

FTAMP 64.33.81

Т.Н. Сулейменова¹ – негізгі автор, | ©
Н.М. Көбеева², Н.А. Бекбергенова³



¹Техн. ғылым. канд., ^{2,3}Магистрант

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0000-5362-3621>



^{1,2,3}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті,



Шымкент қ., Қазақстан



¹suleimenovatigu@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/VXKM1876>

ТАЛШЫҚТЫ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ

Аңдатпа. Мақалада тоқыма өндірісінде кеңінен қолданылатын көптоннажды талшықты материалдардың құрылым ерекшеліктері, өндіру барысындағы технологиялық үрдістердің жағдайына байланысты құрылымы мен қасиеттерінің өзара байланыстылығы қарастырылады. Шикізат тәрізіне, талшықты материалдарды қалыптау әдісіне байланысты талшықтар мен жіптерде пайда болатын ақауларға, кеуектерге сипаттама беріледі. Балқыма, ерінді әдістермен қалыптасатын талшықты материалдардың өндіру тәсілдеріне байланысты сапалық көрсеткіштеріне сипаттама беріледі.

Мақалада талшықты материалдардың технологиялық үрдістері жіптердің әртүрлі ұзындықта өтетіндігі айтылады. Қасиет көрсеткіштерін анықтайтын әдістер қарастыру керектігі айтылады. Белгілі бір ұзындықта анықталатын көрсеткіштердің жұмыс жағдайын келтіретін есептемелер қажет етіледі. Қасиеттер көрсеткіштерін анықтайтын әдістер қарастыру қажеттілігі айтылады. Қарастырылатын әдістер технологиялық сатыларды имитация жасайтын, мүнкіндігінше технологиялық үрдістерге жақын болуы тиіс екендігін білдіріледі.

Тірек сөздер: талшық құраушы полимер, талшық, жіптер, ақаулар, кеуектер, қасиет.



Сулейменова, Т.Н. Талшықты материалдардың құрылымы мен қасиеттерінің өзара байланысы [Мәтін] / Т.Н. Сулейменова, Н.М. Көбеева, Н.А. Бекбергенова // *Механика және технологиялар / Ғылыми журнал.* – 2024. – №3(85). – Б.416-422. <https://doi.org/10.55956/VXKM1876>

Кіріспе. Бүгінде бастапқы полимерлер түрлері мен құрылымы, алыну тәсілдері, әртүрлі ассортиментте және қолданылуы бойынша көптеген жіптер өндіріледі.

Басқа полимерді материалдарға қарағанда жіптер бірқатар ерекшеліктерге ие, оның ішінде кіші геометриялық өлшемдер (қалыңдығы 5-100 мкм) және талшыққұраушы полимерлер макромолекулаларының қабаттығы мен тізбекті құрылымына байланысты және қасиеттерінің анизотропиялығы, жіптердің бірсызты бағытталуы мен жоғары құрылым реттілігі. Нәтижесінде, жіптердің беріктігі мен қаттылығы, иілгіштігі ж.т.б. ось бойынша жоғары (және көлденеңінде кіші) [1,3].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Текстильді жіптердің құрылымы мен қасиеттері талшықты материалдардың өндіру тәсілдерімен және әдістерімен анықталады. Яғни, қалыптау үрдістеріне (полимерлер балқымасы, ерітінді немесе дисперсиясы), бағдарлап созу, термиялық өңдеу және басқа қосымша операцияларымен анықталады.

Жіптер құрылымы бойынша келесілерге бөлінеді: элементарлы, құрама, кесілген, текстуриленген және иірілім жіптер. Ең көп өндірілетін құрама жіптер.

Негізгі зерттеу объектілер ретінде өнеркәсіпте өндірілетін химиялық талшықтар мен жіптер таңдалынады: балқыма қалыптау әдісімен қалыптанатын полиэфирді (лавсан) және полиамидті (капрон); ерітінді әдісі бойынша қалыптасатын вискозды. Зерттеу объектілердің осылай таңдалуы әртүрлі ұзындықтағы үзілу сипаттамаларының тәуелділік байланыстарын анықтауға байланысты. Зерттеу әдістері стандарттық жабдықтарында электронды микроскоп көмегімен жүргізілді.

