

О регенерации сернистой кислоты и о быстрой варке в сульфитно-целлюлозном производстве.

(Доклад на 2-м совещании по целлюлозному производству Центробумтреста на Ковдровской фабрике 24—26 июня 1925 г.).

Вопрос о быстрой варке возник в связи с поднятием производительности наших фабрик, так как наибольшее использование варочного аппарата играет здесь первенствующую роль.

Мощность варочного котла зависит от выхода материала из куб. метра полезного объема его и от оборота котла.

Выход из куб. метра котла зависит в свою очередь:

А) От количества загруженной щепы, которое обуславливается: а) способом самой загрузки, т.-е. употребляется ли при этом трамбовка, подпарка или щепы свободно насыпается, б) характером самой щепы, т.-е. ее величиной и влажностью и в) формой варочного котла, на что недавно указал Р. Зибер;

Б) от выхода из куб. метра котла, варьируемого в более значительных пределах в зависимости от качества получаемой при варке целлюлозы, т.-е. от степени освобожденности ее от инкрустирующих веществ.

Максимальной нагрузкой, по данным Зибера, количество загружаемой щепы можно увеличить на 15%; я могу эту цифру подтвердить, впрочем, на основании только лабораторного опыта. Значит, через максимальную нагрузку щепой выход целлюлозы может увеличиться на 5—6%, но из литературных данных видно, что выход из куб. метра варьирует в пределах от 70 до 90 кг. на куб. метр, т.-е. на 25% следовательно, степень развара дерева, т.-е. отделения целлюлозы от инкрустирующих веществ играет здесь главную роль.

Обратимся теперь ко второму фактору мощности варочного котла, к обороту его. Если мы суммируем все операции, из которых складывается кругооборот котла, то мы заметим, что в обыкновенных условиях сама варка составляет около 75% всего оборота и, следовательно, сокращением варки мы больше всего способны значительно увеличить продуктивность варочного котла.

Нам предстоит теперь рассмотреть, каким способом нам удалось бы ускорить процесс варки.

Не вдаваясь в теоретические рассуждения для раз'яснения этого еще так мало нам известного вопроса, мы все же должны констатировать, что процесс удаления инкрустирующих веществ от целлюлозного волокна идет тем быстрее, чем выше температура и чем крепче варочная кислота; это, конечно, с химической точки зрения вполне понятно, так как большинство химических реакций ускоряется с повышением температуры. Одинаково, и повышение концентрации Н-ионов ускоряет гидролиз, происходящий при варочном процессе.

Что температура играет главную роль при ускорении варки, знает каждый практик, и этот факт лишний раз подтвердили своими исследованиями Мидлер и Свансон, которые, кроме того, нашли, что температура гораздо более влияет на ускорение варки, нежели крепость варочной кислоты. Казалось бы, задача наша легкая;—получить высокую температуру не трудно, но нужно иметь в виду, что температура в 150° и выше уже влияет на получаемый продукт в смысле понижения его качества. Поэтому мы обыкновенно стараемся остаться в пределах $135\text{--}140^{\circ}$, при которых реакция идет уже довольно энергично. С другой стороны мы знаем, что влияние SO_2 на дерево до 106°C практически равно нулю, а до 135° идет медленно. Следовательно, мы должны быстро поднять температуру до 135° , чтобы сократить время варки. Выполнение этого условия вряд ли может причинить большие затруднения. Оно, разумеется, повлияет на правильный режим паровых котлов, а в иных случаях потребует некоторую переделку арматуры варочного котла.

Но при быстром поднятии температуры мы встречаем другие препятствия. Мы должны помнить, что дерево—вещество сложного характера, с коллоидными свойствами. Исследованиями проф. Швальбе доказано, что процессу отделения лигнина, пентозанов и проч. должен предшествовать период разбухания. Так что помимо того времени, которое потребуется для вытеснения воздуха из щепы, мы должны дать время, чтобы этот сложный коллоидный комплекс, образующий дерево, мог разбухнуть и, таким образом, стать способным быстро и ровно распадаться при дальнейших реакциях варочного процесса.

