

## КОЛОЇДНО-ХІМІЧНІ ТА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШЛІХТИ ДЛЯ БАВОВНЯНИХ ОСНОВ

*Для прогнозування поведінки шліхти для ткацьких основ при напруженнях зсуву, що наявні при шліхтуванні, проводять дослідження реологічних властивостей гелів шліхтувальних складів. Випробування показали, що додавання до крохмальної шліхти додатків спеціального призначення на основі неорганічних сполук алюмінію не погіршує в'язкісно-реологічних властивостей шліхти та сприяє збільшенню ступеня тиксотропного відновлення структури гелів шліхтувальних складів, формуванню кількісного та якісного приклею на нитці основи при шліхтуванні та ефективному проведенні процесу шліхтування на високих швидкостях.*

*For prognostication of conduct of size for weaving warps at tensions of change of, which are present at sizing, conduct research of rheological properties of gels of compositions of size. Tests exposed that adding to the starched size of additions of the special setting on the basis of inorganic connections of aluminium is not worsened viscosity-rheological properties of size and instrumental in the increase of degree of thixotropic renewal of structure of gels of compositions of size, that is instrumental in forming bonding on quantitative and high-quality on the filament of warps at sizing and for the effective leadthrough of sizing process on high-rate.*

Ключові слова: шліхта для бавовняних основ, реологічні властивості, шліхтування.

### Вступ

Метою процесу шліхтування є підвищення розривних характеристик пряжі та збільшення її стійкості до тертя і багатоциклових навантажень на ткацькому верстаті в процесі виготовлення тканини, що є необхідним для продуктивного та економічно ефективного технологічного процесу ткацтва. У процесі шліхтування нитки основи повинні бути рівномірно проклесні по всій довжині і ширині заправки основи. Захисна плівка шліхти повинна мати приблизно такі самі показники видовження, як і нитки основи, а також надавати ниткам велику рівність, зносостійкість і витривалість при багаторазових навантаженнях. Плівка шліхти не має обсипатися, а нитка, просякнута нею, не має бути ламкою. Шліхта повинна мати добру спорідненість до волокнистого матеріалу, не псувати пряжу і ткацьке обладнання, легко розшліхтовуватися і буди відносно дешевою [1].

Зараз в Україні на текстильних підприємствах не останнє місце посідає виробництво тканин на основі бавовни. Як основний компонент шліхтувальних композицій використовують крохмалі, що є відносно дешевими, характеризуються надійною сировинною базою та повністю біологічно розщеплюються без шкоди довкіллю. Але, як відомо, плівки утворені крохмалем, мають незадовільний комплекс фізико-механічних показників. Відомо, що вартість шліхти, залежно від виду клейової речовини може становити від 23 % до 78 % собівартості процесу шліхтування [2]. Причому на вартість енерговитрат припадає від 9 % до 24 % вартості шліхтування [3]. Незважаючи на велику кількість шліхтувальних препаратів, що відомі, жоден із них не задовольняє складному комплексу вимог з економічної, технологічної чи екологічної точки зору. Тому пошук, наукове обґрунтування, та розроблення енерго- та ресурсощадних технологій шліхтування, які з одного боку скоротять використання крохмалів, а з іншого – синтетичних препаратів і хімічних матеріалів, знизять навантаження на навколишнє середовище – є актуальною задачею. Нами запропоновано до складу крохмальної шліхти для бавовняних основ вводити закріпники плівок та гігроскопічні добавки вкаоліну або алюмокалієвих квасців, застосування яких дозволить покращити технологічні показники шліхти, ошліхтованої пряжі та процесу ткацтва.

Дані дослідження відповідають **напрямку наукових досліджень** Хмельницького національного університету й Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», а саме, напрямку вдосконалення хімічних технологій і нових матеріалів на період до 2013 року.

Як було встановлено у попередніх працях, крохмальна шліхта, приготовлена з додаванням каоліну або квасців та пластифікатора – м'яких парафінів, не піниться, є антистатичною, гігроскопічною, має кращу адгезію до волокон, формує на пряжі більший та якісніший приклей, стає менш чутливою до багатоциклових механічних навантажень, спричиняє більш низький рівень пиловиділення, є екологічно безпечною та здатною забезпечити економію коштів за рахунок скорочення витрат клейових і текстильно-допоміжних речовин, а також підвищення продуктивності ткацтва.

Крохмальні шліхтувальні склади з додаванням 0,5 % каоліну або квасців та 0,8 % м'яких парафінів від маси крохмалю мають: на 20–30 % нижчу силу поверхневого натягу в порівнянні із традиційними крохмальними шліхтувальними складами; значно нижчу величину крайового кута змочування, яка наближується до значень кута змочування шліхтувальних складів із додаванням тенсидів, що поліпшує проникність крохмальних гелів у пряжу внаслідок адсорбції дрібнодисперсних частинок в об'ємі та на поверхні макромолекул крохмалю. Завдяки цьому знімаються надлишкові напруження, пов'язані з поверхневим натягом. Оскільки у виробничих умовах шліхтування бавовняних основ проводять при 70–95 °С, це дає можливість шліхтувати без додавання поверхнево-активних речовин, оскільки наявність у крохмальному гелі додатків спеціального призначення сприяє пониженню поверхневого натягу та покращенню змочування пряжі шліхтою.

