

К. В. ТИР

СТАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОФСЕТНЫХ ПОКРЫШЕК

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Несмотря на то, что офсетная печать получила широкое распространение в отечественной промышленности, вопрос о правильной наладке печатных секций офсетных машин еще очень мало изучен. В специальной литературе имеется немало противоречивых данных относительно установки печатных цилиндров и максимальной деформации покрышек.

Приводим сводные данные об этих указаниях в таблице 1.

Таблица 1

Величины необходимых деформаций офсетных покрышек и диаметры цилиндров по литературным данным

Источник	z_m (в мм)	D_{ϕ}	D_o
А. Н. Брюнин [1]	0,1—0,5	$D_{ном}$	$D_{ном} + 2 z_m$
А. Г. Захаров и Г. К. Безпрозванный [3]	0,2—0,5	$D_{ном}$	$D_{ном} + 2 z_m$
П. А. Попридухин [7]	0,1—0,18	$D_{ном}$	$D_{ном} + 2 z_m$
НИИполиграфмаш ¹	0,1	$D_{ном}$	$D_{ном} + 2 z_m$
Фирма „Планета“ [5], [6]	0,2—0,4	$D_{ном} + 2\delta$	$D_{ном} + 2\delta$
Фирма Миле (США) [4]	0,102	$D_{ном} + 0,508 \text{ мм}$	$D_{ном} - 0,305 \text{ мм}$
К. В. Тир [8]	0,2—0,4	$D_{ном} + 2\delta$	$D_{ном} + 2\delta$

Здесь (в квадратных скобках указаны источники по списку литературы):

z_m — максимальная деформация покрышки;

D_{ϕ} — диаметр формного цилиндра (по поверхности формы);

D_o — диаметр офсетного цилиндра (по недеформированной покрышке);

δ — толщина тиражного листа бумаги.

Сравнивая приведенные данные, можно заметить, что в первых четырех отечественных источниках офсетные цилиндры по недеформированной резине рекомендуется выполнять по диаметру полнее, чем формные.

¹ Ряд официальных указаний.

По рекомендациям фирмы «Планета», совпадающим с аналитическими исследованиями автора [8], диаметры формного и офсетного цилиндра по недеформированной крышке должны быть равны. Выводы, аналогичные [8], приводятся в статье Г. Блокгуиса — сотрудника голландского научно-исследовательского института полиграфической промышленности [2].

По методу «верной развертки», разработанному научно-исследовательским отделением фирмы Миле [4], диаметр офсетного цилиндра (при номинале 508 мм) должен быть значительно меньше формного цилиндра.

Рекомендации о требующейся максимальной деформации офсетных крышек в большинстве случаев даны в отвлеченной форме, без указания, о каких именно крышках идет речь, что подразумевается под терминами «мягкая» и «жесткая» крышки. Только фирма «Планета» в своей технической документации [5] и [6] конкретизирует, что $z_m = 0,2$ мм соответствует двухслойному полотнищу из офсетной резины, а $z_m = 0,3 \div 0,4$ мм — полотнищу офсетной резины с подложенной под него кирзой.

Совершенно очевидно, что нельзя определять величину требующейся максимальной деформации крышек без учета механических характеристик конкретного материала. Тем более, что на зарубежных машинах применяют жесткие крышки из двухслойной офсетной резины (возможно, в США более жесткой, чем в ГДР), а на наших отечественных предприятиях пользуются мягкими крышками с подложенной кирзой.

Для выяснения взаимосвязи между деформациями крышек и возникающими в процессе печати давлениями, кафедра полиграфических машин УПИ имени Ивана Федорова под руководством автора в 1954—1955 гг. провела статические исследования механических характеристик офсетных крышек.

Работа была начата в 1953—1954 гг. членами студенческого научно-исследовательского кружка при кафедре полиграфических машин, студентами V курса механического факультета И. М. Сливкой и Д. Н. Сеником, а затем, в 1954—1955 гг. была продолжена студентами V курса того же факультета Я. М. Котуром и Т. И. Пророком.

Результаты завершенной части работы, обработанные научным руководителем, публикуются ниже.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КРЫШЕК НА СЖАТИЕ

Образцы крышек подвергались сжатию между плитами специального приспособления на испытательной машине (прессе) ИМ4А конструкции ЦНИИТМАШа. Плиты приспособления полностью перекрывали образцы по площади сжатия.

Предварительно проводился обмер толщины образцов при помощи толстомера — индикаторного прибора для бумаги с точностью отсчета до 0,01 мм.

Площадь круглых плит — 25 см² (диаметр — 56,4 мм).

Испытанию подвергались не менее 3 одинаковых образцов каждого типа крышки, с определением средних арифметических данных.

Максимальное усилие сжатия — примерно 1000 кг, что соответствует максимальным напряжениям сжатия — около 40 кг/см².

При обработке результатов испытания учитывались собственные деформации прессы, определенные тарировкой.

