

ПРО ДЕФОРМАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЕКЕЛІВ¹

Вивченню деформаційних властивостей матеріалів декелів присвячено ряд робіт [2, 4, 5, 6, 9 та ін.].

Деформаційні характеристики матеріалу декеля при стиску його окремими друкарськими елементами (що характерно для високого друку) в значній мірі визначають перепад питомих тисків і об'єм приправки.

Відомо, що такі матеріали, як папір, коркове полотно, прогумована тканина, вініпласт та інші, які застосовуються в декелях, при стиску зазнають напружень $[\sigma]$, зв'язаних з деформацією нелінійною залежністю (рис. 1):

$$\sigma = E \cdot \varepsilon^n = E \left(\frac{z}{\delta} \right)^{n^2},$$

де n і $E \left[\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \right]$ — фізичні константи матеріалу, що визначаються дослідним шляхом; $\varepsilon = \frac{z}{\delta}$ — відносна деформація; z — абсолютна деформація (мм); δ — початкова товщина зразка матеріалу (мм).

Фізичні константи n і відносна деформація E визначають поведінку матеріалу при стиску і є сталими в межах одного обтиску. Їх значення для першого, другого і наступних обтисків різні. Найбільшу практичну цінність являють фізичні константи матеріалу для першого обтиску, які характеризують поведінку свіжого, на якому друкують, матеріалу і для приробленого матеріалу (коли діаграма стиску із збільшенням числа обтисків практично не міняється).

Не можна зробити висновку про доцільність використання тих чи інших матеріалів до складу декелів, не знаючи n і E . Слід зауважити, що оскільки залежність $\sigma = f(\varepsilon)$ має нелінійний характер, не можна судити про жорсткість матеріалів, порівнюючи їх деформації при одному значенні напруження. Така оцінка не визначає жорсткості і тим більше не може служити критерієм для вибору декелів. Можна тільки вказати, що менше деформується той матеріал, у якого більші значення n і E .

Щоб визначити n і E , досить експериментально знайти величини деформацій при двох значеннях напружень, що відповідають точкам 1 і 2 на рис. 1. Ці точки визначаються залежностями:

$$\sigma_1 = E \cdot \varepsilon_1^n ; \quad \sigma_2 = E \cdot \varepsilon_2^n .$$

¹ Теоретична частина цієї роботи виконана Я. І. Чехманом.

² Ця залежність може бути представлена і в іншому вигляді: $\sigma^m = E' \cdot \varepsilon$, де $m = \frac{1}{n}$ і $E' = E \frac{1}{n}$. Прийнята форма в нашому випадку зручніша для використання.

Розділивши ліві і праві частини цих залежностей і прологарифмувавши отриманий вираз, знайдемо:

$$n = \frac{\lg\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)}{\lg\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)}.$$

Прийнявши $\lg\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right) = C = \text{const}$, отримаємо $n = f\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)$, тобто

$$n = \frac{C}{\lg\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)} = \frac{C}{\lg\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}.$$

Значення E визначаємо з вихідної залежності: $E = \frac{\sigma_1}{E^n}$.

Таким чином, задавшись постійними значеннями напружень в двох точках і міняючи в реальних границях ε_1 і $\left(\frac{E_2}{E_1}\right)$, можна підрахувати значення і побудувати номограму для швидкого визначення n і E . На рис. 2 зображена така номограма для $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 2 = \text{const}$ (наприклад $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{40}{20} = \frac{30}{15}$ і т. п.).

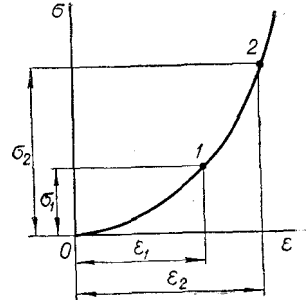


Рис. 1. Діаграма стиску матеріалу декеля.