Лабораторные опыты и практика доказали, что период разбухания идет только тогда быстро и успешно, если употребляемая кислота имеет большее содержание SO_2 , чем это требовалось бы для самого процесса варки. Таким образом, крепкая сернистая кислота, которая для скорости реакции имеет второстепенное значение, все же является необходимым условием быстрой варки.

Если первое условие быстрой варки, т.е. быстрое поднятие температуры, нас вряд ли сильно затрудняет, то уже второе условие—крепкая кислота—является серьезным препятствием. Для большинства наших фабрик добывание крепкой кислоты при теперешнем их оборудовании—задача нелегкая.

Возникает вообще вопрос, какой крепости требуется кислота для быстрой варки. Судя по литературным данным (и с ними сходятся

мои наблюдения), здесь как минимум нужно считать 4% SO_2 с содержанием извести не больше 0,9%. Итти многим выше 4% нет надобности и нежелательно, чтобы не увеличить расход серы на целлюлозу. Необходимо учесть, что работа с крепкой кислотой всегда влечет за собой некоторое увеличение расхода серы на готовый продукт. В литературе имеются указания, что при варке с крепкой кислотой дерево связывается больше сернистой кислотой; не имея личных наблюдений, я оставляю этот вопрос открытым, но очевидно, что чем крепче кислота, тем больше потери SO_2 при всех утечках, авариях и недочетах при регенерации.

Мы уже давно знаем по исследованиям проф. Класона, что для отделения лигнина на 100 грамм дерева достаточно 7,9 гр. SO_2 , что дает расход серы на целлюлозу в 8—9%. Такие цифры действительно получаются на практике, как о том говорят литературные данные. Для такого расхода серы при наших условиях наполнения котла щепой и кислотой была бы достаточна кислота с содержанием 2,0% SO_2 . Разумеется, при такой крепости кислоты нужно было бы очень медленно варить, чтобы не терять SO_2 при продувках и кончать варку при содержании сернистоокислого кальция почти равном нулю.

Что такие варки возможны, доказывают последние практические и лабораторные опыты Оемана и Хеглунда, и, таким образом, подтверждаются вышеприведенные данные проф. П. Класона.

Но, как я уже говорил, для быстрой варки мы должны взять кислоту с содержанием SO_2 минимум 4%, т.е. вдвое крепче. И если мы себе ставим условие расходовать около 11—12% серы на готовый продукт, то мы должны, очевидно, лишне взятые 2% SO_2 получить обратно, регенерировать.

Таким образом, стал перед нами вопрос о регенерации сернистого газа, выделяемого при варке.

Судя по примеру, который я выше приводил, регенерация должна была бы выразиться в 50% от взятой на варку кислоты. Но навряд ли удастся на практике получать более 35%. Литература об этом предмете весьма скудна и данные часто друг другу противоречат. Например, Ремлер говорит, что при вышеуказанных условиях 40% регенерации желательны, но 35% — нужно безусловно требовать. Артур-Клейн в своей лекции, читанной на дополнительных курсах в Берлине месяц тому назад, говорит, что регенерацию в 30% уже нужно считать превосходной. Конечно, без указания крепости варочной кислоты такая цифра ничего не говорит, но нужно полагать, что она относится тоже к кислоте в 4% SO_2 , так как в Германии работают преимущественно с такой кислотой.

При регенерации в 35% мы, очевидно, получаем количество газа, отвечающее 1,4% SO_2 в варочной кислоте, и от башен должны получить кислоту в 2,6% SO_2 ; при этих условиях расход SO_2 будет 12% на готовый продукт. При таком установившемся режиме эти 35% регенируемой кислоты, непрерывно циркулируя, служат как бы

„оборотным капиталом“, превращающим башенную кислоту с 2,6% SO_2 в кислоту варочную в 4,0% SO_2 . Однако, мы знаем, что на фабриках стараются держать башенную кислоту не 2,6%, а минимум 3,0—3,5% SO_2 . Дело в том, что в обычных условиях регенерации мы получаем сернистый газ вместе с паром, который, конденсируясь, растворяет SO_2 и образует, так-называемую, сдувочную кислоту.

