

PRZEGLĄD OSIĄGNIĘĆ W ZAMYKANIU OBIEGU WODY
W ZAKŁADACH PŁYT PILŚNIOWYCH

Zdzisław Pulikowski

Instytut Technologii Drewna, Poznań

WPROWADZENIE

Wzgląd na ochronę środowiska oraz wzrastający deficyt świeżej wody zmusiły zakłady płyt pilśniowych do oczyszczania ścieków przemysłowych. Okazało się jednak, że operowanie dużymi objętościami ścieków, choćby niezbyt obciążonych, wymaga bardzo kosztownych inwestycji, poważnie zagrażających ekonomice produkcji płyt. Trzeba było więc ograniczyć zużycie wody świeżej, zastępując ją stopniowo wodą obiegową, używaną wielokrotnie. Pociągnęło to za sobą konieczność wprowadzenia zmian technicznych, umożliwiających zamykanie obiegu, takich jak zmiana rurociągów na kwasoodporne, zmiana systemu ich połączeń, budowa filtrów i osadników uzdatniających wodę obiegową do natrysków, jak również zmiana konstrukcji samych dysz natryskowych. W ten sposób zmniejszono ilości ścieków z ok. 60 do 20, a nawet 15 m³/t płyt, przy jednoczesnym zwiększeniu stężenia masy włóknistej na wlewach maszyn odwadniających. Wzrastało przy tym oczywiście obciążenie ścieków liczone w g/dm³, choć całkowity ładunek zawarty w nich zanieczyszczeń malał na skutek zatrzymywania ich w gotowym produkcie. Sposoby oczyszczania zagęszczonych w ten sposób ścieków dostosowano do lokalnych warunków zakładu. Tak np. w jednym wypadku zastosowano rozprządzanie ścieków na łąki za pomocą istniejącego opodal systemu kanałów nawadniających (procesy biologicznego oczyszczania zachodzą tu pod wpływem mikroorganizmów glebowych). W innych wypadkach trzeba było budować kosztowne oczyszczalnie biologiczne. Tylko w nielicznych zakładach wystarczało mechaniczne filtrowanie, wspomaganie koagulacją chemiczną. Były również drastyczne przypadki, gdy żadne oczyszczanie nie mogło zadowolić i trzeba było zaniechać produkcji, bądź przebudować zakład, przestawiając go na metodę bez-

ściekową, czy też decydując się na ponoszenie kosztów zagęszczania, suszenia i spalania obciążników ścieków.

Coraz większe zaostrzenie przepisów określających warunki zrzutu ścieków do odbieralników wodnych zdawało się przesądzać zaniechanie w przyszłości metody formowania płyt w środowisku wodnym na rzecz innych metod, mniej zagrażających środowisku.

Dla ratowania wygodnej skądinąd metody mokrego formowania i licznych, opartych na niej obiektów przemysłowych podjęto szeroko zakrojone prace zmierzające do całkowitego zamknięcia obiegu wody w zakładach płyt pilśniowych. Krajowe zakłady osiągnęły w tej dziedzinie eksponowaną pozycję.

PARAMETRY CHARAKTERYZUJĄCE OBIEG WODY TECHNOLOGICZNEJ

Dla scharakteryzowania stanu zamknięcia obiegu wodnego zastosowano następujące parametry:

c - stężenie masy włóknistej na wlewie maszyny odwadniającej (%),

c' - stężenie wody obiegowej oznaczane jako sucha pozostałość (g/dm^3).

Q - ilość wody rozcieńczająca 1 tonę z.s. masy (m^3/t),

n - przeciętna krotkość zawracania wody do ponownego obiegu, dająca się obliczyć wzorem:

