

NOWOCZESNA METODA OKREŚLANIA DŁUGOŚCI I SKŁADU FRAKCYJNEGO WŁÓKIEN CELULOZOWYCH

Kazimierz Przybysz

Instytut Papiernictwa i Maszyn Papierniczych Politechniki Łódzkiej

Rozmiary włókien należą do podstawowych czynników charakteryzujących własności papierotwórcze mas włóknistych, przy czym długość włókien znajduje się od dawna w centrum zainteresowania badaczy.

Aczkolwiek długości włókien przypisuje się pozytywny wpływ na wytrzymałość papieru, z praktyki wiadomo, że stosowanie włókien dłuższych niż 4 - 5 mm nie przedstawia już większych zalet i na ogół włókna takie wymagają skrócenia (np. włókna konopii, bawełny) w celu poprawienia mikrojednorodności (przezrocza) papieru. Natomiast włókna krótsze niż 1 mm nie mogą w zasadzie stanowić samodzielnego surowca papierniczego. Pogłębiający się deficyt surowców włóknistych, szczególnie ostry w odniesieniu do półproduktów charakteryzujących się większą długością włókien (masy z drewna drzew iglastych, bawełny, lnu itp.), zmusza do zwiększenia udziału półproduktów o stosunkowo niskiej długości włókien (masy z drewna drzew liściastych, słomy, trzciny oraz surowców wtórnych). Stwarza to specyficzne problemy technologiczne, dla rozwiązania których konieczna jest znajomość wskaźników charakteryzujących długość włókien.

W praktyce przemysłowej wskaźnik długości włókien wykorzystywany jest bardzo rzadko do charakteryzowania mas włóknistych, co wynika z niedostatecznego upowszechniania nowoczesnych metod pomiarowych. Należy bowiem zwrócić uwagę na fakt, że w tych nielicznych przypadkach, w których określa się długość włókien, dominują metody empiryczne, charakteryzujące długość włókien w sposób pośredni.

Metody pośredniego oznaczania długości włókien opierają się na ogół na zasadzie przepuszczania strumienia silnie rozcieńczonej zawiesiny włókien przez nieruchome (metody Schultego, de Montigny, Iwanowa) lub wirujące (metoda Imseta) cienkie druciki lub ostrza. Z masy zatrzymanych (lub odrzuconych) włókien wnioskuje się o przeciętnej ich dłu-

gości. Spośród aparatów tego typu najbardziej rozpowszechniony jest aparat Imseta, pozwalający scharakteryzować, obok długości włókien, także stopień ich spęcznienia.

Ogólnie biorąc, ta grupa aparatów wykazuje pewną przydatność w warunkach przemysłowych, lecz w małym stopniu nadaje się do prac badawczych, gdyż na wynik pomiaru wpływają także inne własności masy, jak np. elastyczność włókien, czy zawartość w niej frakcji drobnej.

W nowoczesnych badaniach do oceny długości włókien wykorzystuje się wskaźniki:

a) średniej arytmetycznej długości włókien:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n a_i l_i}{\sum_{i=1}^n a_i},$$

b) średniej geometrycznej długości włókien:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i l_i^2}{\sum_{i=1}^n a_i l_i};$$

gdzie:

- a — liczba włókien w klasie i ,
- l — średnia długość włókien w klasie i ,
- n — liczba klas.

Wielu badaczy [10, 16, 20, 23] uważa jednak, że średnia wartość w niedostatecznym stopniu charakteryzuje długość włókien i proponuje zastąpienie tego wskaźnika rozkładem długości włókien.

W celu dokładniejszego scharakteryzowania długości włókien, z uwzględnieniem udziału włókien o różnych długościach, stosuje się histogramy:

- a) procentowego rozkładu liczby włókien,
- b) procentowego rozkładu sumarycznej długości włókien.

Zarówno w kontroli procesu mielenia, jak i w badaniach naukowych uwzględniać należy raczej średnią ważoną długości włókien i procentowy rozkład sumarycznej długości włókien. Wskaźniki te lepiej odzwierciedlają rzeczywistą charakterystykę włókien i nie ulegają zniekształceniu w związku z powstawaniem drobnej ilości (nie liczby) bardzo krótkich elementów [3].

