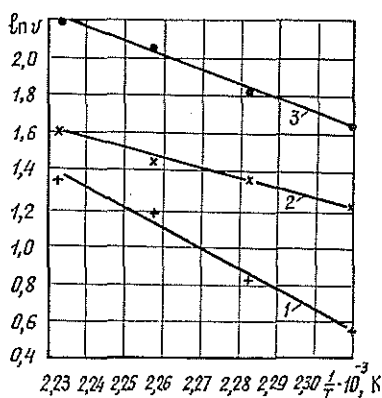


Арренусовская зависимость для начальной стадии делигнификации: 1 — делигнификация в отсутствие АХ; 2 — каталитическая стадия делигнификации; 3 — делигнификация с 1,0 % АХ



ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гермер Э. И., Галузин Н. Г. Действие антрахинона на основных стадиях натронно-антрахинонной варки // *Химия древесины*.— 1982.— № 5.— С. 31—35. [2]. Дейнеко И. П., Никандров А. Б. Влияние концентрации антрахинона на скорость делигнификации древесины // *Химия древесины*.— 1985.— № 5.— С. 108—110. [3]. Дейнеко И. П., Никандров А. Б. Изучение кинетики делигнификации древесины в присутствии антрахинона // *Химия древесины*.— 1987.— № 2.— С. 44—50. [4]. Лигнины / Под ред. К. В. Сарканена, К. Х. Людвиг / Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 623 с. [5]. Панченков Г. М., Лебедев В. П. Химическая кинетика и катализ.— М.: Химия, 1985.— 592 с. [6]. Шевченко С. М., Дейнеко И. П. Химия антрахинонной варки // *Химия древесины*.— 1983.— № 6.— С. 3—32. [7]. Шевченко С. М., Никандров А. Б., Дейнеко И. П. Влияние формы введения катализатора на эффективность антрахинонной варки // *Химия древесины*.— 1986.— № 4.— С. 41—44. [8]. Шорыгина Н. Н., Резников В. М., Елкин В. В. Реакционная способность лигнина.— М.: Наука, 1976.— 368 с. [9]. Bolker H. I., Abbot I. Kinetics and chemistry of alkaline delignification // *International Symposium on Wood and Pulping Chemistry*.— Japan, 1983, May 23—27.— V. 5.— P. 12—18. [10]. Вгйнов G., Poppins K. A. Cleavage of B-aryl ether bonds in phenolic lignin model compounds with anthraquinone (anthrahydroquinone) and anthrone // *Acta Chem. Sc.*— 1982.— V. B. 36.— P. 377—379. [11]. Obst J. R., Landucce L. L., Sanyer N. Quinone in alkaline pulping. B-ether cleavage of free phenolic units in lignin // *Tappi*.— 1979.— V. 62, N 1.— P. 55—59. [12]. Obst J. R., Sanyer N. Effect of quinones and amines on the cleavage rate of B-0-4 ethers in lignin during alkaline pulping // *Tappi*.— 1980.— V. 63, N 7.— P. 111—114. [13]. Surewicz W., Wandelt P. Schwefelfreie Verfahren beim Holzaufschluss zu Zellstoff // *Zellstoff und Papier*.— 1981.— Lig. 30, N 3.— S. 106—108. [14]. Wandelt P., Surewicz W. Soda-anthraquinone pulping of pine wood // *Paperi ja Puu*.— 1980.— V. 62, N 11.— S. 709—711.

Поступила 10 мая 1986 г.

УДК 62-493:661.728

О РОЛИ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАЗМЕРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ В ЦБП

Д. Д. МАЦКЕВИЧ, Б. Е. ВЬЮКОВ

ВНПОбумпром

Известно, что наибольший выход целлюлозы при варке и наилучшее ее качество могут быть получены при строго одинаковых размерах всех частиц технологической щепы, поскольку единообразие размеров обеспечивают наибольшую равномерность протекания процесса пропитки древесины щепы реагентом и минимальный процент непровара.

