

Оптимизация процесса перегонки спиртовой бражки

Юрий Булий, Петр Шиян, Аркадий Дмитрук, Анатолий Куц

Национальный университет пищевых технологий, ул. Владимирская 68, 01601 Киев, Украина; тел. (+38044) 287-96-30; эл. почта ybuliy@yandex.ru

Целью оптимизации процесса брагоперегонки является сокращение удельного расхода греющего пара и увеличение концентрации бражного дистиллята при нормативных потерях спирта с бардой.

Приведен краткий анализ работы типовых бражных колонн. Исследована технология перегонки спиртовой бражки в циклическом режиме в условиях импульсной задержки пара. Отмечены недостатки способа: зависимость работы переливных устройств от давления пара и отсутствие массообмена в период перелива жидкости. Предложена инновационная технология, позволяющая исключить вышеуказанные недостатки путем управления циклами ректификации с помощью подвижных клапанов, связанных с приводными механизмами, действие которых не зависит от режима подачи пара. Приведены результаты производственных испытаний. Установлено увеличение степени извлечения и кратности концентрирования примесей спирта в процессе разгонки спиртосодержащих фракций и сокращение удельного расхода пара на 40 % по сравнению с типовым оборудованием.

Доказана целесообразность использования инновационной технологии для перегонки спиртовой бражки. Разработана конструкция бражной колонны, позволяющая обеспечить управление циклами задержки и перелива жидкости за заданным алгоритмом. Предложена конструкция чешуйчатой тарелки, позволяющая повысить интенсивность процесса массопереноса летучих компонентов жидкости и пара. Приведены технические показатели и технологические параметры работы бражной колонны. Установлено, что удельный расход пара на перегонку бражки составил 14,4...14,6 кг/дал безводного спирта, введенного на тарелку питания. При этом концентрация этилового спирта в бражном дистилляте достигает 60...60,3 % об.

Использование предложенной авторами технологии позволяет оптимизировать процесс перегонки спиртовой бражки путем сокращения удельного расхода греющего пара на 35 % по сравнению с типовыми бражными колоннами и повышения концентрации этилового спирта в бражном дистилляте на 28 % при нормативных потерях спирта с бардой.

Ключевые слова: бражная колонна, брагоперегонка, циклическая ректификация, массообмен, чешуйчатая тарелка, этиловый спирт.

Введение

Этиловый спирт получают биоконверсией углеводородсодержащего сырья ферментативным комплексом спиртовых дрожжей. Его содержание в зрелой бражке зависит от вида исходного сырья и способа его переработки. Обычно концентрация этанола составляет 8-12 % об. Состав бражки изменяется в зависимости от вида исходного сырья и принятых технологических режимов ее приготовления. Летучие примеси, сопутствующие спирту, характеризуются огромным разнообразием. По разным данным идентифицировано от 150 до 200 компонентов, общее содержание которых не превышает 0,6 % от количества этилового спирта [1].

Перегонку бражки осуществляют в брагоперегонных аппаратах и брагоректификационных установках (БРУ). В первом случае из бражки получают спирт-сырец, во втором – бражный дистиллят. Бражный дистиллят представляет собой конденсат летучей части бражки. В зависимости от содержания спирта в исходной бражке и коэффициента избытка пара его концентрация колеблется в пределах 35...65 об. %.

В свою очередь расход греющего пара на брагоперегонку зависит от количества контактных устройств в бражной колонне и эффективности их работы, определяемой коэффициентом полезного действия (КПД) тарелок. Практически расход пара на бражную колонну составляет 40...45 % от общего расхода пара на БРУ или 22...24 кг/дал ректификованного спирта. В бражных колоннах обычно устанавливают 18...24 тарелки с межтарелочным расстоянием 340 и 500 мм, в связи с чем типовое оборудование отличается высокой металлоемкостью. Кроме того, количество тарелок в бражной колонне и время пребывания в ней бражки влияет на количественный и качественный состав бражного дистиллята, а также на органолептику готового продукта [2, 3].

Целью исследований была разработка инновационной технологии брагоперегонки, позволяющей уменьшить удельный расход пара, сократить время пребывания бражки в бражной колонне и повысить концентрацию бражного дистиллята за счет интенсификации самого процесса брагоперегонки.

Одним из основных показателей работы бражной колонны является концентрация спирта в бражном дистилляте, косвенным показателем которой служит температура над верхней тарелкой колонны (для типовых бражных колонн 92...94° С). Перегрев бражной колонны может привести к появлению в ректификованном спирте жгучести. О перегреве свидетельствует повышенная температура на тарелке питания (более 94° С). Повышение крепости бражного дистиллята позволяет применять более глубокую гидроселекцию для эффективного выделения и концентрирования головных примесей спирта в элюационной

колонне без существенного понижения крепости энюрата. При этом улучшаются условия для выделения летучих органических примесей спирта. Недостаточное количество и невысокая эффективность (КПД) контактных устройств приводит к перерасходу греющего пара и снижению эффективности процесса брагоперегонки.