Текстильді жіптер көлемінде иірілім жіптер үлкен мөлшерде өндіріледі. Иірілім жіп кескінінде талшықтар саны әртүрлі шектерде аутқиды. Көлденең кескіні – шеңберге жақындайтын дұрыс емес овал. Иірілім жіптің ерекшелігіне жіп бетіндегі талшық ұштары (түктігі) жатады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жіптер мен бұйымдардың өлшемдері, құрылымы және сапалық көрсеткіштері техникалық регламент және басқа нормативті-техникалық құжаттармен нормаланады, онда сапалығын бағалау әдістері мен материалдарды сапалық градацияларға (сорт, күйі, қатарлар ж.т.б.) бөлінуі бекітіледі.

Негізінде жіптер сапасын бағалау олардың жалпы қасиеттеріне негізделеді. Сырт түрлерінің ақаулары (тазалығы және т.б.), элементарлы жіптердің үзілген саны және нормативті майланулары бойынша жіптердің сапалық градациялары анықталады (ең төменгі көрсеткіш). Бірақ, бекітілген сынама ұзындығында (500 немесе 250 мм) анықталатын механикалық қасиеттер көрсеткіштері мен олардың біркелкі еместігі, жіптердің қайта өңдеу шарттары мен қолдануын ескермейді (түрлі ұзындықтағы жіптер шарттарын). Сонымен қатар, қолдалынатын ақауларды анықтау әдістері мен қасиеттер тексіздіктері жіптер сапалығы бойынша жеткілікті объективті ақпарат бермейді [2].

Барлық жіптерде көптеген ақаулар кездеседі, олар жіптердің қасиеттеріне әртүрлі әсерін тигізеді. Ақаулар талшықтарды өндіру үрдісінде (шикізат ақаулары) немесе қайта өңдеу үрдістерінде пайда болады [7]. Текстильді жіптердің негізгі ақау түрлері 1-кестеде келтірілген.

Визкозды жіптердің ақаулары [4], ацетатты [5], полиакрилонитрилды [6,7] жұмыстарда кеңінен қарастырылған. Біршама жұмыстар балқыма жолдармен алынатын (полиамидті, полиэфирді, және т.б.) жіптердің ақауларына арналған.

Ерітінді жолмен қалыптасқан жіптердің негізгі ақауларын диаметр біркелкі еместігі, ерітіндідегі және тұндыру ваннадағы механикалық қоспалар, гель тәрізді бөліктер, кеуектер, жабысқан заттар құрайды [4,5]. Балқыма әдісімен қалыптасқан жіптерге диаметр тексіздігі, жарылыстар, ластанулар тән. Иірілген жіптерде қалыңдықтар мен жіңішке аймақтар, ширату ақаулары, ісінген аймақтар, қосалқы заттар, түйіндер т.б. жатады.

Кесте 1

Текстильді жіптердің негізгі ақаулары

р/с	Жіп түрлері	Талшықтар ақаулары	Жіптер ақаулары
1	Құрама жіптер	Қоспалар, қалыңдауы, бөлінуі, сынуы, жыртылуы, ісінуі, гель-бөліктері, шытынауы, қисықтанауы, жарылуы, бұралуы, кеуектер, ойыңқылар, сығылуы, зақымдалған талшықтар	Элементарлы жіптердің үзілуі, топтық үзілулер, ісіну, жабысқан заттар, қоспалар, маландырғыштар, қалыңдықтар, жіңішкелінуі, түйіндер, бұралыңқылық, қисықтанауы, дақтар
2	Иірілген жіп	Кір қоспалар, тері заттары, жгуттар, түйіндер, улук, жабысқан жерлері, үзілген, зақымдалған талшықтар	Қалың жерлер, жіңішке жерлер, түйіндер, үлпек түйіндері, ширату ақаулары, бұранқылар, ісіну жерлері, ілмектер, ширатылымдар

Талшықты материалдардың барлық құрылым деңгейдегі (молекулярдық, үстүнгі молекулярдық және микродеңгейде) гетерогендік пен құрылым ақаулары кездеседі.

Барлық талшықты материалдарда өлшемдері әртүрлі кеуектер мен жарылған аймақтары кездеседі. Талшықты материалдардың кеуектілігі шикізат түрлеріне, қалыптау әдісі мен режимдеріне, өңделу жолдарына (кептіру, термосозу және т.б.) байланысты.

