

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,  
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ  
(ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ)**

**ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ ՍԵՂԱԿ ՍԱՄՎԵԼԻ**

**ՊՈԼԻԳՐԱՖԻԱԿԱՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ՏՊԱԳՈՏՈՒՄ ԱՌԿԱ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ  
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԲԱՐՁՐՈՐԱԿ ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՍՏԱՅՄԱՆ  
ՀԱՄԱՐ**

Ե.02.01 - «Մեքենագիտություն» մասնագիտությամբ տեխնիկական  
գիտությունների թեկնածուի զիտական աստիճանի հայցման  
ատենախոսության

**ՄԵՂՄԱԳԻՐ**

**ԵՐԵՎԱՆ 2024**

---

---

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА  
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ**

**МАРТИРОСЯН СЕДРАК САМВЕЛОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ В ПЕЧАТНОЙ ЗОНЕ  
ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
ВИСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ТИПОГРАФСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.02.01 - «Машиноведение»

**ЕРЕВАН 2024**

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի (ՀԱՊՀ) գիտական խորհրդում:

Գիտական ղեկավար՝ տ.գ.դ. Միհրան Գրիգորի Ստակյան  
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տ.գ.դ. Բորիս Սերգեյի Բալասանյան  
տ.գ.թ. Արմինե Աշոտի Մարգարյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի պետական համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2024 թ. հունիսի 21-ին, ժամը 11:00-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում գործող ԲԿԳԿ-ի «Մեքենաշինություն և Մեքենագիտություն» 034 Մասնագիտական խորհրդի նիստում, հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ., 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ գրադարանում:  
Սեղմագիրն առաքված է 2024 թ. մայիսի 20-ին:

034 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,  
տեխն.գիտ.թեկն., դոցենտ



Մ.Գ. Հարությունյան

---

Тема диссертации утверждена Ученым советом Национального политехнического университета Армении (НПУА).

Научный руководитель: д.т.н. Мигран Григорьевич Стакян  
Официальные оппоненты: д.т.н. Борис Сергеевич Баласанян  
к.т.н. Армине Ашотовна Маргарян

Ведущая организация: Ереванский государственный университет

Защита состоится 21-го июня 2024 г. в 11:00 ч. на заседании Специализированного совета КВОН 034 – “Машиностроение и Машиноведение”, действующего при НПУА, по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.  
Автореферат разослан 20-го мая 2024 г.

Ученый секретарь Специализированного совета 034  
канд. техн. наук, доцент



Մ.Գ. Արությունյան

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Качество печатной продукции характеризуется физико-механическими процессами, происходящими в зоне печати, в которых участвуют все материалы, находящиеся в этой зоне, и которые являются основными факторами, определяющими это качество. При больших объемах печати элементы в печатной зоне нагреваются и деформируются, что существенно влияет на качество печати. Необходимо определить тираж или рабочее время, при которых печатная продукция будет считаться приемлемой. В данной работе учтено влияние теплового фактора, как отдельно, так и в сочетании с другими факторами, на качество печати. До настоящего времени данная проблема была изучена недостаточно подробно. Факторы, влияющие на печать, разнообразны и разнохарактерны, что диктует необходимость применения метода системного анализа с соответствующими программными пакетами в процессе оценки явлений, происходящих в зоне печати. Решение вышеуказанных проблем является предпосылкой и актуальной задачей для организации нормальной работы печатных машин.

**Цель и задачи исследования.** Цель работы - изучить рабочий процесс печатных машин с учетом факторов, имеющих место в зоне печати, разработать и применить компьютерные средства для повышения качества типографской продукции.

Исходя из поставленной цели, сформулированы и решены следующие задачи:

- классификация факторов, действующих в зоне печати типографской машины;
- исследование приоритетного фактора, оказывающего решающее воздействие в зоне печати;
- оценка совместного влияния изменения давления и теплового фактора в зоне печати и обеспечение оптимального процесса печати;
- разработка современных конкурентоспособных печатных материалов с использованием программных средств и численных методов.

**Методы исследования.** Использован программный пакет ANSYS: в программную среду ANSYS были введены физико-механические параметры бумаги, печатного цилиндра, стальной и резиновой мембран в зоне печати. Получены распределения напряжений, деформаций и температур в зоне печати. При моделировании печатный узел был разбит на конечное число элементов. Были применены стандартные программные средства сбора, сортирования данных и получения математических моделей (пакеты Microsoft Office Excel 2010 Statistical and Data Analysis), а также подпрограммы растровых графических форматов, включенных в программу ANSYS.

**Научная новизна работы.** В процессе исследования получены следующие результаты, отличающиеся научной новизной:

1. Полная оценка комплексного воздействия всех рассматриваемых факторов в зоне печати.
2. Оценка температурных факторов и их влияния на качество полиграфической продукции.
3. Определение состояния рабочей поверхности и внутренней структуры резиновой мембраны печатного цилиндра при комплексном воздействии всех факторов.
4. Результаты исследований с использованием форматов графического дизайна и растровых форматов.

**Практическая значимость работы.** Изучены свойства материалов со сложной структурой, присутствующие в зоне печати. Для определения нормального давления в процессе печати использованы методы решения контактных задач, а для исследования режимов нагрузки в контактной зоне печати - программный пакет ANSYS. Полученные результаты имеют практическое значение и могут быть рекомендованы для использования при организации процессов печати, технического обслуживания и дефектоскопии, а также для восстановления рабочего состояния полиграфических машин, срок службы которых истекает.

**Основные положения, выносимые на защиту.** На защиту выносятся следующие положения:

- разработанная методика полной оценки факторов, комплексно влияющих в зоне печати;
- алгоритм формирования оптимального процесса печати;
- рекомендации по повышению несущей способности конструктивных элементов;
- оптимальный выбор программных средств и численных методов, необходимых для разработки процессов производства качественной печатной продукции.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и результаты диссертации были представлены и обсуждены на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов НПУА (2021-2024 гг.), а также на регулярных научных семинарах кафедры Механики и машиноведения НПУА (2021-2024 гг.).

**Публикации.** Основные результаты исследования были опубликованы в девяти научных статьях, одна из которых опубликована в научном журнале, включенном в Scopus.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и списка литературы из 101 наименования на армянском, русском и английском языках. Общий объем диссертации составляет 128 страниц, включая 45 рисунков и 13 таблиц.

Диссертация написана на армянском языке.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены методы исследования, научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведен анализ предыдущих исследований в данной области. Показано, что эти исследования в основном касались оценки влияния отдельных факторов и получения их оптимальных значений. Выявлены следующие закономерности:

1. Рассмотрены методы создания давления в печатной зоне. Из них особо изучены кинематические методы, при которых требуется обеспечить постоянное давление на всей поверхности печатной формы.

2. Изучен характер деформаций деталей машин, работающих в зоне печати, и изменения их составляющих в контактной зоне при выпуске продукции со значительным объемом. Важно поддерживать постоянный зазор в контактной зоне, величина которого зависит от наличия остаточных деформаций в резиновой мембране. Последние, вызывая трение скольжения, могут стать причиной образования повреждений в мембранах.

3. Обсуждена роль теплового распределения в печатной зоне при производстве качественной полиграфической продукции. Классифицированы изменения деталей машин, материалов и происходящих процессов в печатной зоне, а также последствия их воздействия на нормальную работу печатной машины. Указана важность постоянства нормального давления в зоне печати и отсутствия относительного скольжения бумаги. При увеличении объемов продукции отклонения в печати являются значительными и недопустимыми, так как приводят к неполной насыщенности изображения, размытию и смещению печатного поля.

4. Обсуждено влияние процессов, происходящих в печатной зоне, на процесс плавного и равномерного переноса красителя на бумагу, для чего важно обеспечить оптимальный зазор между печатными валиками, нарушающийся в результате деформации мембран, учитывать молекулярную структуру полимерных материалов и печатной бумаги, вязкость красителя, тепловой фактор и работу системы подачи печатной бумаги.

