

УДК 661.321.8.063.62..66.023.23.096.2

Панасенко В.А., Молчанов В.И., Томенко В.М.

**РЕСУРСО - И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ГИДРОКАРБОНАТНОЙ СУСПЕНЗИИ В КРУПНОТОННАЖНЫХ
КАРБОНИЗАЦИОННЫХ КОЛОННАХ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Государственный научно-исследовательский и проектный институт основной химии
НИОХИМ*

В процессе карбонизации аммонизированного рассола в карбонизационной колонне содового производства происходит абсорбция диоксида углерода и кристаллизация гидрокарбоната натрия с выделением теплоты, отводимой водой. Технология получения гидрокарбонатной суспензии имеет важнейшее значение для осуществления практически всего способа производства соды [1-6]. От неё зависят: технологические показатели производства – расход охлаждающей воды, качество кристаллов и их влажность, расход промывной воды на отмывку осадка от примесей ионов хлора; технико-экономические – расход сырья и энергоресурсов, себестоимость продукции и экологические – объем сбрасываемых отходов [7].

На содовых заводах СНГ используются различные способы отвода теплоты. В колоннах большой производительности диаметром 3,0/2,8 м, оснащенных как пасетными, так и перекрестно точными контактными элементами, вода поступает в холодильную зону двумя параллельными потоками в нижние четные и нечетные холодильные царги [1]. Вопрос ввода воды для колонн меньшей производительности диаметром 2,68 и 1,8 м достаточно подробно освещен в работах [4,6]. Вода в эти колонны вводится одним потоком.

Технология ввода воды в крупнотоннажные колонны диаметром 3,0/2,8 м имеет свои особенности. Обычно температура воды относится к регламентируемым показателям. Ее величина для этих колонн не может превышать 25 °С [1]. В производстве при использовании воды из системы оборотного водоснабжения ее температура, в особенности в летний период, увеличивается и становится выше, чем 25 °С. Это приводит к необходимости дополнительного расходования воды, электроэнергии на ее транспортировку по водооборотному циклу содового производства, к увеличению влажности осадка кристаллов и, соответственно, дополнительному расходованию теплоты (пар) на его кальцинацию. Процесс получения гидрокарбонатной суспензии при однопоточном вводе воды для колонн диаметром 3,0/2,8 м до настоящего времени не изучался, что и является целью работы.

Моделировать реальный процесс ввода воды в колонну в лабораторных условиях затруднительно, поэтому экспериментальной установкой для проведения исследований служила промышленная серия колонн цеха карбонизации-дистилляции ОАО “Крымский содовый завод”. Каждая из колонн имела диаметр 3,0/2,8 м, высоту 28 м, была оснащена 8 холодильными царгами с общей поверхностью охлаждения 1344 м². Ввод воды осуществлялся одним потоком. Для выявления эффективности новой технологии сравнивались показатели переоборудованных колонн с колоннами в этой же серии, не переведенными на однопоточную технологию ввода воды. Это позволило исключить влияние состава предкарбонизованной жидкости и состава газа первого и второго вводов на технологические показатели работы колонн. Очевидно, что для идентичных по

конструкции колонн, имеющих одинаковую поверхность охлаждения и производительность, при одной и той же температуре воды на входе в колонну об эффективности работы холодильной зоны можно судить по разнице температур воды на входе и выходе из холодильной зоны (нагрев воды). Чем больше эта разница, тем меньше удельный расход воды [4].

