

ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

КАТЕДРА "ТЕКСТИЛ И КОЖИ"

Доц. д-р инж. Николай СИМЕОНОВ

**МАШИНИ И АПАРАТИ ЗА
ПРОИЗВОДСТВО И ПРЕРАБОТКА НА
ВЛАКНА И ТЕКСТИЛНИ МАТЕРИАЛИ**

ЧАСТ 1

София, 2003 година

**Машини и апарати за производство и преработка на
влакна и текстилни материали**

Част 1
учебник

Николай Симеонов, автор

Издател – ХТМУ –София
Предпечатна подготовка – УКЦ при ХТМУ
Печат – УКЦ при ХТМУ

ISBN 954–8954–36–2

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

Въведение	5
Международна система за мерни единици Si.....	6
Глава 1. Общи разчети	11
1.1. Определяне на финеса на влакната	11
1.2. Определяне на здравината на влакната	17
Глава 2. Технологични изчисления при производството на вискозни влакна	20
2.1. Изчисляване на относителния разход на целулоза при производството на вискозни влакна	23
2.2. Изчисляване на производителността на рамков диализатор	38
2.3. Изчисляване на производителността на лентъчен транспортър за предсъзряване на алкална целулоза	42
2.4. Технологични изчисления при ксантогениране и разтваряне на ксантогената	44
2.5. Технологични изчисления при подготовката на вискозата за формуване	52
2.6. Технологични изчисления при формуване	58
2.7. Технологични изчисления при облагородяване на вискозни влакна и коприни	80
Глава 3. Технологични изчисления при производството на ацетатни влакна	85
Глава 4. Технологични изчисления при производството на полиамидни влакна.....	90
4.1. Технологични разчети при производството на ПКА-влакна	91

4.2. Технологични изчисления на оборудването за полимеризация и формуване на ПКА-влакна	94
4.3. Технологични изчисления при дообработката на полиамидна коприна	98
4.4. Технологични изчисления при дообработката на полиамидна кордна коприна /ПА-корд/	101
Глава 5. Технологични изчисления при производството на полиестерни влакна.....	106
5.1. Технологични разчети при производството на полиестерни влакна	107
5.2. Изчисление производителността на апаратите за преестерификация и поликондензация	113
5.3. Технологични изчисления при производството на полиестерна коприна.....	114
5.4. Технологични изчисления при производството на полиестерни щапелни влакна	116
Глава 6. Технологични изчисления при производството на полиакрилонитрилни влакна	122
Литература	143

ВЪВЕДЕНИЕ

Развитието на промишлеността за производство на химични влакна е съпроводено с постоянно обновяване и усъвършенстване на технологията и апаратурата, в която се осъществяват отделните технологични процеси. Това поставя пред инженерно-техническия персонал на заводите необходимостта от провеждането на разнообразни разчети за определяне производителността на апаратите, разхода на химикали, вода и пара, различни технологични настройки и др.

Настоящите записки съдържат примерни материални технологични и апаратурни разчети. Независимо от примерния характер на разчетите, използваните за тях данни и коефициенти отговарят на реалните стойности за съответните технологични процеси и апарати.

Част от разчетите се явяват общи за всички видове химични влакна и са отделени в самостоятелна глава.

Специфичните технологични разчети се разглеждат в съответни глави, посветени на конкретните видове произвеждани химични влакна

Разчетите в по-голямата си част са приблизителни, поради което са възприети някои допускания, позволяващи значително да се съкрати трудоемкостта на пресмятанията.

Изложените в записките разчети служат основно за запознаване с методите на осъществяването им, а не за решаване на конкретни производствени задачи.

МЕЖДУНАРОДНА СИСТЕМА ЗА МЕРНИ ЕДИНИЦИ SI

Международната система мерни единици SI (Le Systeme international d'Unites) е утвърдена от XI генерална конференция по мерки и теглилки през 1960г. У нас е въведена през 1979г. с БДС 3952-79. От тогава тя е задължителна за всички области на науката, образованието и практиката. Системата SI се основава на 7 основни и 2 допълнителни единици:

Основни и допълнителни единици на системата SI

Означение	Величина	Единица	
		межд.	бълг.
време	секунда	s	с
дължина	метър	m	м
количество вещество	мол	mol	мол
маса	килограм	kg	кг
големина на електричен ток	ампер	A	А
термодинамична температура	келвин	K	К
интензитет на светлината	кандела	cd	кд
равнинен ъгъл	радиан	rad	рад
пространствен ъгъл	стерадиан	sr	ср