Вопросам повышения эффективности работы бражных колонн и определения путей сокращения расхода пара на перегонку бражки посвящено большое количество научных работ [4–7]. Были исследованы колонны, оснащенные ситчатыми, колпачковыми, клапанными, однонаправленными чешуйчатыми тарелками, решетчатыми тарелками провального типа РПТ. КПД тарелок бражных колонн зависит от их конструкции, состояния и режима эксплуатации: для одноколпачковых тарелок он равен 0,6...0,65; ситчатых и РПТ 0,4...0,5; чешуйчатых 0,5...0,7. Существенным преимуществом чешуйчатых тарелок является большой диапазон нагрузок по жидкости и пару, малый брызгоунос при скорости пара в свободном сечении колонны более 1,5 м/с и высокая удельная производительность.

Одним из перспективных направлений, позволяющих повысить КПД контактных устройств, сократить удельный расход греющего пара и уменьшить металлоемкость колонного оборудования, является использование технологии циклической ректификации, позволяющей обеспечить раздельное движение фаз путем перелива жидкости с тарелки на тарелку через переходную емкость при изменении давления греющего пара [8, 9].

Исследования эффективности предложенной технологии проводились в производственных условиях ГП «Ковалевский спиртовой завод» (Украина). Для исследований была изготовлена и смонтирована экспериментальная бражная колонна диаметром 325 мм (рис. 1).

Корпус 1 колонны оснащен 10-ю тарелками 2 с межтарелочным расстоянием 600 мм. Свободное сечение тарелки составляло 7 %. Греющий пар вводился в кубовую часть колонны импульсами с задержками 3-4 с. Вихревые контактные элементы 3 обеспечивали перелив жидкости в период прекращения подачи пара через переходные емкости 4.

Испытания проводились на зерновой бражке с концентрацией спирта 8,5 об. %. Нагрузка колонны по бражке составляла 20–21 м³/м²·час. Установлено, что перегонка бражки в циклическом режиме в полной степени обеспечивает извлечение этилового спирта и сопутствующих ему летучих органических примесей при нормативных потерях спирта с бардой. Металлоемкость колонны с раздельным движением фаз была на 25 % меньше металлоемкости типовой бражной колонны с тарелками двойного кипячения аналогичной производительности.

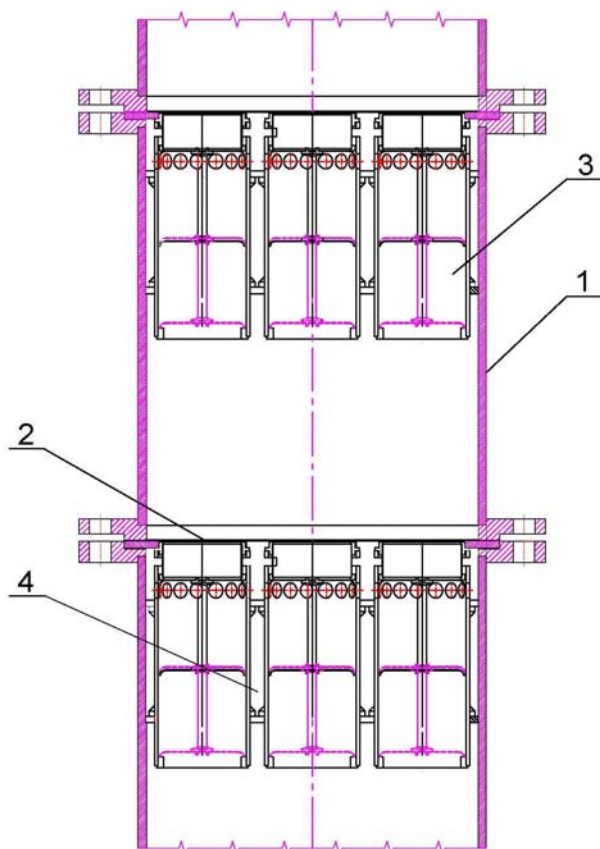


Рис. 1. Экспериментальная бражная колонна, работающая в циклическом режиме в условиях импульсной задержки пара: 1 – корпус, 2 – тарелка, 3 – контактно устройство, 4 – переходная емкость.

Fig. 1. Experimental use alcohol distillation column operating in a cyclic mode in terms of pulse delay pair: 1 – shell, 2 – plate, 3 - the contact device, 4 - transitional capacity.

В процессе исследований было выявлено снижение эффективности работы контактных устройств в период перелива бражки по тарелкам колонны за счет отсутствия массообмена между жидкостью и паром, зависимости работы переливных устройств от давления пара и невысокой удельной нагрузки колонны по жидкости.