На количество получаемой сдувочной кислоты мы и должны уменьшить количество кислоты, получаемой с башен, но должны держать эту кислоту соответственно крепче; если будем считать 35% регенерации при варочной кислоте с 4,0% SO_2 и количество сдувочной кислоты в 20% от объема варочной кислоты, то башенная кислота уже должна иметь 3,25% SO_2 , чтобы 80% ее с 20% сдувочной кислоты дали бы 100 частей варочной кислоты с 4,0% SO_2 .

Мы видим, таким образом, что крепость нашей башенной кислоты находится в прямой зависимости от количества конденсата, получаемого вместе с отдувочными газами, и от процента регенерации.

Сколько этого конденсата получается в наших условиях, у меня пока нет точных практических данных; я считаю, что он может варьировать в широких пределах, т.-е. от 10 до 25% от объема взятой для варки кислоты. Это количество не может быть всегда одинаковым, а должно меняться, согласно условиям работы.

При варке по способу Митчерлиха получаются значительно меньшие количества конденсата, так как варочная кислота не разбавляется прямым паром. Но и при способе Риттер-Кельнера, который нас больше интересует, могут получаться различные количества жидкости. Тут играют роль следующие факторы: 1) объем варочного котла, 2) изоляция его, 3) отношение варочной кислоты к количеству щепы, 4) влажность щепы, 5) влажность пара и 6) способ варки. Значение этих факторов в количественном отношении исследовано R. Sieber'ом и указано им в своей работе: „Über das wärmetechnische Verhalten des Sulfitzellstoff—Kochprozesses“, печатавшейся в журнале „Wochenblatt für Papierfabrikation“ 1924 и 1925 г.г. и появившейся теперь отдельным оттиском.

Не подлежит сомнению, что мы должны по возможности влиять на вышеприведенные факторы в сторону их уменьшения, памятуя, что каждое сокращение количества дистиллата позволит нам соответственно больше гнать башенной кислоты, уменьшая ее крепость, а в этом мы крайне заинтересованы, так как получение крепкой башенной кислоты всегда сопряжено с потерями.

Но ниже некоторого минимума все же идти невозможно, а в некоторых неблагоприятных условиях мы вообще не в состоянии влиять на уменьшение дистиллата, в таких случаях является необходимость удалить этот конденсат из кругооборота, хотя бы это было сопряжено с небольшими потерями сернистой кислоты. На такое удаление конденсата было уже обращено внимание в самом детстве целлю-

лезного производства по сульфитному способу, именно с распространением способа Риттер-Кельнера ¹⁾.

В доступной мне литературе я нашел очень мало указаний на способы решения этого вопроса. Целлюлозные фабрики держат эти способы в секрете. Только в 1913 году Арно Фроберг в своем докладе на годичном собрании Союза германских химиков-целлюлозников и бумажников останавливается несколько на этом вопросе и советует установку некоторого реципиента для улавливания большей части получаемого конденсата. Пользу такого аппарата он видел также и в удалении из отдувочных газов летучих органических веществ. Потери SO_2 он исчисляет в 0,2%—0,1%. Такой реципиент был тогда же установлен мною на ф-ке „Сокол“; он, конечно, далеко не полностью удаляет всю жидкость из отдувочных газов, так как температуру, во избежание большой потери SO_2 , нужно держать только немногим ниже 100°. Однако, польза такого аппарата все же значительна, особенно при слабой башенной кислоте, а также в отношении удаления многих органических веществ.

Никто не будет утверждать, что установка такой отдувочной колонны есть окончательное решение всего вопроса о регенерации. Уже одно то обстоятельство, что при этом способе регенерации мало или совсем не обращено внимания на утилизацию отработанной теплоты, делает его совсем не современным. По Lassberg'у („Papier-Fabrikant“ 1924 г., стр. 461) на один килограмм отработанной кислоты освобождается 0,035 кг. пара, т.-е. на одну тонну абсолютно сухой целлюлозы можно получить 0,7225 кг. пара. К этому еще прибавляется кислота, теряющаяся при продувках.

