

Исследование отдувочных газов на Кондровском целлюлозном заводе *).

Из работ Научно-учебного Кабинета по бумажной промышленности Ленинградского Технологического Института.

(На основании дипломной работы студ. Института В. Л. Сондака).

Расход серы (или колчедана) на пуд целлюлозы на наших заводах значительно выше, чем на лучших скандинавских или германских заводах, составляя в среднем 15% вместо возможных при современном уровне техники 10%. Этот перерасход зависит частью от потерь серы при производстве сульфитной кислоты, частью же объясняется неполным использованием, так называемых, отдувочных газов при варке целлюлозы. Тогда как причины потерь в кислотных отделениях для нас более или менее ясны, вопрос об отдувочных газах является недостаточно выясненным и большим для большинства русских заводов. Литературных данных по этому вопросу почти что не имеется; получить какие либо детальные сведения при посещении иностранных заводов невозможно. Поэтому мною было предложено студенту-дипломнику В. Л. Сондаку заняться исследованием продуктов отдувки при варке целлюлозы с тем, чтобы сделать надлежащие выводы о том, как надо производить отдувку и использовать ее продукты для наилучшей утилизации серы.

Я не считаю, чтобы работа, произведенная В. Л. Сондаком, окончательно разрешала поставленный вопрос, но данные, им полученные, все же являются в достаточной степени интересными, а в некоторых отношениях новыми для нас, русских целлюлозников.

Всего было прослежено 10 варок в котле № 1 (объем—145 куб. м., выход целлюлозы—625 пуд. и количество задаваемой варочной кислоты—105 куб. м.), пять варок с обычными для Кондровского завода частыми, но неглубокими отдувками и пять с редкими и глубокими отдувками. Из прилагаемой схемы отдувочного устройства Кондровского целлюлозного завода видно, что продукты отдувки из котла проходят холодильник и поступают с температурой 45—55° в герметически закрытый сборник, из которого не поглощенные газы проходят в чаны аппарата Франке, где вместе с газами серных печей насыщают известковое молоко.

*) Пользуясь случаем привнеси благодарность администрации фабрики, и в частности заведующему Кондровским целлюлозным заводом инж. А. П. Водкому, за любезное содействие и за советы В. Л. Сондаку при выполнении им работы на заводе. С. Ф.

От редакции. Полагая, что работа В. Л. Сондака еще не дает достаточного материала для окончательных выводов по затронутому автором вопросу, Редакция считает необходимым поместить настоящую статью, дабы вызвать дальнейшие в этом направлении работы.

Пробы отдувочной кислоты брались из нижнего колена трубы (А) перед вступлением ее в сборник; они отбирались через дополнительный холодильник, которым удавалось их охладить до $20-30^{\circ}$. Поэтому, в большинстве случаев взятые таким образом пробы были на $7-15\%$ богаче сернистым газом сравнительно с отдувочной кислотой, остающейся в сборнике. Это обстоятельство является недостатком исследования, но существенного влияния на его результаты не имеет. Газы, поглощенные аппаратом Франке, удалось учесть лишь при двух варках, при чем выяснилось очень важное обстоятельство, что газы в зависимости от крепости варочной кислоты и охлаждения в отдувочном холодильнике составляют от 30 до 40% всего отдувочного количества, т.е. такое количество, которым пренебрегать ни в коем случае не приходится. Так как полученные результаты более или менее сходны, то я ограничусь приведением таблиц и диаграмм лишь для двух варок, именно тех, при которых были учтены газы, поглощенные аппаратом Франке.