Учитывая вышеуказанные результаты, была предложена технология, предусматривающая проведение управляемых циклов задержки жидкости на тарелках колонного аппарата и синхронного ее перелива с тарелки на тарелку по всей высоте колонны в два последовательных этапа, повторяющихся периодически в соответствии с заданным алгоритмом при непрерывной подаче парового и жидкостного потоков в колонну [10, 11]. Исследования инновационной технологии проводились в производственных условиях ГП «Чудновский филиал Житомирского ликероводочного завода» (Украина) и предусматривали выделение этилового спирта из побочных продуктов и полупродуктов брагоректификации, не содержащих взвешенных частиц.

В процессе исследований определялись степень извлечения летучих примесей спирта (α) и кратность их концентрирования (β):

$$\alpha = \frac{X_M}{X_O}; \quad \beta = \frac{X_D}{X_M}, \quad (1)$$

где X_M , X_D , X_O – концентрация примесей спирта на тарелке питания, в дистилляте и в кубовой части колонны соответственно.

Экспериментально установлено, что в процессе ректификации достигается практически полное извлечение головных примесей, степень извлечения α высших спиртов и метанола увеличивается на 38 %, кратность концентрирования головных примесей повышается на 25 %, высших спиртов на 40 %, метанола на 37 %. При этом расход греющего

пара на процесс составляет 11...13 кг/дал безводного спирта (б.с.), введенного в разгонную колонну, что на 40 % меньше по сравнению с типовым оборудованием [12,13].

Дальнейшие исследования были направлены на определение эффективности предложенной технологии в процессе перегонки спиртовой бражки, полученной из зернового сырья и содержащей до 7 % сухих веществ. Производственные испытания проводились в условиях ГП «Лопатинский спиртовой завод» (Украина). Экспериментальная бражная колонна диаметром 650 мм была оснащена 30-ю чешуйчатыми тарелками с межтарелочным расстоянием 400 мм и подвижными клапанами, закрепленными на тягах, связанными с пневмоцилиндрами (рис. 2).

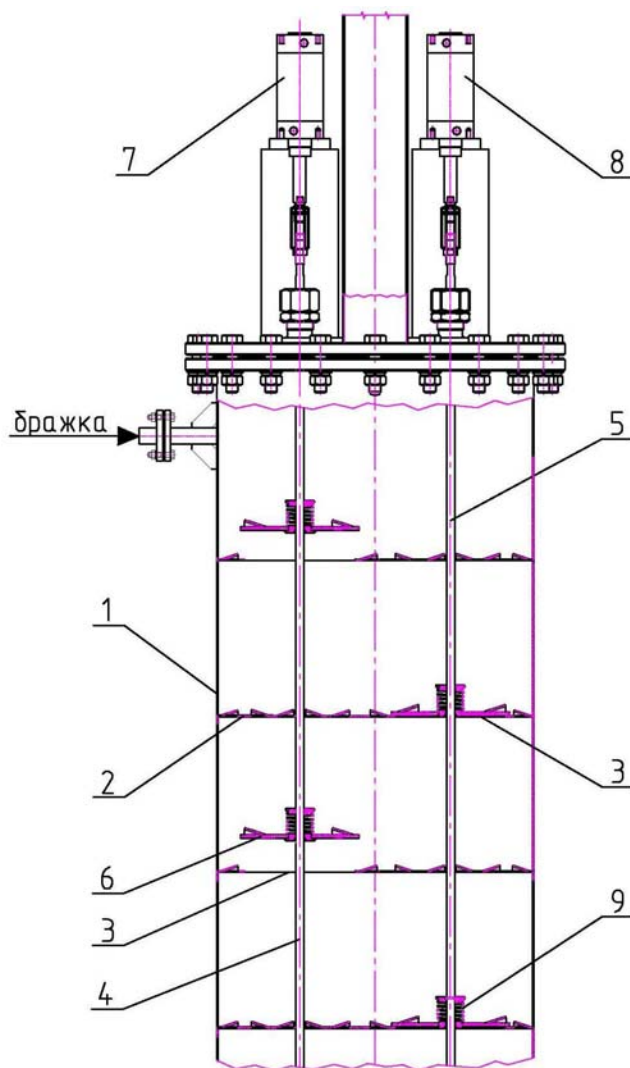


Рис. 2. Экспериментальная бражная колонна, работающая в циклическом режиме в условиях непрерывной подачи материальных потоков: 1 – корпус; 2 – тарелка; 3 – переливное отверстие; 4, 5 – тяги; 6 – клапан; 7, 8 – пневмоцилиндры; 9 – пружина.

Fig. 2. Experimental use alcohol distillation column operating in a cyclic mode in continuous feed of material flows: 1 – shell, 2 – plate, 3 - overflow hole, 4, 5 – thrust, 6 – damper, 7, 8 - pneumatic cylinders, 9 – spring.