Поэтому не удивительно, что вся литература о регенерации сдувочных газов, которая, как я уже раньше говорил, очень запутана и противоречива, в последнее время вопрос еще осложняется соображениями тепло-экономического характера; и в самом деле экономия здесь столь значительна, что нельзя не принять во внимание утилизацию пара при какой-нибудь более совершенной системе регенерации.

Из таких соображений я полагаю, что реципиент по Drewsen и Froberg'у следует несколько изменить, пользуясь идеей Hänisch и Schwöder'a ²⁾ в их способе приготовления безводной серной кислоты, т.-е. в кратком описании следующим образом:

Сдувочные газы и пары поступают в колонну, снабженную холодильником, служащим как дефлегматор. Сернистый газ, поскольку он не поглощается конденсирующим паром, поступает в поглотительный бассейн, насыщая там башенную кислоту до желательной крепости. Конденсат, насыщенный сернистой кислотой, стекает вниз по

¹⁾ V. Drewsen, DRP 922226, 1896; „Chem. Zeit.“ 1897. S. 565.

²⁾ „Zeit. für angewandte Chemie“ 1888, S. 448, и Lunge. Soda Industrie. 2 Aufl. 1 Bd., S. 263.

наполняющим колонну телам, но, попадая в нижнюю горячую часть колонны, отдает почти весь сернистый газ, который опять поднимается вверх, но, встречая там уже насыщенный раствор, уходит в поглотительный бассейн. Таким образом, получается поток чистого сернистого газа, содержащего только некоторую влажность.

Горячий конденсат, с большой частью органических соединений, отводится по мере накопления. При этом метиловый алкоголь, цимоль, фурфурол, могут быть утилизированы. Находящаяся еще в конденсате сернистая кислота может быть легко регенерирована в виде моносulfита. При этом вода из дефлегматора может служить для отопления и питания паровых котлов.

Я думаю, что в мою задачу не входит перечислять и анализировать все те способы, которые в патентной литературе появились за последнее время. По кратким туманным описаниям трудно судить об их пригодности, но многие вряд ли подходят к нашим условиям, другие требуют уже черезчур больших затрат на оборудование.

К таким системам, например, принадлежит патент, взятый фирмой *Niederbayerische Cellulose Werke D. R. P. 394349*. Это, по-моему, самая совершенная система из тех, которые я встречал. Тут предусмотрены все условия, система пригодна для всех комбинаций, но зато она чрезвычайно сложна, имеет столько аппаратов и арматуры, что может оправдаться экономически только на очень больших фабриках, где кроме утилизации серы и отработанного пара имеются в виду и другие побочные продукты, как-то: метиловый алкоголь, цимоль, фурфурол и проч.

В дальнейшем я хочу только коснуться еще нескольких патентов, принципы которых, на мой взгляд, могут нам помочь разрешить задачу о регенерации.

Lassberg и другие предлагали все газы готового котла вместе с паром употреблять для заварки другого очередного котла. Это казалось бы самым идеальным решением вопроса, но он имеет два существенных недостатка.

Во-первых, мы даем в варочную кислоту все летучие органические вещества, которые безусловно, для варки вредны. (Мне удалось это подтвердить сравнительными варками в лабораторном автоклаве).

Придется сделать допущение, пока ни на чем не основанное, что эти вещества при повторных варках превращаются в нелетучие тела, которые уходят с отработанной кислотой, а то их количество должно было бы возрасти до нежелательных размеров. Здесь, однако, нужно констатировать, что Арно Фроберг, вступивший недавно в дискуссию о вышеупомянутом способе утилизации пара, ни одним словом не затрагивает вопроса об органических веществах, которому он сам 12 лет тому назад придавал такое большое значение. Он говорил тогда, что варочная кислота, содержащая много летучих органических веществ, относится, как кислота с содержанием тиосульфатов.

Но если предположить, что органические вещества удастся как-нибудь удалить или их вредное действие чем-нибудь парализовать, то остается еще одно более серьезное препятствие. Оно кроется в том обстоятельстве, что практически очень трудно наладить и поддерживать безусловную равномерность кругооборота в варках. Маленькие перебои в производстве уже нарушают возможность такой регенерации.

