

676
Д 99

Ленинградский ордена Трудового Красного Знамени
технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности

На правах рукописи

Дятлова Елена Павловна

УДК 676.164.3.023.1.031-52

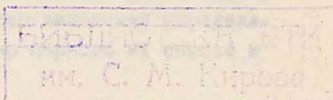
ПРОЦЕСС ОТБЕЛКИ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ
ДЛЯ БУМАГИ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

05.21.03. Химия и технология древесины,
целлюлозы и бумаги

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ленинград - 1982



Работа выполнена на кафедре автоматизации производственных процессов Ленинградского ордена Трудового Красного Знамени технологического института целлюлозно-бумажной промышленности.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор

Вьжов И.Е.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор
АКИМ Г.Л.

- кандидат технических наук, доцент
Новикова А.И.

Ведущее предприятие: Сыктывкарский Лесопромышленный комплекс

Защита состоится " 30 " октябре 1982 г. в " 10 " час.
на заседании специализированного Совета К.063.24.01 Ленинградско-
го технологического института целлюлозно-бумажной промышленности,
по адресу: 198092, Ленинград, ул.Ивана Черных, дом 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ленинградско-
го ордена Трудового Красного Знамени технологического института
целлюлозно-бумажной промышленности.

Автореферат разослан " 27 " ноября 1982 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

Шарков В.В. Шарков В.В.

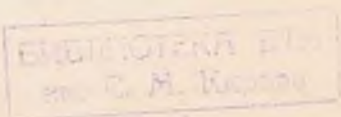
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тем. В последние годы в целлюлозно-бумажной промышленности, в связи с растущим дефицитом хвойной древесины, наблюдается рост потребления древесины лиственной. Переработка лиственной древесины, на большинстве предприятий отрасли, производится сульфатным способом, ввиду его известных преимуществ.

Совершенствование технологии, позволяющей вырабатывать высококачественную бумагу исключительно из лиственной целлюлозы возможно при всестороннем исследовании процесса производства сульфатной лиственной целлюлозы. Особый интерес вызывает применение для производства целлюлозы смеси березовой и осиновой древесины. В производстве сульфатной целлюлозы, вырабатываемой из смеси березовой и осиновой древесины, процесс отбелки занимает центральное место. Необходимо при отбелке, кроме достижения стабильной белизны, сохранить прочностные свойства целлюлозы, что существенно повисит надежность качества при дальнейшей её переработке на высокоскоростных бумагоделательных машинах. Однако исследования процесса отбелки сульфатной целлюлозы выработанной из смеси березовой и осиновой древесины, немногочисленны, что препятствует повышению эффективности процесса и улучшению качества продукции, вырабатываемой из отбеленной целлюлозы.

Успех многоступенчатой отбелки в значительной степени зависит от правильного проведения процесса на первых ступенях, где удаляется основное количество остаточного лигнина, содержащегося в целлюлозе. Управление первыми ступенями отбелки затруднено из-за наличия случайных возмущений со стороны качества поступающей с варочно-промывного цеха целлюлозы. Поэтому в данной работе основное внимание уделено исследованию первых ступеней процесса отбелки сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины.

Решение задач управления и оптимизации процесса отбелки целлюлозы требует знания количественных зависимостей степени влияния основных параметров процесса отбелки на физико-химические и прочностные показатели целлюлозы. Для разработки и синтеза системы управления процессом отбелки целлюлозы, требуется знание математических моделей, описывающих характер изменения определяющих процесс параметров, обоснованный выбор периода их опроса и



6496ар

управления. Разработка указанных вопросов является важной задачей, решение которой должно способствовать росту эффективности процесса отбелики сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины и улучшению качества продукции, вырабатываемой из этой целлюлозы.

Цель исследования. Диссертация посвящена исследованию кинетических закономерностей процессов, происходящих при отбелике сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины, на первых ступенях отбелики. Определению влияния основных технологических параметров процесса отбелики на прочностные свойства целлюлозы. Разработке математических моделей изменений технологических параметров, характеризующих процесс отбелики целлюлозы, выбору дискретности их опроса и управления, обеспечивающих требуемое качество управления.