5. Изучены способы получения растровых изображений в различных форматах (BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG, RAW), ранжированных по областям графического дизайна и формирования кернов. Из отмеченных форматов выбраны варианты, наиболее подходящие для оформления рекламных материалов.

6. Дальнейшее развитие работы диктует необходимость комплексного изучения всех исследованных факторов и процессов, применения методов системного анализа и моделирования, а также их количественной оценки с использованием новых стандартных программных средств, что позволит повысить точность исследуемых величин путем обнаружения многопараметрических связей, а следовательно, и качество выпускаемых материалов.

Во второй главе применен метод системного анализа исследований и рассмотрено комплексное влияние факторов и процессов, в результате которых могут быть значительно изменены качество печатной продукции, а также работоспособность и производительность оборудования. Для этого необходимо было провести ряд мероприятий в следующей последовательности:

- изучить природу факторов и процессов, уровень их влияния и выявить совместные воздействия;
- выбрать и изучить характеристики печатного оборудования и получить экспериментальные данные;
- применяя методы математического и компьютерного моделирования, получить оптимальные показатели указанных факторов и процессов;
- изучить взаимосвязь между искусственным освещением и восприятием цвета на рабочем месте с целью получения оптимального освещения.

Проведен кинематический анализ компонентов деформации резиновой мембраны в зоне контакта печатного цилиндра. Принимая во внимание микроструктуру мембраны, показано, что пластическая деформация подразделяется на обратимые и необратимые деформации, параметры которых зависят от количества циклов ротации, что изменяет зазор и давление в печатном цилиндре, ухудшая подачу красителя и нормальный процесс его всасывания (рис. 1).

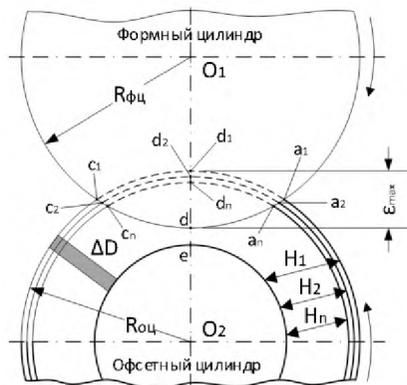


Рис. 1. Сжатие резиновой мембраны во время циклов печати

Поскольку печать основана на переносе краски с печатной формы на бумагу, а давление служит средством обеспечения этого переноса, необходимо учитывать зависимость характеристик краски от давления. С помощью диаграммы на рис. 2 определяют значение давления  $p$  при переносе  $q$  количества краски с печатной формы на  $1 \text{ см}^2$  бумаги, а тем самым и минимальное значение давления, которое обеспечивает переход максимального количества краски с формы на бумагу.

В работе были использованы печатные машины HEIDELBERG и RISOGRAPH TR1510 издательского центра НИУА и полученные с их помощью экспериментальные

данные, с помощью обработки которых проводилась методом конечных элементов (МКЭ) и программного пакета ANSYS.

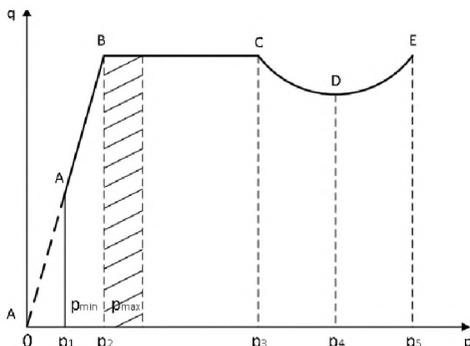


Рис.2. Основная диаграмма процесса печати

Согласно МКЭ, в задаче упругости перенос может быть представлен следующими полиномами:

$$u = a_1 + a_2x + a_3y + a_4xy + a_5x^2 + a_6y^2 + \dots, \quad (1)$$

$$b = b_1 + b_2x + b_3y + b_4xy + b_5x^2 + b_6y^2 + \dots. \quad (2)$$

Принят часто используемый треугольный конечный элемент.

Составляющие перемещений  $\{\delta\} = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$  для точки с произвольными координатами  $(x, y)$  элемента представлены линейной функцией:

$$\begin{cases} u = a_1 + a_2x + a_3y, \\ v = a_4 + a_5x + a_6y. \end{cases} \quad (3)$$

Горизонтальный компонент, представленный в первой позиции, и координирующий с (3) узел будут

$$\begin{cases} u_i = a_1 + a_2x_i + a_3y_i, \\ u_j = a_1 + a_2x_j + a_3y_j, \\ u_m = a_1 + a_2x_m + a_3y_m \end{cases} \quad (4)$$

и в матричной форме:

$$\begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_m \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_m & y_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{Bmatrix}. \quad (5)$$

Составляющие перемещений  $\{\delta\} = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$  согласно (3):

$$\{\delta\}^e = \begin{Bmatrix} \delta_i \\ \delta_j \\ \delta_m \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_m \\ v_m \end{Bmatrix}. \quad (6)$$

При офсетной печати подача жидкости, увлажняющей печатную бумагу, и красителя осуществляется последовательными этапами, что в настоящее время

преимущественно применяется благодаря низкому давлению, действующему на печатную форму, и использованию печатной бумаги различной жесткости. Указанные преимущества обусловлены применением многослойных полимерных мембран, которые сводят к минимуму остаточные деформации, обеспечивают необходимое количество и равномерное распределение красителя.

Изучены взаимосвязи между освещением графических объектов и восприятием цвета в помещениях с искусственным освещением. Выявлены эффекты различных источников искусственного освещения, отношения цвета и света с учетом особенностей восприятия цвета.

**В третьей главе** проведен предварительный процесс компьютерного моделирования при решении основной задачи исследования в соответствии с поэтапным подходом. В программную среду ANSYS были введены физико-механические параметры элементов, участвующих в печатном процессе (табл. 1 и 2).

Таблица 1

*Механические свойства материалов в печатной зоне*

№	Удельная масса, $q, \text{г/м}^2$	Плотность, $\rho, \text{г/см}^3$	Толщина, $h, \text{мм}$	Модуль упругости, $E, \text{Па}$	Коэффициент Пуассона, $\mu$
1	Стальной вал (сталь 45)				
1.1	-	7,85	-	$2 \cdot 10^{11}$	0,30
2	Бумага				
2.1	45	0,642	0,07	9174,33	0,26
2.2	60	0,750	0,08	9440,10	0,27
2.3	120	0,800	0,15	11349,08	0,26
3	Резиновая мембрана				
3.1	-	1,2	0,36	$5,0 \cdot 10^6$	0,40
3.2		1,1	0,30	$3,2 \cdot 10^6$	0,40
3.3		1,0	0,49	$2,5 \cdot 10^6$	0,45
3.4		1,1	0,80	$3,2 \cdot 10^6$	0,40

Таблица 2

*Тепловые свойства материалов*

Материал	Теплопроводность, $\text{Вт/м}\cdot\text{К}$	Удельная теплоемкость, $\text{Дж/кг}\cdot\text{К}$
Сталь	60,50	502
Резина	0,13	2092
Бумага	0,05	1400

При решении задачи часто необходимо выполнить возврат к предыдущему этапу для внесения изменений в модель. Команда Workbench позволяет быстро получать численные вычисления и эффективно устанавливать связь между отдельными инженерными вычислениями (рис. 3).

