

## Увеличение производительности брагоректификационного аппарата Некоторые способы увеличения производительности БРУ

**А. Ю. Радостев**, технический директор  
ООО «НПО ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ», г. Казань

К нам часто обращаются заводы с просьбой увеличить производительность брагоректификационного отделения. Иногда спрашивают – а какая вообще должна быть производительность их БРУ? В последнее время появились новые вопросы – почему БРУ не может идти с заявленной модернизаторами мощностью. Часто с такими вопросами к нам обращаются заводы, модернизированные фирмами из далекого зарубежья. То есть идти вроде бы и могут, но с качеством ректификата, не устраивающим российского потребителя. Поэтому и идут в половину производительности, чтобы получалось необходимое качество.

Как определить, сколько спирта должен давать аппарат?

Во второй части регламентов большинства спиртовых заводов находим: мощность установки по спирту-ректификату высшей очистки, претерпевшей изменения в результате переоборудования или модернизации, определяется по уравнению:

$$M = 380 \times D^2 \times (4,92 - D), \text{ дал/сут.}$$

где  $D$  – диаметр спиртовой колонны в метрах («Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов», Вахман Г. Л., Гостоптехиздат, М., 1962).

Но в этой формуле нет никого упоминания о давлении в колонне, количестве тарелок и расстоянии между ними, крепости эюрата и других не менее важных параметрах? Эта формула была написана для заводов СССР с ректификационными колонами, работающими при атмосферном давлении, с 74–84 тарелками и расстоянием между ними 170 мм. Большинство действующих российских заводов все еще имеют именно такие колонны, поэтому их и будем рассматривать.

Из справочников находим, что для полуторатысячника рекомендуется спиртовая колонна диаметром 1м, для двухтысячника – 1,2м, трехтысячника – 1,6м, шеститысячника – 2м.

Подставляя в формулу диаметры колонн, рекомендованные производителями, получаем (табл. 1):

**Таблица 1.** Расчет производительности спиртовой колонны по справочным данным

Диаметр спиртовой колонны, м	Производительность по спирту-ректификату высшей очистки, дал/сутки
1,0 (обычно полторатысячники)	1490
1,2 (обычно двухтысячники)	2039
1,6 (обычно трехтысячники)	3230

2,0 (обычно шеститысячники)	4438
-----------------------------	------

Сразу бросается в глаза странное несоответствие, особенно для шеститысячника. Получается, что двухметровая спиртовая колонна не может производить шесть тысяч дал в сутки спирта-ректификата. Может быть формула неверна?

Тогда рассчитаем сами в моделирующей программе, какую производительность может обеспечить двухметровая колонна. Оказывается, может обеспечить шесть тысяч.

Можем предположить, что формула эмпирическая, и когда она писалась шеститысячников в СССР не было.

Но если обратиться к опыту заводов, то оказывается действительно – двухметровые ректификационные колонны больше 4,5 тысяч дал спирта в сутки и не выдавали.

На самом деле производительность зависит еще от коэффициента полезного действия тарелок. Он уменьшается с увеличением диаметра колонны. Причем, чем ниже точность изготовления колонн, тем сильнее уменьшение к.п.д. при увеличении диаметра. Поэтому и появлялись рекомендации производителей оборудования, мол, хотите шеститысячник – ставьте две ректификационные колонны от трехтысячного аппарата.

Вернемся к регламентам, читаем дальше: при переходе на производство спирта «Люкс» и «Экстра» производительность снижается на 15 % по отношению к ректифицированному спирту высшей очистки. Тогда имеем (табл. 2):

**Таблица 2.** Регламентная производительность спиртовой колонны

Диаметр спиртовой колонны, м	Производительность по «Люкс» или «Экстра», дал/сутки
1,0 (обычно полторатысячники)	1266
1,2 (обычно двухтысячники)	1598
1,6 (обычно трехтысячники)	2745
2,0 (обычно шеститысячники)	3773

Да, не много. Если читать наши регламенты, то даже после модернизации производительность спиртовых заводов оставляет желать лучшего.

Для начала надо сказать, что производительность аппарата зависит не от одной только ректификационной колонны, а от всего аппарата. Так, если, например, на брагоректификационном аппарате с колоннами от шеститысячника стоит бражная колонна от двухтысячника, то больше двух, двух с половиной тысяч дал спирта в сутки вы не получите. Всегда есть некоторое узкое место, которое ограничивает производительность. Это может быть не только какая-то колонна, это может быть дефлегматор недостаточной площади. Нужно стараться, чтобы все колонны были подобраны с одинаковым запасом. Обычно при расчетах закладывается 20%-ный запас по

колонам и 15%-ный запас по теплообменному оборудованию. Узким местом может быть не только оборудование брагоректификационного аппарата. Может быть еще некачественная автоматика или ее отсутствие, или что очень часто бывает – неправильные режимы ведения технологического процесса. При этом будем подразумевать, что бражки и пара на обогрев колонн хватает.