Труднее всего соблюдать правильный кругооборот на фабриках с небольшим количеством больших котлов и легче всего при мелких единицах, но в большом количестве.

Для устранения того серьезного препятствия, которое вытекает из неизбежных шероховатостей в кругообороте котлов, заявлены другие привилегии на улучшение этого способа. Усовершенствование состоит в аппаратуре, позволяющей производить передувку и в котел, находящийся уже под давлением. В описании патента ¹⁾ говорится о насосах, инжекторах или других аппаратах. Правильное функционирование этих инжекторов, о которых в описании патента не имеется никаких указаний, обуславливает, конечно, пригодность такого способа.

Явилась и другая мысль, на которую также взят патент, ²⁾ устанавливать особый аккумулятор (некоторое подобие аккумулятора Рутса), который является промежуточным аппаратом во время перебоев в производстве.

В последнее время шведский инженер Iarl Enckelle ³⁾ предложил, для использования вместе с отдувочными газами некоторого количества пара, ввести газ и пар прямо в кислотную цистерну без охлаждения. Чтобы в нагретой кислоте больше растворился сернистый газ, необходимо создать некоторое давление, поэтому цистерна, разумеется, должна быть соответственно устроена. Исходящие газы поступают после охлаждения в башню или какой-нибудь другой поглощательный аппарат.

Этим я и кончаю перечень тех из новейших предложений по регенерации газа, которые, по-моему, могли бы иметь значение для наших фабрик. Как я уже говорил, вопрос этот сложный, мало выясненный и требует дальнейших исследований. Одно только можно определенно утверждать, что лучшим решением вопроса может считаться только такая система, которая решает вопрос и об утилизации теплоты. Различие оборудования и работы фабрик обуславливает и некоторое различие в решении этого вопроса. Необходимо, чтобы система обладала достаточной гибкостью и могла применяться к изменяющимся обстоятельствам в процессах варки и приготовления кислоты.

Схему работы, расхода и оборота SO_2 можно изобразить следующими графиками.

¹⁾ A. G. für Zellstoff-und Papierfabrikation, Aschaffenburg. D. R. P. 405058.

²⁾ Laugen-wärmespeicher, Zellstoffabrik Waldhoff. D. R. P. 406445.

³⁾ „Pappers och Trävaru-Tidskrift för Finland“, 28/II 25; „Zellstoff und Papier“ 1925, S. 123.

Возьмем первый крайний случай, где при регенерации отделяется весь конденсат (см. схему № 1). С башни получается, скажем, 100 куб. метров кислоты, содержащей 2,6 тонн SO_2 , т.-е. слабая кислота в 2,6% SO_2 . К ней присоединяются, в ней растворяются 1,4 тонн SO_2 газа, получаемые от регенерации, считая последнюю в 35% от содержания в варочной кислоте. Во время варки объем кислоты увеличится от конденсата пара, а с другой стороны несколько умень-