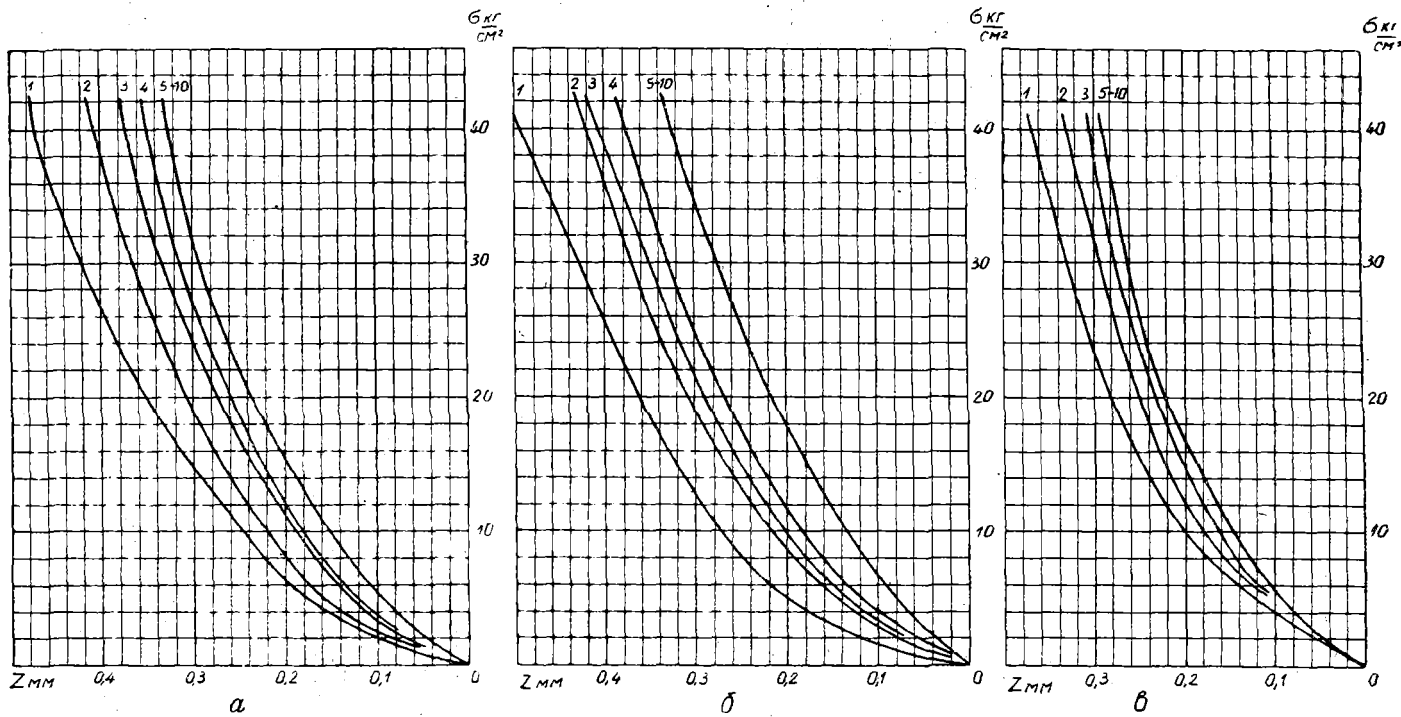


Рис. 1. Диаграмма повторных сжатий офсетных покрышек из двухслойной резины: а — красной; б — черной; в — серой. Цифры у кривых показывают порядковый номер последовательных циклов сжатия.

С целью установления влияния повторных сжатий на изменение механических характеристик покрышек, проведены испытания с повторным нагружением каждого образца до десяти раз. При повторных нагружениях образцов с доведением напряжений примерно до 40 кг/см^2 , результаты обычно стабилизировались после 5—8 обжатий, так что отклонения диаграммы визуально уже не наблюдались.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКРЫШЕК НА СЖАТИЕ

На рис. 1 приведены обработанные диаграммы повторного сжатия двойных офсетных покрышек: а) красной, б) черной и в) серой, толщи-