Балқыма әдісімен қалыптасқан жіптерде кеуектер аз. Кеуектілігі жоғары жіптерге сулы әдіс бойынша қалыпталған жіптер жатады. Әрбір жіп түріне өлшемі мен орналасуы бойынша өзіндік кеуектер кездеседі [1]. Біршама талшық түрлерінде кездесетін кеуектер көлемі бойынша деректер 2-кесте келтіріледі.

Кесте 2

Талшықты материалдардың кеуектері

Жіптер	Кеуек көлемі см ³ /г	Жіптер	Кеуек көлемі см ³ /г
Полиэтилентерефталатты	0,009	Вискозды	0,016-0,039
Полиамидті	0,014	Триацетатты	0,015
Полипропиленді	0,021	Диацетатты	0,003
Поливинилспиртті	0,025-0,029	Углеродты	0,05-0,3

Талшықты материалдардың қасиеттерінің біркелкі еместігі жіптердің ақаулығы мен құрылымының біркелкі еместігін сипаттайды.

Дәстүрлі түрде қасиеттер біркелкі еместігі вариациялық коэффициентпен анықталады. Вариациялық коэффициент шамалары стандарттармен регламенттелінеді.

Көрсеткіштердің вариациялық коэффициентті жинақ шамаларының ортақ арифметикалық шамадан ауткуын бағалайды. Дегенмен, жіптердің ұзу сипаттамалары түрлі ұзындықта әр қилы болады. Әдетте бұл шама 1-20% аралығында болады.

Иіру өнімдерінің қасиеттерін зерттеу барысында көбінде сызықтық тығыздық бойынша вариациялық коэффициентке көп көңіл бөлінеді. Бұл көрсеткіш геометриялық құрылымдық біркелкі емес екендігін сипаттайды. Иірілім жіптердің сызықтық тығыздығы бойынша біркелкі еместігі кездемеде ақаулы жолақшалар, кедір бұдыр аймақтарын береді.

Спектральді талдау бойыша біркелкі еместік көрсеткіш жұмыс органдардарының конструкциясы мен режимдерін, өндірілетін өнім қасиетіне әсерін тигізеді. Соның нәтижесінде технологиялық жабдықтарды реттеуге және ағымдағы жөндеулерді жүргізуге болады.

Иіру өнімдерінің біркелкі емес көрсеткішінің зерттеу ұзындығына байланысты өзгеруін біркелкі емес градиет сипаттайды. Көбінде, көпшілік иірілім жіптерде жіп ұзындығы ұлғайған сайын біркелкі емес градиент кемиді.

P-I диаграммасынан жіптердің қасиеттерін бағалау үшін келесі әдіс қолдалынады:

$$\Delta A = \eta P_{\text{Polo}} - \eta Pl \quad (1)$$

мұнда: P – ұзу жүктемесі; l – ұзу барысындағы ұзаруы; η – зерттеу барысындағы диаграмма толықтығы; ηP_{Polo} – шартты түрде ақаусыз жібінің ұзу жұмысы.

Ұзу жұмысының азаюы жіп өніміндегі ақауларына байланысты. ΔA шамасымен бір әдіспен жасалатын (қалыптанатын) жіптердің ақауларын бағалауға ұсынылады.

Элементарлы жіптердің беріктігі бойынша біркелкі еместігін құрама жіптердің акустикалық әдіспен бағалауға да болады. Сынау барысында жеке элементарлы жіптердің үзілуге дейін созу барысындағы қирауын нақты түрде байқауға болады. Бірмезетте бірнеше жіп үзілген жағдайда тіркейтін жабдықтағы амплитуда импульсының өсуі байқалады. Бұл әдіс элементарлы жіптері шектеулі санынан тұратын құрама жіптерде қолдануға болады.

Қандай да бір қасиеттің біркелкі еместігі туралы ақпарат сол қасиеттің үйлестіру функциясына алуға болады. Үйлестіру функция әртүрлі факторлар әсерінен зерттелінетін қасиеттің ықтималды-статистикалық моделі болып табылады. Негізінде, теориялық үйлестіруді таңдау барысында, іс жүзінде алынатын империялық мәліметтерге сүйенеді.