Приклад користування номограмою. Нехай експериментальним шляхом³ знайдені деформації $\varepsilon_1 = 0,044$ при $\sigma_1 = 20 \text{ кгс/см}^2$ і $\varepsilon_2 = 0,065$ при $\sigma_2 = 40 \text{ кгс/см}^2$. Значення $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = 1,475$ знаходимо на верхній горизонтальній осі номограми. Проводячи з цієї точки вертикальну пряму до перетину з певною кривою, знаходимо точку, що лежить між двома значеннями $n = 1,7$ і $n = 1,8$. Інтерполюючи по вертикалі, знаходимо, що точка перетину відповідає $n = 1,765$. З цієї точки проводимо криву, еквідистантно кривим n до перетину з вертикальною прямою, що відповідає деформації $\varepsilon_1 = 0,044$ по осі абсцис. Рівень знайдені точки по осі ординат відповідає шуканому значенню $E = 5100 \text{ кгс/см}^2$.

Тепер покажемо, як впливають фізичні константи n і E на перепад питомого тиску, при умові, що елементи друкарської форми неодинакові по росту і, як наслідок, створюють різну деформацію декеля. Слід зауважити, що різна деформація декеля створюється також внаслідок неточностей друкарського апарата, його пружних деформацій і неодинакової товщини декеля та тиражного паперу.

Для отримання відбитка задовільної якості необхідно створити при друкуванні питомий тиск (або пропорціонально напруження стиску в матеріалі), що не виходить за технологічно допустимі нижню і верхню границі.

Крім цього, із умови обмеження максимального зворотного рельєфу на відбитку необхідно при максимальному питомому тиску обмежити абсолютну деформацію декеля. Таким чином, із технологічних міркувань задані інтервали $p_{\min} - p_{\max}$, а також $\varepsilon_{\max} = \frac{Z_{\max}}{\delta}$ (при p_{\max}).

Проаналізуємо, який із декелів при цих умовах забезпечить більшу різницю деформацій $\Delta = \varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}$ і таким чином дозволить отримати необхідний інтервал питомих тисків при більших відхиленнях по росту елементів друкарської форми.

³ Для швидкого знаходження деформації зразку матеріалу при певному σ можна використати спеціальний настільний еластометр УІІІ, описаний в роботі [9].

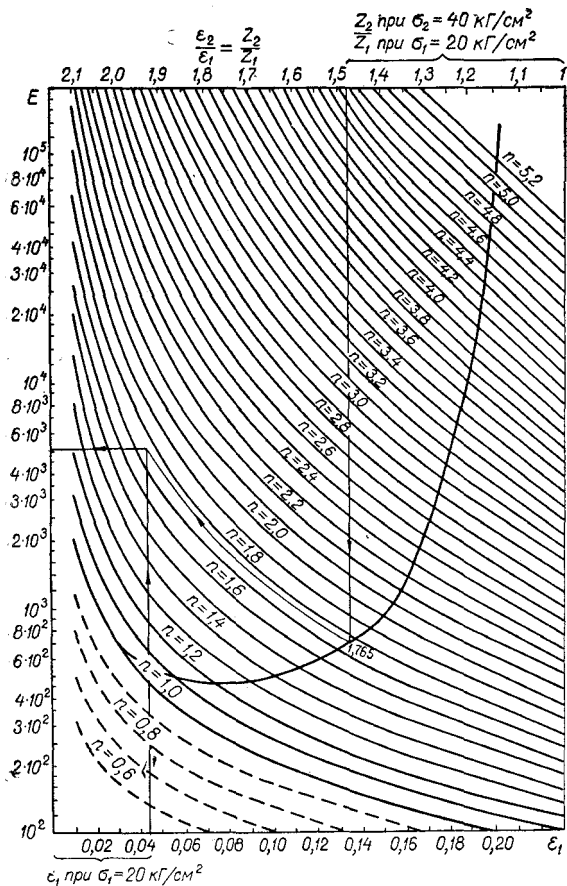


Рис. 2. Номограма для визначення фізичних констант n і E матеріалу декеля.

пруження стиску $\sigma_{\max} = 60 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$, максимальна відносна деформація $\epsilon_{\max} = 0,1175$, що при товщині декеля $\delta = 1,7 \text{ мм}$ (як на більшості плоскодрукарських машин) відповідає абсолютній деформації $z_{\max} = 0,2 \text{ мм}$ і нижні границі напружень стиску (σ_{\min}) відповідно 20, 30, 40 і 50 кгс/см^2 .

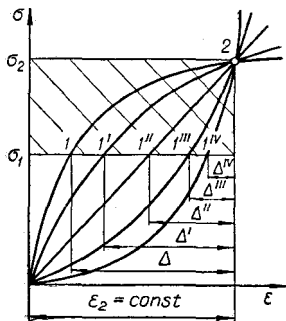


Рис. 3. Семейство діаграм стиску, які мають однакове значення модуля пружності E .