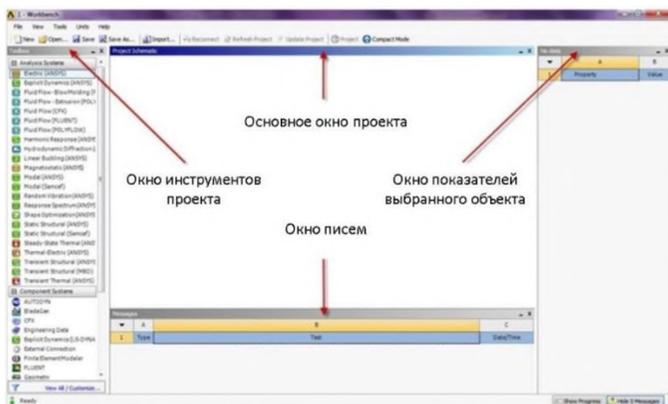


Рис.3. Главное окно программы ANSYS Workbench



Рис.4. Команды стандартных операций

Размер каждого окна можно изменять. В верхней части главного окна расположены команды стандартных операций, с помощью которых можно создать новый проект, открыть, сохранить с новым именем и импортировать проект из других систем (рис.4). Система ANSYS позволяет проводить различные виды инженерного анализа, которые расположены в панели инструментов Toolbox (рис.5) и из которых были выбраны несколько типов инженерного анализа: Geometry, Steady-State Thermal, Static Structural (рис.6).

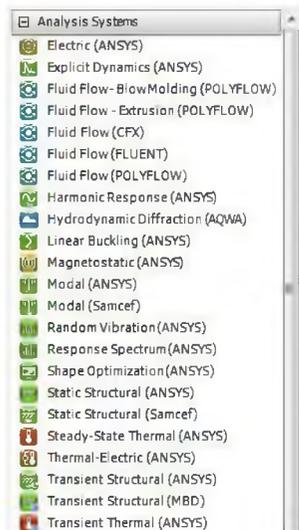


Рис.5. Панель инструментов Toolbox

После ввода свойств материалов в среду ANSYS была выбрана система координат XYZ, а печатный узел был разделен на 25944 узла с шагом 0,001 м и в общей сложности - на 19205 элементов. Количество контактных элементов - 14986, количество твердых элементов - 4219. На начальном этапе были выполнены подготовка геометрической модели, импорт материалов и их свойств, создание сетки конечных элементов и определение физических условий моделирования. На следующем этапе были определены зоны контакта печатного узла и площади поверхностей с помощью функций Connections и Contact Region (рис.7).

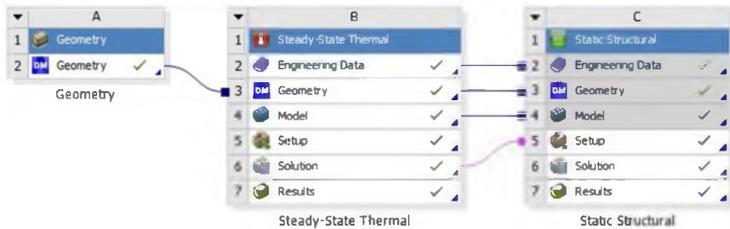


Рис.6. Типы используемого инженерного анализа

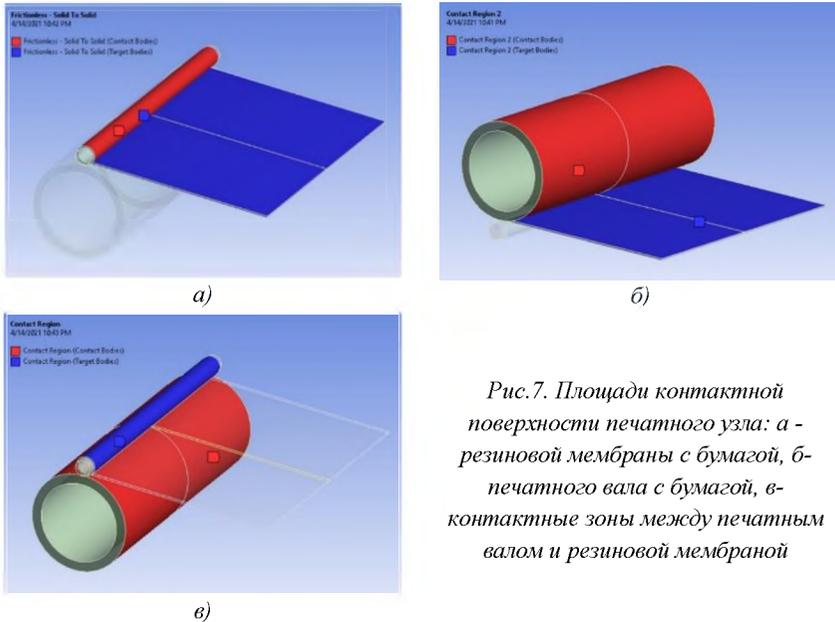


Рис.7. Площади контактной поверхности печатного узла: а - резиновой мембраны с бумагой, б - печатного вала с бумагой, в - контактные зоны между печатным валом и резиновой мембраной

Для оценки процессов, происходящих в печатной зоне, и, в частности, оценки влияния теплового фактора из программного пакета ANSYS Workbench были выбраны три варианта инженерного анализа (Geometry, Steady-State Thermal, Static Structural), с помощью которых было выполнено программное моделирование всех элементов и узлов контактной зоны и определены их параметры. Были рассмотрены температуры печатной бумаги трех разных толщин при проходе печатной зоны, влияние которых проявляется после 180 с и незначительно в офсетных печатных машинах, но значительно в остальных. На этот фактор влияют параметры давления и напряженно-деформированного состояния при их максимальных значениях, на основе которых определяются оптимальные интервалы этих значений.

Отмечено, что одним из основных условий реализации высококачественной полиграфической продукции является обеспечение необходимой цветовой схемы.

При изучении печатных буклетов особое внимание уделялось выразительности графических и пространственных решений. Одним из важных элементов печатной рекламы считается цвет, который может повлиять на процесс покупки не меньше, чем слоган. Отмечено, что 60% успеха покупок зависит от их цветового решения. Зрительная система человека осуществляет процесс психофизиологического восприятия образов окружающего мира и позволяет получить представление о размере, форме и цвете предметов, их относительном положении и расстоянии. Эксперименты показали, что субъективное ощущение освещенности представляет собой логарифмическую функцию физической яркости света, попадающего в глаз. Эффективность социальной рекламы обусловлена соответствием цветовой кодировки информации культурным, этическим и национальным особенностям адресата. Специальная социальная реклама содержит противопоставление цветов, а в цветовой гамме используется ограниченное количество “естественных” цветов.

**В четвертой главе** показано, что повреждения, возникающие в печатной зоне, носят физико-химический и материало-механический характер и вызваны процессами, происходящими в поверхностных слоях. Их причиной является взаимодействие веществ, оказавшихся в зоне печати, и обладающих молекулярной микроструктурой. Напряженно-деформированное состояние, создаваемое в печатной зоне, носит асимметричный циклический характер и в процессе получения печатной продукции становится переменным. В результате в указанных слоях начинают срабатывать механизмы износа и коррозионной усталости.

Повреждения, вызванные циклической нагрузкой на резиновые мембраны, после определенного количества циклов нагрузки могут вызвать усталостное разрушение. Толщина мембран в современных печатных машинах обычно составляет 2,0...2,5 мм, что при возникновении различных повреждений в течение короткого промежутка времени работы может привести к их выходу из строя. К указанным факторам добавляются тепловые процессы, влияние которых существенно при повышении производительности печати и продлении времени работы. Это также влияет на вязкость красителя, из-за чего происходит искажение и обесцвечивание материала, что диктует необходимость обязательной установки термоохладителей в печатных машинах для получения качественной продукции.

Воздействие негативных факторов приводит к нарушению нормальной работы печатных машин и снижению качества продукции. Такое влияние может быть выражено в виде многопараметрического регрессионного уравнения показателей указанных факторов:

$$F(p, \sigma, \varepsilon, \theta, \delta, t) = 0, \quad (7)$$

где в скобках представлены показатели факторов:  $p$  - давления,  $\sigma$  - напряженности в контактной зоне,  $\varepsilon$  - деформации,  $\theta$  - температуры печатной зоны,  $\delta$  - растрескивания мембраны,  $t$  - времени работы. Возможны варианты их совместного действия с участием 2...6 факторов (табл.3), из которых практическое значение имеют

4- факторные сочетания. Это позволит выбрать наиболее важные факторы и с их помощью составить системы многопараметрических оптимальных уравнений, решения которых позволят получить оптимальные значения наблюдаемых показателей.