Наред с тях могат да се използват и единиците: тон (t, т); литър (l, л); минута (min, мин); час (h, ч); денонощие (d, д); година; век; за равнинен ъгъл - градус ($^{\circ}$), минута ($'$) и секунда ($''$); диоптър (дптр) и градус Целзий ($^{\circ}\text{C}$). Разрешени са също относителните и логаритмичните единици: процент, промил, милионна част (ppm, мил $^{-1}$), бел (B, Б) и др.

Съгласно препоръките на Международния комитет за мерки и теглилки (International Committee for Weights and Measures, Comite International des Poids et Mesures), допустима е употребата на следните единици:

Допустими извънсистемни единици

Наименование	Символ	Стойност в SI единици
минута (време)	min	1 min = 60 s
час	h	1 h = 60 min = 3600 s
денонощие	d	1 d = 24 h = 86 400 s
градус (ъгъл)	°	$1^{\circ} = (\pi / 180) \text{ rad}$
минута (ъгъл)	'	$1' = (1/60)^{\circ} = (\pi / 10800) \text{ rad}$
секунда (ъгъл)	"	$1'' = (1/60)' = (\pi / 648000) \text{ rad}$
литър	L, l	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
тон	t	1 t = 10 ³ kg
електронволт	eV	1 eV = 1,602 18 x 10 ⁻¹⁹ J
астрономическа единица	ua	1 ua = 1,495 98 x 10 ¹¹ m

Допустима е употребата и на единиците от таблицата по-долу, но в текста задължително трябва да се указва в скоби стойността в SI единици.

Условно допустими извънсистемни единици

Наименование	Символ	Стойност в SI единици
морска миля	nmi	$1 \text{ nmi} = 1852 \text{ m}$
възел (knot)	kn	$1 \text{ nmi per hour} = (1852/3600) \text{ m/s}$
ар	a	$1 \text{ a} = 1 \text{ dam}^2 = 10^2 \text{ m}^2$
хектар	ha	$1 \text{ ha} = 1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$
бар	bar	$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa} = 1000 \text{ hPa} = 10^5 \text{ Pa}$
ангстрьом	Å	$1 \text{ Å} = 0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$
барн	b	$1 \text{ b} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$
кюри	Ci	$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
рентген	R	$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
рад	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ cGy} = 10^{-2} \text{ Gy}$
рем	rem	$1 \text{ rem} = 1 \text{ cSv} = 10^{-2} \text{ Sv}$

**Множители и представки за образуване на
кратни и дробни единици**

Множител	Представка	Означение	
		межд.	бълг.
$10^{24} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$	йота	Y	Й
$10^{21} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$	зета	Z	З
$10^{18} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000$	екса	E	Е
$10^{15} = 1\,000\,000\,000\,000\,000$	пета	P	П
$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$	тера	T	Т
$10^9 = 1\,000\,000\,000$	гига	G	Г
$10^6 = 1\,000\,000$	мега	M	М
$10^3 = 1\,000$	кило	k	к
$10^2 = 100$	хекто	h	х
$10^1 = 10$	дека	da	дк
$10^{-1} = 0,1$	деци	d	д
$10^{-2} = 0,01$	санتي	c	с
$10^{-3} = 0,001$	мили	m	м
$10^{-6} = 0,000\,001$	микро	μ	мк
$10^{-9} = 0,000\,000\,001$	нано	n	н
$10^{-12} = 0,000\,000\,000\,001$	пико	p	п
$10^{-15} = 0,000\,000\,000\,000\,001$	фемто	f	ф
$10^{-18} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,001$	ато	a	а
$10^{-21} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,001$	зепто	z	з
$10^{-24} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,001$	йокто	y	й

Правилно е означенията на единиците (напр. mm) да се наричат символи, а не съкращения. Те са български и международни. Първите се допускат само в научнопопулярната литература, във всекидневния печат и в документация, която няма да се издава като печатно произведение (история на заболяване, епикриза и др.). За научната литература са задължителни международните означения.

