

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ НА ДЕЯКІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПАПЕРУ ВИСОКОГО ДРУКУ¹

Всі види друкарського паперу, які використовуються у поліграфічному виробництві, є в певній мірі гігроскопічними, бо до їх складу входить гідрофільне целюлозне волокно.

Сорбція води обумовлюється приєднанням її молекул, завдяки наявності водневого зв'язку, до гідроксильних груп целюлози, які розміщені на поверхні волокон і капілярів.

У початковій стадії при малій відносній вологості повітря молекули води затримуються двома відповідно розташованими гідроксильними групами. При сорбції більшої кількості молекул води відбувається приєднання їх до однієї гідроксильної групи і до атомів кисню, і, врешті, може відбуватись конденсація молекул води на поверхні мікро- і макропор [1].

Кількість доступних для води гідроксильних груп залежить не лише від природи волокна і ступеню його обробки, а і від кількості і природи наповнювача, проклеюючих речовин і характеру обробки паперу при його виготовленні (каландрування).

Молекули води, вклинюючись в мікропори і капіляри паперу, роздвигують їх, блокують гідроксильні групи, руйнуючи водневий зв'язок між молекулами, що утворився при формуванні паперового полотна. Це послаблює зв'язок між елементами структури паперу в цілому і обумовлює проходження процесу релаксації напруг, які виникли в аркуші паперу при його виготовленні. Останнє в свою чергу приводить до зміни лінійних розмірів аркуша паперу [2—4], впливає на показники механічної міцності паперу [5—7].

Зміна структури аркуша паперу і його поверхні викликає зміну гладкості його поверхні, товщини, об'ємної ваги, тобто тих технологічних показників, які визначають друкарські властивості паперу високого друку.

На більшості поліграфічних підприємств в цехах високого друку папір не акліматизують. Папір з різальних цехів, де кліматичні умови в більшості відрізняються від умов друкарського цеху, зразу береться в роботу. Відносна вологість повітря в друкарських цехах досить різко змінюється на протязі року, доби і може змінитись навіть протягом однієї зміни. Це може привести до того, що один і той же папір, зволожуючись, чи зневоднюючись, буде по-різному вести себе і викликати деякі труднощі в процесі друкування.

В нашій роботі ми вивчали залежність між кліматичними умовами, вмістом вологи в папері високого друку і деякими його показниками, що обумовлюють друкарські властивості.

¹ В роботі брали участь В. І. Юшко, М. О. Мельник, В. Д. Олішевська.

Для дослідження були взяті декілька зразків паперу високого друку, виготовлених Дніпропетровською паперовою фабрикою. Назва зразків і їх показники приведені в табл. 1.

Для визначення впливу вологості повітря на властивості паперу його витримували у великих ексикаторах до одержання рівноважної при даних умовах вологості. В ексикаторах, наповнених розчинами сірчаної кислоти відповідної концентрації, відносна вологість повітря дорівнювала 45; 65; 75 і 85%. Температуру не змінювали, вона дорівнювала 20—21°C. Спроби з папером робили при умовах, близьких до тих, при яких папір набув рівноважної вологості.

Таблиця 1

Показники досліджуваних зразків паперу високого друку

Папір	Вага 1 г/м ²	Об'ємна вага, г/см ³	Товщина, мм	Золь- ність, %	Гладкість за ГОСТом сек
Зразок 3, № 1—60, марки А, матовий (вміщує 40% целюлози з осики)	59,5	0,68	88	17,4	48
Зразок 5, № 1—70, марки А, матовий (вміщує 50% целюлози з очерету, експериментальний зразок)	73,9	0,81	92	22,5	108
Зразок 10, № 1—70, марки Б, лощений	68,5	0,79	87	18,4	229
Зразок 11, № 1—60, марки Б, матовий	68,0	0,77	88	17,1	65
Зразок 21, № 2, марки А, лощений	67,8	0,77	88	16,9	175
Зразок 22, № 2, марки А, матовий	66,4	0,68	98	12,6	47

Визначаючи величину зрівноваженої вологості паперу для відповідної вологості повітря, виявили, що відмінність зразків паперу не приводить до різкої зміни їх вологості. Наприклад, вологість зразків паперу 3; 5; 10 і 11 буде відповідно дорівнювати при 45% відносної вологості повітря 4,7; 4,8; 5,0; 5,23%, при 85% — 9,7; 9,2; 10,2; 9,4%. Помічено, що підвищення вологості паперу йде нерівномірно і значно зростає після 75% відносної вологості повітря.