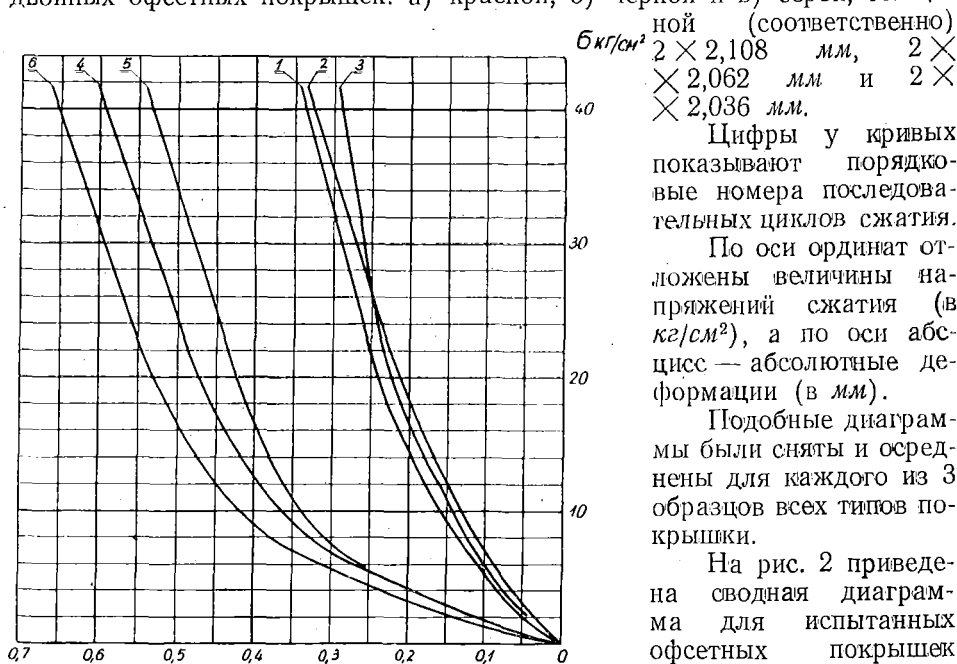


Рис. 2. Сводная диаграмма сжатия офсетных покрышек после 10 обжатий с удельным давлением до 40 кг/см^2 . Расшифровку обозначений см. в тексте.

Цифры на диаграмме указывают номера по списку испытанных покрышек, отличающихся материалом (комбинацией материалов): 1) двухслойная красная офсетная резина свежая (толщина $2 \times 2,108 = 4,216 \text{ мм}$); 2) двухслойная черная офсетная резина свежая (толщина $2 \times 2,062 = 4,124 \text{ мм}$); 3) двухслойная серая офсетная резина свежая (толщина $2 \times 2,036 = 4,072 \text{ мм}$); 4) красная офсетная резина с кирзой отработанные (толщина $2,05 + 2,054 = 4,104 \text{ мм}$); 5) черная офсетная резина с кирзой новые (первоначальная толщина $2,062 + 2,733 = 4,795 \text{ мм}$); 6) серая офсетная резина с кирзой новые (первоначальная толщина $2,036 + 2,733 = 4,769 \text{ мм}$).

Приводимые диаграммы сжатия свидетельствуют о том, что офсетные покрышки существенно различаются между собой по механическим свойствам.

Наиболее мягкими являются более толстые покрышки из полотнищ серой, красной или черной офсетной резины с подложенной под них кирзой.

По мере многократного обкатывания жесткость офсетных покрышек повышается: интенсивно в период предварительного обкатывания, которое, очевидно, желательно проводить с повышенным давлением прессы (8—12 циклов) и более медленно, со стремлением к полной стабилизации, в процессе дальнейшей эксплуатации покрышки.

На рис. 3 приведен график¹ изменения абсолютных деформаций черной офсетной резины с кирзой, в зависимости от числа повторных обжатий до 67 кг/см^2 .

Абсолютные деформации, отмеченные на графике, отсчитаны при одном и том же промежуточном удельном давлении $\sigma_{\text{уд}} = 20 \text{ кг/см}^2$.

Естественно, что при обжатии покрышки лишь до 20 кг/см^2 процесс стабилизации её механической характеристики протекает более медленно.

Взаимосвязь между максимальным удельным давлением при сжатии покрышки ($\sigma_{\text{уд.м}}$) и её максимальной деформацией (z_m) можно охарактеризовать с учетом проведенных опытов данными таблицы 2 (стр. 144).

Полученные результаты ставят под сомнение указания НИИполиграфмаша и некоторых отечественных авторов (табл. 1) о возможности печати при наличии офсетных покрышек с подложенной кирзой (других покрышек у нас до сих пор не применяют) с максимальной деформацией $z_m = 0,1 \text{ мм}$.

Вызывают недоверие с этой точки зрения и данные Альберта Т. Куина [4], где все расчеты сделаны с учетом максимальной деформации офсетной покрышки $z_m = 0,102 \text{ мм}$.

Более обоснованы и отвечают практическим наблюдениям данные фирмы «Планета» [5] и [6], рекомендующей регулировать машину так, чтобы при жесткой покрышке из двухслойной резины её деформация составляла $z_m = 0,2 \text{ мм}$, а при мягкой покрышке из полотноца офсетной резины с подложенной под неё кирзой $z_m = 0,3 \div 0,4 \text{ мм}$.