На рис. 3 зображено сімейство кривих, що відображають діаграми стиску можливих матеріалів декелів і проходять через точку 2, яка обмежує верхню границю деформації і напруження. З рисунка видно, що діаграми стиску, які розміщуються ближче до прямої і вище за неї, забезпечують більшу різницю деформацій Δ .

Задаючись різними значеннями n і підставляючи їх в залежність, що визначає точку 2, одночасно знайдемо строго відповідні їм величини $E_i = \frac{\sigma_{\max}}{\epsilon_{\max}}$.

Знаючи тепер нижньою границею напруження стиску σ_{\min} знайдемо для кожної кривої величину деформації при цьому напруженні $\epsilon_{i \min} = \sqrt[n]{\frac{\sigma_{\min}}{E_i}}$.

На рис. 4 зображена номограма, на якій взаємопов'язані значення n , E і ϵ для різних нижніх границь σ_{\min} . Для побудови були прийняті такі параметри і обмеження: максимальне на-

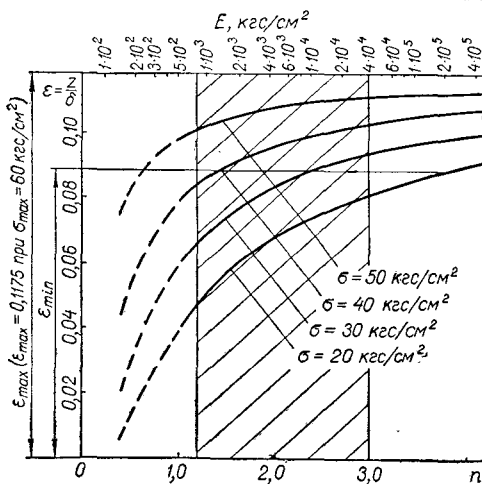


Рис. 4. Номограма, що ілюструє вплив фізичних констант матеріалу декеля при різновисоких друкуючих елементах на перепад питомих тисків.

Приймаючи до уваги вибрані значення δ і z_{\max} і задаючись різницею абсолютних деформацій декеля, наприклад, $z_{\min} - z_{\max} = 0,05$ мм, знайдемо $\epsilon_{\max} = \frac{0,2 - 0,05}{1,7} = 0,088$.

Горизонтальна пряма, проведена на рівні ϵ_{\min} , перетне криві, що відповідають нижнім границям напруження стиску (позначеним на рисунку).

Для прироблених декельних матеріалів, що зараз застосовуються, показник степеня n змінюється в межах 1,2—3,0 (див. заштриховану зону на рис. 4). Отже, виконати поставлену умову при відхиленні друкарських елементів по росту на величину 0,05 мм (за технічними умовами допуск на ріст набірної форми) і використанні звичайних декельних матеріалів без виконання приправки практично неможливо. Якщо зону допустимих напружень розширити до 40—60 кгс/см², то вона може бути забезпечена декелями, для яких $n \leq 1,4$.

Таким чином, з метою зменшення перепаду питомих тисків внаслідок коливань в рості друкарських елементів, пружних деформацій преса та інших факторів, необхідні декелі з меншими значеннями n .

Вище при розгляді деформаційних властивостей матеріалів ми в значній мірі абстрагувалися від дійсної картини. Тепер розглянемо результати експериментальних досліджень на стиск 57 різних матеріалів⁴. Сюди входять папери різних сортів, прогумована тканина, поліетилен армований, коркове полотно, метилолполіамідна плівка.

Всі матеріали досліджувались на стиск при першому і після багатократних (200 обтисків) навантажень. Аналізувались характер кривих стиску при першому і двохсотому навантаженні, який визначається константами n і E , залишкові деформації при цих навантаженнях, а також залишкова деформація після багатократного обтиску.

Зняття діаграм стиску здійснювалось на згаданому вище еластометрі УПІ, який включав опорну площадку для установки плашки з закріпленим на ній зразком матеріалу, натискний штафт з площадкою 10 мм², індикатор годинникового типу для відрахунку деформації досліджуваного матеріалу і набір півкілограмових тягарів. Навантаження здійснювалось вручну, шляхом плавного накладання (або знімання) тягарів в умовах, близьких до статичних, і в усіх випадках доводилось до 70 кгс/см². Кожне випробування виконувалось не менш як тричі.