Розроблені шліхтувальні склади мають величину адгезії на 15 % більшу, ніж традиційної крохмальної шліхти. Найбільша величина роботи адгезії плівок шліхти спостерігається при вмістові каоліну 0,50–0,75 % від маси крохмалю, що зумовлює на 15–20 % збільшення величини приклею при тому самому вмістові полімеру у шліхтувальному складі, отже дає можливість економії клейових речовин при готуванні шліхти.

Поглинання вологи плівками шліхти з додатками каоліну та квасців змінюється плавно у порівнянні з іншими досліджуваними складами. Розроблені шліхтувальні склади мають у 3–4 рази довший час поглинання парів води при збільшенні вологості середовища, що покращує стабільність пружно-еластичних властивостей плівок шліхти та зменшення їх склеювання в основі на ткацькому верстаті при коливаннях волого-температурних режимів [5].

Відносна в'язкість каолінових суспензій є функцією об'ємного вмісту дисперсної фази і описується рівнянням Гута, що є похідним від відомого рівняння Ейнштейна. Це пов'язано зі структуроутворенням у системі при збільшенні концентрації дисперсної фази, яке пояснюється гексагональною пластинчастою формою частинок каоліну, сприятливою для їхньої взаємної орієнтації й утворення зв'язків між ними по відносно великих площах поверхонь.

Дослідження реологічних властивостей каолінових та крохмально-каолінових композицій показали їхню відмінність. Динамічна в'язкість систем залежить від дотичного напруження зсуву і збільшується зі збільшенням вмісту каоліну. Це не результат механічного змішування. При взаємодії полімерного ланцюга крохмалю і кристалів каоліну виникають додаткові зв'язки, які зменшують рухливість ланцюгів крохмалю, збільшують структурованість системи і утворюють більш жорсткі ланцюги. В'язкість систем збільшується при збільшенні вмісту дисперсної фази та зменшується при збільшенні дотичного напруження зсуву. Псевдо-пластичний характер течії систем описується рівнянням Оствальда – де Віля.

Реологічні властивості систем «крохмаль – каолін» відрізняються від традиційних крохмальних шліхт і головним чином залежать від вмісту в них каоліну. При утворенні системи «крохмаль – каолін» форма полімерного ланцюга у вигляді подвійної спіралі, ймовірно, не змінюється. Каолін може приєднуватися до ланцюга ребрами або гранями.

Крохмально-каолінові системи мають значно вищу в'язкість, ніж крохмальні гелі, отже, колоїдні дисперсії мають загущувальну здатність. Проте чисті каолінові суспензії мають набагато нижчу ефективну в'язкість, ніж крохмальний гель. Під дією деформаційних сил система мало руйнується і орієнтується у потоці в напрямку напруженості зсуву. Реологічні властивості систем «крохмаль – каолін» відрізняються від традиційних крохмальних шліхт і головним чином залежать від вмісту в них каоліну [6].

Оскільки колоїдні дисперсії сполук алюмінію мають загущувальну здатність, потрібно встановити, їхній вплив у регламентованих кількостях на в'язкість шліхти, чи частинки алюмінію не погіршують її рухливості і проникнення у пряжу. Таким чином, для всебічного вивчення можливості застосування гідрофільних додатків як компонентів шліхти, нами було досліджено в'язкісно-реологічні властивості гелів шліхтувальних складів, оскільки в'язкість шліхти є чи не найважливішим показником при нанесенні плівки полімеру на текстильну основу. Дослідження реологічних властивостей шліхтувальних композицій дозволяє прогнозувати поведінку шліхти при напруженнях зсуву, що наявні при шліхтуванні, особливості формування приклею на основній прязі, а також можливість шліхтування при високих швидкостях.

Отже **метою даних досліджень** є вивчення в'язкісно-реологічних властивостей гелів шліхтувальних складів.

### Результати досліджень

Як відомо, для систем, що здатні до структуроутворення (суспензій, емульсій, розчинів полімерів) спостерігаються численні відхилення від закону Ньютона. Для них реологічна крива (крива течії)  $\dot{\gamma} = f(\tau)$  є нелінійною, тобто в'язкість не залишається сталою, а залежить від швидкості зсуву. У крохмальних гелях наявні довгі гнучкі макромолекули, які при зсуві зачіпляються одна за одну, утворюють просторовий каркас, що підвищує в'язкість системи. Під дією деформацій зсуву частина структурних зв'язків руйнується, що призводить до зменшення в'язкості у системі. Дослідження багатокомпонентних крохмальних гелів зі значною полідисперсністю складових частин ускладнюється наявністю амілозної та амілопектинової фракцій крохмалю, які дуже відрізняються комплексом хімічних та фізико-механічних властивостей [7].