Живое сечение тарелки равнялось 5,5 %. В корпусе 1 были установлены тарелки 2 с переливными отверстиями 3. На подвижных тягах 4 и 5 закреплены клапаны 6 с пружинами 9. Тяги приводились в движение в соответствии с программой контроллера с помощью пневмоцилиндров 7 и 8 типа DNT 63-50-PPV-A фирмы FESTO. Для обеспечения отдельного движения фаз клапаны 6 поочередно открывали и закрывали переливные отверстия 3 парных и непарных по порядку расположения тарелок. Для исключения протекания жидкости клапаны поджимались пружинами 9. С целью обеспечения эффективного массообмена между жидкостью и паром применялись контактные устройства с коаксиальным расположением чешуек арочного типа, с помощью которых на полотне

тарелки реализовался принцип соударения газожидкостных струй. Для достижения результата можно использовать тарелки с горизонтальным расположением чешуек (рис. 3).

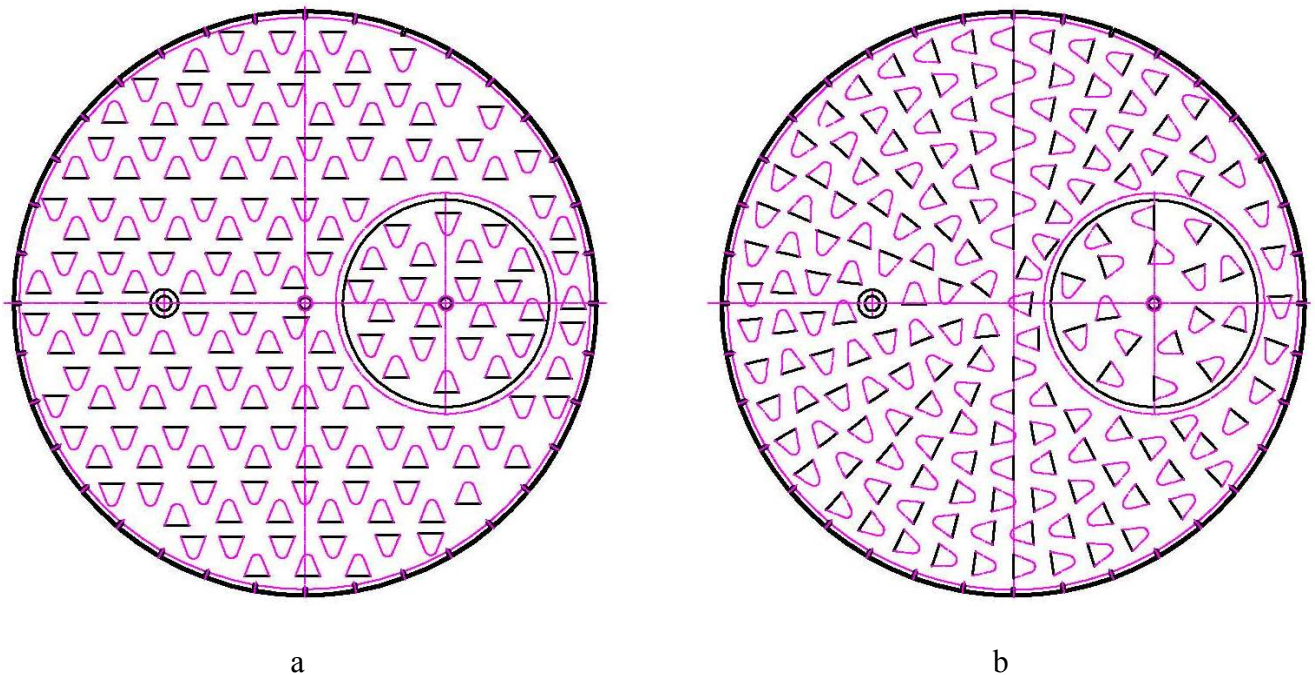


Рис. 3. Горизонтальное (а) и коаксиальное (б) расположение чешуек на полотне тарелки для реализации принципа соударения газожидкостных струй в условиях циклического режима работы бражной колонны

Fig. 3. Horizontal (a) and coaxial (b) the location of the scales on the leaf plates for the implementation of the principle of collision of gas-liquid jets in conditions of cyclic operation mode use alcohol distillation columns

Коаксиальное расположение чешуек на тарелках колонны позволило исключить однонаправленность потока жидкости, возможность образования застойных зон на ступенях контакта фаз, пригорание на поверхности тарелок взвешенных частичек бражки, повысить интенсивность процесса массопереноса летучих компонентов жидкости и пара, а также продлить время эксплуатации бражной колонны без ее остановки на профилактику. Предложенная конструкция чешуйчатой тарелки позволяет полноценно использовать всю ее поверхность для проведения массообмена между жидкостью и паром за счет отсутствия переливных карманов. Экспериментальная колонна была включена в схему БРУ завода.

Материалы и методы

Объектами исследований были типовая бражная колонна с тарелками двойного кипячения, работающая в стационарном режиме, экспериментальная бражная колонна с вихревыми контактными элементами, работающая в циклическом режиме при периодической подаче в колонну бражки и греющего пара (рис. 1), и экспериментальная

бражная колонна, обеспечивающая отдельное движение фаз без прерывания подачи в колонну парового и жидкостного потоков (рис. 2).