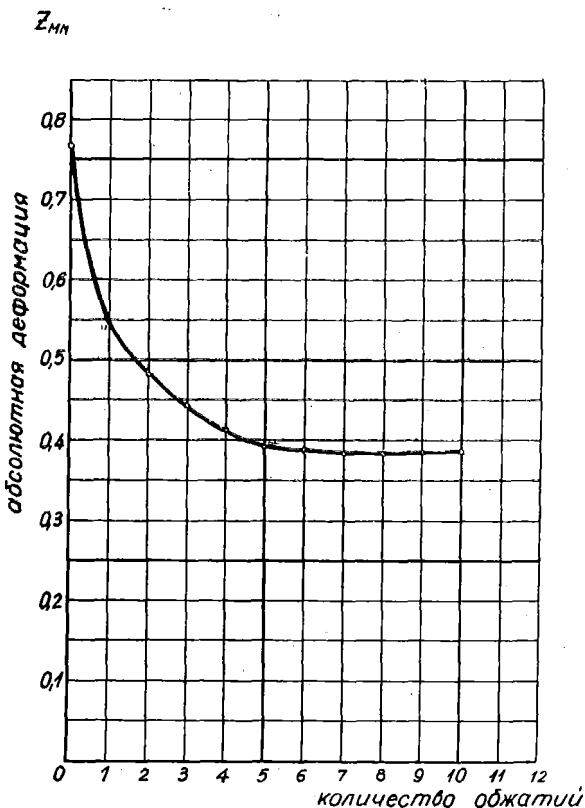


Рис. 3. График изменения абсолютных деформаций черной офсетной резины с кирзой, в зависимости от числа циклов повторных обжатий с удельным давлением $\delta_m = 67 \text{ кг/см}^2$ (абсолютные деформации отсчитаны при $\delta = 20 \text{ кг/см}^2$).

¹ Этот график составлен в 1954 г. членами студ. научно-исследовательского кружка при кафедре полиграфических машин УПИ И. М. Сливкой и Д. Н. Сеником.

Таблица 2

Взаимосвязь между $\sigma_{уд.м}$ и z_m

Тип покрышки	$\delta_{уд.м}$ (в $кг/см^2$)	z_m (в мм)
Полотнище офсетной резины с подложенной кирзой (после многократных обжатий)	5	0,22—0,27
	10	0,32—0,34
	15	0,38—0,47
	20	0,40—0,50
Полотнище из двух слоев офсетной резины (после многократных обжатий)	5	0,08—0,10
	10	0,13—0,15
	15	0,17—0,20
	20	0,20—0,22

Сравнивая эти рекомендации с полученными нами данными о механических характеристиках офсетных покрышек, заметим, что фирма «Планета» рекомендует, по сути, максимальные удельные давления при офсетной печати $\sigma_{уд.м} = 15 \div 20 \text{ кг/см}^2$.

Рекомендации об установке цилиндров печатной секции офсетных машин с расчетом на максимальную деформацию покрышки $z_m = 0,1 \text{ мм}$ следует считать необоснованными еще и потому, что они не учитывают неизбежных погрешностей во всей системе прессы, в которую входят:

а) расстояние поверхности формного цилиндра (или печатного) от оси вращения, имеющее отклонения из-за погрешностей обработки и упругих деформаций этого цилиндра;

б) то же для формного цилиндра;

в) толщина офсетной покрышки с её отклонениями от номинала;

г) толщина формной пластины, существенно колеблющаяся по её площади.

Если учесть реальные поля действительных отклонений от номинальных размеров всех этих составляющих системы, то станет ясным, что утверждение о возможности печати на офсетных машинах при деформации $z_m = 0,1 \text{ мм}$ не имеет достаточного основания.

Оно не учитывает, что офсетная покрышка служит не только для создания натяга, необходимого для печати, но и для компенсации отклонений сложной цепи размеров.

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ПОКРЫШЕК

Для суждения о среднем удельном давлении, возникающем при печати, и о погонной суммарной нагрузке на цилиндры печатной секции, необходимо оценить физические константы покрышек, с учётом известной формулы [9], связывающей напряжения сжатия покрышки (σ) и её деформации (z),

$$\sigma^m = E' \frac{z}{\delta} = E'' z, \quad (1)$$

где E' — условный модуль упругости покрышки (в $\text{кг}^m/\text{см}^{2m}$);
 δ — толщина покрышки (в см);

$$E'' = \frac{E'}{\delta} \text{ (в } \text{кг}^m/\text{см}^{2m+1}\text{);}$$

m — показатель степени параболической зависимости $\sigma(z)$.

Величины E' и m являются физическими константами, зависящими от упруго-пластических свойств, а E'' и от толщины покрышки. Эти свойства, как было указано выше, изменяются по мере накопления числа циклов обжатий и их интенсивности.

Применяя методику, рекомендованную ранее [9], мы определяли значения m путем логарифмирования левой и правой части уравнения (1) и подстановки частных пар значений σ_i и z_i , определенных экспериментально (из диаграмм сжатия).