Основные положения методики исследования. Исследование процесса отбелики сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины проводилось путем физического моделирования процессов основных ступеней отбелики X—III—Д в лабораторных условиях. Качество целлюлозы в процессе отбелики оценивалось по жесткости, белизне и механическим показателям.

Для разработки моделей изменения параметров, характеризующих процесс отбелики целлюлозы и выбора дискретности их управления использовались данные режима нормальной эксплуатации отбельной установки Сыктывкарского ЛПК.

Научная новизна. Проведенная работа является одним из первых исследований процесса отбелики сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины. Исследована кинетика хлорирования, щелочения и отбелики двуокисью хлора сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины при различных условиях. Получены математические модели кинетики рассмотренных процессов. Определены константы скорости реакции и энергии активации. Установлена зависимость между прочностными свойствами целлюлозы и переменными факторами процесса хлорирования, щелочения и отбелики двуокисью хлора. Разработаны математические модели случайных изменений основных технологических параметров, характеризующих процесс отбелики, выбрана дискретность опроса и управления этими параметрами.

Практическая ценность и использование полученных результатов работы в производстве. Установленные кинетические закономерности процессов протекающих при хлорирование, щелочение и отбелке двуокисью хлора сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины, позволяют количественно описать эти процессы. Полученные кинетические параметры, модели прочностных свойств целлюлозы, а также модели изменений параметров, характеризующих процесс отбеливания целлюлозы и выбранная дискретность их опроса и управления могут быть использованы при разработке систем управления и оптимизации процесса, при корректировке и оптимизации режимов существующих АСУТП.

Апробация работ. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Всесоюзной научно-технической конференции по автоматизированным системам управления в целлюлозно-бумажной промышленности (Астрахань, 1980), Всесоюзной конференции по состоянию и перспективам развития технологии и оборудования целлюлозно-бумажной промышленности (Ленинград, 1981), на 35-й научно-технической конференции ЛТИЦБП (Ленинград, 1982).

Публикации. По теме диссертационной работы имеется 4 публикации.

Последовательность изложения материала в диссертации и объём работ. Диссертация изложена на 160 страницах машинописного текста, содержит 27 рисунков, 20 таблиц и состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, выводов и перечня используемой литературы включающего 145 наименований, приложений на 10 страницах.

Автор защищает:

1. Результаты исследования кинетики хлорирования, щелочения и отбеливания двуокисью хлора сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины.

2. Математические модели кинетики рассмотренных процессов. Модели прочностных свойств целлюлозы и модели изменений технологических параметров, характеризующих процесс отбеливания, выбранную дискретность опроса и управления этими параметрами.

3. Результаты экспериментальной проверки рекомендаций при внедрении систем управления хлорированием и щелочением целлюлозы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе – аналитическом обзоре – приведены современные схемы отбелики целлюлозы для бумаги и особенности отбелики лиственной целлюлозы. Рассмотрены математические модели, которые описывают процессы, происходящие на различных ступенях отбелики. Описаны существующие системы управления процессом отбелики.

Анализ литературы показал, что многообразие математических моделей, которые разработаны для описания процесса отбелики целлюлозы, объясняется многообразием задач, решаемых с помощью полученной модели, однако составной частью каждой модели являются модели кинетики процессов, происходящих при отбелике. Работы, связанные с изучением кинетических закономерностей и прочностных свойств целлюлозы полученной из смеси березовой и осиновой древесины, до настоящего времени отсутствовали.

Целлюлозу, выработанную из смеси березовой и осиновой древесины перерабатывает два крупнейших комбината отрасли – Сыктывкарский ЛПК и Котласский ЦБК, что создало предпосылки для выбора объекта исследования.

Во второй главе, посвященной экспериментальной части, представленной работы приводятся методики исследования, подготовки, анализа образцов целлюлозы и результаты исследования основных ступеней отбелики X–III–Д сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины. Для опытов использовалась целлюлоза, отобранная с производства.

Эксперименты проводились с использованием метода факторного планирования. Для каждой исследуемой ступени был поставлен полный факторный эксперимент 2^3 . В качестве переменных факторов были выбраны расход реагента на ступень отбелики, температура и качество целлюлозы, поступающей на ступень отбелики. За основной уровень переменных факторов были приняты значения технологического регламента. Уровни изменения факторов для исследуемых ступеней представлены в табл.1. Остальные условия обработки были постоянными, концентрация массы на ступени хлорирования 3%, на ступени щелочения и отбелики двуокисью хлора 10%, продолжительность хлорирования 50 мин, щелочения 120 мин, отбелики двуокисью хлора 210 мин.