Таблица 3

Варианты связей показателей при совместном действии факторов

№	Связи показателей от 2 до 6 совместно влияющих факторов				
	2-х факторов	3-х факторов	4-х факторов	5-и факторов	6-и факторов
1	$p = f_1(\sigma)$	$p = \varphi_1(\sigma, \varepsilon)$	$p = \Psi_1(\sigma, \varepsilon, \theta)$	$p = \lambda_1(\sigma, \varepsilon, \theta, \delta)$	$p = \Delta_1(\sigma, \varepsilon, \theta, \delta, t)$
2	$p = f_2(\varepsilon)$	$p = \varphi_2(\sigma, \theta)$	$p = \Psi_2(\sigma, \varepsilon, \delta)$	$p = \lambda_2(\sigma, \varepsilon, \theta, t)$	$\sigma = \Delta_2(p, \varepsilon, \theta, \delta, t)$
3	$p = f_3(\theta)$	$p = \varphi_3(\sigma, \delta)$	$p = \Psi_3(\sigma, \varepsilon, t)$	$p = \lambda_3(\sigma, \varepsilon, \delta, t)$	$\varepsilon = \Delta_3(p, \sigma, \theta, \delta, t)$
4	$p = f_4(\delta)$	$p = \varphi_4(\sigma, t)$	$p = \Psi_4(\sigma, \theta, \delta)$	$p = \lambda_4(\sigma, \theta, \delta, t)$	$\theta = \Delta_4(p, \sigma, \varepsilon, \delta, t)$
5	$p = f_5(t)$	$p = \varphi_5(\varepsilon, \theta)$	$p = \Psi_5(\sigma, \theta, t)$	$p = \lambda_5(\varepsilon, \theta, \delta, t)$	$\delta = \Delta_1(p, \sigma, \varepsilon, \theta, t)$
6	$\sigma = f_6(\varepsilon)$	$p = \varphi_6(\varepsilon, \delta)$	$p = \Psi_6(\sigma, \delta, t)$	$\sigma = \lambda_6(p, \varepsilon, \theta, \delta)$	$t = \Delta_6(p, \sigma, \varepsilon, \theta, \delta)$
7	$\sigma = f_7(\theta)$	$p = \varphi_7(\varepsilon, t)$	$p = \Psi_7(\varepsilon, \theta, \delta)$	$\sigma = \lambda_7(p, \varepsilon, \theta, \delta)$	
8	$\sigma = f_8(\delta)$	$p = \varphi_8(\theta, \delta)$	$p = \Psi_8(\varepsilon, \theta, t)$	$\sigma = \lambda_8(p, \varepsilon, \delta, t)$	
9	$\sigma = f_9(t)$	$p = \varphi_9(\theta, t)$	$p = \Psi_9(\varepsilon, \delta, t)$	$\sigma = \lambda_9(p, \theta, \delta, t)$	
10	$\varepsilon = f_{10}(\theta)$	$p = \varphi_{10}(\delta, t)$	$p = \Psi_{10}(\theta, \delta, t)$	$\sigma = \lambda_{10}(\varepsilon, \theta, \delta, t)$	
11	$\varepsilon = f_{11}(\delta)$	$\sigma = \varphi_{11}(\varepsilon, \theta)$	$\sigma = \Psi_{11}(\varepsilon, \theta, \delta)$	$\varepsilon = \lambda_{11}(p, \sigma, \theta, \delta)$	
12	$\varepsilon = f_{12}(t)$	$\sigma = \varphi_{12}(\varepsilon, \delta)$	$\sigma = \Psi_{12}(\varepsilon, \theta, t)$	$\varepsilon = \lambda_{12}(p, \sigma, \theta, t)$	
13	$\theta = f_{13}(\delta)$	$\sigma = \varphi_{13}(\varepsilon, t)$	$\sigma = \Psi_{13}(\varepsilon, \delta, t)$	$\varepsilon = \lambda_{13}(p, \sigma, \delta, t)$	
14	$\theta = f_{14}(t)$	$\sigma = \varphi_{14}(\theta, \delta)$	$\sigma = \Psi_{14}(\theta, \delta, t)$	$\varepsilon = \lambda_{14}(p, \theta, \delta, t)$	-
15	$\delta = f_{15}(t)$	$\sigma = \varphi_{15}(\theta, t)$	$\varepsilon = \Psi_{15}(\theta, \delta, t)$	$\varepsilon = \lambda_{15}(\sigma, \theta, \delta, t)$	
16		$\sigma = \varphi_{16}(\delta, t)$		$t = \lambda_{26}(p, \sigma, \varepsilon, \theta)$	
17		$\varepsilon = \varphi_{17}(\theta, \delta)$		$t = \lambda_{27}(p, \sigma, \varepsilon, \delta)$	
18	-	$\varepsilon = \varphi_{18}(\theta, t)$	-	$t = \lambda_{28}(p, \sigma, \theta, \delta)$	
19		$\varepsilon = \varphi_{19}(\delta, t)$		$t = \lambda_{29}(p, \varepsilon, \theta, \delta)$	
20		$\theta = \varphi_{20}(\delta, t)$		$t = \lambda_{30}(\sigma, \varepsilon, \theta, \delta)$	

Всего: 86 функциональных связей

В областях, где офсетная мембрана повреждена, возникают максимальные напряжения, которые со временем увеличиваются (рис. 8).

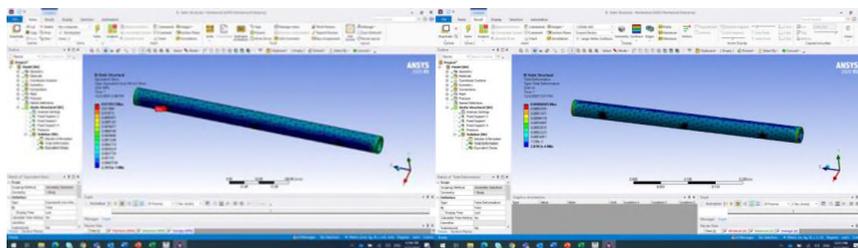


Рис.8. Напряжение в поврежденной офсетной мембране, расположенной на валу

Были исследованы контакт печатных валов и бумаги, а также состояние разноформатной бумаги при квазистатической нагрузке в зависимости от воздействия температуры. На стадии анализа статической термоустойчивости Steady-State Thermal была выбрана начальная комнатная температура 22 °С.

Моделирование проводилось для временного интервала  $t = 180\text{c}$ , и после включения машины температура на внешней поверхности печатного цилиндра достигла  $39,9^{\circ}\text{C}$ , а на внутренней поверхности полого цилиндра -  $25,58^{\circ}\text{C}$ . Температура резиновой мембраны была повышена до  $48,65^{\circ}\text{C}$ , а температура между валом и намотанной на него резиновой мембраной достигла  $31^{\circ}\text{C}$ . Температура передней кромки бумаги для печати, поступающей в печатную зону, по данным моделирования, достигла  $59^{\circ}\text{C}$ , а конец бумаги практически не подвергался термическому воздействию. На рис.9 показано распределение температуры после интервала в  $180\text{c}$ .

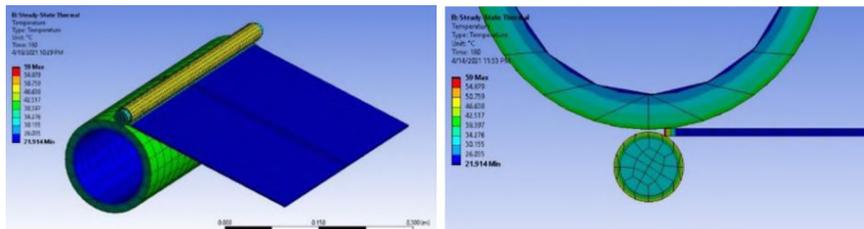


Рис.9. Распределение температуры в печатной зоне

В результате после нескольких тысяч циклов печатная машина должна выполнить принудительную остановку, поскольку зазор между печатными цилиндрами изменяется и влияет на качество печати. Поставленная задача была повторно смоделирована и решена в разделе статического структурного анализа ANSYS Mechanical interface. Цилиндр с печатной формой, печатный валик и резиновая мембрана были зафиксированы с целью исключения относительного скольжения и других нежелательных явлений, а бумаге был придан сдвиг на величину  $x = -0,4\text{ м}$  (рис.10).