Особливості поведінки неньютонівських середовищ пояснюються процесами руйнування і відновлення структури системи під дією деформацій зсуву. Крохмальні гелі мають нестационарні реологічні характеристики і виявляють тиксотропність. Структура системи при деформуванні зі сталою швидкістю зсуву поступово руйнується, що призводить до поступового зниження ефективної в'язкості з часом. Але тиксотропія є оборотним процесом, і структура гелю поступово відновлюється.

Дослідження технологічних параметрів процесу шліхтування та якісних показників шліхтованої прязі проводили із застосуванням кардної бавовняної основної прязі 29 текс, яка використовується для виробництва тканини «б'язь» артикулу 142.

Для випробувань були приготовлені крохмальні гелі зі вмістом клейової речовини ( $\text{г}\cdot\text{л}^{-1}$ ) 20, 30, 40, 50, 60. Бралося для порівняння характеру течії розчин полівінілового спирта (ПВС) із таким самим вмістом клейової речовини, чистий крохмальний гель, гель із додаванням квасців та з додаванням каоліну. Додатки спеціального призначення у кількості 0,5 % мас. від маси клейового компонента додавали до крохмальної

суспензії. Досліджувани крохмальні гелі готували термо-механічним методом.

Таблиця 1

**Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (20/30 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням квасців**

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па	Гradient швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с
1	0,56	0,1/0,5	0,055/0,28	3,0	0,018/0,093
2	1,0	0,2/0,7	0,11/0,39	5,4	0,020/0,072
3	1,7	0,3/0,9	0,17/0,50	9,0	0,018/0,056
4	3,0	0,5/1,3	0,28/0,72	18,2	0,015/0,039
5	5,0	0,7/1,8	0,39/0,99	27,0	0,014/0,037
6	9,0	1,1/2,8	0,61/1,55	48,6	0,012/0,032
7	15,0	1,75/3,6	0,97/2,00	81,0	0,012/0,025
8	27	2,7/5,3	1,49/2,93	146	0,010/0,020
9	45	4,0/8,0	2,21/4,42	243	0,09/0,018
10	81	6,3/12,5	3,47/6,90	437	0,008/0,016
11	135	9,8/17,0	5,41/9,38	729	0,007/0,013
12	245	15/26,5	8,28/14,63	1312	0,006/0,011

Таблиця 2

**Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (40 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням квасців**

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, прямий	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, зворотний	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, прямий	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, зворотн.	Gradient швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, прямий	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, зворотн.
1	0,56	0,7	0,6	0,39	0,33	3,0	0,128	0,110
2	1,0	1,1	0,8	0,61	0,44	5,4	0,112	0,082
3	1,7	1,5	1,2	0,83	0,66	9,0	0,092	0,074
4	3,0	2,7	2,1	1,50	1,16	18,2	0,082	0,064
5	5,0	3,4	2,7	1,88	1,49	27,0	0,070	0,055
6	9,0	5,2	4,0	2,87	2,21	48,6	0,059	0,045
7	15,0	7,2	5,7	3,97	3,15	81,0	0,049	0,039
8	27	10,2	8,2	5,63	4,53	146	0,038	0,031
9	45	15,1	12,4	8,34	6,84	243	0,034	0,028
10	81	22,6	18,7	12,48	10,32	437	0,029	0,024
11	135	31,0	26,9	17,11	14,85	729	0,023	0,020
12	245	41,8	41,8	23,07	23,07	1312	0,018	0,018

Таблиця 3

**Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (50 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням квасців**

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, прямий	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, зворотн.	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, прямий	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, зворотн.	Gradient швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, прямий	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, зворотн.
1	0,56	1,6	1,2	0,88	0,66	3,0	0,294	0,221
2	1,0	2,2	1,9	1,21	1,05	5,4	0,225	0,194
3	1,7	3,2	2,6	1,77	1,44	9,0	0,196	0,159
4	3,0	4,5	3,7	2,48	2,04	18,2	0,140	0,112
5	5,0	5,8	4,8	3,20	2,65	27,0	0,119	0,098
6	9,0	8,2	7,2	4,53	3,97	48,6	0,093	0,082
7	15,0	11,7	9,6	6,46	5,30	81,0	0,080	0,065
8	27	16,6	14,8	9,16	8,17	146	0,062	0,056
9	45	24,1	21,3	13,3	11,76	243	0,055	0,048
10	81	35,6	31,4	19,65	17,33	437	0,045	0,040
11	135	50,0	46,2	27,60	25,50	729	0,038	0,035
12	245	64,9	64,9	35,82	35,82	1312	0,027	0,027

