

## **Реальная эффективность колонн**

*Какие колонны устанавливать при модернизациях БРУ, из какого материала, какой тип тарелок или контактных устройств предпочесть.*

Первый вопрос, который возникает при модернизациях БРУ, это какие использовать колонны. Благо, что на сегодняшний день на рынке имеются предложения различных отечественных и зарубежных фирм и есть возможность выбора. Хочется дать рекомендации, исходя из своего опыта проектирования, изготовления и эксплуатации различного типа колонн: какие и в каких случаях ставить, сколько необходимо тарелок в каждой для достижения высоких показателей физхимии и органолептики.

Бражная колонна (БК). Обычно ставятся колонны с одноколпачковыми тарелками двойной выварки или ситчатые. О насадочных колоннах конечно нет никакой речи, так как они применимы только для чистых продуктов. Количество тарелок зависит в основном от количества необходимых теоретических тарелок для вываривания спирта, КПД тарелок и коэффициента избытка пара. Количество тарелок в бражной колонне, как ни странно, влияет на органолептику. Хотя увеличение количества тарелок и приводит к некоторому увеличению новообразования эфиров и альдегидов в колонне, за счет большего времени пребывания бражки в колонне, но за счет меньшего брызгоуноса нелетучих примесей, органолептика всегда становится лучше. Наблюдается тенденция увеличения тарелок в бражных колоннах до 34-40 штук. Материал бражной колонны мы всегда рекомендуем пищевую нержавеющую сталь. В свете последних требований по сушке барды, мы рекомендуем ставить бражные колонны, работающие под вакуумом. Это позволяет применить закрытый обогрев и уменьшить влажность барды на 14%. Все зарубежные схемы ректификации предусматривают работу БК под разрежением. Применение вакуума позволяет понизить температуру в колонне и исключить опасность пригорания барды на стенках кипятильника. Одновременно уменьшается новообразование примесей и появляется возможность применения рекуперации тепла для обогрева БК.

Эпюрационная колонна (ЭК). Какие тарелки можно ставить в эпюрационной колонне? Казалось бы, практически любые, ведь жидкость в колонне чистая. Так почему же в спиртовой промышленности России прижились многоколпачковые тарелки, имеющие меньший КПД по сравнению с некоторыми другими, но при этом чуть ли не самые дорогие. А потому что на первый план выходит не КПД тарелок, а надежность и практичность.

Основной критерий выбора многоколпачковых тарелок обусловлен необходимостью оставлять жидкость на тарелках при запланированных и незапланированных отключениях пара (электричества), чтобы потом быстро и без проблем вновь запуститься, **без потери качества продукта**.