Измерение температуры суспензии по высоте колонн осуществлялось датчиками температур контрольно-измерительных приборов. Температура воды на входе в холодильную зону и выходе из нее определялась термометром с ценой деления 0,1 °С. Объем воды, подаваемый в колонны, измерялся дисковой диафрагмой. По результатам измерений рассчитывалась средняя логарифмическая разность температур (°С) в холодильной зоне колонн

$$\Delta t_{\text{ln}} = \frac{(t_c^{\hat{a}\hat{o}} - t_c^{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}) - (t_{\hat{a}}^{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} - t_{\hat{a}}^{\hat{a}\hat{o}})}{\ln \frac{t_c^{\hat{a}\hat{o}} - t_c^{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}{t_{\hat{a}}^{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} - t_{\hat{a}}^{\hat{a}\hat{o}}}} \quad (1)$$

и коэффициент теплопередачи k (ккал/м²·град·ч):

$$k = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{\text{ln}}}, \quad (2)$$

где t_c^{BX} , $t_c^{\text{ВЫХ}}$ – температуры гидрокарбонатной суспензии на входе в холодильную зону колонны и на выходе из нее, °С; $t_{\text{В}}^{\text{BX}}$, $t_{\text{В}}^{\text{ВЫХ}}$ – температуры воды на входе в холодильную зону колонны и на выходе из нее, °С; Q – количество переданной теплоты, ккал (кДж); F – поверхность теплопередачи, м².

Кроме того, фиксировали расход газа первого и второго вводов и объемную долю диоксида углерода в них. Состав жидкости и газа из колонн определялся ежечасно в пробах, отобранных с каждой из колонн. Химический состав жидкости на входе в колонны и на выходе из них соответствовал требованиям технологического регламента. Температура воды, подаваемой в колонны, изменялась от 25 до 27,2 °С.

Результаты исследований работы колонн при двухпоточном и, для сравнения, однопоточном вводе воды представлены в табл. 1.

Из этой таблицы видно, что для колонн с однопоточным вводом нагрев воды составлял 12,0-14,9 °С. В этих же условиях для колонн сравнения при двухпоточном вводе эта же температура достигала только значения 7,3-7,6 °С. Полученные данные по температуре воды на выходе из колонн были статистически проверены на эффективность по критерию Фишера [8]. Для этого сравнивались рассчитанные значения $F_{\text{расч.}}$ и табличное для данного уровня значимости $P = 0,05$ и чисел степени свободы $f_1 = f_2 = 7$. Температура воды на выходе из колонн при прочих равных условиях для однопоточного ввода воды больше, чем для двухпоточного, так как $F_{\text{расч.}} = 31,6$ больше $F_{\text{табл.}} = 3,44$ и, следовательно, оцениваемое различие значимо. Из изложенного следует вывод о большей эффективности процесса отвода теплоты и меньших удельных расходах воды на колоннах, оснащенных однопоточной схемой ввода воды (24,6 м³/т соды, что в среднем на 20-37 % меньше, чем при при двухпоточном вводе –33,7 м³/т соды).

Таблица 1 – Экспериментальные данные по температурному режиму карбонизационных колонн диаметром 3,0/2,8 м при различных способах ввода воды