Таблица 1

Условия изменения факторов для исследования ступеней отбелки сульфитной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины

В	Матрица планирования			Ступень хлорирования			Ступень щелочения			Ступень отбелки двуокисью хлора				
	Температура, X ₁	Качество входе ступени, X ₂	Расход реагента, X ₃	X ₁ °C	X ₂ п.е.	X ₃ кг/т в.с.ц.	X ₁ °C	X ₂ п.е.	X ₃ кг/т в.с.ц.	X ₁ °C	X ₂ п.е.	X ₃ кг/т в.с.ц.	X ₂ % белого	X ₃ мг/т в.с.л.
1.	-	-	-	10	80,1	40	50	30,1	15	70	48,9	5,0	48,9	5,0
2.	+	-	-	30	80,1	40	70	30,1	15	90	48,3	5,0	48,3	5,0
3.	-	+	-	10	91,0	40	50	42,7	15	70	52,5	5,0	52,5	5,0
4.	+	+	-	30	91,0	40	70	42,7	15	90	52,5	5,0	52,5	5,0
5.	-	-	+	10	80,1	60	50	30,1	25	70	48,3	12,0	48,3	12,0
6.	+	-	+	30	80,1	60	70	30,1	25	90	48,3	12,0	48,3	12,0
7.	-	+	-	10	91,0	60	50	42,7	25	70	52,5	12,0	52,5	12,0
8.	+	+	+	30	91,0	60	70	42,7	25	90	52,5	12,0	52,5	12,0

Для исследования кинетики процесса на ступени хлорирования пробы отбирали с дискретностью 3, 5, 7, 10, 15, 20, 35, 50 мин, на ступени щелочной обработки с дискретностью 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 мин, на ступени отбели двуокисью хлора 5, 10, 15, 30, 60, 210 мин. Механические показатели целлюлозы определяли в конце ступеней отбели.

Выходными параметрами исследуемых процессов являлись: жесткость целлюлозы, её белизна, содержание реагента в отбельном растворе, равновесная длина и сопротивление раздиранию целлюлозы.

Общий характер полученных на исследуемых ступенях зависимостей выражается в наличии двух периодов: периода быстрого изменения наблюдаемых параметров — жесткости целлюлозы, её белизны, содержания реагента в отбельном растворе и периода медленного изменения параметров. На рис. 1 в качестве примера приведены кинетические зависимости изменения жесткости целлюлозы в процессе хлорирования. Условия проведения эксперимента, для соответствующих кривых, приведены в табл. 1. Для ступеней щелочения и отбели двуокисью хлора получены аналогичные зависимости.

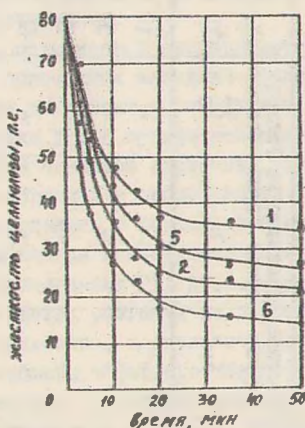


Рис. 1. Кинетические зависимости изменения жесткости целлюлозы в процессе хлорирования.

Последний период по времени в 4-6 раз превышает первый период. При этом, величина изменения параметра, характеризующего процесс отбелки на каждой ступени в медленный период, незначительна.

В третьей главе диссертационной работы приводятся результаты анализ кинетических закономерностей процессов, происходящих на исследуемых ступенях отбелки, модели прочностных свойств целлюлозы. Модель физико-химических превращений происходящих при отбелке целлюлозы была представлена системой уравнений

$$\begin{aligned} \frac{dA}{dt} &= -K_A A(t) C(t) \\ \frac{dC}{dt} &= -K_C A(t) C(t) \end{aligned} \quad (1)$$

где $A(t)$ - жесткость целлюлозы или её белизна в момент времени t ; $C(t)$ - концентрация реагента в отбельном растворе в момент времени t ; n, m - порядки реакции; K_A, K_C - константы скорости реакции. В случае белизны, знак минус в правой части первого уравнения отсутствует.