Если рассматривать трехколонный аппарат и предположить, что площади теплообменного оборудования хватает, то действительно, обычно узким местом оказывается спиртовая колонна. Бражная колонна может работать с запасом, более того, можно увеличить крепость бражки. Тогда при одинаковом расходе пара можно получать больше условного спирта-сырца. Эпюрационные колонны в свое время был рассчитаны на удельный расход пара 15 кг на дал спирта. При применении гидроселекции удельный расход можно уменьшить до 12 кг на дал спирта. Более того, при применении гидроселекции плотность паров увеличивается, что позволяет увеличить удельный расход пара на эпюрационную колонну, сохраняя допустимую скорость паров. Таким образом, спиртовая колонна, в самом деле, остается узким местом. Еще раз напомним, что мы рассматриваем российские заводы, с нашим же оборудованием, и размерами, рекомендованными нашими производителями оборудования. Все оборудование брагоректификационных отделений, поставляемое иносфирмами, обычно рассчитано с минимальным необходимым запасом, и его модернизировать сложнее.

Спиртовая колонна рассчитана так, чтобы скорость паров была на 20 % меньше предельной скорости, при которой происходит захлебывание на тарелках. То есть при увеличении расхода пара на 20 % колонна захлебнется, флегма перестанет сливаться с тарелок, она начнет на них накапливаться, потом произойдет провал и потери спирта. Этот запас необходим на случай кратковременных отклонений от нормального режима работы. Для колонн, работающих под разрежением, необходим 30%-ный запас, потому что добавляются возмущающие факторы. Захлебывание спиртовых колонн происходит не из-за того, что идет слишком разбавленный эпюрат в большем количестве, и он не успевает сливаться через сливные стаканы, а из-за того, что требуется большее количество пара для укрепления этого эпюрата. Большее количество пара при прохождении через тарелки создает повышенное сопротивление, жидкости труднее сливаться и она начинает накапливаться на тарелках. Конечно, захлебывание может произойти, если сливные стаканы недостаточного проходного сечения, но этот вариант мы не рассматриваем, так как такие колонны нам попались только один раз, и то они были польские. На всех остальных заводах мы смогли увеличить производительность, не модернизируя

спиртовую колонну, при этом подавая в нее более разбавленный эппурат, чем до модернизации.

Итак, подытожим: на трехколонном аппарате часто именно спиртовая колонна является узким местом. В нее может подаваться только определенное количество пара, иначе она захлебнется.

Как увеличить производительность спиртовой колонны?

Первым делом мы уменьшаем удельный расход пара на колонну. На трехколонных аппаратах спиртовые колонны рассчитывались, исходя из удельного расхода пара 30 кг на дал спирта. Обычно нам удается снизить удельный расход пара примерно на 7 кг на дал. Тогда при одинаковом расходе пара на колонну мы сможем перерабатывать на ней больше спирта. Как это делается?

Дело в том, что спиртовые колонны расходуют 30 кг на дал спирта, потому что в них создается большая концентрация сивушного масла. Чтобы при такой повышенной концентрации сивушного масла в спиртовой колонне остатки сивушной фракции не перешли в ректификат, приходится сильно увеличивать крепость водно-спиртовой смеси на тарелках колонны («закреплять колонну»), затрачивая на обогрев больше энергии. Повышенная концентрация создается для того чтобы сивушное масло расслаивалось и отделялось в маслопромывателе. Чтобы достигнуть такой концентрации, сивушное масло необходимо накопить в колонне, для этого его отбирают в количестве всего 3 % от поступающего спирта в спиртовую колонну. Если его отбирать больше, то его концентрация в колонне упадет, следовательно, упадет она и в отбираемой фракции. Тогда сивушное масло перестанет расслаиваться в декантаторе, начнет оттуда возвращаться в систему брагоректификации со всеми вытекающими последствиями.

Большинство модернизаторов пошло по верному пути решения этого вопроса – это значительное увеличение отбора сивушной фракции и его концентрирование в дополнительной сивушной колонне. При этом удельный расход пара на спиртовую колонну падает до 23 кг на дал спирта, а сэкономленные 7 кг идут на обогрев сивушной колонны. То есть без увеличения расхода пара на аппарат удается заметно увеличить производительность. При этом качество ректификата только повышается за счет понижения концентрации сивушных масел в спиртовой колонне.

Следующий шаг увеличения производительности – это правильный режим работы спиртовой колонны. При отборе сивушных масел в количестве 3 % колонну приходится сильно «закреплять», и она работает в неоптимальном режиме. Для работы спиртовой колонны в оптимальном режиме крепость на тарелках должна измениться. Крепость на

тарелках должна измениться так, чтобы крепость на тарелке питания соответствовала крепости эюрата. В этом случае на укрепление спирта требуется минимальное количество пара. Следовательно, при таком распределении крепости спирта по тарелкам, при одинаковом расходе пара будет большая производительность. Поскольку крепость на тарелках изменится, необходимо будет смещать отборы сивушных масел в зону их наибольшей концентрации. Также надо помнить, что при уменьшении концентрации сивушного масла в спиртовой колонне оно смещается выше по колонне.