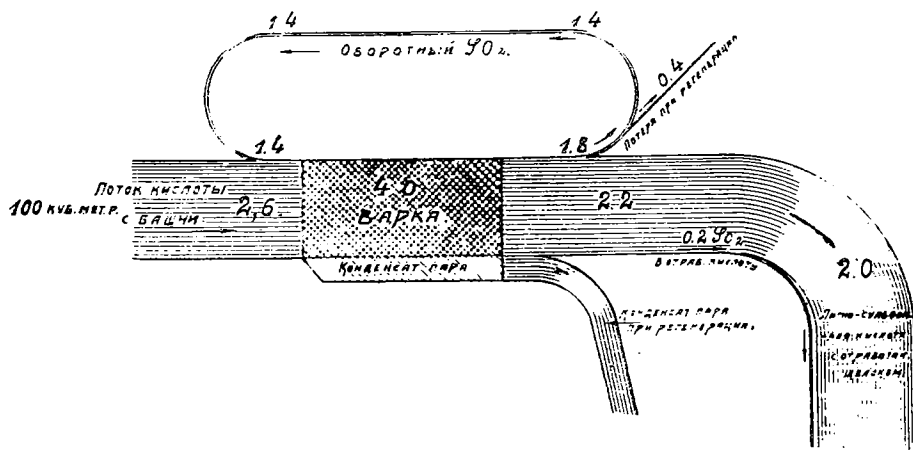


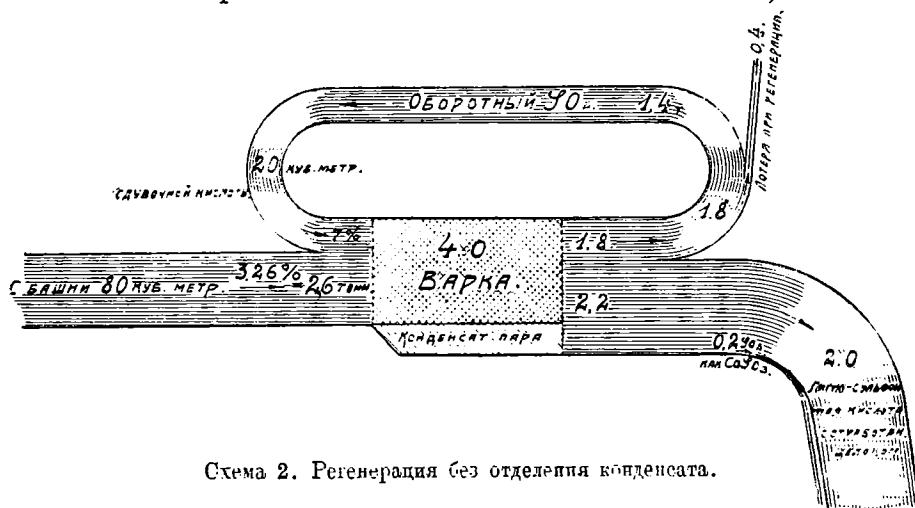
Схема 1. Регенерация с отделением конденсата.

шится от продувок; при этом и сернистый газ, так же, как и при окончательной сдвукке, регенерируется через колонну, — конденсат отводится, а газ в количестве 1,8 тонн поступает в кругооборот. При этом 0,4 тонны (т.-е. 10% от крепости варочной кислоты) теряются и для усиления башенной кислоты поступают только 1,4 тонн (т.-е. 35% от варочной кислоты), 2,0 тонны SO_2 уходят, как лигносульфонные кислоты, с отработанными щелоками и составляют обязательный расход SO_2 ; на варку при этом теряется и некоторое количество SO_2 , как CaSO_3 , которое не полностью отгоняется при сдвукке. В схеме оно принято в 0,2 тонны (т.-е. 5% от варочной кислоты).

Из этой схемы, с приблизительными размерами, видно, в каких местах, в каких стадиях процесса можно приложить свои старания для уменьшения потерь. Схема дает пример регенерации в 35%, т.-е., как я говорил, очень хорошей работы. Из нее попутно видно, что не только вся теплота пара при такой работе теряется, но на конденсирование пара от продувки и сдвукки придется еще израсходовать немалое количество воды для охлаждения.

На схеме № 2 изображен случай, где конденсат от продувки и сдвук не отделяется, а поступает обратно с оборотной сернистой кислотой в варочную кислоту. При этом взят более крайний случай, где конденсат представляет около 20% первоначального объема варочной кислоты. Как видно, с башни должна получаться кислота в 3,26% SO_2 , но только 80% от первого случая, чтобы опять получить

2,6 тонн SO_2 . Другие условия взяты те же самые. Из этой схемы видно, что конденсат в таких случаях башенную кислоту не ослабляет, а наоборот, крепость ее увеличивает, как в первом случае, только в меньшей степени. Но тем не менее башенную кислоту нужно держать покрепче, что уже следует поставить в минус этому способу. Хотя с башни придется гнать и соответственно меньше, но известно,