Основните правила за ползване на системата SI са:

1. В съответствие със системата SI знакът за умножение е точка, а десетичен знак е запетая (в англоезичните страни десетичният знак е точка).
2. В многоцифрени числа за отделяне на групи от по три цифри се използва свободен интервал (например 34 673 320).
3. Когато името на единицата произхожда от фамилията на учен, първата буква на наименованието ѝ се пише с главна буква (например Pa - от Паскал, Hz - от херц).
4. Останалите единици и техните символи се пишат с малка буква, освен в началото на изречението (g, m, km/h). Има само едно изключение. Правилното съкратено обозначение на литър е "l". Графичните образи на малката латинска буква "l" и на цифрата "1" са сходни, което може да бъде източник на грешки. Затова Международният комитет за мерки и теглилки от 1979 г. препоръчва по изключение употребата на голямата латинска буква "L".
5. Символите на представките за дробните производни единици се пишат с малка буква - напр. kg, nm. Представките и символите на кратните единици дека-, хекто- и кило- също се пишат с малка буква - напр. kg, hl или hL. При останалите кратни единици се пише главна буква. Правилно: MHz, неправилно: mhz, mHz.
6. След символа на мерната единица точка не се поставя, освен в края на изречението. Между символа и предхождащата го цифра задължително се оставя интервал (шпация). Правилно: 12 mm, 4,25 kg, 80 °C.
7. Вместо "квадратен" и "кубичен" ("sq" и "cu") правилно е след символа да се постави степенен показател 2 или 3 (superscript). Вместо приетото в англоезичните страни "p" (per) правилно е поставянето на наклонена черта "/"; не "kmph", а "km/h".

Глава 1. ОБЩИ РАЗЧЕТИ

Към общите разчети са включени определяне финеса на влакната или на нишките, и определяне здравината им при разрив.

1.1. Определяне финеса на влакната

Определянето на размера на химичните влакна предизвиква значителни затруднения, тъй като обикновено формата на напречното им сечение не е кръгла. Това важи особено за влакната, формувани от полимерни разтвори. Върху формата на напречното сечение на влакната оказват влияние не само условията на формуването им, но и условията на облагородяване и сушене.

Трябва да се има предвид, че влакната с кръгло напречно сечение при равни други условия имат по-ниска устойчивост към разкъсване и мачкане, отколкото влакната с некръгло напречно сечение.

Практически може да се приеме, че напречното сечение на влакната и нишките не се променя по дължината им.

Според БДС и международните стандарти, линейната плътност (финеса) на влакната и нишките се измерва в "текс" [T_T]. Текс представлява масата в грамове (г) на влакна или нишки, имащи дължина 1000 метра.

Линейната плътност се дава с формулата:

$$T_T = \frac{1000 \cdot m}{l},$$

където:

m – масата на влакната или нишките в г;

l – дължината на влакната или нишките в м.

Ако масата на 1000 м влакна или нишки представлява 1 грам, то линейната плътност $T_T = 1$ текс.

Ако е известна линейната плътност на влакната или нишките в "текс", площта на напречното сечение F (в мкм^2) се определя по формулата:

$$F = \frac{T_T \cdot 10^6}{\rho},$$

където:

ρ –плътността на влакната, кг/м^3 .

От формулата следва, че при равни други условия, площта на напречното сечение на влакната или нишките зависи от плътността. При линейна плътност 1 текс, площта на напречното сечение F (в мкм^2) представлява:

$$F = \frac{10^6}{\rho}$$

За вискозните влакна и нишки с плътност 1515 кг/м^3 и линейна плътност 1 текс, площта на напречното им сечение ще бъде:

$$F = \frac{10^6}{1515} = 660 \text{ мкм}^2$$

За поликапроамидните влакна и нишки с плътност 1150 кг/м^3

$$F = \frac{10^6}{1150} = 869,6 \text{ мкм}^2$$

За полипропиленовите влакна и нишки с плътност 930 кг/м^3

$$F = \frac{10^6}{930} = 1075,3 \text{ мкм}^2$$

Когато е известна площта на напречното сечение на влакната или нишките при линейна плътност = 1 текс, лесно може да бъде определена площта на напречното им сечение при всяка друга линейна плътност. Така например площта на напречното сечение на вискозни влакна с линейна плътност $T_T = 0,3$ текс е равна на:

$$660 \cdot 0,3 = 198 \text{ мкм}^2$$

За определяне на средните условни диаметри на влакната приемаме, че напречното им сечение има кръгла форма.