Визначення динамічної в'язкості розчинів полімерів здійснювали за допомогою ротаційного віскозиметра «Rheotest-2» при 20 °С та діапазоні градієнта швидкостей зсуву від 3 до 1312 с<sup>-1</sup>. Для кожної швидкості зсуву проводили виміри величини показу індикатора  $\alpha$  кількістю 5. Значення параметра визначали як математичне сподівання результатів п'яти вимірювань. За експериментальними даними і результатами обчислень (див. табл. 1– 8) будували криві течії в координатах  $\ln \eta = f(\ln \tau)$  (див. рис. 1), а також  $\dot{\gamma} = f(\tau)$  (див. рис. 2). Зв'язок між дотичним напруженням зсуву і показами індикатора  $\alpha$  також відомий і заданий у паспорті приладу співвідношенням  $\tau = 0,552\alpha$  (Па). Таким чином розраховували в'язкість (Па · с) для усіх швидкостей зсуву вимірювального циліндра [8].

Критичне напруження зсуву визначають графічним шляхом: будують дотичну до кривої  $\dot{\gamma} = f(\tau)$  та відмічають точку її перетину з віссю абсцис. Міцність початкової структури визначають шляхом екстраполяції логарифмічної залежності динамічної в'язкості гелів від дотичного напруження зсуву  $\lg \tau$  до осі абсцис (напруження) [9].

Таблиця 4

Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (60 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням квасців

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, прямий	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, зворотн.	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, прямий	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, зворотн.	Градієнт швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па · с, прямий	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па · с, зворотн.
1	0,56	2,8	2,1	1,55	1,16	3,0	0,386	0,515
2	1,0	4,0	3,3	2,15	1,82	5,4	0,337	0,410
3	1,7	5,2	4,4	2,87	2,43	9,0	0,270	0,319
4	3,0	7,2	6,6	3,97	3,70	18,2	0,200	0,218
5	5,0	9,4	8,6	5,19	4,75	27,0	0,176	0,192
6	9,0	13,1	11,9	7,23	6,51	48,6	0,134	0,149
7	15,0	17,9	16,8	9,88	9,27	81,0	0,114	0,122
8	27	26,9	23,9	14,85	13,19	146	0,090	0,102
9	45	35,9	32,1	19,82	18,20	243	0,075	0,081
10	81	56,0	49,7	30,09	27,23	437	0,063	0,071
11	135	74,0	68,6	40,85	37,86	729	0,052	0,056
12	245	99,0	99,00	54,65	54,65	1312	0,042	0,042

Таблиця 5

Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (20/30 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням каооліну

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па	Градієнт швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па · с
1	0,56	0,2/0,4	0,11/0,22	3,0	0,037/0,073
2	1,0	0,3/0,6	0,17/0,33	5,4	0,031/0,061
3	1,7	0,4/0,8	0,22/0,44	9,0	0,025/0,049
4	3,0	0,7/1,3	0,39/0,72	18,2	0,021/0,039
5	5,0	0,9/1,8	0,5/0,99	27,0	0,018/0,037
6	9,0	1,2/2,6	0,66/1,44	48,6	0,013/0,030
7	15,0	1,8/3,5	0,99/1,93	81,0	0,012/0,024
8	27	2,7/5,3	1,49/2,93	146	0,010/0,020
9	45	4,0/7,9	2,21/4,36	243	0,009/0,018
10	81	6,3/12,6	3,47/6,96	437	0,008/0,016
11	135	9,8/17	5,41/9,38	729	0,007/0,013
12	245	16,5/28,5	9,11/15,7	1312	0,007/0,012

Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (40 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням каоліну

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, прямий	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, зворотн.	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, пряме	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, зворотн.	Градiєнт швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, прямий	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, зворотн.
1	0,56	0,8	0,6	0,44	0,33	3,0	0,147	0,110
2	1,0	1,1	0,8	0,61	0,44	5,4	0,112	0,082
3	1,7	1,5	1,1	0,83	0,61	9,0	0,092	0,067
4	3,0	2,7	2,0	1,5	1,10	18,2	0,082	0,061
5	5,0	3,5	2,7	1,9	1,49	27,0	0,071	0,055
6	9,0	5,1	4,0	2,82	2,21	48,6	0,058	0,045
7	15,0	7,4	6,1	4,08	3,37	81,0	0,050	0,041
8	27	10,3	9,0	5,69	4,97	146	0,039	0,034
9	45	15,1	13,0	8,34	7,18	243	0,034	0,029
10	81	22,8	19,8	12,59	10,93	437	0,029	0,025
11	135	31,0	28,7	17,11	15,84	729	0,023	0,022
12	245	43	43,0	23,74	23,74	1312	0,018	0,018