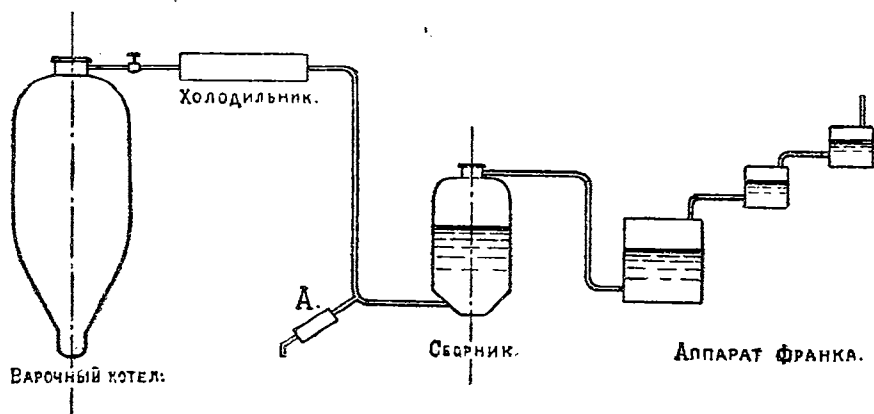


Схема отдувочного устройства Ковдровского педологического завода.

Из диаграмм, а также таблиц видно, что содержание SO_2 в пробах продуктов отдувки, охлажденных особым холодильником (см. схему) до $20-30^{\circ}$ при первых отдувках (примерно до температуры в котле $120-130^{\circ}$), несколько выше содержания SO_2 в варочном щелоке; количество продуктов отдувки, выраженное в куб. метрах, в это время наибольшее. Следовательно до $120-130^{\circ}$ сдувается главным образом варочный щелок, увлекающий с собой некоторое количество сернистого газа из щелока, остающегося в котле. После $120-130^{\circ}$ крепость указанных проб сильно возрастает, достигая $5-7\%$ SO_2 при $135-140^{\circ}$ и вновь падая до $4-2\%$ при предувке котла паром и окончательной сдувке. Количество продуктов отдувки уменьшается; отдуваются, главным образом, газы. В связи с вышеуказанным возрастает отношение свободной SO_2 ко всей SO_2 ; до $120-130^{\circ}$ это отношение равно 65% , 68% и 78% , после $120-130^{\circ}$ — 96% и 98% . Загрязнение проб органическими веществами также наибольшее до указанных температур — $3-4,5\%$, далее оно убывает, например, $1,7\%$ при 135° , $0,1\%$

Варка 25—26 сентября 1924 года.

Кислоты дано 105 куб. м. = 2800 кг. SO_2 .

Вышло целлюлозы 1 сорта ~ 625 пуд.

	Время. ч. м.	Щелок в котле.			Отдувочная кислота.			Аппарат Франке SO ₂ кг.
		t °	Давл. атм.	SO ₂ в %.	Куб. м.	SO ₂ всей. % кг.		
	20 —	30	—	2,67				
Первая отдувка . . .	0 35	83	5,2	2,06	2,5	2,09	52	
	0 50							
	1 —	83	4,5	1,9				
Вторая отдувка . . .	1 45	100	5,2	1,83	3,0	1,90	57	
	" 50							
	2 —	100	4,5	1,78				
Третья отдувка . . .	3 15	112	5,2	1,64	2,25	1,87	42	
	" 25							
	" 30	113	4,5	1,62				
Четвертая отдувка .	4 55	119	5,0	1,57	3	1,83	65	16
	5 5							
	" 10	121	4,5	1,52				
	8 20							
Пятая отдувка . . .	8 30	124	5,2	1,32	2,25	1,61	36	
	" 35							
	" 40	126	4,8	1,24				
Шестая отдувка . .	11 —	126	4,8	1,16	1,50	1,90	29	23
	" 15							
	" 20	130	4,0	0,99				
	14 —							
Седьмая отдувка . .	14 45	140	5,2	0,58	1,0	2,73	27	
	" 55							
	15 —	140	4,5	0,48				
Одувка	16 —	140	5,4	0,42	0,5	4,50	22	122
	" 5							
	17 20		3,5					
	18							
И т о г о					16	2,00	320	161
Отдувочная кислота из сборника					16	1,99	318	

Примечания: 1) Температура отдувочной кислоты в сборнике 45—55°, температура проб 30°.