Кейбір жұмыстарда талшықтар мен жіптердің ақаулары және механикалық қасиеттері бойынша біркелкі еместігі беріктік көрсеткіштің масштабтық коэффициенті бойынша жүргізіледі.

Беріктіктің статистикалық теориясы бойынша дененің қирауы ақаулы құрылым жерден басталады. Денедегі ақаулардың қауіптілігі бойынша орналасуы статистикалық сипатта болады (ең қауіпті ақаулар аздау кездеседі).

Талшықты материалдардағы өлшемі және қауіпті дәрежелігі бойынша ақаулар кездейсоқ орналасқандықтан зерттелінетін сынама беріктігі қысқаш аралық ұзындыққа тәуелді.

Беріктіктің жасшатбтық тәуелділігі көміртекті, араидті және басқа да талшықтар мен жіптерде анықталған. Көптоннажды талшықтар мен жіптердің ұзу сипаттамалар көрсеткіштері қарастырылмаған.

Технологиялық қайта өңдеу және пайдалану барысында жіптер периотты өзгермелі күштер әсерінен деформацияланады, ал кей жағдайларда қирайды. Сыртқы әсерлерден қирау үрдісі ең осал аймақтардан басталады.

Талшықты материалдарда кездесетін әртүрлі ақаулар мен элементарлы звено құрылыстарындағы бұзышулықтар макромолекула құрылысына біркелкі емес аймақтарға негіз болады. Ал ол талшықтардың үстіңгі молекулярдық деңгелерде көрінеді. Жақын тәртіптіліктің бұзылуы молекулалық байланыстардың толық іске асырылмауына себеп болады, нәтижесінде «әлсіз жерлер» құралады, онда қарқынды деформациялық үрдістер өтеді, содан кейін қирау үрдісі орын алады.

Талшық құрылымы аз реттелінген жағдайда ол жүктеу үрдісінде көп дәрежеде өзгереді. Бұл жағдайда терең құрылымдық қайта құру үрдістері өтеді. Кей жағдайда қайтымсыз. Толығымен бағдарланбаған талшықтар жүктелу үрдісінде қосымша бағытталуы мүмкін.

Талшықтардың микроқұрылымы белгілі мөлшерде деформациялық қасиеттеріне әсер етеді. Әр түрлі бағыттағы ядро мен қабықтың (оболочка) болуы талшықтың қасиеттерінің екі түрлі қабаттардан тұратын композициялық жүйенің бір түрі ретінде деформациялануына әкеледі. Элементарлы жіптердің көлденең кескін формасы мен беті бастапқы полимер шикізатына, алыну шарты мен әдісі жіптер қасиетіне әсерін тигізеді.

Бағдарланған полимерлер (талшықты материалдар, қабықтар) құрылымының гетерогенділігі мен ақау аймақтарының болуы тізбектердің үзілуі ең үлкен ақаулы аймақтардан болған жерлерде шоғырланып микрожарықтар пайда болуына әкеледі. Ақаулар және микрожарықтар саны полиэтилен, поликапроамидта, полиэтилентерефталатта және табиғи жібектен жасалған талшықтарды деформациялау процестеріндегі өлшеулер бойынша I см³-ке $1 \cdot 10^{15}$ шамасында бағаланады.

Микрожарықтардың пайда болуы кернеулердің шоғырлануына алып келеді және микроқирау ошағының өсуіне алып келеді. Микрожарықтардың бір бөлігі құрылымның ең ақаулы аймақтарында интенсивті түрде өседі, бір бөліктері бір бірімен бірігеді. Нәтижесінде, сынама кескінідегі ең осал жерінде магистральді жарықтар пайда болады. Ол сынаманың соңғы қирауына әкеледі.

Талшықты материалдардың қирау аймағында кернеу асқан жерлерде кернеулердің өсуі деформациялық процестердің жүруіне ықпал етеді.

Көлденең гетерогенділік және қауіпті ақаулардың болуы үзу сипаттамаларының орта деңгейлері мен біркелкі еместігін анықтайды. Ақаулардың әсері талшықты материалдардың қауіпті ақаудың таралу кезеңі сынама үлгінің ұзындығына сәйкес болған жағдайда артады, демек, үлгінің ұзындығының азаюымен үзілу сипаттамаларының орташа деңгейі және олардың біркелкі емес көрсеткіші артады. Бірақ бұны қолданыстағы стандарттар есепке алмайды (бекітілген сынама ұзындығында $L=500$ мм жіптердің сапалығын регламенттейтін үзілу барысындағы беріктік пен деформация бойынша вариациялық коэффициент).