Таблиця 7

Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (50 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням каоліну

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, прямий	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, зворотн.	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, прямий	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, зворотн.	Градiєнт швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, прямий	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, зворотн.
1	0,56	1,4	1,2	0,77	0,66	3,0	0,258	0,221
2	1,0	2,1	1,7	1,16	0,94	5,4	0,215	0,174
3	1,7	3,0	2,3	1,66	1,27	9,0	0,184	0,141
4	3,0	4,6	3,4	2,54	1,87	18,2	0,140	0,103
5	5,0	5,7	4,5	3,15	2,43	27,0	0,117	0,092
6	9,0	8,1	6,8	4,47	3,75	48,6	0,092	0,077
7	15,0	11,3	9,8	6,24	5,41	81,0	0,077	0,067
8	27	17,2	14,5	9,49	8,00	146	0,065	0,055
9	45	24,1	20,3	13,3	11,21	243	0,055	0,046
10	81	33,2	30,0	18,33	16,56	437	0,042	0,038
11	135	47,5	42,9	26,22	23,68	729	0,036	0,032
12	245	65,8	65,8	36,52	36,52	1312	0,028	0,028

Таблиця 8

Дослідження реологічних властивостей крохмального гелю (60 г·л<sup>-1</sup>) із додаванням каоліну

Номер	Швидкість, об·хв <sup>-1</sup>	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, прямий	Відносний кут $\alpha$ , поділки шкали, зворотн.	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, прямий	Дотичне напруження зсуву $\tau$ , Па, зворотн.	Градiєнт швидкості зсуву, $\dot{\gamma}$ , с <sup>-1</sup>	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, прямий	Динамічна в'язкість $\eta$ , Па·с, зворотн.
1	0,56	2,7	2,2	1,49	1,21	3,0	0,496	0,405
2	1,0	3,9	3,1	2,15	1,71	5,4	0,400	0,317
3	1,7	5,15	4,1	2,84	2,26	9,0	0,316	0,251
4	3,0	7,4	6,4	4,08	3,53	18,2	0,224	0,194
5	5,0	9,3	8,4	5,13	4,64	27,0	0,190	0,171
6	9,0	14,0	12,3	7,73	6,79	48,6	0,159	0,140
7	15,0	18,0	16,9	9,94	9,33	81,0	0,123	0,115
8	27	27,2	24,5	15,01	13,52	146	0,103	0,093
9	45	36,1	33,8	19,92	18,66	243	0,082	0,077
10	81	56,0	49,9	30,91	27,54	437	0,071	0,063
11	135	74,0	70,0	40,85	38,64	729	0,056	0,053
12	245	98,0	98,0	54,10	54,1	1312	0,041	0,041