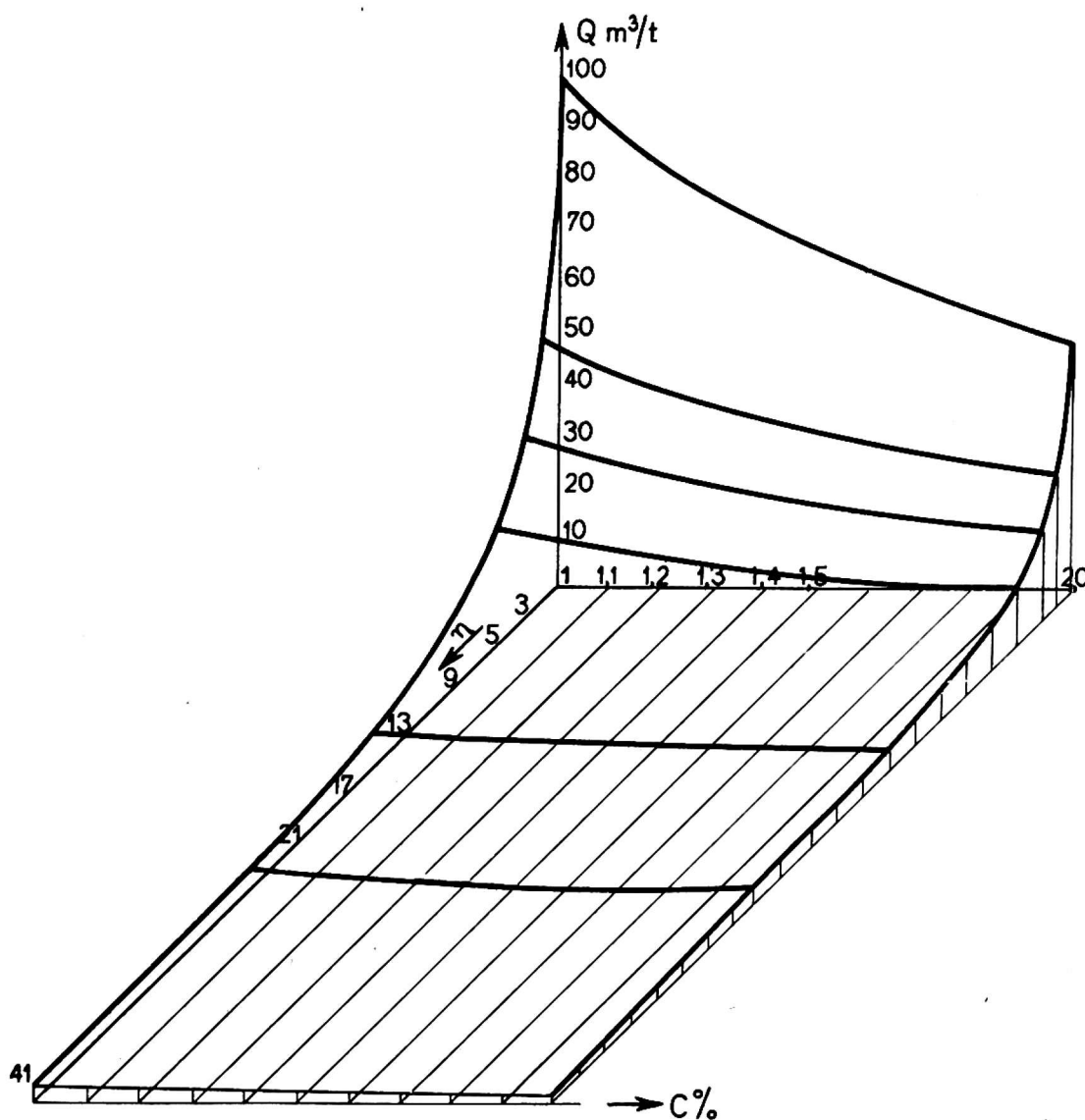
$$n = \frac{Q - a}{b}$$

gdzie

a - ilość wody odparowana w prasie lub w suszarce przy suszeniu 1 t z.s. masy włóknistej (m^3/t),

b - ilość ścieków odprowadzana do odbieralnika, przypadająca na 1 tonę z.s. masy (m^3/t).

Wpływ poszczególnych parametrów na ilość ścieków przemysłowych przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 1. Założono przy tym, że odparowuje się 1 m^3 wody na 1 tonę suchej masy i że stężenie masy utrzymuje się na jednakowym poziomie za pomocą dodatku wody świeżej umniejszonego o wodę zawartą w surowcu, o skropliny i o przecieki wody uszczelniającej dławice wałów głównych termorozwłókniarek. Z tabeli i z rysunku można łatwo wywnioskować, że w początkowych stadiach zamykania obiegu najskuteczniej na ilość odprowadzanych ścieków oddziałuje zwiększenie stężenia na wlewie ma-



Rys. 1. Wpływ stężenia masy i ilości nawrotów wody na ilość powstających ścieków

szyny. W końcowej fazie występuje radykalne zwiększenie krotności zawracania wody n .