Для нахождения оценок кинетических констант уравнения системы (1) приводили, путем логарифмирования, к линейному виду

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 \quad (2)$$

где $\hat{Y} = \ln\left(-\frac{dA}{dt}\right)$ или $\ln\left(-\frac{dC}{dt}\right)$, $a_0 = \ln K_0$, $a_1 = -E/R$, $a_2 = n$, $a_3 = m$,
 $Z_1 = 1/T$, $Z_2 = \ln A(t)$, $Z_3 = \ln C(t)$

Для нахождения коэффициентов уравнения (2) использовали результаты экспериментальных исследований. Расчет проводили по программе, реализующей метод наименьших квадратов.

Рассчитанные значения констант скоростей реакций протекающих при хлорировании, щелочении и отбелке двуокисью хлора приведены в табл.2.

Энергия активации в процессе отбелки падает: на ступени хлорирования с 40,2 до 31,8 кДж; на щелочной ступени с 25,3 до 13,6 кДж на ступени отбелки двуокисью хлора с 43,3 до 40,7 кДж. Полученные значения энергии активации свидетельствуют о протекании процесса делигнификации целлюлозы при хлорировании и щелочении в области, находящейся между диффузионной и кинетической; процесс изменения белизны при отбелке двуокисью хлора, протекает в кинетической области. Значения порядков реакции n и m в (1), близки к единице.

Таблица 2.

Значения констант скоростей реакций, происходящих при хлорировании, щелочении, отбелки целлюлозы двуокисью хлора

Ступень отбелки	Температура, °С	Стадия процесса	Константа скорости	
			по лигнину, г/л·мин ⁻¹	по реагенту, п.е.·мин ⁻¹
Хлорирование	10	быстрая	$3,85 \cdot 10^{-2}$	$0,758 \cdot 10^{-3}$
		медленная	$0,112 \cdot 10^{-2}$	$0,0318 \cdot 10^{-3}$
	30	быстрая	$11,04 \cdot 10^{-2}$	$2,14 \cdot 10^{-3}$
		медленная	$0,298 \cdot 10^{-2}$	$0,061 \cdot 10^{-3}$
Щелочная	50	быстрая	$3,12 \cdot 10^{-3}$	$18,6 \cdot 10^{-4}$
		медленная	$0,084 \cdot 10^{-3}$	$0,053 \cdot 10^{-3}$
	70	быстрая	$5,212 \cdot 10^{-3}$	$3,34 \cdot 10^{-3}$
		медленная	$1,403 \cdot 10^{-4}$	$0,95 \cdot 10^{-4}$
Двуокись хлора	70	быстрая	по белизне $6,154 \cdot 10^{-2}$	%·мин ⁻¹ $1,81 \cdot 10^{-3}$
		медленная	$1,663 \cdot 10^{-3}$	$0,048 \cdot 10^{-3}$
	90	быстрая	$10,46 \cdot 10^{-2}$	$0,283 \cdot 10^{-2}$
		медленная	$0,307 \cdot 10^{-2}$	$0,829 \cdot 10^{-4}$

Полученные кинетические параметры позволяют разработать математическую модель процесса с учетом его гидродинамики.

Аналитическое решение системы нелинейных дифференциальных уравнений (1) получено в виде:

$$\left. \begin{aligned}
 X &= \frac{(1-1/D_1)X_0 e^{-D_3 t}}{1-1/D_1 e^{-D_3 t}} \\
 Y &= \frac{(1-D_1)Y_0 e^{-D_3 t}}{1-D_1 e^{-D_3 t}}
 \end{aligned} \right\} \text{ для ступеней хлорирования и щелочения и}$$

$$\left. \begin{aligned}
 X &= \frac{(1+1/D_1)X_0 e^{D_3 t}}{1+1/D_1 e^{D_3 t}} \\
 Y &= \frac{(1+D_1)Y_0 e^{-D_3 t}}{1+D_1 e^{-D_3 t}}
 \end{aligned} \right\} \text{ для ступени отбелки двуокисью хлора,}$$

$$(3)$$

где $X=A(t)$ — жесткость или белизна целлюлозы в момент време-

$Y = \Gamma(t)$ - концентрация реагента в отбелном растворе в момент времени t ;
 X_0, Y_0 - начальные значения жесткости или белизны, концентрации реагента ;
 $\Pi_1 = Y_0 K_A / X_0 K_C$; $\Pi_2 = Y_0 K_A - X_0 K_C$; K_A, K_C - константы скорости реакции.