Тогава

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,785 \cdot D^2,$$

откъдето условният диаметър D в мкм е равен на:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785}}$$

Например условният диаметър на вискозни влакна с линейна плътност $T_T = 0,4$ текс е равен на:

$$D = \sqrt{\frac{660 \cdot 0,4}{0,785}} = 18,34 \text{ мкм}$$

За изразяване на линейната плътност на химичните влакна и нишки освен текс (T_T) се използват още единиците дение (T_D) и номер метричен (N_M).

Линейната плътност в дение T_D (г/м) е равна на:

$$T_D = \frac{9000 \cdot m}{l}$$

Ако масата на 9000 м влакна или нишки е 1 г, то дебелината им е равна на 1 дение.

Номер метричен на влакната или нишките N_M (в м/г) се определя по формулата:

$$N_M = \frac{l}{m}$$

Ако масата на 1 м влакна или нишки е 1 г, то линейната им плътност е равна на номер метричен 1.

От формулите следва, че връзката между двете единици е:

$$N_M \cdot T_D = 9000$$

$$\text{или} \quad T_D = \frac{9000}{N_M} \quad \text{и} \quad N_M = \frac{9000}{T_D},$$

т.е. линейната плътност, изразена в дение, е равна на $9000 / N_M$, а номер метричен е равен на $9000 / T_D$

Така също

$$N_M \cdot T_T = 1000$$

$$\text{или} \quad N_M = \frac{1000}{T_T} \quad \text{и} \quad T_T = \frac{1000}{N_M}$$

За преминаване от линейна плътност, изразена в текс [T_T], в дение [T_D], се използват формулите:

$$T_T = \frac{T_D}{9} \quad \text{и} \quad T_D = 9 \cdot T_T$$

Използвайки тези формули, получаваме следните зависимости за определяне площта на напречното сечение F в мкм^2 :

$$F = \frac{10^9}{N_M \cdot \rho} = \frac{10^6 \cdot T_D}{\rho \cdot 9}$$

В табл. 1 са отразени площите на напречните сечения на някои най-често използвани влакна и нишки.

Табл. 1

Видове влакна	плътност	площ на напречното сечение на влакната, мкм^2	
		при $T_T = 1$ текс	при $T_D = 1$ дение
	кг/м^3	мкм^2	
Полипропиленови	920	1087	120,8
Полиетиленови	950	1052	117,0
Поликапроамидни	1140	877	97,3
полихексаметиленадипин-амидни	1140	877	97,3
Полиакрилонитрилни	1180	850	94,4
Поливинилалкохолни	1280	781	86,7
Диацетатни	1320	758	84,1
Триацетатни	1320	758	84,1
Вълна	1320	758	84,1
Полиетиленгликолтерeftалатни	1380	730	81,1
Коприна сурова	1350	741	82,3
Поливинилхлоридни	1380	730	81,1
Перхлорвинилови	1440	694	77,0
Вискозни	1500	658	73,0
Медноамонячни	1520	658	73,0
Стъклени	2600	384	42,7
Стоманена нишка	7800	128	14,2

Пример 1. Да се определи линейната плътност в текс и дение на елементарните влакна от комплексна нишка при следните изходни данни:

номер метричен N_M – 86
брой на елементарните нишки – 40

Р е ш е н и е

Линейната плътност на комплексната нишка, изразена в текс, е равна на:

$$T_T = \frac{1000}{N_M} = \frac{1000}{86} = 11,62 \text{ текс}$$

Линейната плътност на елементарните влакна в текс ще бъде:

$$T_T = \frac{11,62}{40} = 0,29 \text{ текс}$$

Линейната плътност на комплексната нишка в дение е:

$$T_D = \frac{9000}{N_M} = \frac{9000}{86} = 104,65 \text{ дение}$$

Линейната плътност на елементарните влакна в дение е:

$$T_D = \frac{104,65}{40} = 2,62 \text{ дение}$$

Пример 2. Да се определи напречното сечение и условия диаметър на полиетиленгликолтерефталатни влакна при следните изходни данни:

линейна плътност на комплексната нишка, дение	– 45
брой на елементарните влакна	– 30
плътност на влакната, кг/м ³	– 1340

