

УДК 66.015.23

Н.А. Войнов, Ю.Д. Алашкевич, Д.А. Земцов  
(N.A. Voinov, Y.D. Alashkevich, D.A. Zemtsov)

Сибирский государственный технологический университет,  
Красноярск

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БРАЖНОЙ КОЛОННЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТАНОЛА (IMPROVEMENT BEER COLUMN IN ETHANOL PRODUCTION)

Для технологической линии получения этанола на основе гидролизата древесины разработана бражная колонна с вихревыми контактными ступенями. Рассмотрены способы снижения энергозатрат на производство, предложено для снижения расхода первичного пара использовать вихревой испаритель.

For technological line to produce ethanol based on wood hydrolyzate is developed beer column with vortex contact stage. Ways of reduce energy consumption for production, it is proposed reduced flow of primary steam used vortex evaporator.

### Введение

Бражные ректификационные установки используются для получения спирта-сырца на основе гидролизата древесины. Основным их отличием от действующих в линии других ректификационных колонн является большая производительность по жидкости (до 180 м<sup>3</sup>/ч) и сравнительно низкая концентрация этанола (2–3 % об.) в питании, что обуславливает высокий расход пара, который достигает 60 % от его общего расхода, подаваемого в спиртовое отделение. Кроме того, содержание в рабочей жидкости большой концентрации лигнино-гуминовых веществ вызывает их осаждение в процессе ректификации на поверхности контактных ступеней и в застойных зонах промышленных тарелок, что обуславливает их частую остановку на очистку и восстановление контактных устройств. Для снижения металлоемкости и устранения застойных зон в бражной колонне нами

разработана (рисунок) и рассчитана вихревая ступень производительностью 80 м<sup>3</sup>/ч по бражке.

### Экспериментальная часть

При скорости пара по сечению аппарата 3,8 м/с диаметр колонны составил 1,2 м, а ее металлоемкость по сравнению с таковой у колпачковой бражной колонны снизилась на порядок.

Существенными способами снижения расхода пара на бражную колонну исходя из анализа

промышленных технологических схем являются увеличение температуры, подающейся на ступени бражки, повышение концентрации этанола в питании, получение вторичного пара и смешение его с первичным паром в кубовой части колонны, например путем использования теплового насоса, а также создание вакуума на ступенях.

В случае нагревания бражки, выходящей из дефлегматоров, до температуры 97 °С возможна

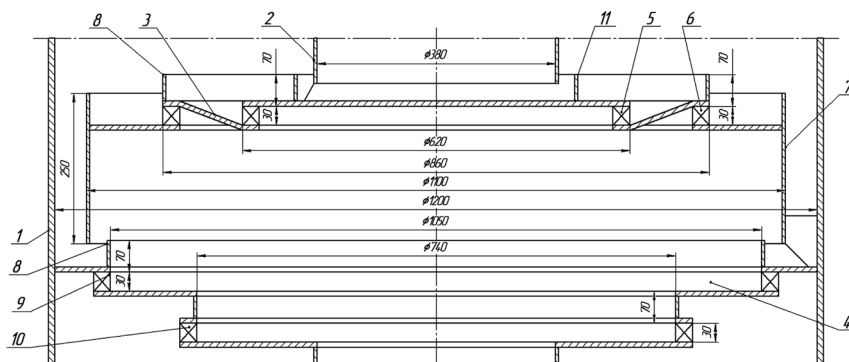


Схема контактной ступени бражной колонны:

1 – корпус; 2 – центральный сливной стакан; 3 – верхняя ступень; 4 – нижняя ступень; 5 – внутренний завихритель; 6 – внешний завихритель; 7 – внешний переливной стакан; 8 – кольцевые вставки; 9 – внешняя вихревая камера; 10 – внутренняя вихревая камера; 11 – центральный переливной стакан

*Лесопромышленный комплекс*

экономия пара до 20 %. Однако высокие капитальные затраты на установку теплообменного оборудования сдерживают внедрение данного решения.

**Обсуждение результатов**

Наличие вакуума в бражной колонне позволяет снизить температуру кипения жидкости на ступенях и получить некоторую экономию. Однако сопротивление вихревых контактных ступеней составляет 1000–2000 Па, ввиду чего величина вакуума в кубовой части колонны составит не более 35 %. В этой связи реальная экономия пара будет незначительной. Кроме того, снижение равновесной концентрации этанола в паре на питающей тарелке потребует дополнительного расхода пара, а уменьшение температурного напора в дефлегматорах из-за понижения температуры пара, вызванного вакуумом, приведет к установке

дополнительных теплообменных устройств.

Использование теплового насоса, например парожетторных установок, позволяет утилизировать тепло кубовой жидкости бражной колонны в виде вторичного пара, смешение которого с первичным паром дает экономию. Однако давление первичного пара в этом случае должно составлять не менее 1,0–1,2 МПа, что может затруднять использование данного метода.

**Выводы**

Представляется перспективным получать вторичный пар из бражки (барды) путем ее испарения в разработанном нами вихревом испарителе с использованием в качестве теплоносителя высокотемпературных отработанных газов производства [1–3]. Первичный пар перед поступлением его в кубовую часть бражной колонны подается в тангенциальный

завихритель испарителя, приобретает там вращательное движение и на выходе образует на внутренней поверхности аппарата вращающийся газо-жидкостный слой. При этом происходят кипение жидкости и получение вторичного пара, который смешивается с первичным паром, а затем поступает в колонну.

Наличие сил инерции, вызванных завихрителем, обеспечивает равномерное распределение жидкости по всей теплопередающей поверхности, устраняет образование на ней несмоченных пятен и отложений, обеспечивает большую полезную разность температур.

Согласно расчетам в испарителе диаметром 1 м и длиной 3 м (при движущей силе процесса 20 °С) обеспечивается получение вторичного пара расходом 0,56 кг/с, что составляет экономию пара на бражную колонну 20 %.

*Библиографический список*

1. Войнов Н.А., Ледник С. А., Жукова О. П. Тепломассообмен на вихревой контактной ступени // Химия растительного сырья. 2012. № 4. С. 209–212.
2. Войнов Н.А., Путинцева Н.А., Вырина Е.Е. Теплообмен в воздушном вихревом конденсаторе // Хим. пром-сть. 2013. Т. 90. № 6. С. 291–294.
3. Войнов Н.А., Ледник С. А., Жукова О. П. Вихревая контактная ступень для тепломассообменных процессов // Хим. и нефт. машиностроение. 2013. № 9. С. 9–11.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках государственного задания по теме «Закономерности процессов и совершенствование оборудования при заготовке древесины, глубокой химической переработке биомассы дерева и восстановлении лесов Сибири». Государственная регистрация НИР: 114042140006.