Zwiększeniu liczby n towarzyszy wzrost obciążenia wody obiegowej, jako skutek ługowania z coraz to nowych porcji drewna kolejnych ilości substancji przechodzących bądź to do roztworu rzeczywistego, bądź koloidalnego, a także jako skutek gromadzenia się w wodzie uszkodzonych lub nieuszkodzonych elementów morfologicznych tkanki drzewnej (zawiesina). W krańcowych przypadkach wysokie stężenie obciążników w wodzie obiegowej stwarza określone bariery technologiczne, toteż należy to zagadnienie rozpatrzeć bliżej. W tym celu sporządzono tabelę 2, przy założeniu przechodzenia do roztworu 11% substancji drzewnej. Wielkość tę przyjęto na podstawie danych z praktyki produkcyjnej, gdzie $n = 50$ uzyskiwano przy stężeniu masy 1,6%. Obciążenie wody obiegowej było równe około 50 g/dm^3 , mierzone jako sucha pozostałość.

Ilość ścieków przy różnych stężeniach masy włóknistej i różnej ilości obiegów wody technologicznej

Stężenie masy na wlewie	%	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Ilość wody w obiegu	Q m ³ /t	99,0	89,9	82,4	75,8	70,4	65,6	61,5	57,8	54,5	51,6	49,0
1	"	98,0	88,9	81,4	74,8	69,4	64,6	60,5	56,8	53,5	50,6	48,0
2	"	49,0	44,5	40,7	37,4	35,2	32,3	30,2	28,4	26,8	25,3	24,0
3	"	32,7	29,6	27,1	24,9	23,5	21,5	20,2	18,9	17,8	16,9	16,0
4	"	24,5	22,2	20,3	18,7	17,6	16,1	15,1	14,2	13,4	12,7	12,0
5	"	19,6	17,8	16,3	15,0	14,1	12,9	12,1	11,4	10,7	10,1	9,60
6	"	16,3	14,8	13,6	12,5	11,7	10,8	10,1	9,47	8,92	8,43	8,00
7	"	14,0	12,7	11,6	10,7	10,1	9,23	8,65	8,12	7,65	7,24	6,85
8	"	12,2	11,1	10,2	9,35	8,80	8,07	7,56	7,10	6,70	6,32	6,00
9	"	10,9	9,87	9,05	8,32	7,83	7,18	6,72	6,31	5,95	5,62	5,34
10	"	9,80	8,89	8,14	7,48	6,94	6,46	6,05	5,68	5,35	5,06	4,80
12	"	8,16	7,40	6,78	6,23	5,86	5,38	5,04	4,73	4,46	4,21	4,00
15	"	6,53	5,93	5,43	4,99	4,69	4,30	4,03	3,79	3,57	3,37	3,20
20	"	4,90	4,45	4,07	3,74	3,52	3,23	3,02	2,84	2,68	2,53	2,40
25	"	3,92	3,56	3,26	2,99	2,81	2,58	2,42	2,27	2,14	2,02	1,92
30	"	3,27	2,96	2,71	2,49	2,35	2,15	2,02	1,89	1,78	1,69	1,60
35	"	2,80	2,54	2,33	2,14	1,98	1,85	1,73	1,62	1,53	1,45	1,37
30	"	2,45	2,22	2,04	1,87	1,74	1,62	1,51	1,42	1,34	1,26	1,20
50	"	1,96	1,76	1,63	1,50	1,39	1,29	1,21	1,14	1,07	1,01	0,96

Ilość ścieków odprowadzanych dla utrzymania n obiegów wody b

$$\frac{100 - 2n}{100 - 2n} =$$

T a b e l a 2

Stężenie wody obiegowej (sucha pozostałość) $c' = \frac{110 n}{n - 2 + \frac{100}{c}} \text{ g/dm}^3$