При этом, после вычитания одной строки из другой определялась величина

$$m = \frac{\lg z_2 - \lg z_1}{\lg \sigma_2 - \lg \sigma_1}, \quad (2)$$

а после определения значений m были найдены из формулы (1) величины

$$E' = \frac{\sigma_i^m \delta}{z_i}. \quad (3)$$

Величина E'' определялась по известным E' и δ :

$$E'' = \frac{E'}{\delta}. \quad (4)$$

Результаты подсчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значения физических констант испытанных офсетных покрышек

Тип офсетной покрышки	δ (в мм)	m	E' (в $\text{кг}^m/\text{см}^{2m}$)	E'' (в $\text{кг}^m/\text{см}^{2m+1}$)
Двойная красная резина	4,22	0,585	103	243
Двойная черная резина	4,12	0,713	162	392
Двойная серая резина	4,07	0,539	92	227
Красная резина с кирзой отработанные	4,10	0,346	25	60
Черная резина с кирзой новые	4,80	0,314	29	60,5
Серая резина с кирзой новые	4,77	0,330	24	51

ИСПЫТАНИЕ ОФСЕТНОЙ РЕЗИНЫ НА РАСТЯЖЕНИЕ

На стандартной разрывной машине РМ-5 были проведены испытания офсетной резины на растяжение. Диаграммы растяжения представлены на рис. 4, где по оси ординат отложены усилия, приходящиеся на 1 см ширины образца, а по оси абсцисс — относительные удлинения для следующих испытанных образцов: 1 — красная офсетная резина, 2 — черная офсетная резина, 3 — серая офсетная резина.

$\frac{P \text{ кг}}{\text{см пог}}$

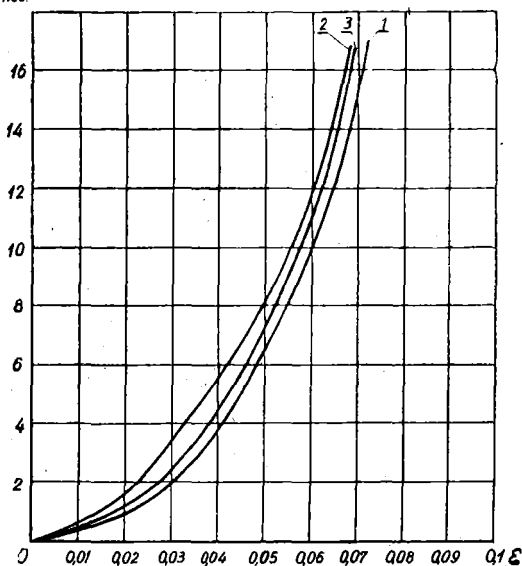


Рис. 4. Диаграммы растяжения: 1 — красного, 2 — черного и 3 — серого офсетных резиновых полотнищ.

Диаграммы свидетельствуют о том, что сорт резины мало влияет на упругие свойства офсетных полотнищ при их растяжении. Это объясняется тем, что полотнище является, по сути, агрегатом, состоящим из прочной технической ткани (корда) и слоя вулканизированной резины той или иной рецептуры. Резина имеет значительно более низкий модуль продольной упругости, чем корд, а поэтому при агрегатном растяжении в корде возникают значительные напряжения тогда, когда резина еще едва напряжена. В связи с этим полученные диаграммы растяжения больше отражают механические свойства корда, чем свойства резины. При сжатии же происходит обратная картина, и диаграммы сжатия больше отражают свойства резины, чем корда.

Здесь также каждая кривая отражает осредненные данные не менее чем по 3 образцам, и можно полагать, что различие результатов объясняется больше обычным их разбросом, чем влиянием различия рецептур резины.

Располагая приведенными данными, можно нанести штрихи на полотнище до натяжения его на цилиндр, на некотором расстоянии по направлению хода цилиндра, и, измеряя расстояние между ними после натяжения полотнища, судить о силе натяжения последнего.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ШИРИНЫ ПОЛОСКИ КОНТАКТА ОТ ПОГОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПЕЧАТНЫЙ ЦИЛИНДР

Задача определения суммарной нагрузки на печатные цилиндры имеет точное решение, отличающееся математической сложностью вычислений и приближенное, значительно более простое, но дающее заведомую погрешность [9].

По приближенной формуле суммарная нагрузка (Q_{Σ}) может быть выражена величиной

$$Q_{\Sigma} \cong \frac{4}{3} \frac{m}{m+1} \sigma_m B l, \quad (5)$$

где l — длина полоски контакта вдоль образующей печатного цилиндра:

Коэффициент $4/3$ фактически точно определен лишь для частного случая $m = 1$ (для материалов, подчиняющихся действию закона Гука), а поэтому использование его для всех материалов покрышек является заведомым допущением в силу необходимости практического, хотя бы приближенного, решения задачи.