На рис. 5 у вигляді графіків представлені типові результати випробувань на стиск друкарського паперу № 1, 80 г/м² Вишерського ЦПК. Буквами по осі абсцис позначені: $\epsilon_{\text{зал}1}$ — залишкова деформація після першого навантаження до 70 кгс/см² та наступного розвантаження; $\Sigma\epsilon_1$ — загальна деформація при першому навантаженні; $\epsilon_{\text{зал}200}$ — залишкова деформація після розвантаження при 200-му навантаженні; $\Sigma\epsilon_{\text{зал}}$ — загальна залишкова деформація після 200-го обтиску; $\Sigma\epsilon$ — загальна деформація при 200-му навантаженні до 70 кгс/см².

Проаналізувавши результати випробувань, відзначаємо:

При першому навантаженні виникають значні деформації матеріалів ($\Sigma\epsilon_1$), що складають від 5,9% до 41,9% порівняно з його початковою товщиною. Графіки навантаження і розвантаження в усіх випадках не збігаються, початкова товщина зразків після розвантаження не відновлюється. Доля залишкової деформації ($\epsilon_{\text{зал}1}$) для різних матеріалів різна і складає від 2,4% до 16,9% початкової товщини, або 28—52,4% від загальної ($\Sigma\epsilon_1$) деформації матеріалу при навантаженні до 70 кгс/см². Наявність великої залишкової деформації після першого навантаження слід пояснити перш за все видавлюванням повітря з мікропор матеріалу,

⁴ Для 33 матеріалів діаграми стиску були одержані в 1966 р. в гуртку СНТ О. І. Бажаном під керівництвом Я. І. Чехмана.

зминанням поверхневих волокон, а також втілюванням під дією тиску волокон листів матеріалу один до одного. Матеріал з окремих листів спресовується і стає більш однорідним.

Діаграми стиску при 200-му навантаженні, на відміну від аналогічних при першому навантаженні, міняються більш різко. Приблизно для половини випробовуваних матеріалів криві навантаження і розвантаження майже збігаються і залишкова деформація при цьому практично не виявляється⁵. Фізичні константи n і E для приробленого матеріалу інші, ніж для свіжого — показник степеня n дещо зменшується, а величина E збільшується. Це свідчить про те, що матеріал стає жорсткішим. Так, наприклад, для більш ніж 90% випробовуваних матеріалів при першому обтиску $n=1,3 \div 2,5$ і $E=400 \div 800$ кгс/см². Фізичні константи для цих же багаторазово обтиснутих матеріалів змінювалися в границях $n=1,8 \div 2,32$ і $E=600 \div 50\,000$ кгс/см².

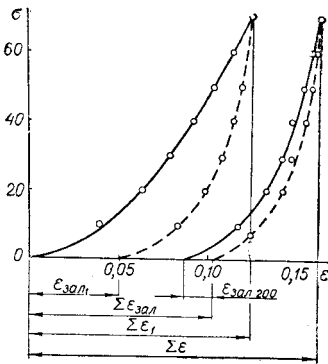


Рис. 5. Діаграми стиску типографського паперу № 1 марки А Вишерського ЦПК. (Густина 80 г/м²).

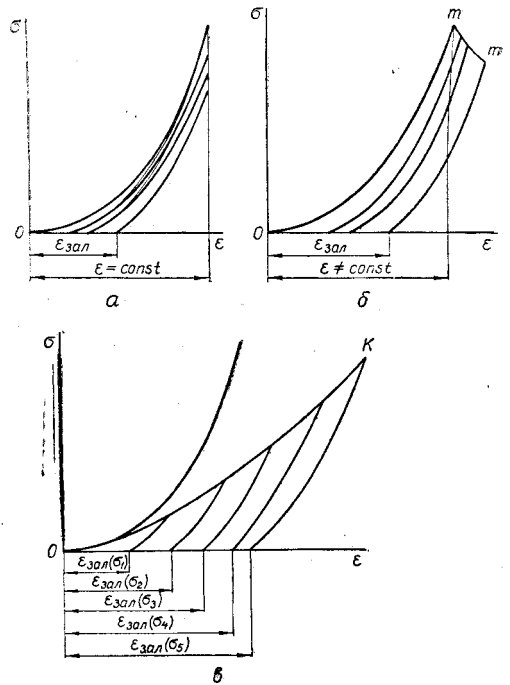


Рис. 6. Діаграми стиску, що пояснюють приробку декеля при різних умовах.