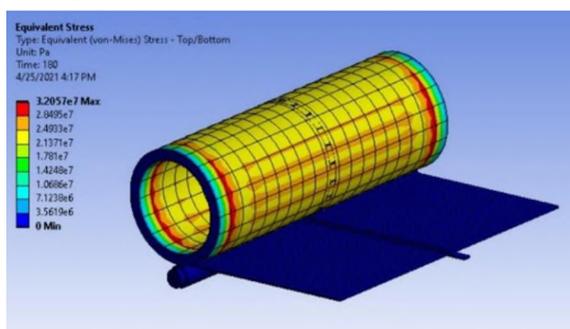


Рис.10. Распределение напряжений под действием тепла

В табл.4 представлены максимальные напряжения без воздействия фактора и под воздействием теплового фактора.

Таблица 4

Максимальные напряжения

Тип бумаги	Максимальное $\sigma$ без теплового воздействия, МПа	Максимальное $\sigma$ при тепловом воздействии, МПа
1	31,973	32,057
2	33,159	33,271
3	34,835	34,952

Напряжения наиболее высоки при влиянии теплового фактора. При одинаковых условиях зазор между валами уменьшается (табл.5).

Таблица 5

Зазор между печатными валами

Тип бумаги	Зазор без влияния теплового фактора, мм	Зазор при воздействии теплового фактора, мм
1	0,07	0,0660
2	0,08	0,0775
3	0,15	0,1400

Компьютерным моделированием с помощью программного пакета ANSYS были получены вариационные ряды показателей многопараметрических функций ( $n=19$ ), которые были обработаны с использованием стандартных компьютерных программ (пакеты Microsoft Office Excel 2010 Statistic и Data Analysis). Также были получены степенные функции регрессионных уравнений, так как эти ряды имеют монотонно изменяющийся характер. На начальном этапе рассматривалось совместное действие факторов с двумерными функциональными связями, в которых в качестве основных факторов были представлены время  $t$ , температура  $\theta$  и растрескивание  $\delta$  (табл.6).

Таблица 6

Двумерные функциональные связи показателей печатной зоны

№	Осн. фактор	Функция	Регрессионные уравнения	Коэффициент детерминации, $R^2$
1	2	3	4	5
1	t	$p = f_5(t)$	$y = -9 \cdot 10^{-4}x + 1.1697$ $y = -10^{-6}x^2 - 7 \cdot 10^{-4}x + 1.1639$ $y = -3 \cdot 10^{-8}x^3 + 6 \cdot 10^{-6}x^2 - 12 \cdot 10^{-4}x + 1.1709$	0.9116 0.9151 0.9196
2		$\sigma = f_9(t)$	$y = 0.2114x - 1.6912$ $y = -3 \cdot 10^{-4}x^2 + 0.266x - 3.2475$ $y = -10^{-5}x^3 + 35 \cdot 10^{-4}x^2 - 28 \cdot 10^{-4}x + 0.3203$	0.9715 0.9762 0.9987
3		$\varepsilon = f_{12}(t)$	$y = 1.5 \cdot 10^{-3}x - 31.7 \cdot 10^{-3}$ $y = 5 \cdot 10^{-6}x^2 + 5 \cdot 10^{-4}x - 3.8 \cdot 10^{-3}$ $y = -10^{-8}x^3 + 8 \cdot 10^{-6}x^2 + 3 \cdot 10^{-4}x - 1.4 \cdot 10^{-3}$	0.9655 0.9957 0.9959
4		$\theta = f_{14}(t)$	$y = 0.2176x + 20.25$ $y = 3 \cdot 10^{-5}x^2 + 0.2113x + 20.427$ $y = -4 \cdot 10^{-6}x^3 + 11 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 + 0.1348x + 21.443$	0.9974 0.9975 0.9992
5		$\delta = f_{15}(t)$	$y = 0.0313x - 0.6391$ $y = 10^{-5}x^2 + 0.0295x - 0.5895$ $y = -2 \cdot 10^{-6}x^3 + 6 \cdot 10^{-4}x^2 - 8.8 \cdot 10^{-3}x + 0.0803$	0.9568 0.9572 0.9776

1	2	3	4	5
6	θ	$p = f_3(\theta)$	$y = -4 \cdot 10^{-2}x + 1.2514$ $y = -3 \cdot 10^{-5}x^2 - 1.8 \cdot 10^{-3}x + 1.211$ $y = -4 \cdot 10^{-6}x^3 + 4 \cdot 10^{-4}x^2 - 1.94 \cdot 10^2x + 1.4227$	0.9069 0.9113 0.9181
7		$\sigma = f_7(\theta)$	$y = 0.9754x - 21.514$ $y = 8 \cdot 10^{-3}x^2 + 1.6138x - 33.136$ $y = -11 \cdot 10^{-4}x^3 + 0.1275x^2 - 3.5725x + 29.24$	0.9813 0.9876 0.9991
8		$\varepsilon = f_{10}(\theta)$	$y = 0.68 \cdot 10^{-2}x - 0.1703$ $y = 10^{-4}x^2 - 2.7 \cdot 10^{-3}x + 3.3 \cdot 10^{-3}$ $y = 2 \cdot 10^{-6}x^3 - 8 \cdot 10^{-5}x^2 + 5 \cdot 10^{-3}x - 89.9 \cdot 10^{-3}$	0.9658 0.9938 0.9943
9	δ	$p = f_4(\delta)$	$y = -4 \cdot 10^{-3}x + 1.2514$ $y = -3 \cdot 10^{-5}x^2 - 1.8 \cdot 10^{-4}x + 1.211$ $y = -4 \cdot 10^{-6}x^3 + 4 \cdot 10^{-4}x^2 - 19.4 \cdot 10^{-3}x + 1.4227$	0.9069 0.9111 0.9181
10		$\sigma = f_8(\delta)$	$y = 6.6269x + 2.9304$ $y = -27.31 \cdot 10^{-2}x^2 + 7.8011x + 2.502$ $y = -25.77 \cdot 10^{-2}x^3 + 1.5785x^2 + 4.5777x + 2.8462$	0.9746 0.9772 0.9809
11		$\varepsilon = f_{11}(\delta)$	$y = 4.58 \cdot 10^{-2}x + 0.003$ $y = 7.2 \cdot 10^{-3}x^2 + 1.47 \cdot 10^{-2}x + 0.0143$ $y = 9 \cdot 10^{-4}x^3 + 9 \cdot 10^{-4}x^2 + 2.57 \cdot 10^{-2}x + 0.0131$	0.9291 0.9632 0.9641
12		$\theta = f_{13}(\delta)$	$y = 6.7099x + 25.245$ $y = 26.01 \cdot 10^{-2}x^2 + 5.5916x + 25.653$ $y = 6.19 \cdot 10^{-2}x^3 - 18.5 \cdot 10^{-2}x^2 + 6.3663x + 25.571$	0.9686 0.9708 0.9713

В выбранных степенных уравнениях коэффициент детерминации  $R^2$  колеблется в диапазоне  $R^2=0.907...0.999$ , что подтверждает высокий уровень корреляционной связи между показателями. Важной особенностью является преобладание линейных уравнений в двумерных функциональных связях, что позволяет определить оптимальные значения показателей с помощью простых линейных уравнений.