Aczkolwiek histogramy rozkładu długości włókien najdokładniej charakteryzują ich długość, na ogół wystarcza stosowanie wskaźników średniej długości włókien. W praktyce więc histogramy rozkładu długości włókien stanowią cenne uzupełnienie w pracach badawczych, a także w uzasadnionych przypadkach — w praktyce przemysłowej.

Metody pomiaru długości włókien można podzielić na:

- metody oparte na zasadzie frakcjonowania włókien,
- metody projekcyjne,
- metody przepływowe.

METODY OPARTE NA ZASADZIE FRAKCJOWANIA WŁÓKIEN

Metody te polegają na rozfrakcjonowaniu włókien na kilka lub kilkanaście klas na sitach o różnej średnicy oczek, przy czym wagowe udziały frakcji zatrzymanych na poszczególnych sitach są miarą rozkładu długości włókien. Jest to zasada dość dowolna, gdyż przez sortowanie masy włóknistej na sitach nie można dokładnie rozfrakcjonować włókien według ich długości, ponieważ na proces sortowania wpływa także giętkość włókien i ich średnica. W celu otrzymania bardziej dokładnych wyników opracowano matematyczne zależności [1, 6, 20], pozwalające z dużą dokładnością określić rozkład długości włókien w badanej masie w oparciu o udziały wagowe masy zatrzymanej na sitach o określonej średnicy oczek. W najprostszym przypadku, sortowanie można przeprowadzić w aparacie HS lub dokładniej — w sortownikach Bauera-McNetta, Clarka, firmy Defibrator, które pozwalają rozfrakcjonować masę na 5 frakcji.

Metody oparte na zasadzie frakcjonowania charakteryzują się dużą czasochłonnością, wynikającą z konieczności rozdzielania masy, a następnie suszenia i ważenia poszczególnych frakcji. Tym niemniej, mogą one znaleźć zastosowanie w warunkach przemysłowych do okresowej kontroli jakości masy. W związku z tym (metoda frakcjonowania w zastosowaniu do określenia średniej długości włókien jest objęta normami skandynawskimi [8] i amerykańskimi [7]).

METODY PROJEKCYJNE

Metody projekcyjne polegają na rzutowaniu powiększonych obrazów preparatów mas włóknistych na ekran i określaniu długości włókien metodą bezpośredniego pomiaru lub metodą pośrednią, opartą na rachunku statystycznym.

Metody projekcyjne bezpośrednie pozwalają oznaczyć histogram długości włókien oraz średnią arytmetyczną i geometryczną. Z tych powodów stosowane są głównie w pracach badawczych.