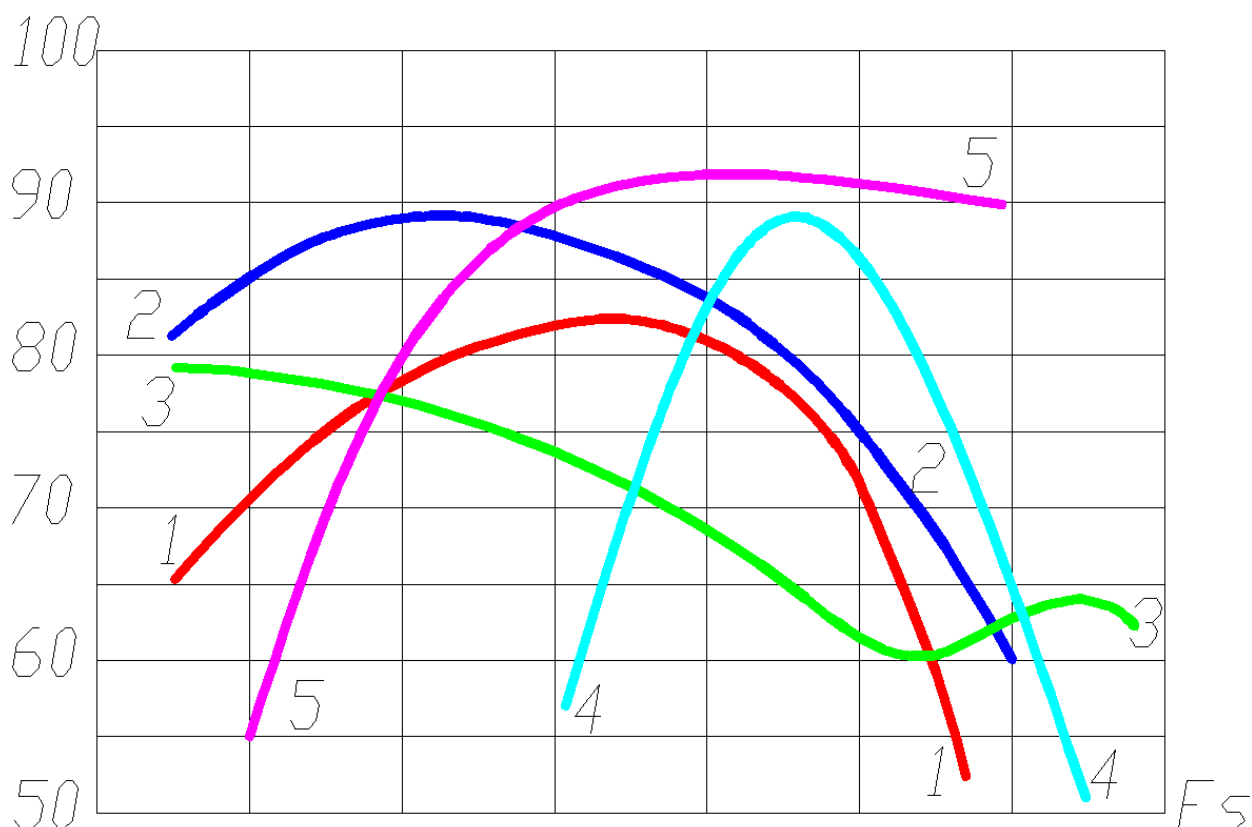


Рис.1 Зависимость КПД тарелок от скорости пара

По оси Y отложено КПД тарелок, по оси X коэффициент, зависящий от скорости пара и квадратного корня из его плотности.  $F_s = w\sqrt{g_r}$ .

1. колпачковые тарелки
2. клапанные тарелки
3. ситчатые тарелки
4. провальные тарелки
5. тарелки Киттеля

Действительно, на всех тарелках, кроме многоколпачковых, в моменты непредвиденных остановок вся жидкость с тарелок проваливается в куб эпурационной колонны и оказывается в ректификационной колонне. А в ректификационной колонне головные примеси в таком количестве практически не удаляются. Насадочные колонны имеют такой же недостаток