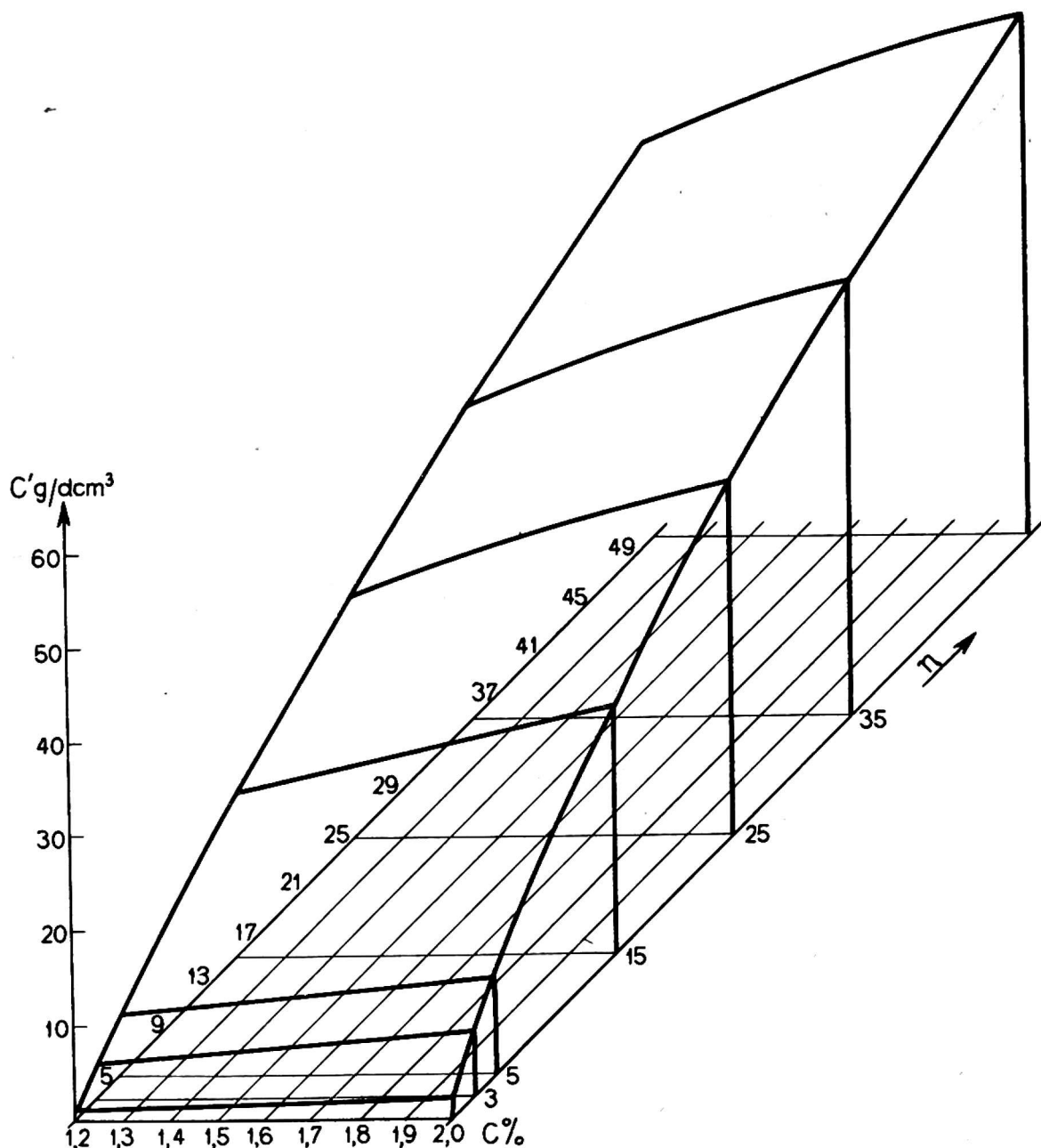
przy stratach surowca drzewnego równych 11%