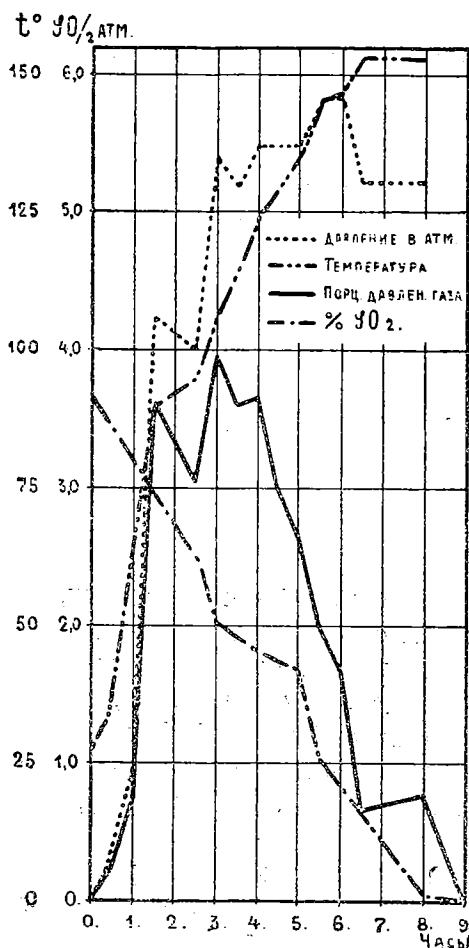
что гораздо легче с башни гнать больше и слабее, чем наоборот, если не увеличить потери серы в кислотном отделе. При теперешних наших оборудованьях мы должны этот конденсат охлаждать, при этом он растворяет сернистый газ и получаемая, так-называемая, сдувочная кислота поступает на варку вместе с башенной. Если бы мы могли без охлаждения перебросить этот конденсат на новую варку (прямо в котел или посредством какого-нибудь аккумулятора), то мы сэкономили бы 20% пара.

В приведенных схемах предполагается, что мы уже работаем с кислотой в 4% SO_2 . Но если вместо этих цифр поставить другие, то получаются совершенно неожиданные результаты. Мы можем гнать все время с башни кислоту в 3,2% и, имея тот „оборотный капитал“, который заключается в 4% SO_2 в варочной кислоте, будем варить все время с кислотой 2,8%. Если же мы, хотя на время, уменьшаем крепость кислоты с башни, то положение изменяется непропорционально к худшему. Если конденсат уменьшить или совсем изъять, то положение улучшается, но правильный режим получается только с приобретением этого „оборотного капитала“.

Руководить этим процессом можно только при наличии орудий точного учета; только последний дает возможность разобраться во всех деталях и покажет, где нужно прикладывать рычаг для поднятия крепости нашей кислоты.

Перейдя теперь к описанию опытов с быстрой варкой, нужно сказать, что, к сожалению, американских быстрых зарок (Quick cook) мы сделали всего 3—4.

Но уже и эти немногие опыты доказывают, что если арматура варочного котла и мощность и режим паровых котлов согласованы с быстрым поднятием температуры при варке, то этот способ не внесет, насколько пока видно, особых затруднений в наше производство.



Варка на ф-ке „Сокол“.

сюда еще многие изменения. При других условиях (качество щепы, перегрев пара и качество кислоты, помимо крепости ее) может быть необходимо будет изменить и варку.

В результате опытов получена нормальная целлюлоза, но ближе она еще не исследована. Возможно, что тут есть некоторая разница в качестве волокна. По этому вопросу встречается в литературе много разногласий. На этом вообще основан старый спор о превосходстве Mitscherlich'овской целлюлозы перед целлюлозой по Ritter-Kelner'у.

Насколько придавали значение медленной варке и низкой температуре для прочности, эластичности и крепости волокна, я могу привести яркий пример из своей практики. На диаграмме (стр. 497) видна специально медленная варка при температуре 115° (только в конце

При варке мы руководствовались почти буквально указаниями, которые для быстрой варки дают Genberg, A. Klein и друг. Мы в $\frac{1}{2}$ часа подняли температуру котла до 90°, при чем имели давление около 5 атмосфер. Тогда пар был закрыт, и котел стоял 2 часа при этой температуре и давлении, что необходимо для пропитания дерева кислотой и для его разбухания, чтобы подготовить и облегчить дальнейшие реакции. Реакция, как известно, до 150° практически не происходит, но мы заметили при наших опытах, что даже до температуры в 130° реакция идет относительно медленно, почему мы старались до этой температуры идти быстрым темпом, а с достигнем температуры 140° шли медленно до 148°. До этой температуры все же в наших опытах пришлось идти, чтобы окончить варку за 8—9 часов на среднюю и мягкую целлюлозу.