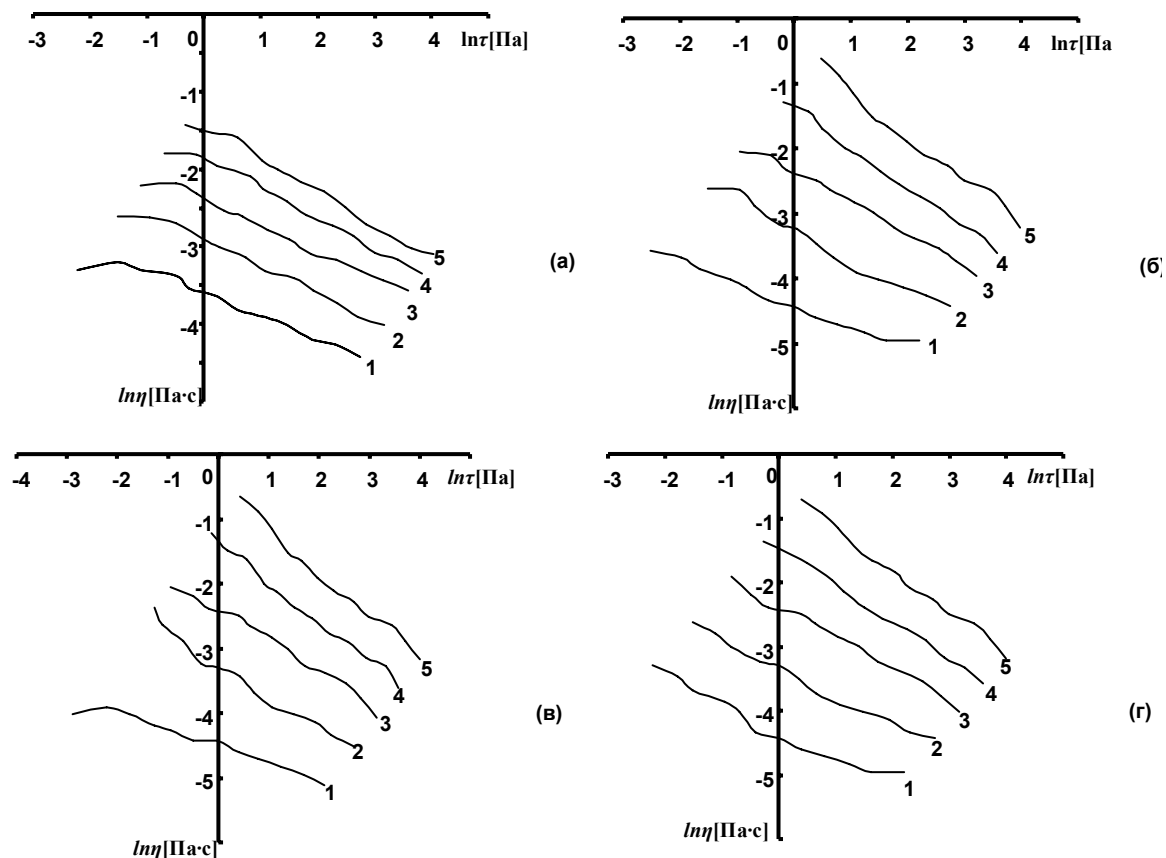


Рис. 1. Криві течії гелів шліхтувальних складів у логарифмічних координатах: а – ПВС, б – крохмаль, в – крохмаль + kwasці; г – крохмаль + каолін; зі вмістом клейової речовини ( $\gamma\text{-г}^{-1}$ ): 1 – 20, 2 – 30, 3 – 40, 4 – 50, 5 – 60

Величина динамічної в'язкості всіх систем однозначно збільшується зі збільшенням концентрації клейового компонента і знижується при збільшенні швидкості зсуву. Це можна пояснити тим, що в дуже розведених розчинах можуть знаходитися ізольовані макромолекули глобулярної або спіральної конформації. Вони перебувають у певних стадіях набрякання у воді, молекули якої орієнтовані навколо полярних груп макромолекул полімеру. При утворенні гелів із більш високими концентраціями клейових речовин макромолекули утворюють асоціати, що мають певний каркас, міцність якого збільшується при збільшенні концентрації крохмалю. Весь розчинник перебуває у внутрішній структурі асоціатів макромолекул, тобто не залишається вільного розчинника. Конформація гнучких макромолекул може змінюватися від глобулярної до витягнутої. Упорядкованість у системі збільшується. Така ситуація дає змогу здійснення течії, але в'язкість у системі зі збільшенням концентрації зростає. Оскільки в'язкість при збільшенні напруження зсуву не набуває сталого значення, це свідчить про те, що просторова структура поряд із руйнуванням здатна до відновлення структури полімерної плівки. Це збільшує ефективність процесу шліхтування шляхом збільшення величини приклею та його якості.

Із аналізу графіків (див. рис. 1–2) видно, що ПВС, який ми взяли з метою порівняння, при низьких концентраціях характеризується більш високим структуроутворенням, ніж крохмаль, а при більш високих – навпаки. Наявність гігроскопічних додатків у концентраціях, рекомендованих для приготування шліхти, незважаючи на загущувальну здатність колоїдних дисперсних систем, не впливає на в'язкість гелів, завдяки тому, що окремі агрегати частинок оточуються міцно адсорбованими на їхній поверхні водними оболонками, що полегшують ковзання таких агрегатів одне біля одного. Отже, можна прогнозувати, що наявність дрібних дисперсій у гелі не буде погіршувати рухливості шліхти при нанесенні її на нитку. У малоконцентрованих системах зміни в'язкості порівняно невеликі. За характером кривих видно, що досліджувані системи є псевдопластичними рідкоподібними тілами Освальда [10].

При збільшенні дотичного напруження зсуву структура гелю руйнується і не встигає відновитися. Міцність початкової структури розчинів крохмальних гелів можна охарактеризувати як напруження зсуву, тобто зусилля, що необхідне для руйнування структури. Якщо далі збільшувати напруження зсуву, можна повністю зруйнувати структуру і досягнути мінімальної в'язкості. Міцності структури відповідає умовна величина вихідної в'язкості розчину [11].