Решение (3) позволяет, зная значения констант скоростей реакции и начальные условия по качеству целлюлозы и концентраций реагента на входе в отбелную башню, рассчитать значение параметра, характеризующего качество целлюлозы и содержание реагента в любой момент времени. Расхождение между значениями параметров полученными в ходе эксперимента и расчетными путем по уравнениям (3), не превышает дисперсии воспроизводимости исследуемых параметров.

Для установления количественной зависимости между основными параметрами процесса отбелки на каждой ступени и их влияния на прочностные свойства сульфатной целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины был поставлен полный факторный эксперимент. Условия проведения экспериментов даны в таблице 1. В результате статистической обработки экспериментальных данных, которая включает расчет коэффициентов регрессии, оценку их значимости и проверку модели на адекватность, были получены следующие уравнения регрессии.

Для ступени хлорирования.

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 6922,5 - 420,9X_1 + 326,1X_2 - 61,5X_3 \\
 Y_2 &= 58,4 - 6,8X_1 + 2,5X_2 - 11,6X_3
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Для ступени щелочения

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 8045,1 - 314,4X_1 + 558,9X_2 - 34,9X_3 \\
 Y_2 &= 62,8 - 3,9X_1 + 10,3X_2 - 1,5X_3
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Для ступени отбелки двуокисью хлора

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 7933,6 - 41,3X_1 - 274,1X_2 - 135,1X_3 - 4,1X_1X_3 - 22,4X_2X_3 \\
 Y_2 &= 64,7 - 0,8X_1 - 6,8X_2 - 1,9X_3 - 0,9X_2X_3
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

где Y_1 - разрывная длина, м ; Y_2 - сопротивление раздиранью, гс ;
 X_1 - температура, °С ; X_2 - расход реагента, кг/т а.с.п. ;

X_3 - качество целлюлозы перед отбелкой.

При анализе коэффициентов уравнений (4), (5) оказалось, что наиболее сильное влияние на прочностные свойства исследуемой целлюлозы оказывает температура, остальные факторы действуют слабее. Падение прочностных свойств целлюлозы происходит с ростом всех параметров процесса (6). Снижение прочности целлюлозы в наибольшей степени определяется расходом двуокиси хлора, вторым по силе воздействия является начальное качество целлюлозы. Полученные математические модели позволяют с достаточной достоверностью предсказывать ожидаемые величины прочностных показателей целлюлозы при изменении основных переменных факторов процесса отбелки. Максимальная прочность целлюлозы после хлорирования и щелочения будет получена, если значения переменных факторов X_1 и X_2 поддерживать на нижнем уровне, а значение X_3 на верхнем. Задача выбора оптимальных условий проведения процесса на ступени отбелки двуокисью хлора с целью получения высокопрочной целлюлозы может быть решена одним из методов нелинейного программирования.

В четвертой главе представлены результаты анализа технологических параметров процесса отбелки целлюлозы в режиме нормальной эксплуатации, выполненного на основе статистических методов исследования. Источником информации о параметрах процесса отбелки целлюлозы являлись суточные рапорта и распечатки изменения ряда параметров с УВМ.

Показано, что жесткость целлюлозы, расход массы, хлора и двуокиси хлора имеют наибольшую дисперсию. Колебания жесткости хлорированной целлюлозы и расхода хлора на ступень хлорирования объясняются колебаниями жесткости небеленой массы, что, в свою очередь, может быть обусловлено колебаниями качественных показателей щепы, поступающей на варку и варочного щелока. Колебания жесткости целлюлозы после хлорирования будут вносить колебания расходов реагентов и качества целлюлозы на последующих ступенях отбелки.

Характер корреляционных функций расхода небеленой массы, расхода отбеливающих реагентов на исследуемые ступени отбелки, температуры процесса хлорирования и щелочения, а также белизны целлюлозы при отбелки двуокисью хлора позволяет предположить, что процесс изменения указанных параметров нестационарный. На рис.2 в качестве примера приведены некоторые корреляционные функции ряда параметров.