2) Из 2800 кг. SO_2 уловлено 320 кг. в сборнике и 160 кг. в аппарате Франке, всего 480 кг. На варку израсходовано 2320 кг. $\text{SO}_2 = 1160$ кг. S, что составит ~ 10% от веса целлюлозы.

Варка 10 ноября 1924 г.

Кислоты дано 105 куб. м. = 3200 кг. SO₂.

Вышло целлюлозы мягкого 1 сорта — 625 пуд.

	Время ч. м.	Щелок в котле.			Отдувочная кислота.				Ориг. вещ. в %.	Аппарат Франке.
		то	Давл. атм.	SO ₂ %	Куб. м.	Всех SO ₂ %.	Св. SO ₂ Вс. SO ₂	SO ₂ кг.		
	11 —	30	—	3,14						
Первая от- дувка . .	16 10	80	5,4	2,37						
	" 15				5,5	2,39				
	" 20					2,42	65%	132	1,30	
	" 25					2,54		(116)		
Вторая от- дувка . .	" 30	80	3,5	2,32						
	18 50	106	5	2,13						
	" 55				5,5	2,07				
	19					2,49	68	140	2,43	
Третья от- дувка . .	" 5					3,04		(122)		
	" 10	106	3	2,04						
	24 —	120	5	1,71						
	" 5									
	" 10					2,31				
	" 15				6,0	2,43				
	" 20					3,17	78	203	4,81	
Четвертая отдувка .	" 30					3,60		(180)		
	" 35					5,46				
	" 1	120	2,5	1,57						70
	5 30	135	5	0,99						
	" 35					7,40				
	" 40				2,25	7,14				
	" 45					5,46	96	145	1,63	
Продукта паром . .	" 55					5,72		(125)		
	6 5					5,84				
	" 15					7,10				
	" 20	135	2,5	0,70						
Продукта паром . .	8 30	145	5,0		3,25	4,63	98	132	0,10	
	" 40					4,08		(116)		
	" 55		4,8			3,48				
	9 10		4,5							
Служка да- вления . .	" 30					3,07				
	10				0,75	2,88				
	" 20					2,84	98	20	0,32	
	" 45					2,57		(18)		
	11		2,5			1,84				380
Итого					23,25	3,32		772 (670)		450
Отдувочная кислота из сборника					23,25	2,93	76	680	2,53	

Примечания: 1) Температура отдувочн. кислоты в сборнике 40—50°, температура проб 10—20°.

2) В скобках показано количество SO₂ в кг., поправленное приведением с 10—20° к 40—50°, т.е. то количество, которое остается в сборнике при каждой отдувке.3) Из 3200 кг. SO₂ уловлено 680 кг. в сборнике и 450 кг. в аппарате Франке, всего 1130 кг. На варку израсходовано 2070 кг. SO₂ = 1035 кг. S на 1 пуд — 1,65 кг. — 10%.