Если в (5), с учетом (1) ввести вместо $\sigma_m = \sqrt[m]{E' \frac{z_m}{\delta}}$, а вместо $z_m \cong \frac{B^2}{2D}$, то найдем зависимость погонной нагрузки на цилиндр $q(B)$:

$$q = \frac{Q_{\Sigma}}{l} = \frac{4}{3} \frac{m}{m+1} \sqrt[m]{\frac{E'}{\delta}} \sqrt[m]{\frac{B^2}{2D}} \cdot B = \frac{4}{3} \frac{m}{m+1} \sqrt[m]{\frac{E'}{2D\delta}} \cdot B^{\frac{2+m}{m}}, \quad (6)$$

т. е. ширина полоски контакта пропорциональна для заданного печатного (или офсетного) цилиндра с данной покрышкой:

$$B \doteq \sqrt[m]{\frac{2+m}{m} q}. \quad (7)$$

В книге А. А. Тюрина [10], являющейся учебным пособием для полиграфических вузов, некритически приводятся данные Хебзакера¹ о том, что ширина полоски контакта в плоскочечатных машинах изменяется якобы пропорционально \sqrt{q} , т. е. $B \doteq \sqrt{q}$. Сравнивая это утверждение с (7), можно заметить, что такая пропорциональность была бы возможна лишь в случае $m = 2$, невозможном для покрышек, ибо они всегда имеют $m \leq 1$. Характерно, что график $B(q)$, опубликованный Хебзакером, опровергает его же утверждение о пропорциональности $B \doteq \sqrt{q}$.

Для проверки справедливости формулы (7) нами были проведены исследования на специальном приборе конструкции кафедры полиграфических машин УПИ (рис. 5), состоящем из рессорного динамометра в нижней части и пары давящих сегментов с приспособлением для натяжения покрышки в верхней части. Нижний индикатор часового типа здесь служит для отсчета нагрузок (с этой целью рессорный динамометр соответственно тарирован), а верхний — для отсчета деформаций покрышки.

Нагружение контактирующих исследуемых поверхностей производилось при помощи рычажного пресса.

В процессе исследования поверхность сегмента, соприкасающаяся с сегментом, обтянутым офсетной покрышкой, покрывалась тонким слоем краски и по мере ступенчатого нагружения по оттискам на прокладываемой офсетной бумаге измерялась ширина полосок контакта.

¹ ZVDI № 51, 1940.

Величина погонной нагрузки (q) определялась делением суммарной нагрузки (Q_2), отсчитанной по рессорному динамометру, на длину сегмента вдоль образующей ($l_0 = 5$ см):

$$q = \frac{Q_2}{l_0}.$$

Фактическая ширина полоски контакта определялась обмером по соответствующим оттискам на офсетной бумаге.

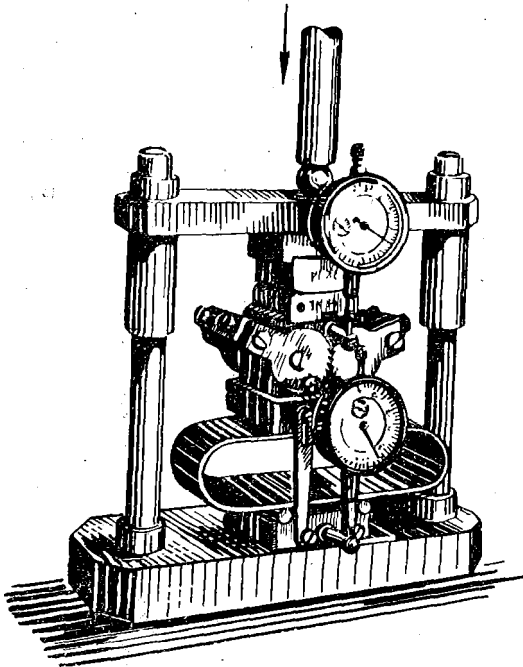


Рис. 5. Специальный прибор для исследования статики печатного контакта, конструкции кафедры полиграфических машин УПИ имени Ивана Федорова.

вдавливании формы в офсетную покрывку, а также приближенностью коэффициента $^{4/3}$.

Полученные графики показывают, что мнение о пропорциональности ширины полоски \sqrt{q} не имеет ни теоретического, ни экспериментального оправдания, и вместе с тем свидетельствуют о необходимости уточнения приближенной формулы (5), выведенной в работе [9] без учета влияния коэффициента Пуассона.