В тоже время анализ показал, что для первых разностей вышеуказанных параметров процесс стационарный.

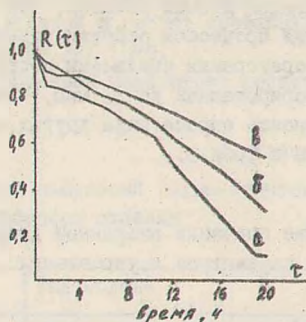


Рис. 2. Корреляционные функции расхода хлора на хлорирование - а, температуры процесса хлорирования - б, белизны целлюлозы в процессе отбеливания двуокисью хлора - в.

Кроме того, по виду корреляционной функции произведена оценка величины и частоты изменения параметров, характеризующих процесс отбеливания. Оказалось, что наибольшей частотой колебаний отличаются температура и расход реагентов. Наблюдаемая большая частота колебаний температуры обусловлена как колебаниями давления теплоносителя, так и колебаниями температуры массы, поступающей в смеситель. Для расхода поступающей на отбеливание массы и уровней массы в башнях характерны высокие и низкие частоты. Высокочастотные колебания расхода массы, в большей степени определяются работой варочного и сушильного цехов.

Зависимость жесткости хлорированной целлюлозы от производительности отбельной установки была оценена в линейном приближении. Анализ показал, что производительность, при постоянных жесткости небеленой целлюлозы и соотношении расхода хлора к массе абсолютно сухой целлюлозы (а.с.ц.) не влияет на жесткость хлорированной целлюлозы.

При построении систем управления с использованием УВМ, обособленный выбор периода опроса и управления параметрами позволяет обеспечить точность управления и экономия машинного времени.

Дискретность опроса и управления исследуемыми параметрами выбирали исходя из ошибки воспроизведения данных в ЭВМ.

Анализ полученных данных показал, что обеспечить допустимое качество управления процессом отбелики возможно за счет сокращения времени между лабораторными анализами жесткости целлюлозы: небеленой до 20 мин, хлорированной до 10 мин, после щелочения до 30 мин. Выбранная дискретность опроса ряда других параметров процесса отбелики представлена в табл.3.

Таблица 3.

Расчетные значения выбранной дискретности опроса параметров и управления

Параметр	Дисперсия ошибки		Выбранная дискретность опроса, мин	
	Измерения параметра	Экстраполяции в соответствии с дискретностью		
		выбранной		сбора данных
Расход, м ³ /ч:				
массы	36	32	680	6
хлора	6,25	4,8	325,8	3
щелочи	0,022	0,021	0,47	1
двуокси хлора	0,14	0,12	2,38	1
Температура, °С:				
хлорирования	0,14	0,13	0,10	15
щелочения	0,14	0,14	2,17	1
отбелики двуокисью хлора	0,14	0,07	1,94	1
Уровень на ступенях, м:				
щелочения	0,26	0,13	2,3	5
двуокси хлора	0,37	0,11	2,05	5
Белизна, %	0,20	0,16	0,16	10
Степень хлорирования, %	0,3	0,16	2,9	1

Для описания случайных изменений технологических параметров использовали три вида моделей: уравнение авторегрессии; уравнение скользящего среднего; уравнение авторегрессии - скользящего среднего. Перебор структур моделей и расчет коэффициентов производили по типовым программам на ЕС ЭВМ 1020.

Полученные модели основных параметров процесса представлены в табл.4.