Расход зрелой бражки определяли с помощью ротаметра типа РМ. Расход воды на охлаждение дефлегматора и конденсатора определяли с помощью градуированного стекла, установленного в сборнике воды, и секундомера.

Температуру воды на тарелках колонны, водяном коллекторе и после дефлегматора определяли с помощью датчиков ТСП1-3-Pt100.

Давление в кубовой и верхней частях колонн определяли с помощью датчиков фирмы «Aplisens» РС-28/Ех/0...40 кПа.

Конструктивные элементы колонн были выполнены из нержавеющей пищевой стали марки 12х18н10т.

Управление подвижными клапанами на экспериментальной колонне, представленной на рис. 2, осуществлялось с помощью пневмоцилиндров DNT 63-50-PPV-A фирмы FESTO и микропроцессорного контроллера М 340 фирмы «Schneider Electric».

Концентрацию этилового спирта в бражном дистилляте определяли по ГОСТ 3639 с помощью стеклянного ареометра АСп-1 и термометра с ценой деления 0,1°С.

Результаты и их обсуждение

С целью определения эффективной технологии перегонки зрелой спиртовой бражки проводили в производственных условиях на типовой бражной колонне, работающей в стационарном режиме, и экспериментальных бражных колоннах циклического действия (рис. 1 и 2). За критерий оптимизации процесса брагоперегонки принимали удельный расход греющего пара и концентрацию этилового спирта в пробах бражного дистиллята. Исследована зависимость крепости бражного дистиллята от времени задержки бражки на тарелках колонн.

Для представления и обсуждения полученных результатов авторами введены условные обозначения: I – типовая бражная колонна; II – колонна с периодической подачей пара и бражки; III – колонна, работающая без прерывания парового и жидкостного потоков.

Типовая бражная колонна диаметром 1200 мм была оснащена тарелками двойного кипячения в количестве 25 шт. Технологические параметры ее работы: давление в кубовой части 1,3 м вод.ст. (13 кПа), в верхней части 0,3 м вод.ст. (3 кПа), температура в кубе 106,3°С, температура верха 95,6°С, на 23-й тарелке питания 93,9°С, температура бражки 81,6...81,9°С.

Показатели работы колонн циклического действия при нормативных потерях спирта с бардой: давление в кубовой части 2,2 м вод.ст. (22 кПа), в верхней части 0,7 м вод.ст. (7 кПа), температура в кубе 106,3° С, температура верха колонны II – 93,5° С, колонны III – 91,2° С. Во всех вариантах бражка подавалась на верхние тарелки колонн. По ходу испытаний ее расход увеличивали от 120 до 250 дал/ч. Концентрация этилового спирта в бражке составляла 8,5 % об.

Расход греющего пара ($G_{п}$, кг/ч) рассчитывали, исходя из теплового баланса, по формуле (2), удельный расход ($G_{п}^{уд}$, кг/дал б.с., введенного в колонну с бражкой) – по формуле (3).

$$G_{п} = \frac{G_{в} \cdot c_{в} \cdot (t_{2} - t_{1})}{r} \cdot 1,05, \quad (2)$$

где $G_{в}$ – расход воды на охлаждение дефлегматора и конденсатора, $дм^3/ч$;

$c_{в}$ – теплоемкость воды, $c_{в}=4,19$ кДж/(кг·град);

t_{1} – температура воды в коллекторе, °С, $t_{1} = 15^{\circ}С$;

t_{2} – температура воды после дефлегматора, °С, $t_{2} = 65^{\circ}С$);

r – скрытая теплота парообразования при давлении 101,3 кПа (для воды $r = 2256$ кДж/кг);

1,05 – коэффициент, учитывающий потери тепла греющего пара по высоте бражной колонны с учетом изоляции ее обечаек.

$$G_{п}^{уд} = \frac{G_{п} \cdot 100}{V_{бр} \cdot C_{бр}}, \quad (3)$$

где $V_{бр}$ – расход бражки, дал/ч;

$C_{бр}$ – концентрация спирта в зрелой бражке, % об.

Количественные показатели расхода греющего пара и воды на охлаждение дефлегматоров и конденсаторов бражных колонн приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные показатели расхода пара и воды на охлаждение в зависимости от режима перегонки бражки при нормативных потерях спирта с бардой

Table 1. Comparative flow rates of steam and water for cooling, depending on the mode of the distillation of the mash with standard loss alcohol with stillage

Расход бражки $V_{бр}$, дал/ч	Расход воды на охлаждение $G_{в}$, $дм^3/ч$			Расход пара $G_{п}$, кг/ч			Удельный расход пара, $G_{п}^{уд}$ кг/дал б.с. в бражке		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
120	2431	1703	1508	237	166	147	23,2	16,3	14,4
150	3036	2143	1887	296	209	184	23,2	16,4	14,4
180	3672	2595	2278	358	253	222	23,3	16,5	14,5
200	3875	2892	2533	396	281	247	23,3	16,5	14,5
220	4461	3204	2790	435	311	272	23,3	16,6	14,5
250	5107	3620	3180	498	353	310	23,4	16,6	14,6