Газовая нагрузка, м ³ /ч		Объемная доля CO ₂ в газе, %		Температура, °С						Температура воды в колонне, °С		Нагрев воды, °С
I ввод	II ввод	I ввод	II ввод	жидкости на входе в колонну	газа на выходе из колонн	по царгам колонн			Суспензии на выходе из колонн	на входе	на выходе	
						№ 25	№ 14	№ 6				
Двухпоточный ввод												
2300	2500	52,4	38,7	38,0	43,7	62,0	61,0	33,0	30,0	27,0	33,0	6,0
3062	3904	51,9	39,0	37,5	47,7	64,9	67,5	37,0	31,4	26,7	34,5	7,8
2444	2625	50	36,5	43,0	48,7	61,9	61,9	38,3	30,3	25,0	34,0	9,0
2850	4111	56,8	34,4	41,8	47,2	59,9	62,8	40,0	32,1	27,6	33,9	6,3
среднее												
2664	3284	52,8	37,1	40,0	46,8	62,2	63,3	37,1	30,9	26,6	33,8	7,3
2456	3000	58,0	36,7	40,4	45,0	58,5	62,5	38,6	30,7	25,0	34,9	9,9
2217	2671	52,4	38,7	38,0	–	61,7	62,2	38,5	30,8	27,0	32,0	5,0
2250	3275	52,5	40,0	38,2	45,0	60,5	63,3	39,7	31,5	27,0	36,2	9,2
2240	2500	58,0	40,0	–	49,5	62,3	62,5	36,0	30,0	26,0	32,0	6,0
среднее												
2290	2861	55,2	38,8	39,0	46,5	60,7	32,6	38,2	30,7	26,2	33,8	7,6
Однопоточный ввод												
3013	4021	66,0	37,3	45,6	53,6	62,4	64,0	45,6	31,3	24,2	45,4	20,2
4386	4833	72,0	36,6	40,1	47,9	61,2	65,4	47,9	32,2	25,3	39,6	14,3
3968	5212	71,1	36,0	39,5	47,0	65,3	61,5	43,0	31,5	24,6	37,6	13,0
3107	3243	68,2	37,4	41,3	47,5	63,2	61,2	47,5	33,9	26,2	37,5	11,3
Среднее												
3618	4327	69,3	36,8	41,6	49,0	63,0	63,0	46,0	32,2	25,1	40,0	14,9
3396	4314	63,0	37,3	39,6	45,0	60,2	62,8	36,1	29,7	26,0	40,2	14,2
3761	5065	63,9	38,5	40,7	46,9	90,9	64,3	39,4	30,9	26,7	38,7	12,0
3425	4756	61,8	37,0	42,5	46,5	60,2	64,8	41,1	31,4	27,0	39,8	12,8
3033	3486	62,0	40,7	45,4	47,0	60,3	63,3	41,5	32,8	29,0	38,2	9,2
Среднее												
3403	4405	62,7	38,4	42,0	46,3	60,4	63,8	39,5	31,2	27,2	39,2	12,0

Как следует из табл. 1 при однопоточном вводе воды происходит увеличение средней температуры в холодильной царге № 6 по сравнению с двухпоточным. Это приводит к увеличению времени пребывания кристаллов в зоне повышенных температур и улучшению их качества [6].

Экспериментальные данные по изучению однопоточного ввода воды на технологические показатели работы колонн (первые, вторые и третьи сутки пробега) представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Влияние однопоточного ввода воды на технологические показатели работы карбонизационных колонн диаметром 3,0/2,8 м