В современных исследованиях в области полиграфии для оценки факторов используются многопараметрические уравнения функциональных связей показателей, к которым относятся также процессы, происходящие в зоне печати. Учитывая характер монотонного изменения факторов в зоне печати, регрессионные уравнения в соответствии с методом планирования факторного тестирования представлены в виде умножения показателей:

$$Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot X_3^{a_3} \cdot \dots \cdot X_n^{a_n} \quad (8)$$

Количество факторов, влияющих в зоне печати, в соответствии с проведенными исследованиями равно 4, а количество возможных вариантов не превышает 6, для которых уравнение (8) принимает следующий вид:

$$Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot X_3^{a_3} \text{ и } Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot \dots \cdot X_5^{a_5} \quad (9)$$

С использованием стандартных компьютерных программных пакетов были получены функциональные связи (9) и коэффициенты детерминации  $R^2$ , из которых наиболее значимыми являются регрессионные уравнения, полученные для 6-ти факторов (табл.7 и 8):  $R^2=0,925...0,997$ .

Таблица 7

## Функции, составленные по 4-ем факторам

№	Функция	Нулевой коэф., $a_0$	Показатели факторов			$R^2$
			$a_1$	$a_2$	$a_3$	
1	$P = \Psi_1(\sigma, \varepsilon, \theta)$	0.990933	1.086862	1.004946	1.424661	0.931022
2	$P = \Psi_2(\sigma, \varepsilon, \delta)$	1.028527	0.555393	0.996188	1.162444	0.930228
3	$P = \Psi_3(\sigma, \varepsilon, t)$	0.998872	0.897973	1.002252	1.172117	0.924706
4	$P = \Psi_4(\sigma, \theta, \delta)$	1.023028	0.990891	1.002195	1.436474	0.947567
5	$P = \Psi_5(\sigma, \theta, t)$	1.000269	0.990528	1.004682	1.431956	0.930765
6	$P = \Psi_6(\sigma, \delta, t)$	0.998554	1.016712	1.000545	1.185231	0.933051
7	$P = \Psi_7(\varepsilon, \theta, \delta)$	1.027933	0.993621	0.826733	1.349503	0.947231
8	$P = \Psi_8(\varepsilon, \theta, t)$	0.998983	1.002482	0.798381	1.106359	0.917743
9	$P = \Psi_9(\varepsilon, \delta, t)$	0.998947	1.019442	0.784563	1.177069	0.939152
10	$P = \Psi_{10}(\theta, \delta, t)$	1.000718	1.032453	0.988442	1.513245	0.944665
11	$\sigma = \Psi_{11}(\varepsilon, \theta, \delta)$	0.493316	1.530631	6.51E-15	5.84E-05	0.939605
12	$\sigma = \Psi_{12}(\varepsilon, \theta, t)$	1.136878	0.774619	1.73E-15	84.23448	0.982919
13	$\sigma = \Psi_{13}(\varepsilon, \delta, t)$	1.089265	0.693456	7.06E-16	0.367748	0.979706
14	$\sigma = \Psi_{14}(\theta, \delta, t)$	1.108296	0.950476	0.694826	2168.139	0.834367
15	$\varepsilon = \Psi_{15}(\theta, \delta, t)$	1.043523	0.879848	0.929925	0.029742	0.882502

Таблица 8

## Функции, составленные по 6-ти факторам

№	Функция	Нулевой коэф., $a_0$	Показатели факторов					$R^2$
			$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	
1	$P = \Delta_1(\sigma, \varepsilon, \theta, \delta, t)$	0.983994	$\sigma$	$\varepsilon$	$\theta$	$\delta$	$t$	0.951758
			1.001316	1.027812	1.658925	0.964641	1.002736	
2	$\sigma = \Delta_2(P, \varepsilon, \theta, \delta, t)$	0.828267	$P$	$\varepsilon$	$\theta$	$\delta$	$t$	0.983725
			1.126868	0.848404	9.329249	1.7E-15	1.880601	
3	$\varepsilon = \Delta_3(P, \sigma, \theta, \delta, t)$	0.626525	$P$	$\sigma$	$\theta$	$\delta$	$t$	0.929652
			1.213974	440.7226	0.063553	1.116123	0.527285	
4	$\theta = \Delta_4(P, \sigma, \varepsilon, \delta, t)$	1.007422	$P$	$\sigma$	$\varepsilon$	$\delta$	$t$	0.997405
			1.007295	21.17871	0.993891	0.145152	1.011204	
5	$\delta = \Delta_5(P, \sigma, \varepsilon, \theta, t)$	1.454708	$P$	$\sigma$	$\varepsilon$	$\theta$	$t$	0.924669
			2.58E-17	1.047299	3.7E-14	3.19E-23	0.978777	
6	$t = \Delta_6(P, \sigma, \varepsilon, \theta, \delta)$	1.703377	$P$	$\sigma$	$\varepsilon$	$\theta$	$\delta$	0.840816
			0.877748	0.049554	0.542672	0.001384	2.8E-16	

Обобщая расчетные данные, полученные для 2-х, 4-ех и 6-ти факторов, можно отметить:

- с увеличением числа факторов интенсивность регрессионной связи становится все более значительной;
- в функциональных связях для двух факторов при факторах  $t, \delta, \theta - R^2=0,952...0,999$ , что позволяет получить достоверные данные;
- в случае 4-ех факторов существенное значение имеет влияние показателей  $\sigma, \theta$ , а в случае 6-ти факторов - показателей  $\sigma, \theta, p$ .

Чтобы получить правильную практическую оценку многофакторного действия в зоне печати, необходимо с использованием метода компьютерного анализа выполнить трехэтапные обобщенные вычислительные операции, которые представлены в табл.9.

Таблица 9

Трехэтапная расчетная схема для получения оптимальных значений показателей печати

№	Двухфакторная функциональная связь, $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2^2 + a_3X_3^2$		Четырехфакторная функциональная связь, $Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot X_3^{a_3}$		Шестифакторная функциональная связь, $Y = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot X_3^{a_3} \cdot \dots \cdot X_6^{a_6}$	
	Показатели	$R^2$	Показатели	$R^2$	Показатели	$R^2$
I этап	Обобщения по показателям					
1	$\sigma$	0.981...0.999	$\sigma$	0.980...0.983	$\theta$	0.997
2	$\theta$	0.911...0.999	$p$	0.918...0.948	$\sigma$	0.984
3	$\varepsilon$	0.964...0.996	$\varepsilon$	0.883	$p$	0.952
4	$\delta$	0.978		-	$\varepsilon$	0.930
5	$p$	0.918...0.920		-	$\delta$	0.925
6		-		-	$t$	0.841
II этап	Обобщения по функциональным связям					
1	$\sigma, \theta$	0.991...0.999	$\sigma$	0.980...0.983	$\theta, \sigma$	0.984...0.997
2	$\varepsilon$	0.964...0.996	$\varepsilon$	0.918...0.948	$p$	0.952
3	$p$	$R^2 < 0.950$		-	$\varepsilon, \delta$	0.925...0.930
III этап	Трехэтапные обобщения					
I	$\sigma, \theta, R^2 = 0.980 \dots 0.999$					
II	$p, \varepsilon, R^2 = 0.952 \dots 0.996$					
III	$\varepsilon, \delta, R^2 = 0.925 \dots 0.930$					

На первом этапе рассматривались распределения показателей по основным факторам  $t, \theta, \delta$ . В двухфакторных функциональных связях были выявлены преобладающие варианты линейных уравнений, которые упрощают вычислительные операции. В 4- и 6-факторных функциональных связях в качестве основных были указаны изменения факторов  $\sigma$  и  $p$ . На этапе II были изучены обобщения 2-, 4- и 6-факторных функциональных связей с учетом количества факторов и комбинаций возникающих эффектов в результате последовательных процессов, происходящих в печатной зоне. На этапе III, используя метод системного анализа и выбирая значения коэффициента детерминации  $R^2$ , классифицируются факторы, влияющие на конечный результат по категориям - 1 ( $\sigma, \theta$ ), 2 ( $p, \varepsilon$ ) и 3 ( $\delta$ ). Такая классификация позволяет выбрать наиболее важные факторы и составить системы многопараметрических оптимальных уравнений, с помощью которых полученные показатели предоставляют возможность создать оптимальные условия работы в печатной зоне и обеспечить высокое качество печатной продукции при нормальных условиях работы печатных машин.