Из данных таблицы 1 видно, что использование предложенной авторами технологии перегонки спиртовой бражки позволяет сократить удельный расход греющего пара на 37 % по сравнению с типовой бражной колонной I и на 12 % по сравнению с бражной колонной циклического действия II. При этом расход воды на охлаждение уменьшается соответственно на 37 и 12 %. Одной из причин увеличения расхода пара в типовых установках является незначительный промежуток времени пребывания контактирующих фаз на тарелках колонны и перемешивание жидкости с разной концентрацией спирта в момент ее перелива. Вследствие этого в стационарном режиме работы на тарелках колонн фазовое равновесие практически не достигается, а коэффициент полезного действия (КПД) применяемых контактных устройств не превышает 0,4...0,6.

Продолжительность времени пребывания бражки на тарелках определяли экспериментально в зависимости от концентрации этилового спирта в бражном дистилляте. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость времени пребывания бражки на тарелках колонны от концентрации этилового спирта в бражном дистилляте

Table 2. The dependence of the residence time of the mash on the plates of the column on the concentration of ethyl alcohol in the alcoholic distillate

Расход бражки, м ³ /ч	Время пребывания бражки на тарелках колонны τ , с			Концентрация этилового спирта в бражном дистилляте, % об.		
	I	II	III	I	II	III
1,2	24	25	25	47,0	52,5	60,3
1,5	21	22	22	46,9	52,4	60,3
1,8	19	18	18	46,7	52,3	60,3
2,0	18	16	16	46,6	52,2	60,1
2,2	16	14	14	46,5	52,1	60,0
2,5	15	12	12	46,3	52,1	60,0

Сравнительный анализ экспериментальных данных таблиц 1 и 2 позволяет сделать вывод о том, что с увеличением времени задержки бражки на тарелках колонны III до 12 с. концентрация этанола в бражном дистилляте увеличивается на 28 % по сравнению с типовой колонной I и на 15 % по сравнению с колонной II при минимальных расходах греющего пара на перегонку и воды на охлаждение теплообменного оборудования. В режиме управляемых циклов ректификации происходит идеальное вытеснение жидкости и пара без перемешивания жидкости в момент ее перелива, поэтому эффективность массообмена повышается. Задержка жидкости на тарелках при непрерывной подаче в колонну пара позволяет создать условия для достижения равновесного состояния фаз и повысить КПД контактных устройств. Повышение крепости бражного дистиллята дает возможность проводить более глубокую гидроселекцию головных и верхних промежуточных примесей

спирта в элюционной колонне и за счет этого повысить качество элюрата и ректифицированного этилового спирта. При увеличении интервала задержки бражки более 12 с. концентрация бражного дистиллята и удельный расход пара повышаются незначительно, при этом уменьшается пропускная способность бражной колонны по жидкости.

Определение концентрации этилового спирта в пробах бражного дистиллята проводили ареометрическим методом в трехкратной повторности. Для обработки полученных экспериментальных данных применяли методы математической статистики. Точность определения среднего результата $\varepsilon_{0,95}$ рассчитывали при коэффициенте надежности $\alpha = 0,95$ с помощью критерия Стьюдента $t_{0,95}$.

Результаты проведенных расчетов систематической и относительной ошибок метода анализа проб бражного дистиллята представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты обработки экспериментальных данных определения концентрации этилового спирта в бражном дистилляте методом математической статистики

Table 3. The results of experimental data processing for determining the concentration of ethyl alcohol see in the distillate by the method of mathematical statistics

Статическая характеристика	Обозначение	Концентрация этилового спирта в бражном дистилляте, % об.		
		I	II	III
Истинная концентрация этанола	a	46,7	52,3	60,2
Число опытов	b	18	18	18
Средний результат	\bar{x}	46,67	52,27	60,22
Дисперсия найденных значений	S^2	0,0196	0,0078	0,0181
Стандартное отклонение отдельного результата	S	0,1400	0,0883	0,1345
Стандартное отклонение отдельного результата	S_x	0,0330	0,0208	0,0317
Критерий Стьюдента	$t_{0,95}$	2,110	2,110	2,110
Точность определения среднего результата	$\varepsilon_{0,95}$	0,07	0,05	0,07
Интервал среднего результата	$[\bar{x} \pm \varepsilon_\alpha]$	$46,67 \pm 0,07$	$52,27 \pm 0,05$	$60,22 \pm 0,07$
Систематическая ошибка	-	0,03	0,03	0,02 %
Относительная погрешность	$(\varepsilon_\alpha : a) \cdot 100$	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,12$

Так как величина разности между средним результатом определения и истинным содержанием этилового спирта в бражном дистилляте во всех случаях меньше величины точности определения среднего результата, можно сделать вывод, что ареометрический метод дает достаточно точные и правильные результаты анализа.