Период работы колонн, сут.	Температура воды в колоннах, °С		Нагрев воды, °С	Расход воды, м ³ /ч	Температура суспензии в холодильной зоне, °С		Средняя логарифмическая температура, °С	Коэффициент теплопередачи k , ккал/м ² ·град·ч (кДж/м ² ·град·ч)
	на входе	на выходе			на входе	на выходе		
1	25,4	38,2	12,8	245	56	31,0	10,6	220 (921,096)
	25,6	41,0	15,4	245	59	32,7	10,0	280 (1172,304)
	25,8	41,6	15,8	245	60	33,2	12,2	236 (988,085)
	среднее							
	25,6	40,27	14,67	245	58,33	32,3	10,9	245 (1025,766)
2	24,1	36,6	12,5	250	57	31,9	12,1	192 (803,866)
	24,0	36,1	12,1	245	58	30,5	12,6	175 (732,69)
	24,3	37,2	12,9	250	58	32,0	13,2	182 (761,998)
	среднее							
	24,1	36,63	12,5	248	57,66	31,47	12,6	183 (766,184)
3	27,2	39,2	12,0	250	60	36,0	13,9	160 (669,888)
	26,2	39,0	12,8	250	59	35,2	15,0	158 (661,514)
	26,1	36,6	10,4	235	57	34,9	12,2	149 (623,833)
	25,8	36,2	10,4	235	52	29,6	8,4	216 (904,349)
	25,6	36,7	11,1	240	58	34,0	13,9	142 (594,536)
среднее								
	26,2	37,54	11,34	242	57,2	33,94	12,7	165 (690,822)
1	21,9	41,5	19,6	50	62,0	32,3	14,9	48,9 (204,735)
	21,9	44,2	24,0	50	62,0	36,6	16,2	55,6 (232,786)
	22,1	40,3	18,2	60	60,5	33,4	15,3	53,1 (222,319)
	22,1	42,5	20,4	60	62,0	34,4	15,6	58,4 (244,509)
	22,1	42,5	20,4	60	61,5	33,5	14,9	61,1 (255,813)
	22,1	41,5	19,4	60	62,0	33,2	15,3	56,6 (236,973)
	22,2	41,8	19,6	60	62,0	33,7	15,4	56,3 (235,717)
	среднее							
	22,06	42,04	20,23	57,14	61,71	33,87	15,37	55,71 (233,247)
3	22,0	44,2	22,2	60	58,5	31,4	11,6	85 (355,878)
	23,0	40,5	17,5	60	58,5	29,7	11,4	68,5 (286,796)
	23,0	40,6	17,6	60	55,0	31,2	11,0	71,7 (300,193)
	23,0	40,8	17,8	60	45,0	32,0	10,9	73,0 (305,636)
	23,0	39,7	16,7	60	55,0	31,0	10,4	71,5 (299,356)
	23,0	39,0	16,0	60	54,0	34,6	13,2	54,1 (226,506)
	23,0	39,5	16,5	60	52,0	30,1	9,5	77,5 (324,477)
	среднее							
	23,0	40,61	17,76	60	55,43	31,43	11,14	71,61 (299,817)

Из табл. 2 видно, что в первые сутки пробега колонн нагрев воды больше, чем в последующие вторые и третьи сутки пробега. С увеличением времени пробега колонн значение k снижается от 245 до 165 ккал/м²·град·ч (от 1025,766 до 690,822 кДж/м²·град·ч). Уменьшение температуры нагрева и k объясняется тем, что в первые сутки пробега на процесс отвода теплоты влияет гидродинамический режим, в дальнейшем этот процесс осложняется образованием на внутренних поверхностях колонн корки кристаллизующегося из раствора гидрокарбоната натрия [1-6]. При уменьшении расхода воды от 242-245 до 60 м³/ч значение k уменьшается, что объясняется снижением скорости воды в пучках труб холодильной зоны колонн.

На основании полученных экспериментальных данных и рассчитанной на их основании производительности колонн (соответственно в первые, вторые и третьи сутки пробега – 11,46; 10,98 и 8,18 т соды/ч) математической обработкой определена зависимость k от Δt_{ln} .

$$k = -15,85 \cdot \Delta t_{ln} + 385,19 \quad (3)$$

Графически эта зависимость представлена на рисунке.