Р е ш е н и е

Площта на напречното сечение на влакната, когато линейната им плътност е изразена в дение, се изчислява по формулата:

$$F = \frac{10^6 \cdot T_D}{9 \cdot \rho}$$

Първоначално се определя линейната плътност на елементарните влакна:

$$T_D = \frac{45}{30} = 1,5 \text{ дение}$$

Тогава площта на напречното сечение е:

$$F = \frac{10^6 \cdot 1,5}{1340 \cdot 9} = 124,38 \text{ мкм}^2$$

Условният диаметър е равен на:

$$D = \sqrt{\frac{124,38}{0,785}} = 12,58 \text{ мкм}$$

Пример 3. Да се определи условият диаметър на елементарните влакна след ориентационно изтегляне на комплексна полиамидна нишка на пресукващо-изтеглителна машина при следните изходни данни:

линейна плътност на комплексната нишка преди изтеглянето, текс	– 36,4
брой на влакната в комплексната нишка	– 28
степен на ориентационно изтегляне	– 3,5
плътност на полиамидните влакна, кг/м ³	– 1130

Р е ш е н и е

Линейната плътност на изтеглената комплексна нишка е:

$$T_T = \frac{36,4}{3,5} = 10,4 \text{ текс}$$

Линейната плътност на елементарните влакна след изтегляне е:

$$T_T = \frac{10,4}{28} = 0,372 \text{ текс}$$

Площта на напречното сечение на елементарната нишка е:

$$F_{\text{ЕЛ}} = \frac{T_T \cdot 10^6}{\rho} = \frac{0,372 \cdot 10^6}{1130} = 329,2 \text{ мкм}^2$$

Условният диаметър на елементарната нишка е равен на:

$$D_{\text{ЕЛ}} = \sqrt{\frac{329,2}{0,785}} = 20,48 \text{ мкм}$$

Пример 4. Да се определи условният диаметър на комплексна вискозна нишка при следните изходни данни:

линейна плътност на вискозната нишка, Nm	– 150
плътност на вискозните нишки, кг/м ³	– 1530

Р е ш е н и е

За да се определи условният диаметър, необходимо е да се определи първоначално площта на напречното сечение:

$$F = \frac{10^9}{N_m \cdot \rho} = \frac{10^9}{150 \cdot 1530} = \frac{10^7}{15 \cdot 153} = 4357,3 \text{ мкм}^2$$

Условният диаметър е:

$$D = \sqrt{\frac{4357,3}{0,785}} = 74,5 \text{ мкм}$$

1.2. Определяне здравината на влакната

Влакната, които се използват за изготвяне на текстилни и технически изделия, трябва да притежават определени свойства. Едно от най-важните от тях е здравината им.

В съответствие със съвременните теоретични възгледи здравина на разрив не съществува, тъй като здравината зависи от продължителността на приложеното натоварване. Ето защо е правилно да се употребява понятието "дълговечност". За повечето химични влакна, в рамките на обичайно използваните скорости на деформация, продължителността на натоварването на образците практически не влияе върху дълговечността им. Затова в практиката се използва общоприетия термин здравина.

Здравината на влакната и нишките се измерва в нютони за текс [Н/текс] или в грам-сила за текс [гс/текс].

По-рано здравината на химичните влакна се е измервала в разривни километри [ркм]. В този случай здравината се характеризира с дължината на влакната (в км), при която те се разкъсват от собствената си тежест.

В литературата широко се използва за отразяване на здравината на влакната и нишките единицата гс/дене. За изразяване здравината на влакната в гс/дене, разривното усилие (в гс) се разделя на линейната плътност на влакната, изразена в дене.

Ако е известно разривното усилие P (в кгс), и площта на напречното сечение F (в мм^2), то здравината на влакната p (в кгс/мм^2) се определя от

израза:

$$p = \frac{P}{1000 \cdot F}$$

Ако заместим F с:

$$F = \frac{m}{l \cdot \rho},$$

където:

m – масата на влакната, кг

l – дължината на влакната, м

ρ – плътност на влакната, кг/м^3 ,

получаваме

$$p = \frac{P \cdot l \cdot \rho}{1000 \cdot m},$$

но

$$\frac{l}{1000 \cdot m} = \frac{1}{T_T},$$

следователно

$$p = \frac{P \cdot \rho}{T_T}, \text{ кгс/мм}^2$$