Слід відзначити, що приробка декелів в реальній машині здійснюється дещо інакше. На рис 6,а зображені діаграми стиску матеріалу при багатократних навантаженнях для випадку абсолютно жорсткої конструкції друкарського преса. Тут постійна деформація декеля ($\epsilon = \text{const}$) визначається установкою друкуючого і натискного тіл.

Оскільки апарати друкарських машин не є абсолютно жорсткими, то деформація декеля в міру його приробки буде збільшуватися, як показано на рис. 6,б. При цьому спад напружень в процесі приробки, позначений лінією $m - m$, буде зменшуватися із зменшенням жорсткості друкарського преса. Величина ж залишкової деформації декеля після приробки більша, ніж у випадку абсолютно жорсткого преса.

Сказане стосується деформації декеля рівновисокими друкарськими елементами. В реальній друкарській машині внаслідок відхилень по росту та інших факторів друкарські елементи деформують декель не на однакову величину. Тому представляють практичний інтерес діаграми стиску декеля, приробленого при різному навантаженні (рис. 6,в). Кри-

⁵ Оскільки збільшення часу контакту призводить до збільшення залишкової деформації, то, мабуть, в динамічних умовах така приробка наступить пізніше.

ва ОК, що з'єднує вершини діаграм стиску, приробленого при різному навантаженні декеля, є його приведеною діаграмою стиску. Вона дає чітке уявлення про те, який перепад тисків виникає при друкуванні внаслідок неоднакових по росту елементів форми. Проведений вище аналіз впливу характеру діаграми стиску декеля на зменшення перепаду питомих тисків слід розглядати, виходячи з приведеної діаграми стиску.

Важливим показником матеріалу декеля є величина його залишкової деформації за період приробки. Ця деформація призводить до створення своєрідної матриці в декелі і впливає на рівень залишкової деформації тиражного паперу, створюючи зворотний рельєф або так званий «натиск». Ця обставина також може бути однією з причин приправки, навіть в тому випадку, коли питомі тиски знаходяться в технологічно допустимих інтервалах. Залишкова деформація ($\Sigma \epsilon_{\text{зал}}$) після 200-кратного обтиску коливалась в межах 4,9—36,2% від початкової товщини зразка. При цьому найбільша залишкова деформація створюється при перших обтисках. Так, наприклад, залишкова деформація, створена при першому обтиску, складала 20—80% всієї залишкової деформації після закінчення приробки. Це наштовхує на думку про доцільність попереднього обтиску свіжого декеля до закріплення його на циліндрі (наприклад, пропускаючи його між спеціальними каландруючими валками) з метою уникнення великого зворотного рельєфу на відбитку.

Іншим важливим показником деформаційних властивостей матеріалу декеля є величина його пружної деформації після приробки. Збільшення долі пружної деформації декеля приводить до зменшення перепаду питомих тисків, викликаного різним ступенем стиску декеля внаслідок неоднаковості друкарської форми по росту, неточності друкарського пристрою та інших факторів. Дані експерименту свідчать про те, що доля пружної деформації після багатократного обтиску складає 8—47% від початкової товщини.

Виходячи із наведених вище міркувань, найбільший інтерес представляють матеріали: папір обгортковий книжковий марки А фабрики «Маяк Революції», обгортковий папір марки В фабрики «Лігатне», крейдований типографський марки А Крюковської фабрики технічних паперів і поліетилен армований на капроновій основі.

Цікаво відзначити й те, що однакові сорти паперу різних фабрик-виготівників мають різні деформаційні властивості, що коливаються в досить широких межах. Наприклад, для дев'яти випробуваних типографських паперів № 1 залишкова деформація їх після 200-кратного обтиску становила від 5 до 16,4%, відповідно доля їх пружних деформацій від 12,6 до 23,5%. Аналогічна картина і для інших сортів паперу.