Кінетика адсорбції вологи визначалась за допомогою аналітичних терезів при перенесенні аркушів паперу з простору з 52% відносної вологості повітря в простір з 87%, при десорбції папір переносився з простору з 85% відносної вологості в простір з 52% (рис. 1). Для всіх зразків паперу спостерігається значна швидкість цих процесів, особливо в перші хвилини (табл. 2).

Таблиця 2

Зміна процента вологості в зразках паперу з часом

№ зразка	Збільшення вологості паперу при адсорбції, %		Зменшення вологості паперу при десорбції, %	
	через 2 хв	через 5 хв	через 2 хв	через 5 хв
10	1,1	1,8	1,5	2,8
3	1,1	2,5	1,6	2,7
5	1,2	2,5	1,7	2,7
11	1,7	3,3	1,8	3,1

Таку відмінність у швидкості процесів адсорбції і десорбції можна пояснити різною капілярно-пористою структурою зразків, а також наявністю в їх складі різного виду волокон.

Особливо важливе значення для паперу високого друку має здатність його поверхні згладжуватись при контакті з поверхнею друкарської форми.

Відомо, що вологість є своєрідним пластифікатором паперу [8, 9], або, як про це говорилося вище, молекули води, блокуючи водневі

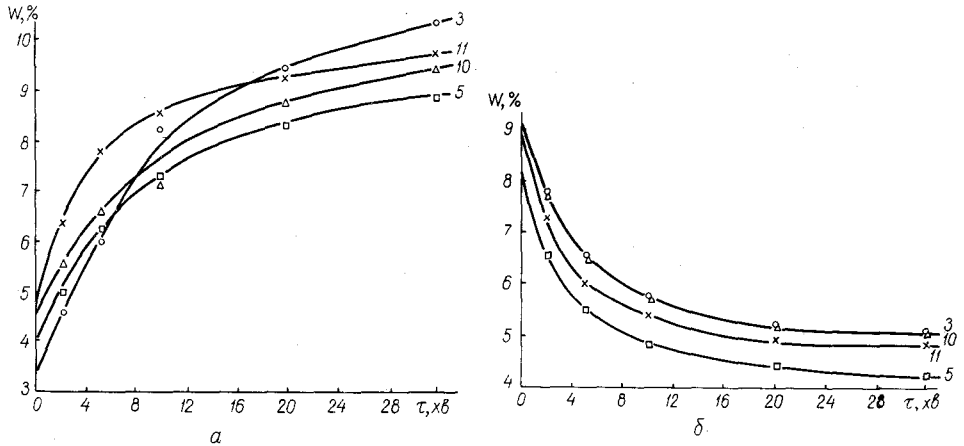


Рис. 1. Кінетика адсорбції (а) і десорбції (б) вологи папером (на рис. 1—4 цифри 3, 5, 10, 11, 21, 22, — зразки паперу).

зв'язки, роблять елементи структури більш рухливими. Таке збільшення пластичності є бажаним з тієї точки зору, що при друкуванні утворюється більш щільний контакт з друкарською формою, і одержуємо краще продруковані, більш насичені відбитки.

Для встановлення кількісної залежності між відносною вологістю повітря, в якому він витримується, і здатністю поверхні паперу вигладжуватись під тиском, тобто його ефективною гладкістю, було використано стандартний прилад Б-1. На відміну від стандартного методу визначення гладкості здійснювалось при тисках 3; 20 і 35 кгс/см^2 . У зв'язку з цим розміри прижимної голівки було зменшено, кількість просачуваного повітря дорівнювала 10 мл. Гладкість визначалась лише з лицевого боку паперу. Результати вимірювань наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Зміна гладкості зразків паперу (сек) в залежності від відносної вологості повітря

№ зразка	Відносна вологість повітря, %				№ зразка	Відносна вологість повітря, %			
	45	65	75	85		45	65	78	85
При тискові 3 кгс/см^2									
3	14	12	11	14	11	70	90	100	110
5	24	22	24	24	21	170	180	200	320
10	45	50	45	45	22	110	110	120	110
11	16	18	16	18	При тискові 35 кгс/см^2				
21	25	28	35	45	3	170	200	310	390
22	17	18	17	17	5	200	220	280	340
При тискові 20 кгс/см^2									
3	80	100	110	120	10	360	380	430	540
5	100	100	120	140	11	130	220	240	280
10	170	200	210	230	21	280	320	560	800
					22	200	220	260	280