Определена математическая зависимость содержания этилового спирта в бражном дистилляте (y) от времени пребывания бражки на тарелках бражных колонн (τ), которая описывается уравнением регрессии для полиномиальной линии тренда.

При перегонке спиртовой бражки в типовой бражной колонне I уравнение регрессии имеет вид: $y = 46,17 + 0,1496\tau - 0,018\tau^2$; коэффициент детерминации $R^2 = 0,9878$. При проведении процесса в бражной колонне циклического действия II: $y = 52,05 + 0,0232\tau - 0,0089\tau^2$; $R^2 = 0,9866$. При использовании инновационной технологии перегонки в бражной колонне III: $y = 59,84 + 0,243\tau - 0,0071\tau^2$; коэффициент детерминации $R^2 = 0,8689$.

Выводы

1. Перегонка спиртовой бражки в условиях контролируемых циклов ректификации при непрерывной подаче в колонну парового и жидкостного потоков позволяет сократить удельный расход греющего пара на 37 % по сравнению с типовой бражной колонной, работающей в стационарном режиме, и на 12 % по сравнению с бражной колонной, работающей в циклическом режиме при периодической подаче жидкости и пара.

2. Использование технологии циклической ректификации для перегонки спиртовой бражки позволяет повысить концентрацию этанола в бражном дистилляте на 15...28 % (в зависимости от режима подачи в колонну жидкости и пара) по сравнению с типовой бражной колонной при нормативных потерях спирта с бардой.

3. При увеличении интервала задержки бражки на тарелках бражной колонны с раздельным движением фаз более 12 с. удельный расход греющего пара и концентрация спирта в бражном дистилляте повышаются незначительно, при этом уменьшается пропускная способность колонны по жидкости.

4. При использовании технологии, предусматривающей контролируемые циклы задержки бражки на тарелках колонны в режиме непрерывной подачи жидкости и пара, достигается максимальная концентрация этилового спирта в бражном дистилляте (60,3 % об.) при минимальном удельном расходе греющего пара (14,4 кг/дал б.с.) и охлаждающей воды.

5. Представленные в работе конструкция экспериментальной бражной колонны и варианты расположения чешуек на полотне тарелки позволяют обеспечить управление циклами задержки и перелива бражки по тарелкам за заданным алгоритмом, исключить однонаправленность потока жидкости, возможность образования застойных зон на ступенях контакта фаз, пригорание на поверхности тарелок взвешенных частичек бражки, повысить

интенсивность процесса массопереноса летучих компонентов жидкости и пара, а также продлить время эксплуатации бражной колонны без ее остановки на профилактику.

Литература

1. **Шиян П.Л.** Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.
2. **Цыганков П.С.** Руководство по ректификации спирта / П.С. Цыганков, С.П. Цыганков // М.: ПИЩЕПРОМИЗДАТ, 2001. – 400 с.
3. **R. Premkumar, G.P. Rangaiah**, “Retrofitting conventional column systems to dividing-wall columns,” *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 87, pp. 47-60, 2009.
4. **M.E.Masoumi and S.Kadkhodaie**, Optimization Distillation Column. *International Journal of Chemical and Biological Engineering* 6 (2012) 76-80.
5. **Dejanovic, Lj. Matijasevic, Z. Olujić**, Dividing wall column—a breakthrough towards sustainable distilling, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 49 (2010) 559-580.
6. **B. Kolbe, S. Wenzel**, Novel distillation concepts using one-shell columns, *Chemical Engineering and Processing* 43 (2004) 339-346.
7. **J. Bausa, G. Tsatsaronis**, Reducing the energy demand of continuous distillation processes by optimal controlled forced periodic operation, *Computers and Chemical Engineering* 25 (2001) 359-370.
8. **Патент України 60565 А.** Спосіб перетікання рідини на тарілках колонних масообмінних апаратів / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. - Опубл. 15.10.2003, Бюл. № 10.
9. **Vladimir N. Maleta, Anton A. Kiss, V.M. Taran, Bogdan V. Maleta.** Understanding process intensification in cyclic distillation systems, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* (2011), doi:10.1016/j.cep.2011.04.002.
10. **Патент України 89874 С2.** Спосіб переливу рідини по тарілках колонного апарата у процесі масообміну між парою та рідиною / Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б., Дмитрук П.А., Булій Ю.В. – Заявлено 06.06.08; Опубл. 10.03.10, Бюл. № 5.
11. **Патент на изобретение 2372965 С2 В01Д 3/00, В01Д 3/20 (RU).** Способ перелива жидкости по тарелкам колонного аппарата в процессе массообмена между паром и жидкостью / Дмитрук А.П., Черняховский И.Б., Дмитрук П.А., Булий Ю.В.;

патентообладатель Дмитрук А.П. (UA). - № 2007135886/15; заявл. 27.09.2007; - опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32/2007.