Құрама жіптер мен иірілген жіптердегі талшықтардың, элементарлі жіптердің көлденең гетерогенділігі мен біркелкі еместігі (неравномерность) көрсеткіштер қасиеттерінің орташа шамасына әсерін тигізеді, бірақ практикалық тұрғыдан қасиеттердің бойлық біркелкілігіне әсер етпейді, көбінде, бұған талшықтар арасындағы адгезиялық өзара әрекеттесудің болуы (үйкеліс күштері), иірілген жіптерде ерекше көрінеді; сонымен қатар талшықты материалдардың беттік өңделуі, жіптер мен жіптердің құрамдас бөліктері арасында бір тұтастық көрінеді.

Қасиет көрсеткіштерінің біркелкі еместігі түрлі үйлестіру теориялық функциялармен сипатталынады. Жиі нормальді, нормальді логарифмді, экспоненциальды үйлесу және 1-ші және 3-ші экспериментальді шама үйлесуі қолданылады.

Нормалді (Гаусово) үйлестіруде қарастырылатын біркелкі емес көрсеткіш тәуелсіз кіші әсерлердің (аутқуларды) нәтижесі болып табылады. Логарифмді нормальді үйлестіруде қарастырылатын шаманың біркелкі емес көрсеткішін көп санды тәуелсіз әсерлер (аутқулар) нәтижесі болып табылады. Әсерлер бір-бірінен тәуелсіз және тұрақты қарқындылықпен жүрген жағдайда,

бір әсерден (ауытқудан) туындаған шаманың біркелкілігі, экспоненциалды таралумен сипатталады.

1-ші және 3-ші типтегі экстремалды шамалардың таралуы әлсіз немесе берік байланыс модельдеріне негізделген. Егер әлсіз сілтеме моделіне сәйкес келетін және сол жақта шегі бар 3 типті үлестіру болса Вейбулдың екі немесе үш параметрлік таралуы жиі қолданылады. Әр түрлі жіптердің қасиеттерінің біркелкі шамасының эксперименттік гистограммалармен немесе үлестіру функцияларымен сипатталады, онда белгілі бір дәрежеде жуықтау дәрежесімен жоғарыда аталған теориялық үлестірулермен жуықталады. Көбінесе қалыпты үлестіру және екі немесе үш параметрлі Вейбулла үлестіру функциялары қолданылады.

Қорытынды. Барлық жіптерге (талшықтарға, құрама жіптерге және иірілген жіптерге) құрылым гетерогендік пен барлық деңгейде ақаулық тән. Құрылым гетерогендік ұзына бойы және көлденеңіне де болады. Химиялық жіптерге көлденеңді гетерогендік тән. Ол қалыптау аймақтардың физикалық өрістерінің тексіздігімен байланысты құрылымдық бойындағы гетерогендік әлсіздеу көрінеді, себебі физикалық өрістер стационарды болып табылады.

Егер қалыптасатын балқыма немесе ерітінді берілетін кезде машина органы себебінен немесе жіптерді машина органдарына тасымалдау (мысалы, жаңа қалыптасқан жіптерді жайғастыру барысында) периодты ауытқитын болса, белгілі дәрежеде гетерогендік көрінеді. Иірілім жіптерге негізінен көлденең гетерогендік тән, ол иірілім жіптердің аймақтарындағы талшықтардың әр түрлі орналасуымен байланысты. Ақаулар механикалық қасиеттерге, тексіздікке және өңдеу процестерінің өтуіне әсерін тигізеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Перепелкин, К.Е. Структура и свойства волокон [Текст] / К.Е. Перепелкин. – М.:Химия, 1985. – 208 с.
2. Зябицкий, А. Теоретические основы формирования волокон [Текст] / пер.с англ. под ред. К.Е. Перепелкина. – М.:Химия, 1979. – 504 с.
3. Перепелкин, К.Е. Физико-химические основы процесса формирования химических волокон [Текст] / К.Е. Перепелкин. – М.:Химия, 1978. – 320 с.
4. Папков, С.П. Физико-химические основы формирования искусственных и синтетических волокон [Текст] / С.П. Папков. – М.:Химия, 1970. – 312 с.
5. Юркевич, В.В. Технология производства химических волокон [Текст] / В.В. Юркевич, А.Б. Пакшвер. – М.:Химия, 1987. – 304 с.
6. Сорокин, Е.Я. Неравномерность свойств химических волокон [Текст] / Е.Я. Сорокин, К.Е. Перепелкин. – М.:НИИТЭХИМ, 1975. – 36 с.
7. Перепелкин, К.Е. Дефектность и гетерогенность микроструктуры химических нитей и их влияние на свойства [Текст] / К.Е. Перепелкин, А.Т. Серков, Т.М. Иванцова и др. – М.: НИИТЭХИМ, 1986. – 48 с.