Таблица 4

Модели случайных изменений технологических параметров процесса отбелки

Параметр	Вид модели	Дисперсия "белого" шума $\sigma_{\epsilon_t}^2$
1	2	3
Расход массы, м ³ /ч	$\nabla Y_t = -0,44 \nabla Y_{t-1} - 0,21 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	5,2
Концентрация массы, %	$\nabla Y_t = -0,55 \nabla Y_{t-1} - 0,34 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	0,4
Жесткость целлюлозы, п.е.:		
хлорированной	$\nabla Y_t = -0,34 \nabla Y_{t-1} - 0,21 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	28,0
небеленой	$\nabla Y_t = -0,37 \nabla Y_{t-1} - 0,24 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	23,8
после щелочения	$\nabla Y_t = -0,32 \nabla Y_{t-1} - 0,25 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	22,2
Расход, м ³ /г:		
хлора	$\nabla Y_t = -0,37 \nabla Y_{t-1} - 0,25 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	1,5
щелочи	$\nabla Y_t = -0,4 \nabla Y_{t-1} - 0,22 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	0,15
двуокиси хлора	$\nabla Y_t = -0,17 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	2,5
Температура, °С:		
хлорирования	$\nabla Y_t = -0,22 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	0,09
щелочения	$\nabla Y_t = -0,17 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	0,07
отбелки двуокисью хлора	$Y_t = -0,15 Y_{t-1} + \epsilon_t$	1,7
Уровень на ступени, м:		
щелочения	$Y_t = 1,22 Y_{t-1} - 0,23 Y_{t-2} + \epsilon_t$	0,06
отбелки двуокисью хлора	$Y_t = \epsilon_t$	3,86
Белизна, %	$\nabla Y_t = -0,46 \nabla Y_{t-1} - 0,26 \nabla Y_{t-2} + \epsilon_t$	0,7

Знак $\sqrt{\quad}$ означает взятие первых разностей параметра,
Можно сказать, что для большинства параметров процесса отбелки целлюлозы их случайные изменения удовлетворительно описываются моделями авторегрессии второго порядка.

ВЫВОДЫ

1. Впервые исследованы кинетические закономерности процессов, происходящих при хлорировании, щелочении, отбелки двуокисью хлора целлюлозы, полученной из смеси березовой и осиновой древесины. Количественно описаны процессы делигнификации и изменения белизны целлюлозы, определены константы скоростей реакций и энергии активации указанных процессов.

2. На основании экспериментальных данных рассчитаны уравнения регрессии, отражающие зависимость физико-механических свойств целлюлозы после исследованных ступеней отбелки от переменных факторов процесса.

3. Проведен статистический анализ случайных изменений основных параметров, характеризующих процесс отбелки целлюлозы в режиме нормальной эксплуатации. Оценена зависимость жесткости хлорированной целлюлозы от производительности установки. Анализ показал, что производительность, при постоянных: жесткости небеленой целлюлозы и соотношении расхода хлора к массе а.с.ц., не влияет на жесткость хлорированной целлюлозы.

4. Выбрана структура моделей случайных изменений технологических параметров, рассчитаны коэффициенты моделей. Для большинства технологических параметров процесса отбелки целлюлозы их случайные изменения удовлетворительно описываются моделями авторегрессии второго порядка. Проведена оценка стационарности процесса.

5. Определена дискретность опроса и управления контролируемых параметров процесса. Показано, что для обеспечения допустимого качества управления процессом отбелки необходимо сократить время между лабораторными анализами жесткости целлюлозы.

6. Результаты выполненного исследования использованы при разработке систем управления хлорированием и щелочением сульфатной лиственной целлюлозы на Сыктывкарском ЛПК. Годовой экономический эффект, полученный от внедрения указанных систем управления составил 74 тысячи рублей.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Дятлова Е.П. Влияние чистоты промывки на управление степенью хлорирования в процессе многоступенчатой отбели. -Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Автоматизированные системы управления в целлюлозно-бумажной промышленности", Астрахань, 1980, с.150.

2. Серебряков Н.П., Дятлова Е.П. Исследование процесса отбели целлюлозы в переходных режимах. -Материалы Всесоюзной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития технологии и оборудования целлюлозно-бумажной промышленности", ЛТА, Л., 1982, с.88.

3. Дятлова Е.П. Современные схемы отбели целлюлозы и способы их совершенствования (Обзорная информация), ВНИПИЭИлеспром, Вып.2, М., 1982, 44 с.

4. Дятлова Е.П. К вопросу стабилизации рН небеленой массы. - В кн.: "Химия и технология бумаги", Межвузовский сб. научн. трудов, Вып.9, ЛТА, Л., 1981, с.188-191.

Сдано в производство 26.11.82 г. Подписано к печати
25.11.82 г. М-26726 Тираж 100 экз. Объем 1,0 печ.л.
Заказ 410 Бесплатно

Ротапринт ЛТИЦБП, 198092, Ленинград, ул.Ивана Черных,4