

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ СИВУШНЫХ МАСЕЛ СПИРТОВОЙ КОЛОННЫ

В данной статье раскрывается методика математического моделирования и проведен выбор наиболее эффективных мест отбора фракции сивушных масел, ее расхода, расхода экстракционной воды, а также сравнения схем с одноступенчатой, многоступенчатой и противоточной экстракции.

На спиртовых заводах Российской Федерации, вырабатывающих ректифицированный спирт высших марок, к которым относятся марки «Экстра» и «Люкс», с нижних тарелок спиртовой колонны производят отбор сивушной фракции в паровой фазе. После конденсации из неё выделяют сивушное масло, используя различные технологические приёмы. При отсутствии сивушной колонны эти приёмы сводятся к экстракции спирта водой в одноступенчатом аппарате, который является одновременно сепаратором системы жидкость – жидкость, и к возврату тяжёлой фазы (подсивушной воды), содержащей спирт, в технологический цикл.

В настоящее время намечаются изменения в сырьевой базе спиртовых заводов с расширением использования сорго. Сорго – культура с огромными потенциальными возможностями по урожайности, универсальности использования, качеству продукции. К тому же среди культур полевого земледелия ей нет равных по устойчивости к засухе и жаростойкости. Перспективы возделывания сорго сахарного и внедрения технологий его переработки, разработанных мировой наукой, довольно серьезные. Выход спирта с одного гектара посевов сорго в 5 раз превышает аналогичный показатель для свёклы. Высокая урожайность сорго предопределяет низкую себестоимость произведенного из него спирта. Переход на его переработку приведет к изменению состава сырья спиртовых заводов. В случае изменения состава сырья или режима процесса брожения проводится переналадка работы

спиртовой колонны путём изменения мест отбора и расхода фракции сивушных масел, а также расхода воды, используемой в качестве экстрагента. При этом необходимо обеспечить требуемое качество ректификованного спирта и сивушного масла, а также максимальный выход спирта. В процессе наладки получают некондиционные спирт и сивушное масло, а зачастую требуется привлечение специалистов высокой квалификации. Решение задачи можно ускорить, используя методы математического моделирования.

В настоящей работе методами математического моделирования проведен выбор наиболее эффективных мест отбора фракции сивушных масел, её расхода, расхода экстракционной воды, а также сравнение схем с одноступенчатой, многоступенчатой и противоточной экстракцией. Для анализа принята технологическая схема брагоректификационной установки косвенного действия, в которой предусмотрена рециркуляция подсивушной воды в эпорационную колонну. Используются разработанные ранее математические модели технологической схемы [1-3], сепарации спиртовых систем жидкость – жидкость [2, 3] и вновь разработанные нами с использованием результатов работ [2, 3] модели многоступенчатой, а также противоточной экстракции.

Модель экстракции включает подпрограмму смещения поступающих на ступень многокомпонентных жидких потоков лёгкой и тяжёлой фаз и подпрограмму расслаивания смеси сивушной фракции с водой [2, 3] на две жидкие фазы. Управляющая программа организует последовательность расчета с учетом противоточного движения потоков и реализует релаксационный метод обеспечения сходимости вычислений «от тарелки к тарелке».

Согласно технологической схеме бражка подается в подогреватель бражки, где нагревается до температуры 85-90 °С. Нагретая бражка поступает в сепаратор диоксида углерода для отделения CO₂ от бражки. Отсепарированная бражка поступает на верхнюю тарелку бражной колонны, содержащей 40 тарелок. Снизу в бражную колонну подается острый пар. Барда выводится из нижней части бражной колонны, а пары, обогащенные этанолом, альдегидами, эфирами, высшими спиртами, кислотами и другими спиртовыми примесями поступают в конденсатор бражной колонны. Бражной конденсат поступает на питательную 25 тарелку эпорационной колонны, содержащей 40 тарелок. Эпорационная колонна обогревается острым паром. По выходе из эпорационной колонны пары, содержащие летучие примеси, пройдя дефлегматор и конденсатор, состоящие из эфиров, альдегидов, метанола и растворимых в них летучих веществ, в виде эфиرو-альдегидной фракции выводятся из установки. Эпорат, освобожденный от основной массы головных примесей, подается на питательную 16 тарелку спиртовой колонны, содержащей 80 тарелок. В низ спиртовой колонны подается острый пар. Непастеризованный спирт, отбираемый из конденсатора спиртовой колонны, сбрасывается на верхнюю тарелку эпорационной колонны. Сивушный спирт, отбираемый из спиртовой колонны с 22 тарелки выводится из установки. Сивушная фракция, отбираемая из паровой фазы с нижних тарелок спиртовой колонны, пройдя конденсатор, поступает в сепаратор для расслаивания сивушной фракции, где разделяется на сивушное масло (верхний слой) и подсивушную воду (нижний слой). В сепаратор предусмотрена подача воды. Ректификованный спирт отбирается с верхних тарелок ректификационной колонны, а из ее нижней части выводится лютер, содержащий кислоты и хвостовые примеси. Подсивушная фракция рециркулируется на верхнюю тарелку эпорационной колонны.

Расчёты проведены для условного количества бражного дистиллята 10 м³ крепостью 40 % об. Его покомпонентный состав принят по данным обследования спиртоцеха ОАО АПФ «Фанагория».