Pomiar długości poszczególnych włókien na ekranie urządzenia pro-

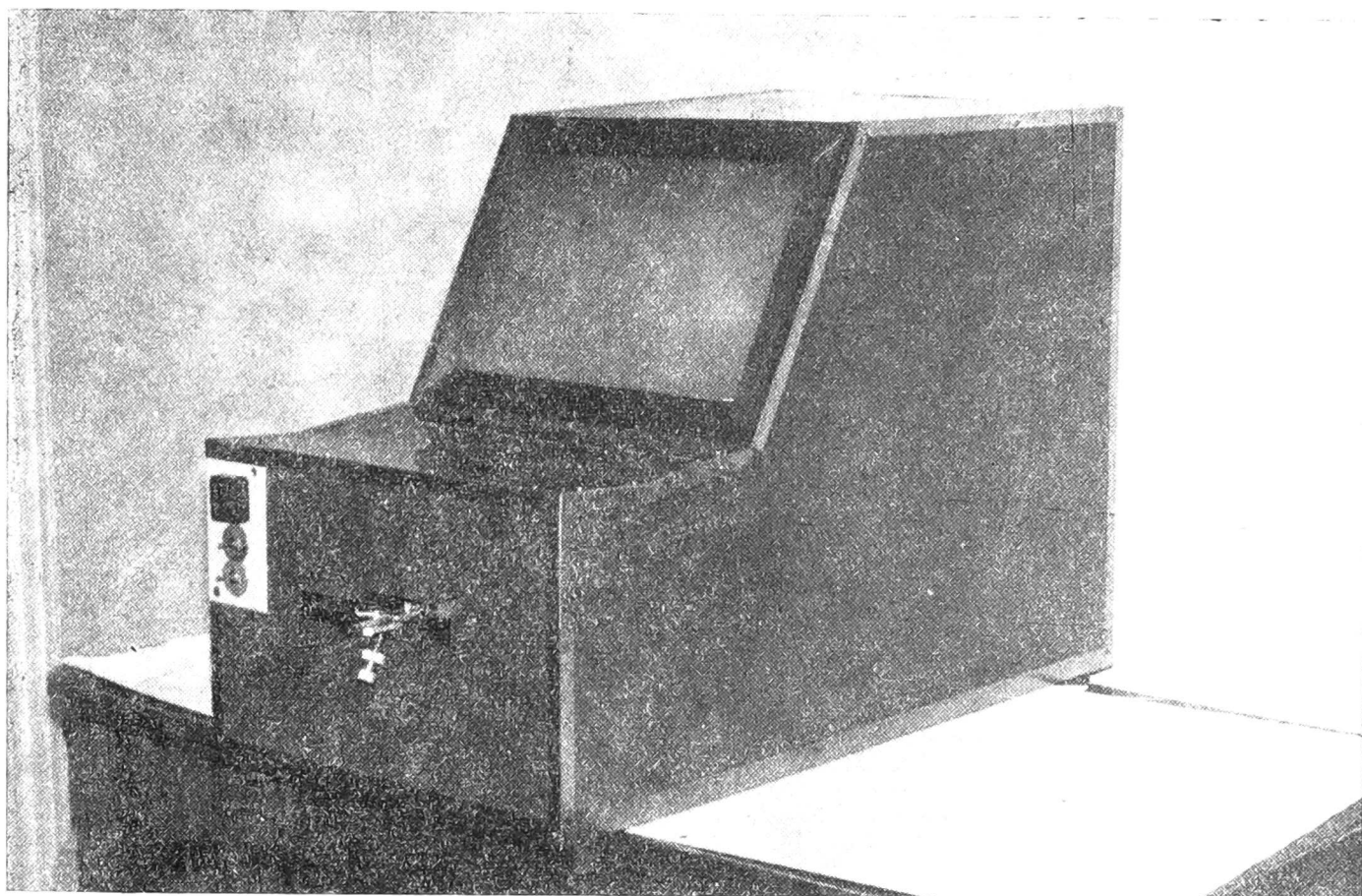
jekcyjnego odbywa się różnymi metodami, począwszy od najprostszej, polegającej na pomiarze długości włókien zwykłą miarką [17]. Metoda ta jest niezmiernie żmudna i pracochłonna, gdyż szybkość pomiarów na jednego pracownika wynosi ok. 75 włókien na 1 godz. Poza tym, ze względu na skędzierzawienie włókien, pomiar taki obarczony jest stosunkowo dużym błędem. Błąd ten można wyeliminować przez zastąpienie miarki krzywomierzem [15], lecz pozostaje czasochłonna praca grupowania odczytów w klasy i przeprowadzania dalszych obliczeń.

W celu zwiększenia dokładności wyników i zmniejszenia pracochłonności pomiarów opracowano urządzenia elektromechaniczne. W urządzeniach tych impulsy z czujnika, którym wodzi się po ekranie urządzenia projekcyjnego wzdłuż obrazu włókien, segregowane są, w zależności od długości włókien, na klasy. Po zakończeniu pomiaru uzyskuje się bezpośrednio liczbę mierzonych włókien oraz sumaryczną długość włókien.