k , ккал/м²·град·ч

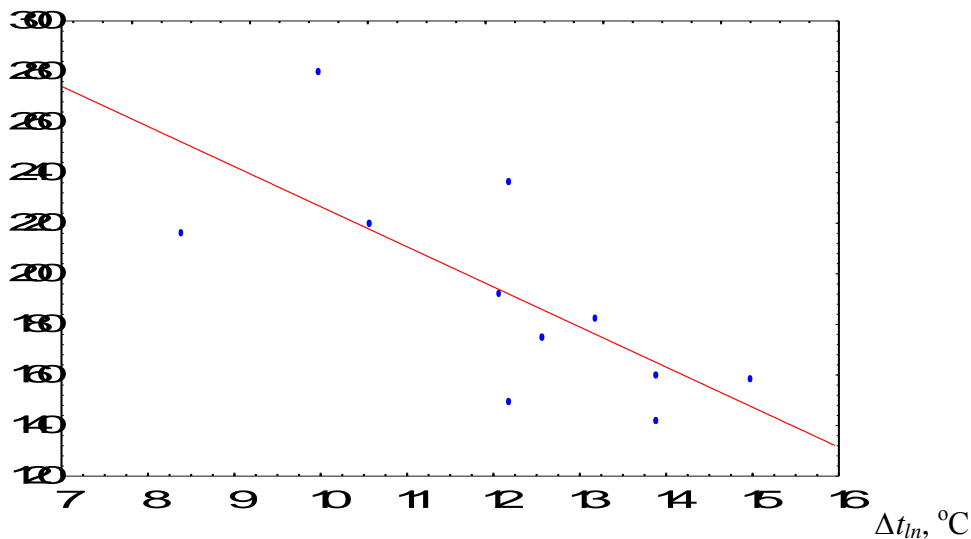


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопередачи k от средней логарифмической разности температур для колонн диаметром 3,0/2,8 м

Представленные в табл. 2 значения k при однопоточном вводе воды несколько больше этого значения для двухпоточного [9], что свидетельствует о большей эффективности первого.

Таким образом, использование однопоточной технологии ввода воды в колонны диаметром 3,0/2,8 м позволяет уменьшить расход воды от 33,7 до 24 м³/т соды, соответственно уменьшить затраты электроэнергии на её транспортировку по водооборотному циклу содового производства и улучшить качество кристаллов гидрокарбоната натрия.

Полученные результаты могут служить исходными данными для совершенствования технологии получения гидрокарбонатной суспензии в существующих и проектируемых колоннах содового производства.

Литература

1. Ткач Г.А., Шапорев В.П., Титов В.М. Производство соды по малоотходной технологии. – Харьков: ХГПУ, 1999. – 429 с.
2. Беляев Э.К., Сорокина С.В., Цейтлин Н.А. и др. Влияние режима работы карбонизационных колонн на качество кристаллов бикарбоната натрия// Химия и технология производств основной химической промышленности // Харьков: Тр. НИОХИМ. –1975. –Т.60. – С. 14-20.
3. Дранов З.Н., Гизатуллин Ф.Г., Долганова З.В. и др. Разработка и усовершенствование технологии химических производств: Тез. докл. технического совещания. – Стерлитамак, – 1969. – 37 с.
4. Томенко В.М. Испытание однопоточной схемы охлаждения карбонизационных колонн содового производства// Интенсификация технологических процессов и аппаратов содового и смежных производств// Харьков: Тр. НИОХИМ. – 1985. –Т.60. – С. 35-42.
5. Rant Z. Die Erzeugung von Soda nach dem Solvau Verfahren.– Sarajevo.:Forschungsinstitut für Bergbau und Chemische Technologie Tuzla. –1968. –543 s.
6. Шокин И.Н., Крашенинников С.А. Технология соды. –М.: Химия, 1975.– 287 с.
7. Методические указания по организации нормативного метода учета затрат и калькулирования себестоимости продукции в производстве соды. –Харьков: Фонд НИОХИМ, 1978. – 111 с.
8. Ахназарова С.П., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. –М.: Высшая школа, 1985.– 318 с.
9. Ненно Э.С., Панов В.И. Определение коэффициентов теплопередачи в холодильниках карбонизационных колонн//Харьков: Тр. НИОХИМ.-1958. – Т.11. – С. 257-260.

УДК 661.321.8.063.62..66.023.23.096.2

Панасенко В.О., Молчанов В.І., Томенко В.М.

**РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ
ГІДРОКАРБОНАТНОЇ СУСПЕНЗІЇ У ВЕЛИКОТОННАЖНИХ
КАРБОНІЗАЦІЙНИХ КОЛОНАХ СОДОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Досліджено процес одержання гідрокарбонатної суспензії у карбонізаційних колонах содового виробництва діаметром 3,0/2,8 м при однопотоковому уведенні води з температурою понад 25,0 °С. Показано, що використання нової технології дозволяє зменшити витрати води на 20-37 %, відповідно зменшити витрати електроенергії і поліпшити якість кристалів гідрокарбонату натрію.