Графический дизайн, в котором использовались только растровые изображения, рекомендуется сохранять в формате TIFF, поскольку это позволяет позже подвергнуть изображение обработке или скопировать его слои в другой файл. Были определены области применения разных форматов в соответствии со сложностью, анализ свойств которых позволяет классифицировать их в соответствии со свойствами графического дизайна разных областей и предлагать дизайн для выбора и применения правильного формата с целью качественной реализации элементов.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Изучены методы создания нормального давления в зоне печати и выбран кинематический метод как наиболее приемлемый вариант создания давления, воздействующего на резиновую мембрану печатного цилиндра. Определены распределение давления в печатной зоне, условия прохождения бумаги и возникновения относительного проскальзывания, обосновано применение резиновой мембраны с многослойной внутренней структурой.

2. В качестве первичного фактора выбрано нормальное давление, действующее в зоне печати, и определены функциональные связи давления с геометрическими параметрами печатной зоны. Показано, что при нормальной работе печатной машины давление в зоне печати остается постоянным, но его изменение становится ощутимым при накоплении остаточных деформаций в слоях мембраны, что приводит к изменению зазора между печатными цилиндрами, затруднению прохождения печатной бумаги и нарушению естественного процесса прохождения смачивающей жидкости и краски.

3. Для исследования режимов нагрузки в печатной зоне использован программный пакет ANSYS и выполнено 3D-моделирование - с тепловым фактором и без него, для оценки изменений, происходящих в зоне печати. Показано, что повышение температуры от 22...59°C происходит после непрерывной работы печатной машины в течение 180 с, при этом возможно уменьшение зазора между печатными цилиндрами. Следующий шаг в моделировании произведен с использованием программы Workbench пакета ANSYS. В результате многошаговой проверки подтверждена зависимость теплового фактора от давления и напряжений, действующих в зоне печати.

4. С учетом разнообразных факторов, их взаимосвязи и условий их совместного действия применен метод системного анализа, при этом были отобраны 6 наиболее значимых факторов, с помощью которых составлены двумерные и многопараметрические функции (86 наименований). Из функциональных связей, имеющих практическое значение, выбрана система уравнений (15 названий), образованная 4 факторами, а на втором этапе отбора из них отобрано 8 вариантов, которые лучше всего описывают процессы, происходящие в печати. Этот метод позволил стандартными программными средствами получить регрессионные уравнения указанных функций и использовать их в вычислениях.

5. Классифицированы функциональные связи при единичной оценке факторов, на втором этапе тот же процесс выполнялся для сочетания факторов в разных комбинациях и при разных временных интервалах действия, а на третьем этапе - результаты двух выполненных этапов оценены в соответствии с принципом трехэтапного обобщения, применение которых в процессе печати будет способствовать обеспечению качества продукции и нормальной работы печатных машин.

6. Для компенсации влияния теплового фактора предложен способ применения лазерного воздействия для создания равномерного теплового поля в зоне печати и внедрения типографской краски. С помощью систем регрессионных уравнений, полученных в процессе математического моделирования, можно получить

экспериментальные значения показателей действующих факторов для их применения в оптимальных процессах типографии.

7. Установлено влияние источников освещения на цветовой состав графических элементов, а также выявлен принцип цветопередачи в рекламных материалах в зависимости от мест экспозиции с разной степенью освещенности, что формирует уровень конкурентоспособности рекламы. Получена взаимосвязь между освещением графических элементов в условиях искусственного освещения и цветоопущением, что важно для создания благоприятных условий труда в среде печатного производства.

8. Классифицированы (ранжированы) программные средства, используемые в печати, в соответствии с типом продукта, красочным дизайном и текстовыми компонентами. Преимущество отдается растровому методу, который охватывает 6 форматов: BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG и формат RAW. Последний обеспечивает высокое качество воспроизведения изображений и может быть использован в специальных сложных изданиях.

### **Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:**

1. **Մարտիրոսյան Ս.Ս., Մելիքսեթյան Ա.Ռ.** Տպագրական գովազդում պատկերի արտադրումը որպես աղբյուրային // ՃՇՀԱՀ Տեղեկագիր.-2019.-№1.- էջ 89-95:

2. **Մարտիրոսյան Ս.Ս., Մելիքսեթյան Ա.Ռ.** Взаимосвязь освещения и цветовосприятия графических объектов в пространствах с искусственным освещением // Известия НУАСА.- 2020.-№3. - С. 121-126.

3. **Մարտիրոսյան Ս.Ս.** Влияние повреждения офсетной пленки печатной машины на качество печати при наличии теплового поля // Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение.- 2020.- №2.- С. 33-41.

4. **Հունյան Հ.Լ., Մարտիրոսյան Ս.Ս.** Գրաֆիկական ֆայլերում ցանցապատկերային ձևաչափերի օպտիմալ օգտագործումը // Հայաստանի Ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր.- 2020.- Հ.17, №2.- էջ 209-213:

5. **Martirosyan S.S.** Temperature influence on a quality on printing in a printing machine // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.- India, 2021 (ICIRMST 2021).- 012004.– P. 33-37.

6. **Մարտիրոսյան Ս.Ս., Տյակյան Մ.Գ.** Изучение и анализ работы печатного станка марки Risograph TR1510 // Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение.- 2022.- №1.- С. 32-40.

7. **Մարտիրոսյան Ս.Ս.** Պոլիգրաֆիական մեքենաների տպման գոտում գործոնների համալիր գնահատումը և բարձրորակ տպանյութերի ստացումը // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտ. հոդվ. ժող. Մ 1.- Երևան, 2022.- էջ 317-324:

8. **Մարտիրոսյան Ս.Ս.** Տպագոտում ճնշման և դեֆորմացիայի ուսումնասիրություն և վերլուծություն // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտ. հոդվ. ժող. Մ 1.- Երևան, 2023.- էջ 287-297:

9. **Մարտիրոսյան Ս.Ս., Տյակյան Մ.Գ.** Исследование многопараметрических комплексно действующих факторов в печатной зоне офсетных печатных машин // Вестник НПУА. Механика, Машиноведение, Машиностроение.- 2023.- №2.- С. 75-87.

## Մարտիրոսյան Մեղրակ Սամվելի

### ՊՈՒԳՐԱՏԻՄԱԿԱՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ՏՊԱԳՈՏՈՒՄ ԱՌԿԱ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԲԱՐՁՐՈՐԱԿ ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԱՐՏԱՐԻՄԱՆՔԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

**Աշխատանքի արդիականությունը:** Տպագրական արտադրանքի որակի չափանիշները բնութագրվում են տպագրոտում ընթացող ֆիզիկամեխանիկական երևույթներով, ինչին մասնակցում են այդ գոտում հայտնված բոլոր նյութերը, որոնք ձևավորում են արտադրանքի որակը: Տպագրոտում ազդող գործոնները բազմազան, տարաբնույթ են և հանդես են գալիս տարբեր գույքորդումներով, որը ենթադրում է տպագրոտում ընթացող երևույթների գնահատման համակարգային վերլուծության մեթոդի կիրառումը, որն արդիական խնդիր է: **Աշխատանքի նպատակն է՝** ուսումնասիրել տպագրական մեքենաների աշխատանքային գործընթացը՝ հաշվի առնելով տպագրոտում հանդես եկող երևույթները, մշակել և կիրառել համակարգչային միջոցներ տպագրական արտադրանքի որակի բարձրացման համար: **Խնդիրներն են՝** տպագրական մեքենայի տպագրոտում ազդող գործոնների դասակարգումը, տպագրոտում որոշիչ ազդեցություն ունեցող առաջնային գործոնի հետազոտումը, տպագրոտում ձևման փոփոխության և ջերմային գործոնի համատեղ գնահատումը և օպտիմալ տպագրական գործընթացի ապահովումը, ծրագրային միջոցների և թվային մեթոդների կիրառմամբ արդի մրցունակ տպագրական նյութերի մշակումը:

**Առաջին գլխում** ուսումնասիրված են տպագրոտում նորմալ ճնշում ստեղծելու մեթոդները: Որոշված է ձևման բաշխվածությունը տպագրոտում, տպագրոտով թղթի անցման բնույթը և հարաբերական սահքի առաջացման պայմանները: Դիտարկված է ջերմային բաշխվածությունը տպագրոտում և փոփոխականությունը այլ երևույթներից: Անհրաժեշտ է կատարել գործոնների համալիր հետազոտություն, կիրառելով համակարգային վերլուծության մեթոդը և ծրագրային միջոցները և ստանալ ցուցանիշների օպտիմալ արժեքները:

**Երկրորդ գլխում** բացահայտված են ձևման ֆունկցիաները տպագրոտու պարամետրերից: Բնականոն աշխատանքի դեպքում նորմալ ճնշումը տպագրոտում հաստատուն է մնում, բայց փոփոխությունը զգալի է թաղանթի շերտերում մնացորդային դեֆորմացիաների կուտակման հետևանքով, որը փոխում է տպագլանների մեջ բացակի չափը, դժվարացնելով տպաթղթի անցումը: Կարևոր է բազմաշերտ թաղանթների օգտագործումը, որոնք զգալիորեն դեֆորմացվում են, իսկ տպագրոտոց դուրս գալիս՝ արագ վերականգնում են բացակը և բացառում հարաբերական սահքը: Բեռնվածության ռեժիմների հետազոտման նպատակով օգտագործված է ANSYS ծրագրային փաթեթը և կատարվել է 3D մոդելավորում ջերմային գործոնի և առանց դրա ազդեցության դեպքերում:

**Շրջրորդ գլխում** ցույց է տրված, որ ջերմաստիճանի աճը (22...59 °C) տեղի ունի տպամեքենայի 180 / աշխատանքից հետո և այն ազդում է տպագլանների ռետինե թաղանթների վրա, առաջացնելով բացակի փոքրացում: Կիրառելով ANSYS փաթեթի Workbench ծրագրում ընդգրկված 3 վերլուծությունները՝ հիմնավորվել են ստացված ցուցանիշների արժեքները և վերահաշվարկվել են թույլատրելի արժեքների միջակայքերը:

Ուսումնասիրված է աշխատավայրում արհեստական լուսավորվածության և գույնընկալման կապն օպտիմալ լուսավորվածության աստիճան ստանալու նպատակով:

Բացահայտվել են լուսավորության աղբյուրների ազդեցությունը գրաֆիկական տարրերի գույնային կազմի վրա, ինչպես նաև գովազդային կյուբերում գույնի ներկայացման սկզբունքները:

**Չորրորդ գլխում** ուսումնասիրվել է տպագրտու ռետինե թաղանթներում միկրովնասավաճքների ծագման և զարգացման մեխանիզմը, որը կոռոզիոն-հոգնածային գործընթաց է և միկրովնասավաճքների կրիտիկական աճի դեպքում կարող է հանգեցնել թաղանթի քայքայմանը: Կիրառված է հետազոտությունների համակարգային վերլուծության մեթոդը և ընտրված են առավել նշանակալի գործոններ, որոնց միջոցով ձևավորված են բազմապարամետրական ֆունկցիաներ: Ընտրված է 4 գործոններով ձևավորված հավասարումների համակարգը և դրանցից վերցված են 8 տարբերակներ, որոնք առավելագույնս են նկարագրում տպագրությունում ընթացող երևույթները: Կատարված է 2,4 և 6-գործոնային ֆունկցիոնալ կապերի եռափուլ վերլուծություն ըստ առանձին գործոնների, ֆունկցիոնալ կապի բնույթի և եռաստիճան ընդհանրացումների, որոնք թույլ են տվել ընտրել առավել նշանակալի գործոնները՝  $\sigma$ ,  $\theta$  (1-ին կարգ),  $p$ ,  $\varepsilon$  (2-րդ կարգ) և  $\delta$  (3-րդ կարգ): Ընդհանրացումների կիրառմամբ հնարավոր է օպտիմիզացնել տպագրական գործընթացը և բարելավել արտադրանքի որակը:

Կատարված է տպագրությունում կիրառվող ծրագրային միջոցների դասակարգում ըստ տպագրական արտադրանքի տեսակի, գունավորման ձևավորման և տեքստային բաղադրիչների, որոնցից գերակշռությունը տրվում է ռաստրային մեթոդին, ուր ընդգրկված են 6 ձևաչափեր ըստ կիրառման դեպքերի:

**Sedrak Samvel Martirosyan**

## **RESEARCH OF FACTORS AFFECTING THE PRINTING ZONE OF PRINTING MACHINES FOR OBTAINING A HIGH-QUALITY PRINTED PRODUCT**

**The relevance of the work.** The quality standards of printing products are characterized by the physico-mechanical phenomena taking place in the printing press, in which all the materials appearing in that zone participate, which form the quality of the product. The influencing factors in the printing zone are diverse and appear in various combinations, which implies the use of the system analysis method for the evaluation of the phenomena taking place in the printing area, which is an urgent issue. **The aim of the work** is to study the simultaneous phenomena in printing machines, considering the factors acting together in printing zone, as well as to apply computer tools to improve and modernize the quality of printing material. **The problems are:** the classification of the factors affecting the printing zone of the printing machine, the research of the main factor acting on the principle of priority in the printing zone, the joint evaluation of the influence of the pressure change and the thermal factor in the printing zone and design of the optimal printing process, the formulation of modern competitive printing materials using computer tools and digital methods.

**In the first chapter,** the methods of creating normal pressure in printing are studied. The distribution of pressure in the printing zone, the nature of the paper passing through the printing belt and the conditions for the occurrence of relative slip have been

determined. Thermal distribution in the print zone and variability from other phenomena are considered. It is necessary to perform a complex research of factors, applying the system analysis method and software tools, and obtain the optimal values of the indicators.

**In the second chapter**, the functions of pressure from the parameters of the print zone are revealed. In normal operation, the normal pressure in the printing zone remains constant, but the change is significant due to the accumulation of residual deformations in the layers of the film, which changes the size of the gap in the printing cylinders, making it difficult for the printing paper to pass through it. It is important to use multi-layer films, which are significantly deformed, and when they leave the printing zone, they quickly restore the gap and exclude relative sliding. The ANSYS software package was used to investigate the load regimes and 3D modeling was performed in the cases of the thermal factor and without its influence.

**In the third chapter**, it is shown that the increase in temperature (22...59 °C) occurs after 180 s of the printing machine and it affects the rubber membranes of the printing cylinders, causing the gap to shrink. Using the 3 analyses included in the Workbench program of the ANSYS package, the values of the obtained indicators were justified and the ranges of permissible values were recalculated.

The relationship between artificial lighting and color perception in the workplace is studied in order to obtain an optimal level of illumination. The influence of lighting sources on the color composition of graphic elements, as well as the principles of color representation in advertising materials were revealed.

**In the fourth chapter**, the mechanism of the origin and development of microdamages in printed rubber films has been studied, which is a corrosion-fatigue process, and in the case of critical growth of microdamages can lead to the destruction of the film. The method of system analysis of research is applied and the most significant factors are selected, through which multiparametric functions are formed. The system of equations formed by 4 factors is selected and 8 options are taken from them, which maximally describe the phenomena taking place in printing. A three-stage analysis of 2-, 4-, and 6-factor functional relationships are performed according to individual factors, the nature of the functional relationship and three-level generalizations, which allows to select the most significant factors:  $\sigma, \theta$  (1st order),  $p, \varepsilon$  (2nd order) and  $\delta$  (3rd order). By using generalizations, it is possible to optimize the printing process and improve the quality of the product.

A classification of software tools used in printing is made according to the type of printing product, coloring design and text components, of which the dominance is given to the raster method, which includes 6 formats according to the cases of use.