Аналізуючи одержані результати, бачимо, що гладкість, яка визначена при тискові 3 кгс/см^2 , не змінюється із зміною вологості паперу (за винятком 21 зразка). Щоб вирівняти, згладити поверхню, тобто понизити виступи, треба змістити елементи структури. Тиск в 3 кгс/см^2 для цього, очевидно, недостатній. При тискові 20 кгс/см^2 згладжування паперу із збільшенням вологості повітря йде поступово і пропорційно, при 35 кгс/см^2 при відносній вологості повітря вище 65% , тобто при вологості паперу вище $6,0\text{—}6,5\%$ спостерігається досить значне збіль-

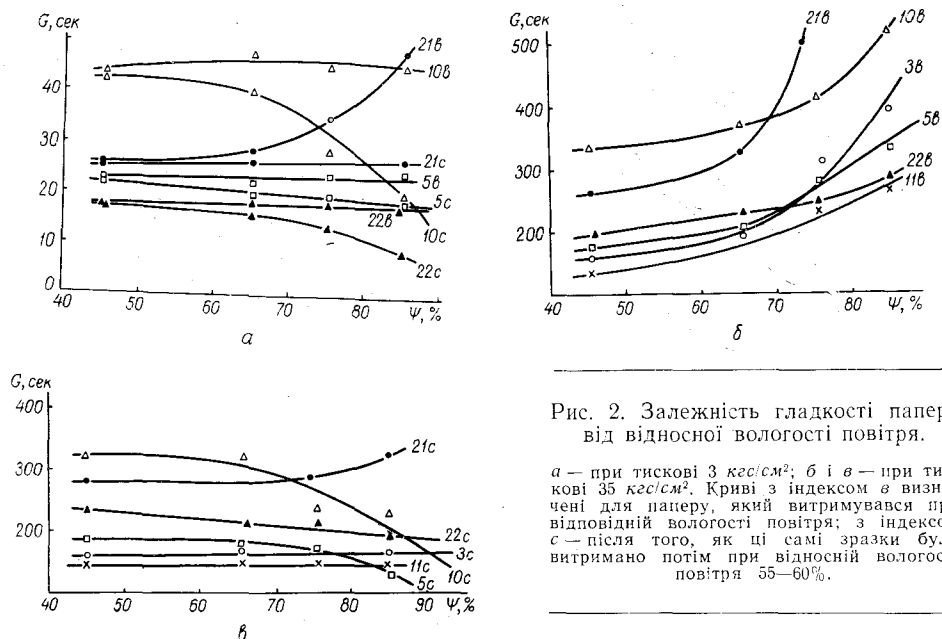


Рис. 2. Залежність гладкості паперу від відносної вологості повітря.

а — при тискові 3 кгс/см^2 ; б і в — при тискові 35 кгс/см^2 . Криві з індексом *в* визначені для паперу, який витримувався при відповідній вологості повітря; з індексом *с* — після того, як ці самі зразки було витримано потім при відносній вологості повітря $55\text{—}60\%$.

шення ефективної гладкості паперу. Це явище цікаве у тому відношенні, що при досить незначному підвищенні вологості паперу можна збільшити роздільну здатність його при друкуванні.

Щоб вивчити, в якій мірі явище зміни структури аркуша паперу і його поверхні при зволоженні є зворотним, була визначена гладкість паперу на тих же аркушах після того, як вони були вийняті з ексикаторів і знаходились декілька днів в кімнатних умовах при $55\text{—}60\%$ відносної вологості повітря при температурі $20\text{—}21^\circ\text{C}$.

З рис. 2 видно, що для зразків паперу 10, 22, 5 спостерігається необернена зміна структури, яка виявляється в зменшенні гладкості не тільки при тискові 3 кгс/см^2 (рис. 2, а), а і навіть при 35 кгс/см^2 (рис. 2, в). Для 10 зразка більш щільного, лошеного паперу релаксація напруг і зменшення гладкості, що її супроводить, відбуваються вже при витримуванні паперу при 65% відносної вологості повітря, тобто зводиться нанівець операція каландрування паперу при його виготовленні з метою придати йому більшу гладкість і лиск.

Для 5 та 22 зразків помітне необернене зниження гладкості відбувається при $75\text{—}80\%$ відносної вологості повітря. Для 3 і 11 зразків практично зменшення гладкості не спостерігається.