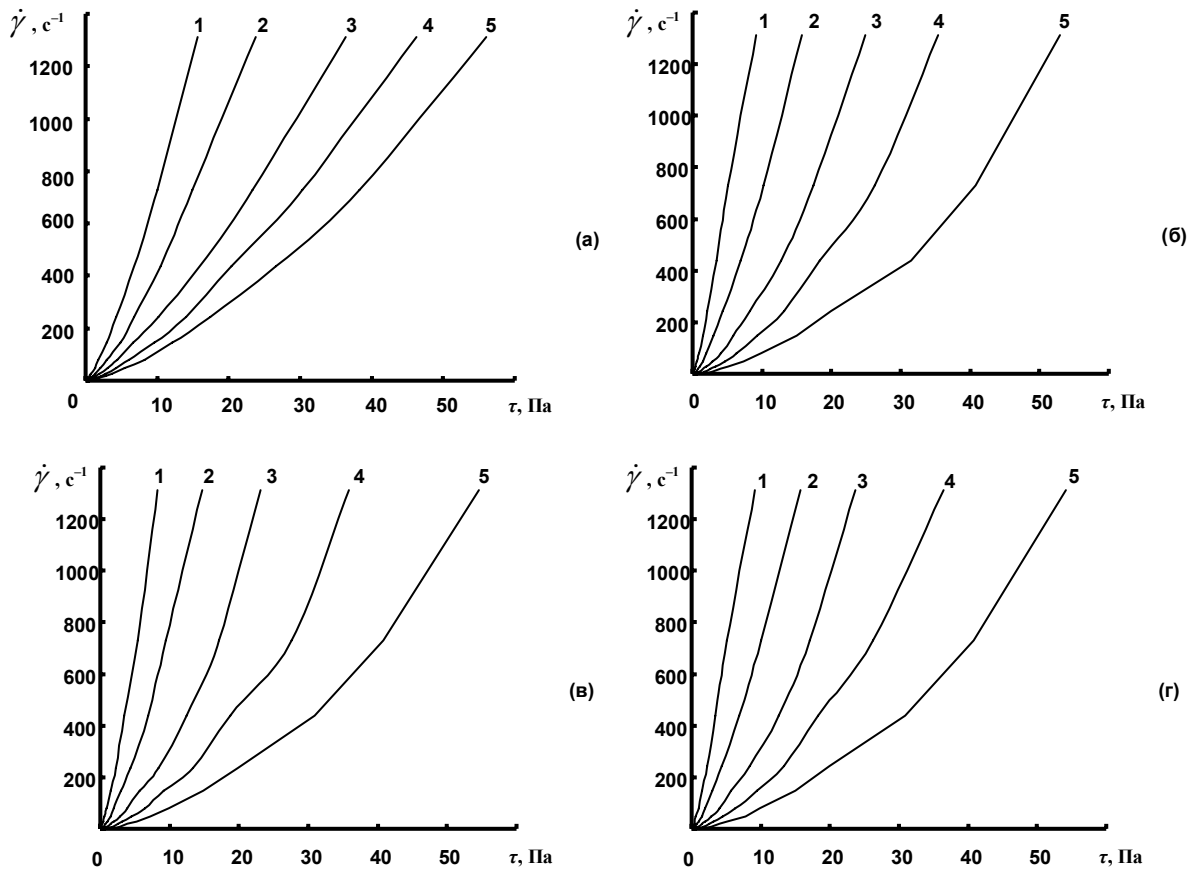


Рис. 2. Залежність градієнта швидкості зсуву від дотичного напруження зсуву гелів шліхтувальних складів: а – ПВС, б – крохмаль, в – крохмаль + квасці; г – крохмаль + каолін; зі вмістом клейової речовини (г·л<sup>-1</sup>): 1 – 20, 2 – 30, 3 – 40, 4 – 50, 5 – 60

У процесі шліхтування при просякненні пряжі для підвищення приклею та рівномірного відкладання плівки шліхти як на поверхні, так і в товщині нитки, необхідне досягнення достатньо високої текучості крохмального гелю. Цих вимог досягають зниженням в'язкості шліхти та швидкістю шліхтування.

Для опису зміни динамічної в'язкості досліджуваних речовин застосовують емпіричне рівняння Освальда – де Віля [12]:

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n, \tag{1}$$

де  $\tau$  – дотичне напруження зсуву, Па,  
 $\dot{\gamma}$  – градієнт швидкості зсуву при течії, що встановилася, с<sup>-1</sup>,  
 $K$  – коефіцієнт консистентності,  
 $n$  – індекс течії.

Прологарифмуємо (1) і одержимо

$$\ln \tau = \ln K + n \ln \dot{\gamma}. \tag{2}$$

Із (2) можна вивести вираз для ефективної в'язкості  $\eta$ :

$$\eta = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}, \tag{3}$$

Тоді

$$\ln \eta = \ln K + (n-1) \ln \dot{\gamma}. \tag{4}$$

Якщо  $n = 1$ , то  $K = \eta$ , і характер течії є ньютонівський, а рівняння Освальда – де Віля переходить у рівняння Ньютона. Якщо  $n < 1$ , як у нашому випадку, залежність  $\eta = f(\tau)$  є не лінійною, а степеневою. Тоді залежність  $\ln \eta = f(\ln \tau)$  є лінійною згідно із виразом (2) або (4), і, як це видно з графіків (рис. 1) із ступенем апроксимації  $\approx 0,98$ .