12. **Ivanov S.** A concentration of organic compounds of alcoholic distillate under bioethanol production / Ivanov S., Shiyan P., Buliy Y., Kuts A. // The second North and East European congress of food «NEEFood – 2013»: Book of Abstracts. – Kyiv.: NUFT, 2013: - P. 243.

13. **Ivanov S.** A concentration of organic compounds of alcoholic distillate under bioethanol production / Ivanov S., Shiyan P., Buliy Y., Kuts A. // The second North and East European congress of food «NEEFood – 2013»: Book of Abstracts. – Kyiv.: NUFT, 2013: - P. 244.

Pateikta spaudai 2015-02

Y. Buliy, P. Shiyan, A. Dmitruk, A. Kuts.

OPTIMIZATION OF PROCESS OF DISTILLATION OF ALCOHOLIC DISTILLATE

Summary

Optimisation of process bragadireanu is reduction of the specific consumption of heating steam and the increase in the concentration of use of alcoholic distillate with standard loss alcohol with stillage.

A brief analysis of the work of the typical alcohol distillation columns is resulted. The technology of distillation of alcoholic distillate in a cyclic mode in conditions of a pulse delay of the vapor is investigated. Disadvantages of the method are noted: the dependence of overflow device from the vapor pressure and the absence of mass transfer in a liquid modulation. The proposed innovative technology eliminates the above disadvantages by management of cycles of rectification with movable valves connected with the driving mechanism, not depending on the mode of steam supply. The production tests of the proposed technology are conducted. A significant increase in the degree of extraction and concentration ratio of key organic impurities alcohol in the process of acceleration of alcohol-containing fractions and the reduction of steam consumption by 40 % compared to standard equipment are investigated.

The feasibility of using of innovative technologies for the distillation of alcoholic distillate is proved. The design use the alcohol distillation column is developed allowing you to manage of cycles of a delay and overflow of liquid for a set algorithm. The design of scaly plates, allowing you to increase the intensity of mass transfer of volatile components of liquid and vapor is offered. The technical indicators and technological parametre of work of use columns are represented. Specific consumption of steam for the distillation of the mash was 14.4...14,6 kg/give anhydrous alcohol, put on a plate of food. The concentration of ethanol use in the distillate reached 60...of 60,3%.

Using innovative technology allows you to optimize the process of distilling alcoholic distillate by the reduction of specific consumption of heating steam at 35 % compared to typical columns and inflation concentration of ethanol use in the alcoholic distillate by 28 % when normative losses of alcohol with stillage..

Keywords: alcohol distillation column, bragadireanu, cyclic rectification, mass, scale plate, ethyl alcohol.

Оптимізація процесу перегонки спиртової бражки

Юрій Володимирович Булій, Петро Леонідович Шиян,
Аркадій Павлович Дмитрук, Анатолій Михайлович Куц

Метою оптимізації процесу браго перегонки є скорочення питомої витрати гріючої пари і підвищення концентрації бражного дистиляту при нормативних втратах спирту з бардою.

Приведений короткий аналіз роботи типових бражних колон. Досліджена технологія перегонки спиртової бражки у циклічному режимі в умовах імпульсної затримки пари. Вказані недоліки способу: залежність роботи переливних пристроїв від тиску пари та відсутність масообміну в період переливу рідини. Запропонована інноваційна технологія, що дозволяє виключити вищевказані недоліки шляхом керування циклами ректифікації за допомогою рухомих клапанів, зв'язаних з приводними механізмами, дія яких не залежить від режиму подачі пари. Представлені результати виробничих іспитів. Встановлено збільшення ступеню виділення і кратності концентрування домішок спирту в процесі розгонки спиртовмісних фракцій та скорочення питомої витрати пари на 40 % в порівнянні з типовим обладнанням.

Доведена доцільність використання інноваційної технології для перегонки спиртової бражки. Розроблена конструкція бражної колони, що дозволяє забезпечити керування циклами затримки та переливу рідини за заданим алгоритмом. Запропонована конструкція лускоподібної тарілки, що дозволяє підвищити інтенсивність процесу масообміну між рідиною і парою. Наведені технічні показники і технологічні параметри роботи бражної колони. Встановлено, що питома витрата пари на перегонку бражки становить 14,4...14,6 кг/дал безводного спирту, що надходить на тарілку живлення. При цьому концентрація етилового спирту в бражному дистиляті досягає 60...60,3 % об.

Використання запропонованої авторами технології дозволяє оптимізувати процес перегонки спиртової бражки шляхом скорочення питомої витрати гріючої пари на 35 % в порівнянні з типовими бражними колонами та підвищення концентрації етилового спирту в бражному дистиляті на 28 % при нормативних втратах спирту з бардою.

Ключові слова: бражна колона, брагоперегонка, циклічна ректифікація, масообмін, лускоподібна тарілка, етиловий спирт.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС

Оптимизация процесса перегонки спиртовой бражки / Булий Ю.В., Шиян П.Л., Дмитрук А.П., Куц А.М. // Химия и технология пици.- Каунас: ПИКГУ, 2015. – т. 49, №1. – с.20-28.