Stężenie masy c %	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
<i>n</i>									
1	1,34	1,45	1,56	1,67	1,79	1,90	2,02	2,13	2,24
2	2,64	2,86	3,08	3,30	3,52	3,74	3,96	4,18	4,40
3	3,91	4,24	4,56	4,88	5,20	5,52	5,84	6,15	6,47
4	5,16	5,58	5,99	6,41	6,82	7,23	7,65	8,05	8,46
5	6,37	6,88	7,39	7,89	8,40	8,90	9,39	9,89	10,38
6	7,56	8,16	8,75	9,34	9,92	10,51	11,08	11,65	12,22
7	8,72	9,40	10,07	10,74	11,41	12,07	12,72	13,36	14,00
8	9,85	10,61	11,37	12,11	12,85	13,58	14,30	15,01	15,71
9	10,96	11,80	12,62	13,44	14,24	15,04	15,83	16,60	17,37
10	12,04	12,95	13,85	14,73	15,60	16,46	17,31	18,14	18,97
12	14,14	15,19	16,21	17,22	18,21	19,18	20,14	21,08	22,00
15	17,13	18,35	19,54	20,71	21,85	22,97	24,07	25,14	26,19
20	21,71	23,18	24,60	25,98	27,33	28,64	29,91	31,15	32,35
25	25,86	27,52	29,12	30,67	32,16	33,61	35,01	36,06	37,67
30	29,64	31,45	33,19	34,86	36,46	38,01	39,50	40,98	42,31
35	33,10	35,03	36,87	38,63	40,31	41,93	43,48	44,96	46,39
40	36,26	38,29	40,21	42,04	43,78	45,45	47,03	48,55	50,00
50	41,88	44,03	46,05	47,96	49,77	51,49	53,11	54,66	56,12

Tabela 2 i rysunek 2 sygnalizują poziom stężeń wody obiegowej, z jakimi producent zetknie się przy zamykaniu obiegu. Z obu tabel łącznie wynika ilość i jakość ścieków w zależności od liczby *n*. Dane takie ułatwią ocenę skutków zamykania obiegu w pierwszej jego fazie (najwyżej do *n* = 50). Zagadnienia związane z całkowitym zamknięciem obiegu wody (*n* = 52 - 85) muszą być rozpatrywane na innej płaszczyźnie. Neutralizacja środowiska w podgrzewaczu zmniejsza straty surowca do 8% i niżej, co powoduje spadek stężenia wody obiegowej o 30%.

SKUTKI TECHNOLOGICZNE
DRASTYCZNEGO ZAMKNIĘCIA OBIEGU WODY

Charakterystykę zagęszczonej wody obiegowej podano w innym doniesieniu [1]. Tutaj ograniczymy się do wskazania, że blisko 90% obciążeń stanowią substancje koloidalne. Wpływają one na podwyższenie lepkości wody, co rzutuje na pogorszenie warunków odwadnia-



Rys. 2. Wzrost stężenia wody obiegowej w zależności od stężenia masy i ilości wody

nia zawiesiny włókien. Sytuację łagodzi na początku wzrost temperatury wody związany z zamykaniem obiegu, lecz jest on ograniczony do najwyższej 70°C przez rosnące straty ciepła związane z odparowaniem na maszynie odwadniającej oraz przez względy techniczne, higieniczne i bezpieczeństwa pracy. Gdy temperatura się ustabilizuje

zuje, dalszy wzrost liczby n zmusza do ograniczenia prędkości maszyny, a tym samym do ograniczenia wielkości produkcji.

Kumulacja koloidów w masie włóknistej, a następnie wysuszonych żeli w płytach, nie powoduje pogorszenia ich jakości poza zmianą barwy. Zachodzi nawet podejrzenie, że w pewnych warunkach wzrasta mechaniczna wytrzymałość takiego produktu. Natomiast fatalny wpływ na wodoodporność płyt wywiera kumulowanie się w wodzie obiegowej rozpuszczalnych soli Ca, Mg, Al i Fe [3]. Uniemożliwiają one rozprowadzenie klejów w zawieszynie włóknistej z powodu natychmiastowego żelowania przy przekroczeniu liczby wapniowej około 250 (mg CaO/dm³). Ograniczenie to stanowi jeszcze dotkliwszą barierę dla zamykania obiegu wody niż kumulacja koloidów. Wprawdzie bardzo rzadko spotyka się wodę o twardości powyżej 25° n (= 250 mg/dm³), lecz soki komórkowe nawet w mało zasolonym drewnie sosnowym wykazują twardość do 110° n . W wyniku stopniowego zastępowania wody świeżej sokami wypłukiwanymi z drewna krytyczną liczbę wapniową osiąga się już po 7-9 nawrotach wody, w wypadku gdy lokalna woda świeża wykazuje twardość około 15° n .