Однако на практике размеры частиц щепы, производимой рубильными машинами, существенно варьируют. В зависимости от состояния машины и качества балансов при рубке образуется большее или меньшее количество чрезмерно измельченной древесины, так называемых «опилок». Эти опилки, так же как и крупные куски древесины, отсортировывают. Однако даже после сортировки щепы изменчивость размеров ее частиц остается большой. Вариационный коэффициент толщины и длины частиц щепы достигает 80 % и более.

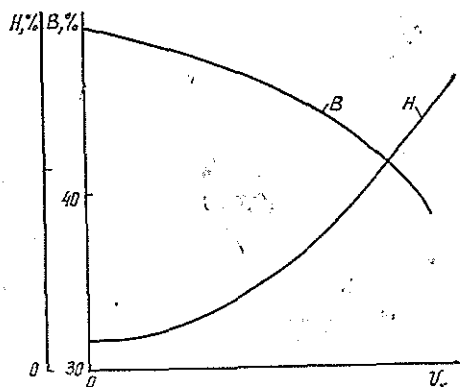
В принципе можно разработать более совершенные рубильные машины, сортировочные устройства, устройства доизмельчения крупной фракции щепы, которые уменьшили бы изменчивость размеров частиц щепы. Это потребует, естественно, больших затрат, и чем больше эти затраты.

Возникает вопрос, до какой степени однообразия размеров частиц щепы экономически целесообразно проводить усовершенствование машин и технологических процессов ее производства.

Изменчивость размеров технологической щепы можно уменьшить двумя путями: 1) совершенствуя отдельные этапы технологического процесса подготовки древесины и отдельные типы используемого при этом оборудования при сохранении неизменными прочих составляющих процесса, например, совершенствование процесса сортировки щепы с ужесточением допуска на отступление размеров частиц от принятой нормы, совершенствование процесса доизмельчения крупной фракции щепы при сохранении ранее используемых рубильных машин и технологии подготовки балансов к рубке; 2) совершенствованием всего процесса подготовки древесины к варке и в первую очередь — самой рубильной машины. Второй путь, очевидно, более эффективен, поскольку дает возможность не только снижения изменчивости размеров частиц щепы, подаваемой на варку, но и уменьшения потерь древесины в виде отсортировываемой мелкой фракции (опилок).

В данной работе рассмотрим влияние изменчивости размеров частиц щепы на эффективность процесса производства целлюлозы.

С ростом изменчивости размеров частиц щепы непровар должен возрастать, а выход целлюлозы из того же количества древесного сырья должен уменьшаться, как представлено схематически на рисунке. Очевидно, стоимость мероприятий по уменьшению изменчивости размеров частиц щепы должна быть не больше суммарной стоимости потерь из-за уменьшения выхода целлюлозы и снижения ее качества вследствие непровара. В противном случае эти мероприятия будут нерентабельны,



Зависимость величин непровара H и выхода целлюлозы B от изменчивости размеров частиц технологической щепы v_x

т. е. условие рентабельности мероприятий по снижению изменчивости частиц щепы выражается неравенством:

$$C_m(V_x) \leq \Delta BC_{ц} + \Delta C_{ц}(H), \quad (1)$$

где $C_m(V_x)$ — удельная стоимость мероприятий по снижению изменчивости размеров частиц щепы, представляющая собой некоторую функцию от коэффициента вариации V_x их размеров;

ΔB — снижение относительного выхода целлюлозы против возможного, связанное с растворением части готовой целлюлозы из-за необходимости продолжать варку для делигнификации более крупных частиц щепы, в то время как мелкие частицы уже делигнифицированы.

Это снижение относительного выхода целлюлозы выражается равенством

$$\Delta B = \frac{B_N - B_{\phi}}{100}. \quad (2)$$

Здесь B_N — номинально возможный выход целлюлозы, %, при правильной варке щепы, частицы которой имеют одинаковые размеры;

B_{ϕ} — фактический выход целлюлозы, %, при варке щепы, частицы которой имеют различные размеры, характеризуемые коэффициентом вариации V_x ;

$C_{ц}$ — стоимость (цена) 1 т выработанной целлюлозы, р.;

$\Delta C_{ц}(H)$ — уменьшение стоимости (цены) целлюлозы из-за снижения ее качества вследствие непровара.