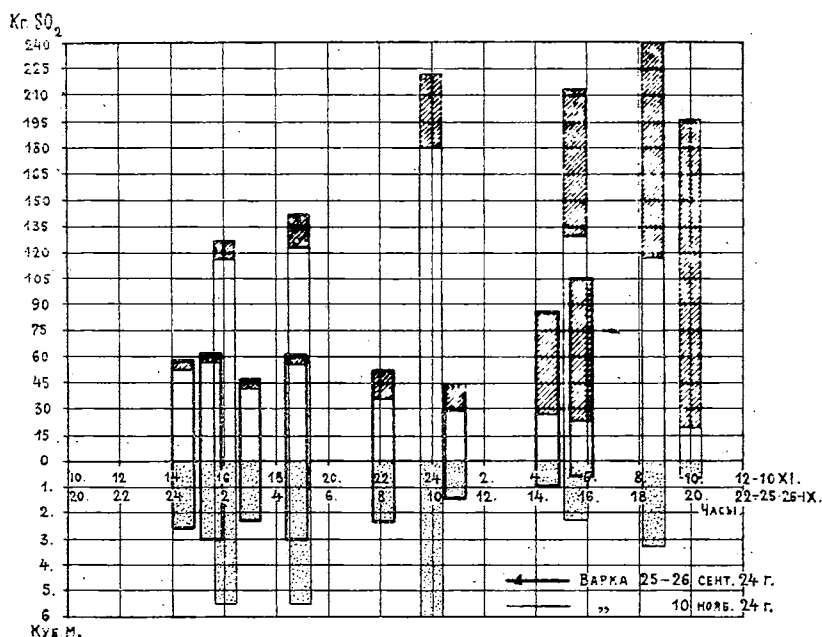
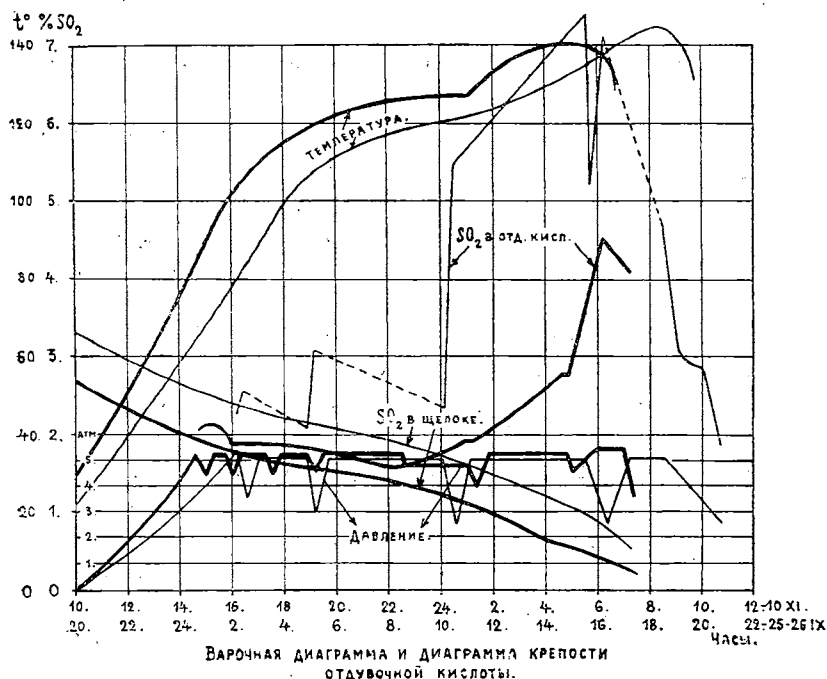
при 145° и $0,32\%$ при сдувке; последнее также объясняется тем, что вначале отдувается много щелока, а потом в продуктах отдувки преобладают газы. При рассмотрении результатов всех 10 испытаний выясняется, что при мелких отдувках крепость отдувочной кислоты начинает возрастать при более высоких температурах ($130-135^{\circ}$), чем при глубоких отдувках ($120-125^{\circ}$).

Это объясняется тем обстоятельством, что при глубоких отдувках в начале варки сдувается большое количество щелока, почему при дальнейших отдувках идет более крепкий газ. При мелких отдувках жидкость сдувается равномернее, и значительное количество газа появляется в продуктах отдувки позднее. Вышеотмеченные выводы основаны на анализе проб, взятых при $20-30^{\circ}$, в действительности продукты отдувки поступают в сборники при $45-55^{\circ}$, почему, как уже было отмечено и как это видно из конечных данных таблиц, они в зависимости от крепости начальной кислоты и от своей температуры могут быть на $10-15\%$ беднее содержанием SO_2 , что, однако, не изменит соотношения величин, а следовательно и сделанных выводов. Более того, если мы учтем сернистый газ, выделяющийся из отдувочной кислоты в сборнике и улавливаемый в чанах аппарата Франке, то отмеченное явление, как это видно из нижних графиков, выявляется еще более резко: именно, до $120-130^{\circ}$ наряду с газом из котла отдувается много жидкого варочного щелока, после $120-130^{\circ}$ отдувается, главным образом, газ, захватывающий с собой также некоторое количество щелока. В заключение отмечу интересный факт, подмеченный В. Л. Сондаком: если из общего количества сульфитной кислоты, данной в котел, вычесть количество SO_2 , удаляемое из котла с отдувками, то полученное количество SO_2 , израсходованное так сказать непосредственно на варку, получается постоянным, равным при котле данной емкости— 2000 кг. Если это количество привести к сере и пересчитать на пуд целлюлозы, то получается около $9-10\%$, т. е. как раз тот расход, который уже достигнут практически лучшими скандинавскими заводами, для нас же пока составляет норму, к которой мы должны стремиться.