Для 21 зразка лошеного паперу характерним є, по-перше, значна здатність до згладжування паперу, який знаходиться при 70% відносної вологості повітря і вище (рис. 2, б, крива 21б), а, по-друге, на відміну від інших зразків аркуші паперу, які утримувались при $80\text{—}85\%$ відносної вологості повітря і потім акліматизовані при $55\text{—}60\%$, залишають здатність до згладжування при тискові 35 кгс/см^2 (рис. 2, в, крива 21с).

Це також наслідок деструктування, але виявляється воно не тільки в зміщенні елементів структури в просторі, яке приводить до зменшення гладкості, як, наприклад, у зразків 5, 10, 22 (рис. 2, а, криві 5с, 10с і 22с), а і в зменшенні твердості зв'язків між елементами структури після релаксації напружень під час зволоження.

Вигладжування поверхні паперу при контакті її з друкарською формою супроводжується стискуванням аркуша, яке також є функцією міцності структури, міцності і твердості зв'язків між елементами струк-

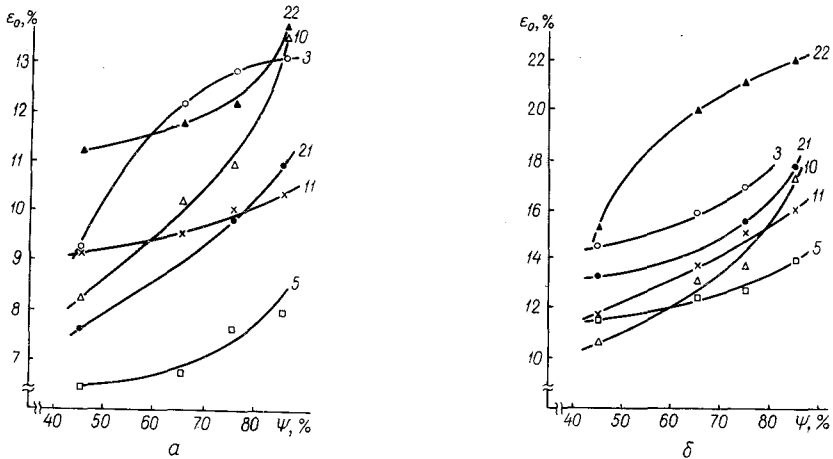


Рис. 3. Вплив відносної вологості повітря на умовно-миттєву деформацію стискування.

а — при нарузі 11 кгс/см²; б — при нарузі 30 кгс/см².

тури паперу. Явище стискування паперу при вдавлуванні друкарського вічка є наслідком складного комплексу розтягуючих, зрізуючих і стискуючих зусиль, які викликають пружні, еластичні та інші деформації. Для вивчення деформацій стискування було використано оптичний довгомір ИЗВ-2. Товщина паперу вимірювалась при нарузі 1 кгс/см², умовно-миттєва деформація (ϵ_0) — при нарузах 11 і 30 кгс/см². Відлік робився через 1,5—2,0 сек після прикладання нарузи. Потім наруза знімалась і відліковувалась товщина паперу для обчислення залишкової деформації ($\epsilon_{зал}$).

На рис. 3 зображена залежність умовно-миттєвої деформації стискування від відносної вологості повітря, в якому витримувався папір. Помітно, що при нарузі 11 кгс/см² при відносній вологості повітря менше нормальної більш пористий папір дає більшу величину деформації. Для 10 зразка паперу характерним є досить різке збільшення деформації з підвищенням вологості повітря, що, як і у випадку збільшення гладкості, можна пояснити релаксацією великих внутрішніх напруг, які утворились при ушільненні паперу при виготовленні.

Порівнюючи з іншими зразками, в меншій мірі деформує (і в меншій мірі змінюється деформація із збільшенням вологості повітря) зразок 5, що має в своєму складі целюлозу з очерету. Це співпадає з тим, що зразок 5 при відносній вологості повітря вище 65% зволожується в меншій мірі за інші зразки.

Про пластичні властивості паперу можна судити з величини залишкової деформації ($\epsilon_{зал}$), яка для всіх зразків паперу досить різко збільшується із збільшенням відносної вологості повітря (рис. 4).