Jednakże dysponując wodą wybitnie miękką (poniżej 2° n) oraz drewnem z okolic górskich, o sokach komórkowych mniej zasolonych, można bezpiecznie dla jakości produktu podwyższyć n do 25, a nawet wyżej. Bariery technologiczne można więc ustalić jak następuje:

- z powodu ograniczenia odwadnialności na $n = 30-40$,
- z powodu wysalania klejów na $n = 7-25$.

MOŻLIWOŚCI PRZESUNIĘCIA BARIER TECHNOLOGICZNYCH PRZY ZAMYKANIU OBIEGU WODY

Na wstępie należy podkreślić, że gdy tylko lokalne możliwości pozwalają na to, wspomnianych barier nie należy w ogóle przełamywać, jak np. w przypadku nawadniania łąk, lub dysponowania oczyszczalnią biologiczną ścieków. Jeżeli jednak przekroczenie granic tolerancji jest nie do uniknięcia, to do wyboru są następujące kierunki postępowania:

- Ograniczenie rozkładu drewna poprzez złagodzenie warunków defibracji i podwyższenie pH.
- Włączenie w schemat technologiczny urządzeń do uzdatniania najbardziej zagęszczonych strumieni wody obiegowej celem przesunięcia barier do możliwie najwyższej liczby nawrotów n .

- Wprowadzenie nowych metod zaklejania masy, np. w fazie dyspersji włókien w parze wodnej celem likwidacji bariery uzależnionej od zasolenia wody.

- Wykorzystanie rozmaitych lokalnych możliwości zagospodarowania stężonych ścieków, jak np. w wytwórniach mieszanek paszowych, przy nawożeniu pól, gaszeniu żużla usuwanego z palenisk itp., celem niedopuszczenia do nadmiernych stężeń wody obiegowej, utrudniających produkcję nawet w przypadku zastosowania metod umożliwiających daleko idące przekraczanie pierwotnych barier technologicznych.

- Opracowanie metod opartych o kombinacje wyżej wymienionych sposobów lub o nowe koncepcje poprawy warunków produkcji przy zamkniętym obiegu wody.

Spośród różnorodnych możliwości utylizacji należy jeszcze wymienić fermentację cukrów zawartych w ściekach z fabryk płyt pilśniowych na biomasę białkową. W zależności od składu cukrów i substancji towarzyszących opracowano już następujące procesy:

- zdrojżowywania ścieków, gdy surowiec do płyt stanowi drewno gatunków liściastych,

- wytwarzania biomasy za pomocą wyselekcjonowanych kultur mieszanym grzybów, pleśni i bakterii.

Poza tym możliwe jest przetwarzanie na paszę białkową osadu czynnego z oczyszczalni biologicznych.

Na szczegółowe omówienie wymienionych wyżej możliwości przesunięcia granic tolerancji technologicznej poprzez podwyższanie krotności n brak jest w niniejszym krótkim doniesieniu miejsca.

Realizacja idei całkowitego zamknięcia obiegu stwarza inne problemy. Na pierwszy plan wysuwa się sprawa bilansu przychodów i rozchodów wody w obiegu produkcyjnym. Pomijając nawet krańcowo wysokie wilgotności surowca drzewnego, intensywne schładzanie niez izolowanych podgrzewaczy zrębków przed defibracją i niepotrzebnie duże przecieki wody uszczelniającej dławice wałów głównych termorozwłókniarek trzeba się liczyć z następującym bilansem:

woda w surowcu drzewnym (przy wilgotn.