Отже, рекомендувати матеріали до складу декелів, не вказуючи їх точних паспортних даних і заводу-виготівника, не можна. Мабуть, доцільно обґрунтувати 3—4 склади декелів для різних друкарських форм і постачати спеціальні декельні матеріали поліграфічним підприємствам в централізованому порядку.

ВИСНОВКИ

1. Фізичні константи n і E визначають діаграму стиску в межах одного циклу навантажень. Для прироблених в складі декелів матеріалів ці величини інші, ніж для необтиснутих, для них звичайно n зменшується, а E збільшується.

Запропонована нова, більш досконала, ніж в [9] номограма, що дозволяє за двома експериментальними значеннями деформації, при заданих навантаженнях, швидко визначити величини n і E .

2. Перепад питомих тисків внаслідок різного ступеня деформації декеля внаслідок відхилень форми по росту, неточностей виготовлення друкарського преса, його пружних деформацій та інших факторів, відо-

бражається до певної міри приведеною діаграмою стиску приробленого декеля.

Матеріали, що застосовуються у нас для декелів, не можуть забезпечити без приправки технологічно допустимих інтервалів тисків (наприклад, 40—60 кгс/см^2) при друкуванні з форм, виготовлених в межах допуску на ріст ($-0,05$ мм на наборні форми і 0,1 мм на стереотипні форми), при існуючій жорсткості і точності друкарського апарата. Перепад питомих тисків збільшується внаслідок певного впливу часткової деформації декеля по периметрах елементів друкарської форми.

3. Важливою деформаційною характеристикою матеріалів декелів є величина сумарної залишкової деформації, що виникає за період приробки і впливає на створення зворотного рельєфу («натиску») відбитка.

Величина залишкової деформації повинна бути обмежена при верхній границі питомого тиску. Для 57 випробуваних матеріалів залишкова деформація при 200-кратному навантаженні до 70 кгс/см^2 коливалась від 4,9 до 36,2% від початкової товщини зразка. При цьому після першого обтиску одержуємо від 20 до 80% всієї залишкової деформації. Наведені цифри свідчать про великий діапазон деформаційних властивостей інколи одних і тих же матеріалів, але одержаних від різних виготівників.

4. Із досліджених декельних матеріалів з точки зору зменшення залишкової деформації і збільшення доли пружної деформації найбільш придатними виявились: папір обгортковий книжковий марки А фабрики «Маяк Революції», обгортковий марки В фабрики «Лігатне», крейдований типографський марки А Крюковської фабрики технічних паперів і поліетілен армований на капроновій основі.

5. Необхідні дальші дослідження, спрямовані на створення більш широкого асортименту матеріалів, в тому числі синтетичних, з метою відбору з них тих, які мають найкращі деформаційні властивості.

Враховуючи специфіку друкованої продукції і устаткування слід створити і рекомендувати для застосування ряд декелів і забезпечити централізоване постачання їх поліграфічним підприємствам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Э. К. Белозеров. Исследование технологии типографского приправочного процесса. Автореферат канд. диссертации, М., 1966.
2. С. Ф. Зоткин. Физико-механические свойства офсетных покрышек. Сб. трудов НИИПМ, М., 1957.
3. П. А. Попрядухин. Технология полиграфического производства, кн. 3, «Искусство», М., 1955.
4. К. В. Тир. Пути достижения оптимальных условий печатного контакта. Сб. Обмен передовым опытом по процессам печати и путям их совершенствования, вып. II, изд. НТО полиграфии и издательств, М., 1963.
5. К. В. Тир. О нагрузках, возникающих при печатании. Сб. трудов УНИИП, вып. 1, Харьков, 1937.
6. К. В. Тир, Б. Л. Лозовой. Оценка суммарной нагрузки на печатный цилиндр. Научные записки УПИ, т. XIV, Львов, 1961.
7. А. А. Тюрин. Печатные машины. «Книга», М., 1966.
8. К. И. Финакин. Исследование параметров печатного аппарата рулонных машин высокой печати. Труды НИИПМ, № 19, 1962.
9. Я. И. Чехман. Определение физических характеристик упруго-пластических материалов при сжатии. Научные записки УПИ, т. XII, Львов, 1958.

J. V. KOSINOV, J. I. CHEKHMAN

ON THE DEFORMATION PROPERTIES OF TYMPAN MATERIALS

Summary

The influence of deformation properties at the compression of tympan materials upon the overfall of the specific pressures in the printing process was analysed.