В заключение отметим, что с учётом формулы (5), принимая во внимание тождество

$$\sigma_{cp} = \frac{Q_2}{Bl} \cong \frac{4}{3} \frac{m}{m+1} \sigma_m,$$

можем записать

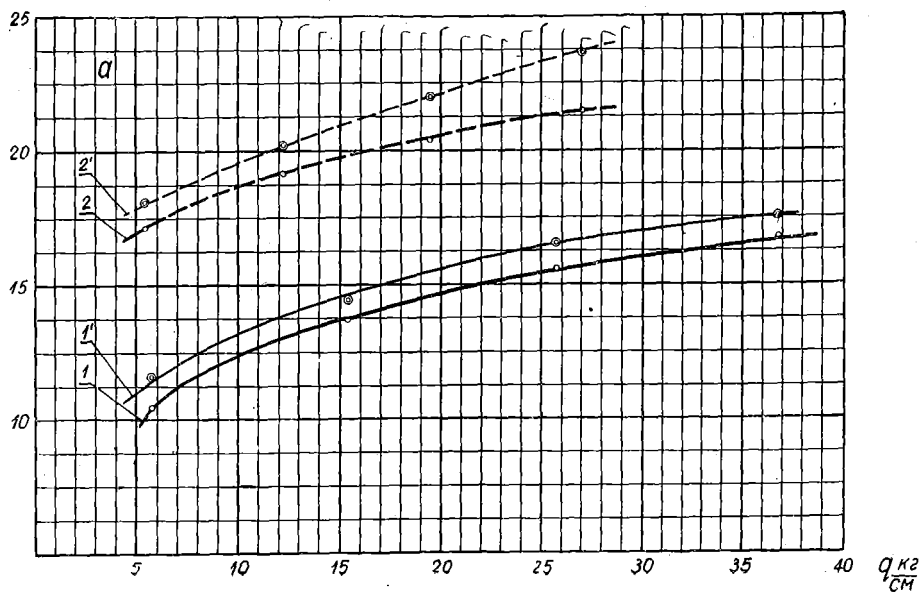
$$\sigma_m = \frac{3(m+1)}{4m} \sigma_{cp} = \alpha \sigma_{cp}, \quad (8)$$

Полученные результаты характеризуются графиками, представленными на рис. 6. Здесь а) зависимость $B_\phi(q)$ для диаметров печатного и офсетного цилиндров $D_{ном} = 432$ мм (соответственно двухкрасочной офсетной машине ДО); б) та же зависимость для диаметров печатного и офсетного цилиндров $D_{ном} = 300$ мм (соответственно однокрасочной офсетной машине ОМ); в) та же зависимость для диаметров $D_{ном} = 390$ мм (соответственно двухкрасочной офсетной машине ПОЛ).

Анализ этих графиков свидетельствует о том, что качественно зависимость $B_\phi(q_\phi)$ близка к зависимости $B_m(q_m)$, где индекс ϕ присвоен фактическим, а индекс t — теоретическим данным.

Количественно фактическая ширина полоски контакта больше теоретической ширины, что объясняется влиянием выпучивания покрывки (влияние коэффициента Пуассона), при

$B_{\text{мм}}$



$B_{\text{мм}}$

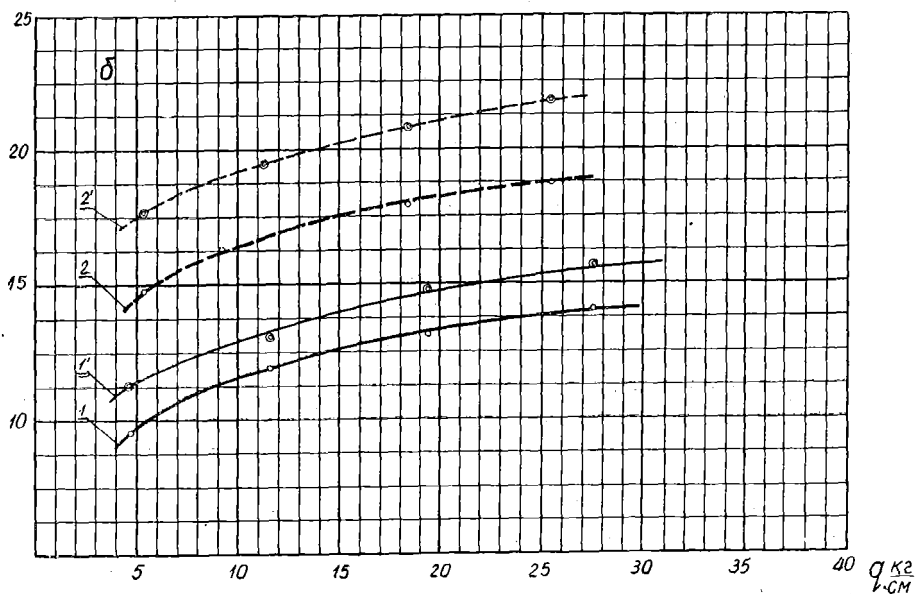


Рис. 6. Зависимость $B(q)$: а) для $D_{\text{ном}} = 432$ мм (ДО); 1 и 1' — двойная черная резина; 2 и 2' — черная резина с кирзой б) для $D_{\text{ном}} = 300$ мм (ОМ); 1 и 1' — двойная красная резина; 2 и 2' — красная обжатая резина с обжатой кирзой.