как и все остальные колонны с тарелками, кроме многоколпачковых, это провал жидкости при отключениях пара. Главный же недостаток насадочных колонн - это высокая стоимость теоретической тарелки. Одна теоретическая тарелка в насадочной колонне стоит почти в два раза больше чем теоретическая тарелка в колонне с многоколпачковыми нержавеющейими тарелками. Это одна из основных причин, по которой насадочные эпорационные и ректификационные колонны не используются в импортных схемах. Другой недостаток насадочных колонн - это узкий диапазон устойчивой работы. Часто спиртовому заводу приходится работать на неполной производительности, однако снизить расход пара на насадочную колонну в зависимости от выработки не удастся, так как она сразу потеряет КПД теоретических тарелок. И вся обещанная экономия пара сойдет на нет. Следующее ограничение насадочных колонн это ухудшение условий массообмена при увеличении диаметра колонны. Другими словами, чем больше колонна, тем меньшее количество тарелок уместается в метре насадки. Это связано с тем, что жидкость в колонне образует как бы ручьи, а пар при этом проходит, не контактируя с жидкостью. Приходится ставить перераспределительные решетки и удлинять колонну, что приводит к удорожанию. Таким образом, цена на насадочную колонну увеличивается непропорционально увеличению производительности. Производители насадочных колонн утверждают, что на колпачковых тарелках идет новообразование примесей, за счет большего времени пребывания жидкости в колонне. На самом деле это заметно только в бражной колонне. В ней новообразование эфиров и альдегидов может достигать 200-300%, но происходит это в основном не за счет времени пребывания, а за счет относительно высокой температуры. Стоит поставить бражную колонну под вакуум, и не смотря на большое количество тарелок новообразование примесей значительно сокращается. В остальных колоннах новообразование исчисляется миллиграммами на литр спирта и ни как не влияет на качество и органолептику, и тем более на количество головной фракции. Достаточно посмотреть хроматограмму эпората, в котором нет ни эфиров ни альдегидов. Следующий минус насадочной эпорационной колонны. Представьте себе случай, который происходит почти на каждом заводе. По каким-то причинам временно повысилось давление в бражной колонне – произошел переброс бражки в эпорационную колонну. Переброс бражки возможен и без повышения давления в бражной колонне, а и из-за высокой кислотности бражки и как следствие, повышенное пенообразование. Как правильно советовал в своих лекциях профессор Перельгин В.М., в случае с тарелками необходимо сразу останавливаться и мыть эпорационную колонну. А вот насадочную колонну придется выкинуть, тем более, если она сделана из сетки. Даже если этого не происходит то, через какое время ячейки у сетки размером 1мм забьются взвесью или отложениями гидроселекционной воды

и насадка потеряет свою эффективность? Стоит ли рисковать деньгами и качеством спирта?

Теперь о самом количестве теоретических тарелок. Естественно производители оборудования скажут, что чем больше тарелок, тем лучше. Приведем пример из материалов шестой научно-практической конференции, проходившей в Москве в апреле 2007г: «Для одновременного обеспечения высоких показателей качества и выхода требуются следующие эффективности колонн: ЭК – 60-70 тарелок, РК – 105-110, СК – 116-120, ЭфК – 90, КОО – 80, МК - 90 тарелок» Леонтьев В.С., Прикладная Химия. Почему столько? Может быть потому, что при таком количестве тарелок ничего другого кроме насадочных колонн и не поставишь? Или, может быть, здесь хотят сэкономить на пару? Но ведь реальная экономия достигается только при рекуперации тепла. Наша фирма рекомендует количество реальных многоколпачковых тарелок в ЭК – 49, РК – 84, СК – 89, ЭфК – 49, КОО – 30-49. Такие количества тарелок, при правильно выполненной схеме БРУ, гарантируют высокие показатели качества и выхода спирта.

Ректификационная колонна (РК). Выбор типа контактных устройств для ректификационной колонны такой же, как для эшюрационной. Рекомендуемое количество тарелок указано выше. На аппаратах производительностью 3000 дал/сутки и выше кпд тарелок обычно ниже, чем у аппаратов меньшей производительности. Поэтому здесь можно увеличить количество тарелок до 90. С точки зрения экономии пара увеличение количества тарелок дает экономию не более 8%. Снизить энергозатраты в разы поможет только рекуперация тепла. В иностранных схемах ректификационная колонна работает как под избыточным давлением, так и под разрежением. В большинстве случаев тарелки ситчатые или клапанные из нержавеющей стали. По поводу «новообразования» примесей на тарельчатых колоннах можно привести такой пример. На одном из заводов для увеличения производительности, установили дополнительную насадочную ректификационную колонну, оставив при этом имевшуюся тарельчатую. В обе ректификационные колонны поступает один и тот же эшюрат. Но в спирте выходящем из насадочной колонны появляется альдегид в отличие от тарельчатой. Поэтому для возможности реализации спирты приходится смешивать.

Сивушная колонна (СК). Выбор типа контактного устройства такой же как и для ректификационной колонны. Рекомендуем материал для сивушной колонны только пищевую нержавеющую сталь.