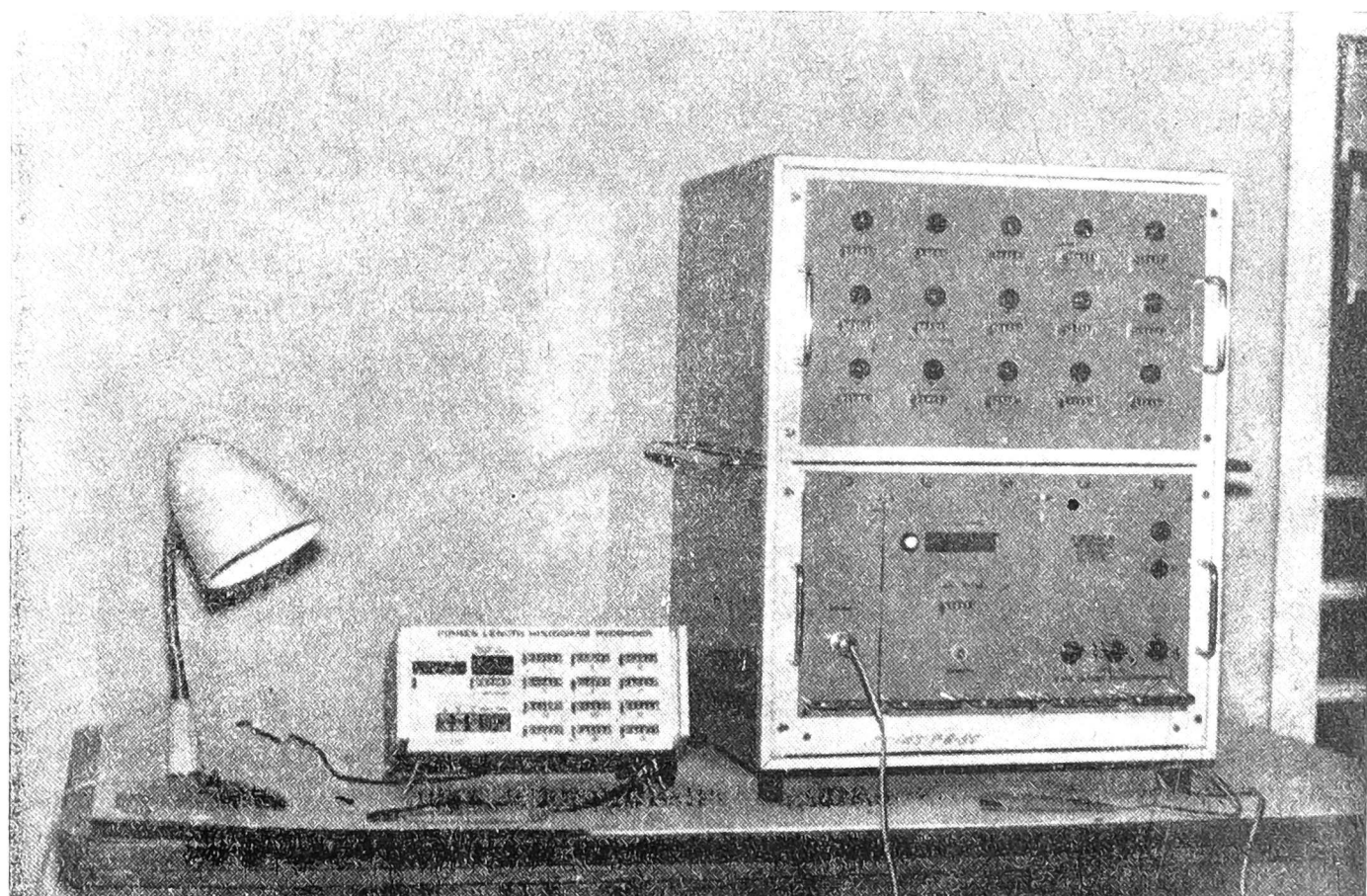
Pierwszym aparatem tego typu był przyrząd opracowany w 1956 r. przez Neumana [2, 19], segregujący włókna na 4 klasy długości. Opracowane następnie aparaty tego typu różniły się rozwiązaniami konstrukcyjnymi, dokładnością pomiaru i liczbą klas. I tak np. aparat skonstruowany w fińskim Centralnym Laboratorium Papierniczym [10, 11] pozwala na klasyfikowanie długości w 28 klasach, aparat skonstruowany w holenderskim Instytucie Włókien w Delft [18] uwzględniał 11 klas, aparat skonstruowany przez E. i E. W. Ungerów [22, 23] — 20 klas, a Fibrometer Sugdena [21] — 10 klas.