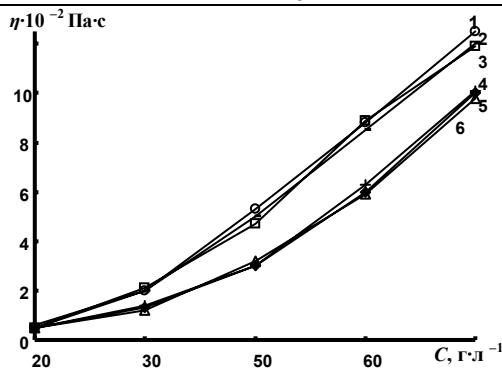


Рис. 3. Залежність ефективної в'язкості крохмальних гелів від вмісту крохмалю:  $\tau = 5$  Па: 1 – крохмаль; 2 – крохмаль + квасці; 3 – крохмаль + каолін;  $\tau = 10$  Па: 4 – крохмаль; 5 – крохмаль + квасці; 6 – крохмаль + каолін

На рис. 3 показано залежність динамічної в'язкості розчинів полімерів при сталому напруженні зсуву від концентрації клейових речовин. Як видно, ефективна в'язкість гелів шліхтувальних складів збільшується зі збільшенням концентрації клейових речовин, причому наявність каоліну чи квасців не впливає на характер цієї залежності. Це свідчить, що наявність у шліхті колоїдних частинок у заданих концентраціях не змінює в'язкісних характеристик крохмальної шліхти і дає можливість ефективного впровадження запропонованої технології шліхтування.

Візуальні дослідження одержаних за описаною вище методикою полімерних плівок показали, що плівки шліхти, одержані за запропонованою технологією, є прозорими міцними й еластичними.

#### Висновки

Дослідження в'язкісно-реологічних властивостей гелів шліхтувальних складів на основі крохмалю показали, що вони є рідкоподібними тілами Оствальда. Їх динамічна в'язкість не є сталою, а залежить від дотичного напруження зсуву: вона зростає при збільшенні вмісту полімеру та при зменшенні напруження зсуву. Псевдопластичний характер течії гелів описується рівнянням Оствальда – де Віля. При додаванні до крохмальних клейстерів квасців та каоліну в кількості 0,5 % від маси крохмалю системи не структуруються, і не збільшується їхня в'язкість у порівнянні з традиційними крохмальними гелями. Таким чином, додавання у регламентованих кількостях неорганічних сполук алюмінію, які покращують колоїдно-хімічні та гігроскопічні показники полімерних плівок, до крохмальної шліхти не спричиняє збільшення динамічної в'язкості систем.

У подальших дослідженнях реологічних властивостей гелів шліхтувальних складів потрібно вивчити їхню здатність до руйнування – відновлення структури, що дасть змогу прогнозувати кількісні та якісні показники приклею на нитці основи при шліхтуванні для ефективного проведення процесу шліхтування на високих швидкостях.

#### Література

1. Ганзюк Л. И. Новые препараты в технологии шлихтования / Ганзюк Л. И. – К.: Техніка, 1991. – 168 с.
2. Оников Э. А. Технология, рентабельность и оборудование ткацкого производства [практическое пособие-справочник]. / Оников Э. А. – М.: Текстильная промышленность. – 2003. – 420 с.
3. Гандурин Л. И. Тенденции развития шлихтования с учетом экологических и ресурсосберегающих проблем / Л. И. Гандурин, О. П. Лопатина // Текстильная промышленность. – 1989. – № 7. – С. 54 – 55.
4. Ткачук Г. С. Сучасний стан та перспективи розвитку технології шліхтування основ у текстильній промисловості / Г. С. Ткачук // Вісник Хмельницького національного ун-ту. – 2007. – № 6. – Т. 1. – С. 87– 93.
5. Ткачук Г. С. Поверхневі явища та гігроскопічні властивості нових шліхтувальних композицій / Г. С. Ткачук, В. Ю. Щербань // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 2/5. – С. 10– 14.
6. Ткачук Г. С. Реологічні властивості крохмально-каолінових систем / Г. С. Ткачук, В. Ю. Щербань // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 3/5 (39). – С. 9– 11.
7. Химия и технология крахмала. Промышленные вопросы / [под ред. Р. Л. Уистлера, Э. Ф. Пашаля]. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 353 с.
8. Методические разработки к практикуму по коллоидной химии / [под общ. ред. А. В. Перцова]. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 90 с.
9. Инструкция по эксплуатации ротационного вискозиметра «Rheotest-2». – 1988. – 16 с.
10. Тагер А. А. Физикохимия полимеров / Тагер А. А. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
11. Малкин А. Я. Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения / А. Я. Малкин, А. Е. Чалых. – М.: Химия, 1979. – 144 с.
12. Хасанов М. М. Нелинейные и неравновесные эффекты в реологически сложных средах / М. М. Хасанов, Г. Т. Булгакова. – М. – Ижевск: Изд-во Института компьютерных исследований, 2003. – 288 с.

Надійшла 16.2.2010 р.