Практически при производстве отдувки нас могут интересовать два вопроса: во-первых, как производить отдувку таким образом, чтобы получалась возможно более крепкая отдувочная кислота, не разжижающая сырую кислоту, и во-вторых, как возможно полнее уловить SO_2 из продуктов отдувки и таким образом сэкономить расход серы на варку целлюлозы.

В вышеприведенных двух испытаниях мы имели: в первом (варка $25-26$ сент.) из 105 куб. м. варочной кислоты крепостью $2,67\%$ SO_2 , что соответствует 2800 кг. SO_2 , регенерировано 16 куб. м. отдувочной кислоты крепостью 2% — 320 кг. SO_2 плюс 160 кг. SO_2 , уловленные водой в чанах аппарата Франке. Эта кислая вода, в зависимости от своей температуры, легко может быть получена крепостью до $4,8\%$ SO_2 , на что в данном случае потребовалось бы $160:48=3,3$ к. м. воды.

Таким образом, всего мы получим: $16 + 3,3 = 19,3$ куб. м. „отдувочной кислоты“ с содержанием $320 + 160 = 480$ кг. SO_2 , крепостью $480:19,3$, что соотв. $2,49\%$, т.-е. все же несколько слабее, чем варочная кислота.



Количество SO_2 в кг. полученное в сборнике (□) и в аппарате Франка (■) при отдельных отдувках. Количество куб. м. отдувочной кислоты (■)

Для варки 10 ноября — при варочной кислоте крепостью $3,14\%$ в сборнике получилось $23,25$ куб. м. отдувочной кислоты (при

40—50°) крепостью 2,93% SO_2 , что соответствует 680 кг. SO_2 , плюс 450 кг. SO_2 в чанах Франке. Произведя вышеуказанный подсчет, получим общее количество отдувочной кислоты и кислой воды в 32,75 куб. м. со средней крепостью 3,45% SO_2 , т.-е. крепче начальной. Если бы нам удалось охладить отдувочную кислоту не до 40—50°, как в данном случае, а до 10—20°, т.-е. до той температуры, до которой охлаждались пробы анализа (см. таблицу), то мы имели бы в сборнике 23,25 куб. м. крепостью 3,32% SO_2 , что соответствует 772 кг. SO_2 , и остальное количество, т.-е. 385 кг. SO_2 в виде кислой воды крепостью 4,8% SO_2 , всего, как показывает подсчет, 30,75 куб. м. крепостью 3,7% SO_2 . Таким образом, вышеприведенные примеры и подсчеты показывают, что крепкую „отдувочную кислоту“, неразжижающую сырую кислоту, легче получить из более крепкой варочной, что для этой же цели желательно возможно лучше охлаждать отдувочную кислоту и получать крепкую кислую воду, для чего нужна холодная вода; чтобы избежать возможную потерю вследствие неполноты поглощения SO_2 в чане для кислой воды, желательно ставить над ним второй, меньших размеров, чем первый, контрольный для улавливания остатков SO_2 . Наконец, как мы можем заключить из опытов Сондака, есть как будто еще средство для получения более крепкой отдувочной кислоты, которым, однако, надо пользоваться осторожно. Именно, давать в котел меньшее количество варочной кислоты, чтобы отдувалось меньше жидкости и больше газов. Но этот способ скорее применим как раз при крепкой варочной кислоте, чем при слабой, количество которой уменьшать, а тем более ослаблять с самого начала крепкими отдувками может оказаться опасным для результатов варки. Вышеизложенное дает также ответ на второй поставленный вопрос относительно того, как лучше и полнее уловить продукты отдувки. Для этой цели отдувочная кислота и газы из котла идут через холодильник с большой поверхностью, хорошо охлажденный холодной (желательно артезианской или колодезной) водой, в герметически закрытый сборник, сравнительно больших размеров; из последнего непоглощенные газы проводятся в чан для кислой воды, наполненный холодной ($t \leq 10^\circ$) водой; для улавливания остатков газа ставится второй чан. Так работает Кондровская установка, во время простоя серных печей, когда чаны аппарата Франке используются под кислую воду.

