 кратность извлечения возрастает для примесей: уксусного альдегида соответственно до значений 16510, 47190, 145200, метилацетата – 699, 1099, 1266; для этилацетата уменьшается соответственно до значений – 10,8, 8,9, 7,1.

Таким образом, в метанольной колонне спирт очень эффективно очищается от уксусного альдегида, а также хорошо от метилацетата; эффективность очистки от этилацетата невысока. Однако последнее благоприятно сказывается на качестве

спирта, поскольку в незначительных количествах (до 5 – 10 мг/дм³) этилацетат положительно влияет на органолептическую оценку спирта.

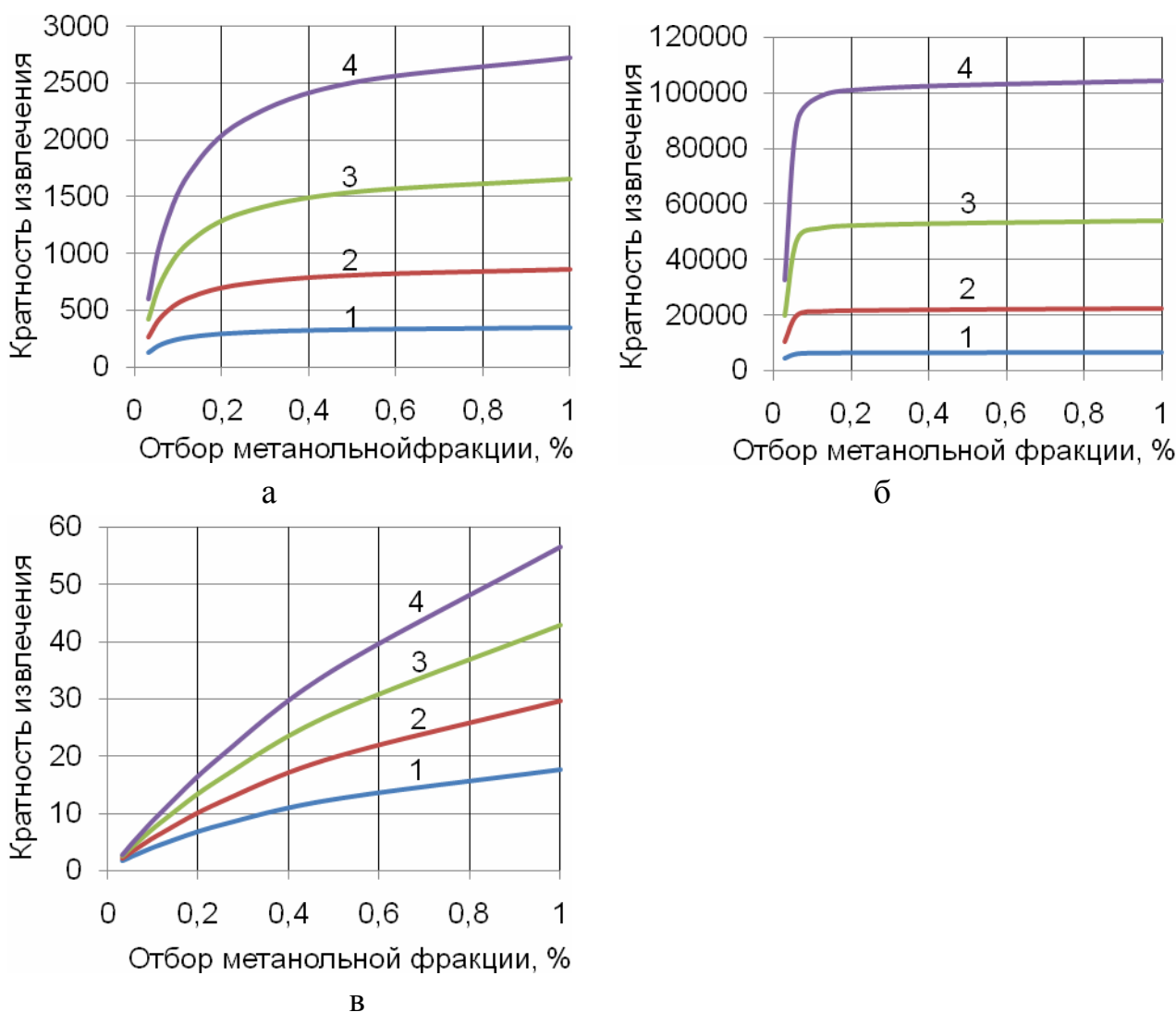


Рис. 2. Зависимость кратности извлечения примесей от процента отбора головной фракции при 40 рабочих тарелок в отгонной части при удельном расходе пара, кг/дал: 1 – 6, 2 – 8, 3 – 10, 4 – 12; примеси: а – уксусный альдегид, б – метилацетат, в – этилацетат

Нами было проведено сравнение разделительной способности колонны при 70 и 40 рабочих тарелок при числе тарелок в отгонной части соответственно 45 и 25 и при отборе МФ 0,125 %. Кратность извлечения при уменьшении тарелок с 70 до 40 резко снижается для всех примесей. Так, при удельном расходе пара 6 кг/дал кратность извлечения особенно резко снижается для уксусного альдегида и составляет соответственно 15100 и 117, а также метилацетата – 299 и 5,6, для этилацетата составляет – 3,8 и 1,2, метанола – 8,2 и 1,8 .

Кратность концентрирования при уменьшении рабочих тарелок с 70 до 40 для головных примесей и метанола снижается. Так, при удельном расходе пара 6 кг/дал

краность концентрування для уксусного альдегіда знижується незначительно и составляет соответственно 930 и 910, метилацетата – 927 и 754, этилацетата – 684 и 149, метанола – 817 и 402.

Таким образом, на основе компьютерного моделирования режимов работы метанольной колонны определены технологические параметры для достижения заданной степени очистки спирта от метанола и других летучих примесей.

Литература

1. *Цыганков П.С., Цыганков С.П.* Руководство по ректификации спирта. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 400 с.
2. *Нагурна Н.А.* Природа домішок етилового спирту та засоби регулювання хімічних і сенсорних характеристик спирту / Н.А. Нагурна, В.М. Головченко, В.Г. Буряков // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 3 (16). – С. 65–68.
3. *Буряков В.* Математична модель процесу ректифікації багатоконпонентних сумішей / В. Буряков, І. Сергієнко, О. Ходзінський // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – № 2. – С. 16–17.
4. *Буряков В.Г.* Разработка одного класса математических моделей ректификации многокомпонентных смесей / В.Г. Буряков, А.Н. Ходзинский // Компьютерная математика : сб. научн. трудов. – 2008. – № 2. – С. 13–24.
5. *Пат. 93780 України, МПК В01D 3/14 (2011.01).* Спосіб та установка для виробництва ректифікованого етилового спирту / Буряков В.Г., Сергієнко І.В., Ходзінський О.М. ; власник патенту Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. – № а 2009 10265 ; заявл. 09.10.2009 ; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5.
6. *Пат. 2475471 Російська Федерація, МПК С07С 31/08, В01D 3/14, С12Р 7/06, С12G 3/12, С07С 29/80 (2006.01).* Спосіб и установка для производства ректификованного етилового спирта / Буряков В.Г., Сергиенко И.В., Ходзинский А.Н. ; патентообладатель Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. – № 2010143099/04 ; заявл. 20.10.2010 ; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5 ; пріоритет 09.10.2009, а 200910265 (UA).
7. *Цыганков П.С.* Ректификационные установки спиртовой промышленности. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 336 с.