$w_0 = 100\%$ i zużyciu 1250 kg z.s. drewna na 1 t płyt)	1,25 m ³ /t
skropliny w podgrzewaczu	0,45 "
przecieki dławicy i przygotowanie klejów, łącznie	0,20 "
przychody razem	1,9 m ³ /t
rozchód (odparowanie)	1,0 "
saldo	0,9 m ³ /t

Uwzględniając, że bezwzględna wilgotność surowca drzewnego często przekracza 100%, należy liczyć się z okresowym przekraczaniem wymienionej ilości ścieków, nawet przy całkowitej eliminacji dodatku wody świeżej. Dla poprawienia bilansu w niektórych zakładach w kraju i za granicą zastąpiono tradycyjne cyklony defibratorów cyklonami przystosowanymi do oddzielania „na sucho” włókien od pary wodnej. W ten sposób można odprowadzić dodatkowo ok. $0,4 \text{ m}^3$ pary wodnej na 1 t płyt bez stosowania zabiegu specjalnego poduszania włókien. Traci się tylko ciepło ulatniającej się z cyklonów do atmosfery pary wodnej. Pozostający nadmiar bilansowy w ilości $0,5-0,6 \text{ m}^3/\text{t}$ musi być albo odprowadzany do ewentualnego zagospodarowania lokalnego, albo zagęszczany i spalany.

Inna obiektywna przeszkoda przy próbach uzdatniania wody obiegowej polega na braku technicznych możliwości oddzielenia osadów pokoagulacyjnych. Nawet najsprawniejsze ze znanych urządzeń nie są w stanie nadażyć z oddzieleniem i zagęszczaniem osadów, chociażby tylko do stężenia 3%. Kapitalnym w tym zakresie rozwiązaniem jest wykorzystanie w przemysłowej fabryce płyt filtrujących zdolności wstęgi włóknistej. Osady pokoagulacyjne zmieszane ze specjalnie przygotowaną masą wylewa się na uformowaną wstęgę płyt porowatych jako okład powierzchniowy. Woda wraca do obiegu, a osady schną na powierzchni płyt w suszarce rolkowej, uszczelniając powierzchnię i poprawiając jej wygląd.

Kolejna przeszkoda polega na trudności wydzielenia najbardziej zagęszczonej wody celem skierowania jej bądź to do ścieku, bądź też do procesu uzdatniania lub utylizacji. W każdym przypadku chodzi o to, aby w jak najmniejszej objętości usunąć z obiegu jak największy ładunek zanieczyszczeń.

Proces produkcji płyt metodą mokrego formowania można rozpatrywać również jako proces ekstrakcji z drewna substancji rozpuszczonych podczas defibracji. Procesy ekstrakcji prowadzi się z reguły w przeciwnym kierunku, aby najbardziej stężony ekstrakt łągował zupełnie świeży surowiec; pozwala to na osiągnięcie najwyższego stężenia ekstraktu. Podobnie jest w produkcji płyt: ta część wody obiegowej, która jest przewidziana do skierowania do oddziału uzdatniania powinna zostać użyta do rozcieńczania masy włóknistej, świeżo wyprowadzonej z termorozwłóknarek. Taki układ zastosowano już w Szwecji, przy czym do oddzielania ostatecznie zagęszczonej wody użyto pras Dawenport, umożliwiając wyżymanie masy

aż do stężenia 30%. Polskie doświadczenia wykazały, że wprowadzenie tych drogich pras do wyposażenia fabryk nie jest wcale konieczne. wystarczy dobrze pracująca zagęszczarka, umożliwiająca zagęszczenie masy do stężenia 12% [2].

Część wody z zagęszczarki powinna być odprowadzana do uzdatniania przez koagulację i ewentualne odsalanie, a masa włóknista powinna być ponownie rozcieńczona, lecz tym razem wodą możliwie czystą z obiegu II.

Obieg I powinien obejmować: cyklon-kałuż I-zagęszczarkę-cyklon, przy czym woda uzupełniająca ten obieg byłaby pobierana spod gorącej prasy i z rur korków termorozwłókniarek oraz dodatkowo z obiegu I. Uzupełnienie wody w obiegu II pochodziłoby z obiegu I przez wprowadzanie jej stale wraz z masą włóknistą o stężeniu 12%.