Это снижение представляет собой некоторую функцию от количественного выражения непровара, которое оценивается сорностью целлюлозы.

Изменение качества целлюлозы выражается изменением ее марки или сорта. Поэтому функцию $\Delta C_{ц}(H)$ рационально принять дискретной в виде разности цен на целлюлозу при переходе от номинально возможного высшего сорта с ценой $C_{цN}$ к более низкому сорту с ценой $C_{ц}$ в случае, когда фактическая сорность из-за непровара H_{ϕ} превышает пределы, устанавливаемые ГОСТом или техническими условиями, т. е.:

$$\Delta C_{ц}(H) = C_{цN} \Big|_{H < H_{пр}} - C_{ц} \Big|_{H_{\phi} > H_{пр}}. \quad (3)$$

Зависимость затрат по уменьшению изменчивости размеров щепы от величины этой изменчивости должна быть нелинейной и, вероятно, гиперболической, поскольку $C_m(V_x) \rightarrow \infty$ при $V_x \rightarrow 0$ и наоборот $C_m(V_x) \rightarrow 0$ при $V_x \rightarrow \infty$:

$$C_m(V_x) = \frac{\beta}{V_x^{\alpha}}, \quad (4)$$

где β и α — постоянные, которые можно получить на основе накопленного опыта по разработке и применению соответствующих устройств для производства, сортировки и переработки технологической щепы.

При этом для каждого конкретного комплекса устройств, дающего щепу с некоторой характерной для него мерой изменчивости размеров V_x , удельная стоимость разработки, изготовления и эксплуатации определится выражением:

$$C_m | V_{x_1} = \frac{(K + C_n)E_n + C_3}{Q_r} \quad (5)$$

Здесь K — капитальные вложения для изготовления комплекса устройств;

C_n — затраты на научные исследования и проектно-конструкторские работы при создании комплекса;

E_n — нормативный коэффициент эффективности, установленный для данной отрасли;

C_3 — годовые затраты на эксплуатацию при использовании комплекса;

Q_r — годовое производство целлюлозы, т.

По мере накопления опыта и, имея по крайней мере два значения C_{m_1} и C_{m_2} , соответствующие значениям V_{x_1} и V_{x_2} , можно, на основе уравнения (4), определить постоянные β и α из очевидных равенств:

$$\log \beta = \frac{\log C_{m_1} \log V_{x_2} - \log C_{m_2} \log V_{x_1}}{\log V_{x_2} - \log V_{x_1}} \quad (6)$$

и

$$\alpha = \frac{\log \beta - \log C_{m_1}}{\log V_{x_1}} \quad (7)$$

Общее условие оптимальности вариаций размеров щепы (1) при подстановке в него выражений (2)—(4) примет вид

$$\frac{B_N - B_\Phi}{100} C_{ц} \Big|_{H_\Phi} + C_{ц_1} \Big|_{H < H_{пр}} - C_{ц_2} \Big|_{H_\Phi > H_{пр}} - \frac{\beta}{V_x^\alpha} \geq 0 \quad (8)$$

Рассмотрим одну из возможных практических ситуаций.

При производстве щепы из балансов III и IV сортов и обычном технологическом оборудовании, включающем в себя рубильную машину с ножами средней остроты и набор гирационных сортировок, толщина щепы, подаваемой на варку, имеет примерно следующие статистические характеристики: $\bar{x}_1 \approx 4$ мм, $\sigma_{x_1} \approx 3$ мм, $V_{x_1} \approx 75$ %. Стоимость этого оборудования с монтажно-строительными работами $K_1 \approx 100$ тыс. р. Затраты на разработку оборудования $C_{H_1} = 0$, поскольку оно создано достаточно давно и затраты на его разработку уже давно окупились. Нормативный коэффициент $E_n = 0,15$. Затраты на эксплуатацию комплекса оборудования примем из расчета 3 чел. обслуживающего персонала с зарплатой в среднем по 150 р./мес при 100 % накладных расходов, т. е. $C_3 \approx 3 \cdot 150 \cdot 12 \cdot 2 = 10,8$ тыс. р. Объем производства Q_r примем равным примерно 100 тыс. т целлюлозы в год. Тогда по формуле (5) $C_{m_1} \approx 0,26$ р./т.