Я не хочу дать какой-нибудь рецепт для варки, может быть дальнейшие опыты внесут

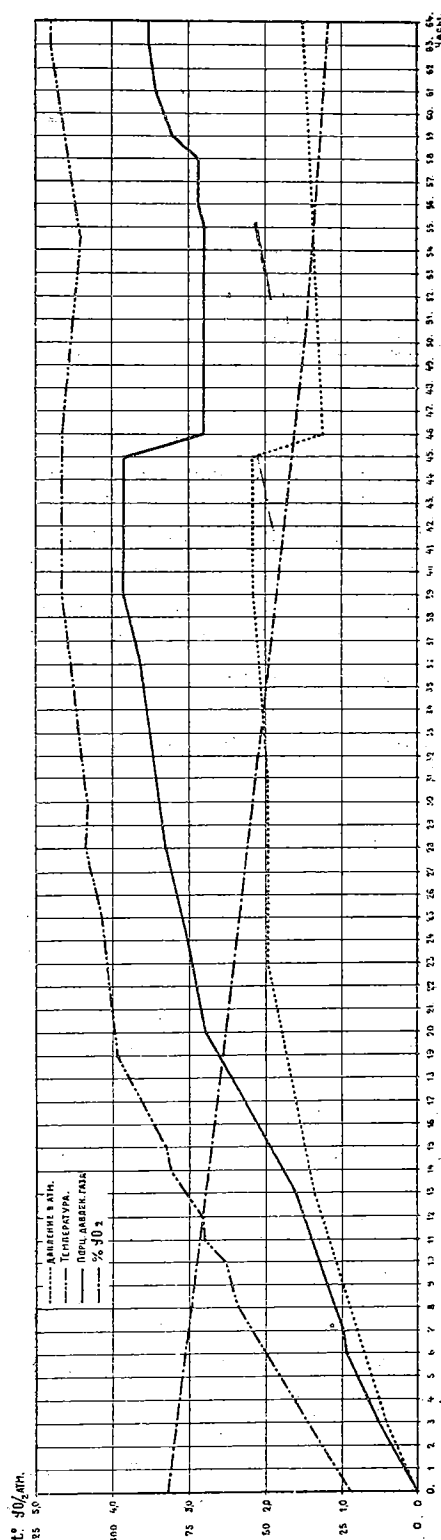
варки температура на один час поднялась до 120°). По этому рецепту варили в 1896 г. у фирмы De Naeyer, Willebroeck ¹⁾, Бельгия, специальную целлюлозу под названием „*beau de chamois*“.

Эта варка интересна еще в том отношении, что она доказывает, что реакция между древесиной и сернистой кислотой идет совершенно нормально и при низкой температуре, и что повышение температуры нужно только для ускорения реакции. Конечно, эта целлюлоза — жесткая, но если еще варить дня два, то она тодилась бы и для отбелки. Сернистой кислоты было бы наверно достаточно, так как при окончании имелось еще $1,125 \text{ SO}_2$. Вторая диаграмма показывает одну из наших опытных быстрых варок и является контрастом первой.

В заключение нужно сказать, что вопрос о быстрой варке, который с практической стороны и кажется довольно простым, все же нуждается в дальнейших исследованиях не только практического, но и теоретического характера. Всякая чисто-научная работа, которая не ставит себе никаких других целей кроме распознавания истины, в дальнейшем, впоследствии, все же приведет к улучшению заводской работы, а в иных случаях, даже к переворотам в промышленности. Поэтому мы должны себе поставить задачей не только прикладное, но и научное дальнейшее исследование этого вопроса.

О. Гиллер.

¹⁾ См. Carl Hoffmann, „Prakt. Handbuch der Papierfabr.“, 2 Aufl., 2 Bd.



Варка целлюлозы „*beau de chamois*“