Нижние одноименные кривые построены по теоретическим данным, верхние (цифры со штрихом) получены экспериментально на приборе, изображенном на рис. 5.

В мм

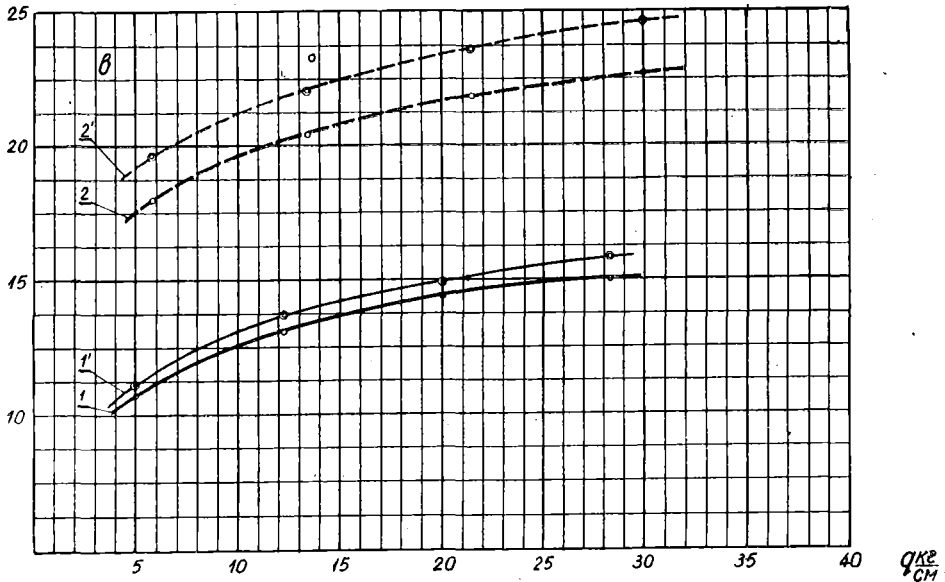


Рис. 6в. Зависимость $B(q)$ для $D_{\text{ном}}=390$ мм (ПОЛ). 1 и 1' — двойная серая резина; 2 и 2' — серая резина с кирзой.

Нижние одноименные кривые построены по теоретическим данным, верхние (цифры со штрихом) получены экспериментально на приборе, изображенном на рис. 5.

где

$$\alpha = \frac{3(m+1)}{4m} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\text{ср}}}$$

С учётом найденных значений физических констант, можно приближенно принять:

а) для двухслойных офсетных резиновых покрышек: $\alpha = 1,81 + 2,14$, в среднем $\alpha \cong 2$ и $\sigma_m \cong 2\sigma_{\text{ср}}$;

б) для офсетных резиновых полотнищ с кирзой: $\alpha = 2,92 + 3,14$, в среднем $\alpha \cong 3$ и $\sigma_m \cong 3\sigma_{\text{ср}}$.

ВЫВОДЫ

1. Проведенное исследование офсетных покрышек уточняет представление об их некоторых физических свойствах;

2. Данные опытов опровергают утверждение Хебзакера о том, что ширина полоски контакта (B) пропорциональна \sqrt{q} , где q — погонная нагрузка на печатный цилиндр.

Приближенная зависимость $B \cong q^{\frac{m}{2+m}}$, вытекающая из выводов автора [9], ближе к действительности, хотя и нуждается в дальнейшем уточнении.

3. Определены зависимости между величиной абсолютной деформации покрышки и величиной удельного давления для наиболее распространенных типов офсетных покрышек, позволяющие более объективно регулировать печатные секции офсетных машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюнин А. Н. Литографские и офсетные машины, Гизлегпром, 1949.
2. Блокгунс Г. Декель, натиск и износ печатной формы на плоскочечатных машинах, журн. «Der Poligraph» № 10, 1954.
3. Захаров А. Г. и Безпрозванный Г. К. Оборудование лито-офсетных цехов, изд. «Искусство», 1953.
4. Кунц Альберт Т. Правильная развертка и подготовка цилиндров в офсетных печатных машинах, журн. «The American Pressman», июль, 1954.
5. Народное предприятие ГДР «Планета». Инструкция по монтажу и обслуживанию однокрасочной офсетной машины «Планета терция», 1954.
6. Народное предприятие ГДР «Планета». Инструкция по монтажу и обслуживанию двухкрасочной офсетной машины «Супер-Планета-Квинта», 1955.
7. Попрядухин П. А. Технология полиграфического производства, ч. III, Печатные процессы, Гизлегпром, 1948.
8. Тир К. В. Кинематика печатного контакта ротационных машин, Научные записки УПИ, том XI, 1955.
9. Тир К. В. О нагрузках, возникающих при печати на печатных машинах, Сборник трудов УНИИП, вып. I, 1937.
10. Тюрин А. А. Конструкция и расчет полиграфических машин, кн. IV, Ротационные печатные машины, изд. «Искусство», 1954.