В результате расчетов установлено, что с увеличением расхода воды в сепаратор улучшаются показатели работы технологической схемы работы брагоректификационной установки в целом, достигается максимальный выход спирта. Как видно из таблицы 1 выход спирта составляет 96,3-96,75 %. Максимальная величина выхода спирта 96,75 % получена при отборе сивушной фракции из паровой фазы с 4 и 6 тарелок в количестве 0,06 м³ с каждой тарелки. В таблице приведено также качество получаемого сивушного масла. Сивушное масло, отвечающее требованиям специализированного завода по его переработке, получается при отборе сивушной фракции с 4-6 тарелки. Именно этот вариант и рекомендуется для реализации на спиртовом заводе.

Для анализа влияния величины отбора сивушной фракции на показатели работы установки при расходе воды в сепаратор 0,1 м³/сут были проведены расчеты при снижении величины отбора с 6 тарелки от 0,12 до 0,055 м³/сут. Показатели, отвечающие требованиям к сивушному маслу, достигаются при низких его отборах, т.е. при 0,06 и 0,055 м³/сут, где содержание этанола в сивушном масле соответственно 7 и 5,7 об. %. Режим с отбором 0,055 м³/сут нельзя рекомендовать для реаль-

ных производственных условий, так как дальнейшее снижение величины отбора приводит к возникновению в спиртовой колонне нестационарного режима и как следствие нарушению технологического режима спиртовой колонны и получению спирта, не отвечающего требованиям ГОСТ.

Оптимальному месту и величине отбора фракции сивушного масла отвечает следующий технологический режим установки: давление низа эпорационной колонны 0,118 МПа, температура низа 89,1 °С, давление низа спиртовой колонны 0,128 МПа, температура низа 106 °С, температура верха спиртовой колонны 78,9 °С, температура на 16 тарелке (питательной) 87,2 °С, температура на тарелках отбора 4 – 93 °С, 6 – 91 °С. Обогрев спиртовой колонны осуществлялся с помощью глухого и острого пара. Содержание спирта в лютерной воде поддерживалось в соответствии с нормами 0,015 об. %. Количество ректифицированного спирта составляло в среднем 4 м³/сут крепостью 96,35 об. %. Содержание примесей удовлетворяло требованиям ГОСТ: метанола – 0,03 об.%, 2-пропанола – менее 2 мг/л.

Таблица

Номер тарелки отбора	4-6 отбор по 0,06 м ³ /сут с каждой тарелки				6 Отбор 0,12 м ³ /сут			
	0	0,02	0,04	0,1*	0	0,02	0,04	0,1*
Расход воды в сепаратор, м ³ /сут	0	0,02	0,04	0,1*	0	0,02	0,04	0,1*
Количество спирта-ректификата, м ³ /сут	4,01	4,014	4,015	4,018	3,9974	4,0019	4,0049	4,01
Выход спирта, %	96,64	96,67	96,70	96,75*	96,29	96,40	96,47	96,59
Крепость, об.%	96,331	96,328	96,326	96,320	96,357	96,354	96,352	96,346
Метанол, об.%	0,029	0,029	0,029	0,030	0,029	0,029	0,029	0,030
2-пропанол, об.%	1,293	1,294	1,295	1,296	1,2788	1,2805	1,2817	1,2840
Сивушное масло								
Количество, м ³ /сут	0,0315	0,0299	0,0288	0,0266	0,0522	0,0453	0,0412	0,0347
Этанол, об.%	14,759	12,70	11,09	7,83*	30,32	26,83	23,95	17,73
Вода, об.%	22,126	21,50	21,06	20,29	28,75	26,40	24,94	22,52
Сивушное масло, об.%	63,115	65,80	67,85	71,88	40,93	46,77	51,11	59,75
Расход воды в сепаратор, м ³ /сут	0	0,02	0,04	0,1*	0	0,05	0,1	0,15
Количество спирта-ректификата, м ³ /сут	4,0015	4,0049	4,0073	4,0118	не рассматривается	3,9945	4,003	4,008
Выход спирта, %	96,39	96,47	96,52	96,63		96,23	96,44	96,55
Крепость, об.%	96,353	96,350	96,348	96,342		96,36	96,33	96,32
Метанол, об.%	0,029	0,029	0,029	0,030		0,0296	0,03	0,03
2-пропанол, об.%	1,2805	1,2821	1,2832	1,2857				
Сивушное масло								
Количество, м ³ /сут	0,0458	0,0410	0,0379	0,0328		0,057	0,043	0,038
Этанол, об.%	27,10	23,81	21,12	15,46		32,04	25,35	20,46
Вода, об.%	26,73	24,98	23,82	21,88		30,08	25,76	23,71
Сивушное масло, об.%	46,17	51,21	55,06	62,66		37,88	48,89	55,83*

Сравнение одноступенчатой сепарации, трехступенчатой сепарации и противоточной экстракции показало, что наибольший выход сивушного масла, наименьшая концентрация в нем этанола и воды обеспечивается противоточной экстракцией.

Литература:

1. Литвинова Н.А. Математическое моделирование и совершенствование процессов и систем брагоректификации. Дисс. ... канд. техн. наук, 05.18.12.-Краснодар, 2006, КубГТУ.- 165 с.
2. Мариненко О.В. Разработка и математическое моделирование системы разделения нестандартных сивушных фракций брагоректификационных установок: Дис. ... канд. техн. наук, 05.18.12.-Краснодар, КубГТУ, 2006.- 124 с.
3. Чич С.К. Разработка новых технологических приёмов утилизации сивушных и подсивушных фракций на брагоректификационных установках: Дис. ... канд. техн. наук, 05.18.01.-Краснодар, КубГТУ, 2007.- 117 с.