Очередной шаг увеличения производительности – это увеличение выхода спирта. Для этого устанавливают эфирную колонну, сокращая конечный выход головной фракции. Причем, отбор головной фракции из эюрационной колонны в эфирную колонну увеличивают в несколько раз, что повышает качество конечного продукта.

Четвертым шагом является разделение ректификата. Обычно спирт, выходящий из сивушной колонны, направляют обратно в основные колонны (бражная, эюрационная или ректификационная) или даже в передаточный чан. Тем самым производительность этих колонн снижается на величину возвращенного спирта. Этот спирт по физико-химическим показателям соответствует спирту высшей очистки или «Экстре», иногда «Люксу». По органолептике обычно – спирту высшей очистки, что позволяет пустить его на настойки. При этом если погон выводить отдельно, не направляя его обратно в основные колонны, повышаются органолептические свойства ректификата, выходящего с основных колонн. Возможно также смешивание двух ректификатов, выходящих с основных колонн и сивушной колонны.

Мы рассмотрели основные способы увеличения производительности без модернизации основных колонн.

Какие еще решения обычно предлагаются для увеличения производительности брагоректификационного аппарата? Рассмотрим некоторые из них, которые мы считаем неверными и объясним почему.

1. Модернизация эюрационной колонны с установкой под ней отгонной части.

По мнению тех, кто это делает, такая конструкция увеличивает крепость эюрата, тем самым позволяя увеличить производительность спиртовой колонны.

Действительно, при одинаковой степени очистки от головных и промежуточных примесей крепость эюрата увеличивается. Но есть ли в этом смысл? Ведь для того, чтобы из куба эюрационной колонны не было потерь спирта, расход пара на эту колону необходимо увеличить на 4–8 кг на дал спирта. И это в то время когда все стараются внедрить энергосберегающие технологии! Для отгонной части при этом надо ставить

дополнительные царги. Но самая главная ошибка в другом. Не все сивушные масла в такой колонне поднимаются вверх. Часть их все равно переходит с элюатором в спиртовую колонну. Даже если в спиртовую колонну попадет только небольшая часть сивушных масел, то для их декантации в маслоотделителе опять необходимо создавать высокие концентрации сивушной фракции в спиртовой колонне. Отсюда все вытекающие последствия: падение производительности и качества конечного продукта. То есть, и в случае применения отгонной части в элюационной колонне все равно будет необходима установка дополнительной сивушной колонны для разгрузки спиртовой колонны от сивушных масел. Необходима также установка эфирной колонны для концентрирования головной фракции элюационной колонны.

Для уменьшения метанола элюационная колонна с применением гидроселекции не подходит, так как весь метанол переходит в элюат. Следовательно, для заметного уменьшения метанола нужна будет еще и колона окончательной очистки.

Получается, что установка отгонной части в элюационную колонну, на самом деле, не решает никаких проблем ректификации. Все равно необходима установка все тех же дополнительных колонн. Увеличивается удельный расход пара на аппарат. Стоимость модернизации также увеличивается за счет увеличения материалоемкости. Равных результатов по очистке спирта легко добиваются с меньшими затратами на оборудование и гораздо меньшим расходом энергоносителей на обогрев колонн.

Элюационная колонна с отгонной частью была разработана давно для заводов, перерабатывающих головную фракцию, и для обыкновенного спиртового завода является ненужной и избыточной.

2. Вторым неверным решением для увеличения производительности спиртовой колонны является использование колонны окончательной очистки в режиме ректификации. Обычно на это идут, уже имея колонну окончательной очистки и не имея сивушной колонны. Так как сивушной колонны нет, то на спиртовую колонну затрачивается 30 кг пара на дал спирта. Дополнительно будет затрачиваться не менее 7 кг пара на обогрев колонны окончательной очистки. Итого 37 против 30 в случае установки спиртовой колонны с сивушной колонной. Кроме этого спиртовая колонна, работающая с колонной окончательной очистки (без сивушной), имеет высокую концентрацию сивушного масла на средних тарелках, что приводит в нестабильности ее работы. Если сравнивать вариант спиртовой колонны с колонной окончательной очистки, работающей в режиме повторной ректификации, и вариант спиртовой колонны с сивушной колонной, то во втором случае

производительность будет выше, качество лучше, содержание метанола в ректификате примерно равное. Расход энергоносителей во втором варианте меньше.

В заключение хочется дать следующие рекомендации: если вы проводите модернизацию, то делать это надо с рекуперацией тепла, для того чтобы снизить энергопотребление и себестоимость спирта. В договорах с модернизаторами необходимо указывать степень уменьшения каждой примеси по отдельности и чтобы степень этой очистки сохранялась на продолжительное время и при заданном расходе пара.