Proponowany system obiegu wody umożliwia utrzymanie zróżnicowania stężeń substancji obciążających wodę obiegową w ten sposób, że na początku procesu przy rozcieńczaniu masy utrzymywałoby się wyższe stężenie obciążników, a przy formowaniu i prasowaniu - co najmniej 8 razy niższe. Ułatwiłoby to realizację decydujących faz procesu produkcyjnego. Warunkiem wdrożenia proponowanego dwustopniowego obiegu wody jest opanowanie technologii uzdatniania zagęszczonej wody obiegowej. Jeżeli chodzi o usuwanie nadmiaru koloidów poprzez ich koagulację, to można uznać, że zadanie to zostało już opanowane w skali technicznej, ciągle jednak brakuje jeszcze zadowalającej metody odsalania. Zwykle wymienniki jonowe zakleją się resztkami koloidów i przestają działać. Należałoby uintensywnić badania w tym zakresie, a niezależnie od tego wprowadzać technologię zaklejania w fazie dyspersji w parze wodnej, aby uniknąć uzależnienia się od wyników prac nad odsalaniem.

PODSUMOWANIE

Daleko idące ograniczenie zużycia wody świeżej staje się nieuniknioną koniecznością we wszystkich prawie fabrykach płyt pilśniowych pracujących metodą mokrego formowania wstęgi. Jedynie te zakłady, które mają możliwość włączenia swych ścieków do systemu nawadniania łąk, pastwisk bądź lasów, mogą uniknąć takiej konieczności. Najmniejsze ograniczenia zużycia wody świeżej dotyczyć będą zakładów, w których już uruchomiono biologiczne oczyszczalnie o dużych wydajnościach. W tych przypadkach do rozwiązania pozosta-

je problem zagospodarowania nadmiaru osadu czynnego. Dla zakładów zamierzających budowę biologicznych oczyszczalni należałoby opracować prosty system ograniczenia ilości ścieków do 15-20 m³/t, co zmniejszy rozmiary inwestycji, nie zagrażając przy tym dotkliwym przekroczeniem barier technologicznych. W większości fabryk trzeba będzie te bariery przekroczyć, zmieniając system zaklejania, system obiegu wody technologicznej i uzupełniających ich wyposażenie o oddział uzdatniania części wody obiegowej. Wydajność tego oddziału będzie zależała od stopnia roztworzenia drewna, właściwego dla danego zakładu, od lokalnej twardości wody, od dokładności rozdziału obiegów wody, czyli od stopnia zróżnicowania stężeń w obu obiegach, od skuteczności ograniczenia niepożądanych dopływów wody do układu (unikanie przejmowania skroplin) i wreszcie od lokalnych możliwości zagospodarowania nadmiarów wody ocenianych co najmniej na 0,5 m³/t płyt.

Z korzyścią dla technologii produkcji płyt byłoby, gdyby udało się zagospodarować na miejscu kilkakrotnie więcej ścieków. W najgorszych przypadkach, gdy nie znajdzie się żadnych możliwości zagospodarowania nawet najmniejszych ilości ścieków, pozostaje jako jedyna możliwość ich zagęszczanie, co jednak może nie wytrzymać w kalkulacji ekonomicznej.

LITERATURA

1. Onisko W.: Osiągnięcia polskiego przemysłu płyt pilśniowych. TPN. Przemysł 1978, s. 9.
2. Pulikowski Z.: Ograniczanie ilości ścieków w aspekcie ich utylizacji lub unieszkodliwiania w fabrykach płyt pilśniowych. Maszynopis ITD. Poznań 1970.
3. Wawrzynkiewicz Z.: Osiągnięcia polskiego przemysłu płyt pilśniowych. TPN. Przemysł 1978, str. 56-58.

З. Пуликовски

ОБЗОР ДОСТИЖЕНИЙ В ЗАКРЫТИИ КРУГООБОРОТА ВОДЫ
НА ЗАВОДАХ ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Р е з ю м е

Проведено обзор достижений в закрытии кругооборота воды. Приведено параметры кругооборота воды, обсуждено технологические последствия закрытия кругооборота и возможность преодолеть технологические затруднения при закрытии кругооборота воды.

Z. Pulikowski

REVIEW OF ACHIEVEMENTS IN CLOSING WATER SYSTEMS
IN FIBRE-BOARD MILLS

S u m m a r y

The review of achievements in closing water systems in fibre-board mills was presented. The parameters characteristic of water circulation were given and the technological effects of drastic water system closure as well as possibilities of shifting the technological barriers when closing the water system were discussed.