W 1970 r. Instytut Papiernictwa i Maszyn Papierniczych oraz Instytut Elektrotechniki Politechniki Łódzkiej przystąpiły do opracowania założeń i budowy aparatu do pomiaru rozkładu i średniej długości włókien papierniczych mas włóknistych. Prace skupiły się na opracowaniu odpowiedniego urządzenia projekcyjnego (rys. 1) oraz elektronicznego rejestratora (rys. 2). Opracowane urządzenie projekcyjne pozwala na otrzymywanie obrazów badanych preparatów przy 40-krotnym powiększeniu. Do tego powiększenia dostosowano również elektroniczny rejestrator. Od 1970 r. zbudowano 4 egzemplarze tego aparatu, z których 2 znalazły zastosowanie w przemysłowych laboratoriach badawczych, 2 natomiast poddawane są próbom w naszym Instytucie. Liczba klas w powyższych aparatach wynosi od 8 do 16. Pierwsze 3 egzemplarze zbudowano na obwodach tranzystorowych, ostatni natomiast — w oparciu o obwody scalone. Pozwoliło to znacznie zmniejszyć gabaryty aparatu oraz wielokrotnie zwiększyć jego niezawodność.

Przed przystąpieniem do pomiaru przygotowuje się preparaty mikroskopowe, które zostają powiększane 40-krotnie w urządzeniu projekcyjnym. Technika pomiarowa polega na wodzeniu czujnikiem po obrazie włókna (rys. 3), przy czym jest obojętne, czy przesuwamy go „w przód” czy „w tył”. Każdorazowo po zakończeniu przesuwania należy nacisnąć



Rys. 1. Urządzenie projekcyjne



Rys. 2. Rejestratory histogramu długości włókien



Rys. 3. Oznaczanie długości włókien metodą projekcyjną z wykorzystaniem elektronicznego rejestratora histogramu długości włókien

przycisk znajdujący się na czujniku, co powoduje zakwalifikowanie wyniku do odpowiedniej klasy rejestru. Po zmierzeniu kolejnej liczby włókien można odczytać:

- liczbę mierzonych włókien,
- sumaryczną długość mierzonych włókien,
- liczbę włókien w poszczególnych klasach w jednym z trzech zaprogramowanych rozkładów (A, B, C).

Aparat posiada dodatkowo licznik, który nastawia się na żadaną liczbę mierzonych włókien. Po przekroczeniu ustalonej liczby pomiarów włącza się sygnał akustyczny. Opracowana jest też przystawka do obliczania średniej arytmetycznej i ważonej długości włókien. Przyczyni się to wydawnie do szybszego otrzymania wyniku, a więc do szerszego stosowania aparatu w kontroli ruchowej.

Opracowane w naszym Instytucie urządzenie projekcyjne znajduje zastosowanie również do oznaczania średniej długości włókien metodą projekcyjną pośrednią. Metoda ta, oparta na teorii prawdopodobieństwa, polega na oznaczaniu średniej długości włókien na podstawie liczby włókien znajdujących się wewnątrz specjalnej figury umieszczonej na ekranie, na który rzutowany jest obraz preparatu, oraz liczby włókien przecinających obwód tej figury. Sposoby wykonania pomiarów i obliczania wyników zostały zaproponowane przez Kilppera [12, 13] i Kanela [14] oraz Clarka [4, 5]. Metoda ta jest przedmiotem normy TAPPI T-232 su 64.

METODA PRZEPLYWOWA

Przedstawione powyżej projekcyjne metody pomiaru długości włókien charakteryzują się znaczną praco- i czaso- chłonnością, co ogranicza ich zastosowanie w bieżącej kontroli przemysłowej. Dzięki rozwojowi elektroniki oraz techniki laserowej podejmowane są próby opracowania aparatu do ciągłego pomiaru długości włókien w zawieszynie. Metody te opierają się na pomiarze czasu przepływu poszczególnych włókien przez określony przekrój kapilarny, przy znanej prędkości przepływu zawiesiny; ponieważ czas przepływu jest proporcjonalny do długości włókna, uzyskuje się tą drogą informacje o długości badanych włókien.

W metodzie tej rozcieńczona zawieszyna włókien przepływa ruchem laminarnym przez przezroczystą rurę prześwietlaną prostopadle strumieniem światła (pochodzącego na ogół z lasera). Przepływające włókna osłabiają strumień światła; czas osłabienia strumienia jest miarą długości włókien, natomiast stopień osłabienia — miarą ich szerokości.

Zmiany te analizowane są i rejestrowane w specjalnie zaprojektowanym układzie elektronicznym, który w ciągu kilku minut może przeanalizować od kilku do kilkuset tysięcy włókien.