При усовершенствованном технологическом процессе, включающем в себя новую, более совершенную рубильную машину (стоимость которой допустим равной 200 тыс. р.), набор вибрационных сортировок, устройство для сортировки щепы по толщине и устройство для донзмельчения крупной фракции щепы (общей стоимостью около 100 тыс. р.), при затратах на научные и конструкторские работы $C_{H_2} \approx 100$ тыс. р. и эксплуатационных расходах $C_3 \approx 14,4$ тыс. р. (исходя из расчета обслуживающего персонала 4 чел.), удельная стоимость разработки, изготовления и эксплуатации оборудования $C_{m_2} \approx 0,75$ р./т (по формуле (5)).

Допустим, что щена при этом имеет следующие статистические характеристики: $\bar{x}_2 \approx 4$ мм, $\sigma_{x_2} \approx 2$ мм, $V_{x_2} \approx 50$ %. Тогда по формуле (6) получим

$$\log \beta = \frac{\log 0,26 \log 50 - \log 0,75 \log 75}{\log 50 - \log 75} \approx 4,32;$$

$$\beta \approx 20,9 \cdot 10^3.$$

По формуле (7) вычислим

$$\alpha = \frac{4,32 + 0,585}{1,875} \approx 2,62.$$

Следовательно, уравнение (4) на основе опытных данных может быть конкретизировано. Например, для принятых нами значений уравнение приобретает вид:

$$C_M \approx \frac{20,9 \cdot 10^3}{V_x^{2,62}}$$

Основные характеристики целлюлозы из хвойной древесины

Беленая целлюлоза	ГОСТ	Марка	Назначение	Сорность — число сортинок на 1 м ² , но не более	Цена по прейскуранту № 08-01, р./т
Сульфатная	9571-79	АС-1	Для тонких прочных видов бумаги различного назначения	90	415
		БС	Для разных видов упаковочной бумаги и коробочного картона	120	370
Сульфитная	3914-74	А-II	Для бумаги — основы для мелования, ленты бумажной перфораторной	130	355
		Б-1	Для бумаги обложечной, бумаги для машинописи	210	320

Для сульфатной целлюлозы (некоторые характеристики ее приведены в таблице), принимая $B_N = 50\%$, $B_F = 48\%$, $C_{ц}/H_{ф} = C_{ц} = 370$ р./т и $C_{ц}/H < H_{пр} = 415$ р./т, получим условие оптимальности (8) в следующем виде:

$$\frac{50 - 48}{100} 370 + 415 - 370 \geq \frac{20,9 \cdot 10^3}{V_x^{2,62}}$$

или

$$V_x^{2,62} \geq \frac{20,9 \cdot 10^3}{52,4} = 398,7,$$

откуда $V_x \geq 9,8\%$.

Для сульфитной целлюлозы, характеристики которой даны в той же таблице, условие оптимальности (8) приводит к значению меры изменчивости размеров щепы $V_x \geq 10,8\%$.

Согласно приведенному примеру, экономически оправдано добиваться снижения коэффициента вариации размеров частиц технологической щепы V_x до значения, примерно равного 10%. Дальнейшее уменьшение этого коэффициента при принятых выше условиях нерентабельно.

Поступила 10 февраля 1986 г.

УДК 547.724.1.001

К КЛАССИФИКАЦИИ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ФУРФУРОЛА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Архангельский лесотехнический институт

Фурфурол — один из важнейших товарных продуктов, получаемых при химической переработке растительного сырья, и на сегодня в мире нет иных промышленных способов получения фурфурола, которые базировались бы на другом сырье.

Советский Союз занимает одно из ведущих мест в мире по объему производства фурфурола, но потребности народного хозяйства в нем удовлетворяются далеко не полностью. Задача увеличения объема