Конечно, возможен другой способ, при котором газы из сборника проводятся не в чаны для кислой воды, а в кислотную башню. Сравнительно с вышеописанным способ этот имеет преимущество большей простоты устройства, но, во-первых, он делает невозможным правильный учет как регенерации, а так и сырой кислоты; кроме того, так как газы из сборника поступают в турму периодически, то нарушается правильный и регулярный ход башни, крепость сырой кислоты меняется, и регулировать ее становится невозможным. Из диаграмм мы видим, что при конечных отдувках, осо-

бенно же при продувке и сдувке в сравнительно короткое время (20—30 мин.) сдувается и проходит непоглощенным в сборнике очень большое количество SO_2 , равное 150—200 кг. для котла в 145 куб. м. При суточной выработке башни в 240 куб. м. сырой кислоты крепостью в 3,2%, в час в башне поглощается 320 кг. SO_2 , соответствующее 10 куб. м. выработанной кислоты. Естественно, что башня, поглощающая в час 320 кг. SO_2 от колчеданных или серных печей, с трудом поглотит в 20 мин. дополнительные 150—200 кг. SO_2 , хотя бы и более крепкой, из сборника отдувочной кислоты. Таким образом, при указанном устройстве потеря SO_2 на воздух вверху турмы, по-видимому, неизбежна. Минусом указанного устройства является также отсутствие крепкой кислой воды, желательное для повышения средней крепости продуктов отдувки.

Еще более простое устройство, когда отдувочная кислота из холодильника попадает не в особый сборник, а в чан с сырой башенной кислотой, причем непоглощенные в нем газы, как это ясно из всего вышеизложенного, непременно должны быть отведены в чан для кислой воды или же в кислотную турму и ни в коем случае не должны уходить на воздух, что, к сожалению, нередко наблюдается на русских заводах. Конечно, газы, отдуваемые из котла под конец варки в вышеотмеченных больших количествах, лучше удержатся сырой кислотой, вследствие ее обычно большего объема и более низкой температуры, чем сравнительно меньшим количеством теплой отдувочной кислоты, но все же значительные потери SO_2 на воздух более чем вероятны.

Заканчивая эту статью, еще раз отмечу, что работа В. Л. Сондака не разрешает вопроса об отдувке, она лишь кое-что разъясняет и освещает из того, что для нас было неясно. Подобные исследования необходимо продолжить. Особенно интересным является вопрос относительно сепаратора или, так назыв., реципиента в том виде, как он установлен на Сокольском и Сухонском заводах. Рассуждая теоретически, он является очень полезным в отдувочном устройстве, в корне решающим вопрос о крепкой и чистой отдувочной кислоте, но исчерпывающих опытных данных, к сожалению, до сих пор у нас не имеется.

Товарищи целлюлозники обратили, конечно, внимание, что я в вышеприведенном изложении не затронул совершенно вопроса об использовании тепла отдувочных газов, согласно последних патентов Мангеймского целлюлозного завода и пр. Я думаю, что до этого нам еще далеко. Давайте сначала справимся с более простой задачей о полном и рациональном использовании SO_2 из продуктов отдувки.

Проф. С. Фотисъ.