Metoda przepływowa znajduje się obecnie w stadium intensywnych badań [9]. Również w naszej Uczelni podjęto prace w tym kierunku; elektroniczne urządzenie rejestrujące, wykorzystywane obecnie w metodzie projekcyjnej, przystosowane jest również do analizowania i rejestrowania długości włókien w metodzie przepływowej. Obecnie prowadzone są badania nad opracowywaniem odpowiedniego układu hydraulicznego oraz nad doborem optymalnego źródła i detektora promieniowania.

LITERATURA

1. Anderssen O., Bartok W.: Svensk Papperstidn. 58, nr 10, 367, 1955.
2. Brecht W., Volk W.: Papier 12 nr 9/10, 196, 1958.
3. Clark J. d'A.: Tappi 38, nr 11, 702, 1955.
4. Clark J. d'A.: Tappi 45, nr 1, 38, 1962.
5. Clark J. d'A.: Tappi 45, nr 2, 167, 1962.
6. Edgerton D. S.: Tappi 39, nr 3, 171A, 1956.
7. Edgerton D. S.: Tappi 46, nr 12, 135A, 1963.
8. Edgerton D. S.: Norsk Skogindustri 23, nr 5, 159 1969.
9. Hill J., Nordman B., Stoskman I.: Kilka nowych metod oznaczania wymiarów włókien, stężenia i podatności na flokulację. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej SIITPP, Kraków 20-22 IX 1972 r.
10. Ilvessalo M. S.: Paperi ja Puu, 38, nr 9, 443, 1956.
11. Ilvessalo M. S.: Alfthan G.: Papper och Trä, 39, nr 11, 509, 1957.
12. Kilper W.: Wbl. Papierfabr. 77, nr 6, 160, 1949.
13. Kilper W.: Papier 3, nr 17/18, 342, 1949.
14. Kane M. W.: Tappi 39, nr 7, 478, 1956.
15. Korda J., Linbar Z.: Papir Celuloza 12, nr 11, 242, 1957.

16. Michajłow W. P., Petersen J. F.; *Bumaż. Prom.*, 44, nr 3, 6, 1969.
17. Modrzejewski K.: *Prz. papiern.* 26, nr 3, 106, 1970.
18. Nederveen G., Westra H. A.: *Papierwereld* 14, nr 1, 337 1959.
19. Neuman O.: *Patent DBR*, nr 1003960, 1956.
20. Skalicky C., Sochan P.: *Papir Celuloza* 22, nr 3, 9, 1967.
21. Sugden E.: *Pulp Paper Mag. Can.* 69, nr 22, 71, 1968.
22. Unger E., Unger E. W.: *Zellstoff Papier* 12, nr 1, 4, 1963.
23. Unger E., Unger E. W.: *Zellstoff Papier* 12, nr 2, 40, 1963.

К. Прибыш

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН

Резюме

Приведены результаты собственных концепционных работ, которых целью было определение оптимальной конструкции измерительной установки для быстрого и точного замера длины целлюлозных волокон, одного из основных свойств волокнистой массы. Представлен аппарат, состоящий из оптической и электронной частей, спроектированный и изготовленный совместно с Институтом электроники Лодзинского политехнического института, служащий для получения увеличенного изображения волокон на стеклянном экране и позволяющий — с применением соответствующего датчика — измерять длину и соответственно классифицировать отдельные волокна. Сконструированная установка позволяет быстро и точно определить среднюю длину волокон, а также распределение длины волокон в различных видах волокнистой массы.

K. Przybysz

MODERN METHOD OF THE DETERMINATION OF THE LENGTH AND FRACTIONAL COMPOSITION OF CELLULOSE FIBRES

Summary

Technical realization of autor's conceptional work is presented in the paper. The aim was to find the optimal construction of measuring apparatus for rapid and precise determination of cellulose fibres length which is one of fundamental properties of fibrous materials. Apparatus presented consisting of optical and electronic parts, designed and constructed jointly with Electronics Institute, Technical University, Łódź. Described device is intended for obtaining enlarged picture of fibres on glass screen. By means of special indicator, measurement of individual fiber length and its proper classification can be carried out. The constructed apparatus makes it possible to rapid and precise determination of mean fiber length and distribution of fiber length in different kinds of pulps.