При витримуванні паперу в просторі з відотною вологістю повітря 75% і вище спостерігається збільшення товщини аркуша паперу на

4—8 мкм. Для зразків паперу, структура яких не відновлюється, будучи витриманими при нормальних умовах після зволоження, товщина також не набуває попереднього значення. Наприклад, товщина 10 зразка при 65% відносної вологості повітря становить 87 мкм, при 75% — 89 мкм, при 85% — 95 мкм. Якщо ці аркуші потім знов витримати до зрівноваження вологості при 65% відносної вологості повітря, то товщина аркушів у другому випадку стане 88 мкм, в третьому — 91 мкм.

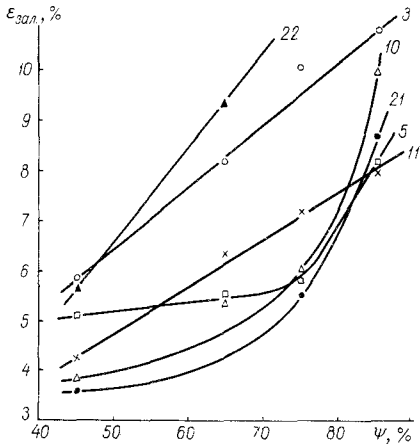


Рис. 4. Вплив відносної вологості повітря на величину залишкової деформації.

Таке необернене збільшення товщини приводить до зменшення щільності паперу (табл. 4) і може викликати зміни умов процесу друкування і закріплення фарби на відбитках.

Таблиця 4

Величина об'ємної ваги паперу (ρ , г/см³) до і після витримання його у вологому повітрі

Умови	Зразки паперу					
	3	5	10	11	21	22
До витримання у вологому повітрі (при 65% відносної вологості повітря)	0,68	0,81	0,79	0,77	0,77	0,68
Папір витримано при 75% відносної вологості повітря і знов акліматизовано при 65%	0,67	0,81	0,80	0,72	0,75	0,66
Папір витримано при 85% відносної вологості повітря і знов акліматизовано при 65%	0,67	0,82	0,72	0,65	0,73	0,67

ВИСНОВКИ

1. Встановлено вплив вологості повітря на здатність досліджуваних зразків паперу високого друку до згладжування під тиском.

2. Визначено вплив вологості повітря на величину деформації паперу при стискуванні, які характеризують пружньо-пластичні властивості його.

3. Показано, що структура аркуша і його поверхні, яка змінилась при витриманні паперу в повітрі з підвищеною вологістю, для деяких зразків не відновлюється і призводить до зміни таких технологічних показників, як гладкість, об'ємна вага.

4. Одержані результати вимагають більш строгого підходу до питань акліматизації паперу в цехах високого друку, особливо в приміщеннях для його зберігання.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Meredith. I. Text. Inst. T. 163, 1957.
2. Д. П. Тати́ев. Акклиматизация офсетной бумаги. Геодезиздат, М., 1951.
3. Н. П. Зото́ва-Спановская, В. П. Гонча́рова. Деформация бумаги под воздействием атмосферной влаги. Сб. тр. ВНИИ Гознака, вып. 1, М., 1957.
4. Р. Э. Кага́нова, В. А. Корже́в, Л. А. Галки́на. Акклиматизация бумаги для офсетной печати. Тр. ВНИИ полиграфической промышленности, т. 16, вып. 2, М., 1965.
5. С. Н. Ива́нов, Л. Н. Лапте́в. Влияние влажности воздуха на механические свойства бумаги. «Бумажная промышленность», 1965, № 8.
6. Н. П. Зо́това-Спановская, И. П. Энгельс, М. В. Оранский, П. Д. Бушу́ев. Сопротивление кромки бумаги надрыву и определяющие его факторы. Сб. тр. ВНИИ Гознака, вып. 1, М., 1957.
7. W. Vrecht. «Das papier», 1959, № 7/8, стор. 133.
8. Н. П. Зо́това-Спановская. Сопротивление бумаги изгибу. «Бумажная промышленность», 1954, № 1.
9. И. С. Соко́лов. Тр. конференции по высокомолекулярным соединениям, вып. I и II. Изд-во АН СССР, 1945.

N. V. MARCHENKO

INFLUENCE OF THE AIR HUMIDITY ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PRINTING PAPER

Summary

The article deals with the relative air humidity and its influence on such technological properties as smoothness, deformation properties caused by one-axle pressing, bulk weight.

It is proved that with some kinds of paper high air humidity causes irreversible changes of the structure of paper sheet and of its surface and they lead to the falling of effective smoothness and the decreasing of bulk weight.