Эфирная колонна (ЭфК). Концентрация головных примесей на верхних тарелках колонны достигает громадных значений. Представьте себе, какая концентрация примесей мгновенно провалится в куб колонны при отключении пара и возвратится в систему ректификации при использовании насадки или других контактных устройств неудерживающих жидкость на

тарелке. Это может надолго ухудшить качество спирта. А ведь это самая маленькая и дешевая колонна. Большое количество теоретических тарелок в насадочной колонне не имеет принципиального значения, тем более что их потенциал и не может раскрыться полностью, так как в ней не возможно подводить потоки питания на оптимальные тарелки питания. В этой колонне (как и в эпорационной) степень извлечения примесей зависит в большей мере от глубины гидроселекции, а уж потом от количества тарелок. Поэтому в эфирной колонне рекомендуем только многоколпачковые тарелки. Многие уже обожглись, поставив насадочные эфирные колонны. Например, на Тюряшевском спиртовом заводе производитель не смог запустить собственную насадочную эфирную колонну. Но после того, как она через два месяца все-таки была запущена, нормально проработала только один год. По прошествии этого срока по неизвестным причинам она потеряла свою эффективность и перестала концентрировать примеси. Вскрыть царги колонны и диагностировать их невозможно. Чугуновский спиртовой завод вообще отключил эфирную и сивушную насадочные колонны.

Колонна окончательной очистки (КОО). В этой колонне иностранные производители наиболее часто применяет насадку. Связано это с тем, что требования по метанолу у них гораздо жестче. Необходимо, кроме того, большое количество теоретических тарелок. Колонну ставят под разряжение, так как низкое давление увеличивает летучесть метанола. Простые тарелки, при таком количестве создают большой перепад давления и для рекуперации тепла приходится применять насадку, создающую меньший перепад. Но и это не правило, так как в других схемах с рекуперацией тепла, удельный расход пара на КОО приходится большой и тогда теоретических тарелок нужно меньше, и ставятся ситчатые или клапанные тарелки. У нас колонна окончательной очистки ставится не всегда, в основном, при повышенных требованиях по метанолу (выше люкса).

Теперь сравним тарелочные и насадочные колонны с точки зрения модернизации производства. Использовать старые насадочные колонны возьмется разве что их изготовитель и не всегда их можно использовать. Модернизировать же завод, имеющий тарельчатые колонны не представляет ни каких проблем, ни для каких проектировщиков. Действительно, при тарельчатых колоннах можно взять любую царгу определенного размера и переставить ее на любую колонну подходящего размера. Если скажем, завод с двух тысячника решил стать трех тысячником, то можно из старой ректификационной колонны взять несколько царг и сделать из них новую эпорационную колонну, а из старой эпорационной сделать новую метанольную колонну.

Насадочные колонны больше подходят для лабораторий, но не для промышленной эксплуатации. В 30-40х годах прошлого века в промышленности многих стран под влиянием моды были установлены

насадочные колонны. Но потом «нахлебавшись» с ними, в конце концов, опять вернулись к тарелкам.

Мы рекомендуем устанавливать бражную, сивушную и эфирную колонны из пищевой нержавеющей стали. А эспумационную, ректификационную и колонну окончательной очистки из пищевой нержавеющей стали или меди. Во всех колоннах применять многоколпачковые тарелки (одноколпачковые или ситчатые в бражной).

Реальная эффективность колонн зависит не только от теоретической эффективности контактных устройств – их способности разделять смесь, а складывается из стоимости, надежности, пригодности в каждом случае, перспективности, возможности получать стабильно качественный конечный продукт.

Авторы:

***Николаев Андрей Николаевич, д.т.н.***

*Заведующий Кафедрой оборудования пищевых производств  
Казанский государственный технологический университет*

***Радостев Александр Юрьевич***

*Технический директор*

*ООО «НПО ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»*