Материал редакцияға 24.09.24 түсті.

Т.Н. Сулейменова¹, Н.М. Көбеева¹, Н.А. Бекбергенова¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Казахстан

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье рассмотрена взаимосвязь структуры и свойств многотоннажных волокнистых материалов широко применяемых в текстильной и

швейной промышленности. Даны характеристики дефектности и неравномерности свойств, а также пористость волокнистых материалов в зависимости от способа формования. Даны оценочные характеристики волокнистых материалов формируемые способами из расплава и раствора.

Работа нитей в технологическом процессе осуществляется при различных длинах. Указывается на необходимость разработки методов оценки качества нитей приближенных к процессам переработки. Рассматриваемые методы по возможности должны имитировать технологический процесс.

Ключевые слова: волокнообразующий полимер, волокно, нити, дефектность, пористость, свойства.

T.N. Suleimenova¹, N.V. Kobeeva¹, N.A. Bekbergenova¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

THE RELATIONSHIP BETWEEN STRUCTURE AND PROPERTIES OF FIBROUS MATERIALS

Abstract. The paper considers the relationship between the structure and properties of multitoned fibre materials widely used in the textile and clothing industry. Characteristics of defectiveness and non-uniformity of properties, as well as porosity of fibrous materials depending on the method of moulding are given. Estimated characteristics of fibrous materials moulded by melt and solution methods are given.

The work of yarns in the technological process is carried out at different lengths. The necessity of development of methods of yarns quality estimation close to the processing is pointed out. The considered methods should simulate the technological process if possible.

Keywords: fiber-forming polymer, fiber, filaments, defects, porosity, properties.

References

1. Perepelkin, K.E. *Struktura i svojstva volokon* [Structure and properties of fibers]. – Moscow: Chemistry, 1985. – 208 p., [in Russian].
2. Zyabitsky, A. *Theoretical foundations of fiber formation* [Theoretical basis of fiber formation] / translated from English under the editorship of K.E. Perepelkin. – Moscow: Chemistry, 1979. – 504 p., [in Russian].
3. Perepelkin, K.Ye. *Fiziko-khimicheskiye osnovy protsesssa formovaniya khimicheskikh volokon* [Physicochemical foundations of the process of forming chemical fibers]. – Moscow: Chemistry, 1978. – 320 p., [in Russian].
4. Papkov, S.P. *Fyaziko-khimichekiye osnovy formovaniya iskusstvennykh i sinteticheskikh volokon* [Physicochemical foundations of forming artificial and synthetic fibers]. – Moscow: Chemistry, 1970. – 312 p., [in Russian].
5. Yurkevich, V.V., Pakshver A.B. *Tekhnologiya proizvodstva khimicheskikh volokon* [Technology of production of chemical fibers]. – Moscow: Chemistry, 1987. – 304 p., [in Russian].
6. Sorokin, Ye.YA., Perepelkin, K.Ye. *Neravnomernost' svoystv khimicheskikh volokon* [Uneven properties of chemical fibers]. – Moscow: NIITEKHIM, 1975. – 36 p., [in Russian].
7. Perepelkin, K.Ye., Serkov, A.T., Ivantsova, T.M. et al. *Defektnost' i geterogennost' mikrostruktury khimicheskikh nitey i ikh vliyaniye na svoystva* [Defectiveness and heterogeneity of the microstructure of chemical threads and their influence on properties]. – Moscow: NIITEKHIM, 1986. – 48 p., [in Russian].