

ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 658.51

Н. Э. Трусевич

Белорусский государственный технологический университет

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ТИПОГРАФИИ В КОНТЕКСТЕ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ

В статье обосновывается актуальность использования инструментов для анализа и исследования внутренней среды типографии с целью совершенствования управления производством. Разработана модель интенсивности отказов оборудования по причине несоответствия условий в цехах технологическим требованиям. Модель описывается дифференциальным уравнением Ферхюльста – Перла. Рассмотрено влияние параметров логистической кривой на ее вид. Параметры оказывают влияние на наклон и изгиб логистической кривой, а также положение наклонного участка относительно оси абсцисс. Данная модель позволит прогнозировать возможность появления отказа, связанного с повышением относительной влажности воздуха в помещении типографии.

Разработана обобщенная модель надежности технологических операций печатного производства, которая отражает зависимость интенсивности отказов от времени эксплуатации оборудования, квалификации и стажа персонала, соответствия материалов технологическим требованиям, величины несоответствия красок и влажности в помещении. Найдены диапазоны возможных значений интенсивности отказов для каждого параметра, который остается переменным, при условии, что для расчета используются усредненные значения интенсивности оставшихся факторов.

Статистическое моделирование надежности технологических печатных операций позволит повысить качество принимаемых инженерных и управленческих решений, снизить сроки и затраты на достижение оптимальных результатов.

Ключевые слова: управление производством, внутренняя среда, интенсивность отказов, относительная влажность воздуха, моделирование, логистическая кривая.

N. E. Trusevich

Belarusian State Technological University

ORGANIZATION OF EFFECTIVE WORK OF PRINTING HOUSE IN THE CONTEXT OF MANAGEMENT OF THE MICROCLIMATE OF THE INTERNAL ENVIRONMENT

The article gives proof of the relevance of the use of tools for the analysis and research of the internal environment in order to improve the printing production management. It is built a model of equipment failure rate due to mismatch technological requirements. The model is described by Ferkhyulst – Pearl differential equation. The influence of the parameters of the logistic curve in its appearance is under consideration. The parameters affect the slope and curve of the logistic curve, and the position of the inclined portion with respect to the horizontal axis. The model will predict the possibility of failure associated with an increase in relative humidity indoors typography.

It is developed the generalized model of reliability of technological operations of printed production, which reflects the intensity of failures on the time of the equipment operation, the staff qualification and previous experience as well as meeting materials' technology requirements, the value of misalignment of colors and humidity. The ranges of possible values for the failure rate for each parameter have been found. The parameter is variable on conditions that the averaged values of the intensity of the remaining factors are used.

Statistical modeling of reliability of technological printing operations will allow to increase the quality of the engineering and administrative decisions and to reduce terms and costs for achievement of optimum results.

Key words: production management, internal environment, the failure rate, relative humidity, modeling, logistic curve.

Введение. Обеспечить предприятию результативное функционирование может только эффективная система управления его производственной деятельностью. В современных условиях предприятие должно более тщательно определять и прогнозировать параметры производственного процесса с целью обеспечения конкурентного преимущества. Для оперативного управления производством наиболее важной является информация о ходе производственных процессов, уровне брака, выполнении плана выпуска и др. Анализ надежности технологического оборудования позволяет вовремя и правильно реагировать на изменения во внутренней среде и в соответствии с ними корректировать деятельность предприятия. Эксплуатация оборудования сопровождается его отказами, возникающими по многим причинам. Для систематизации причин отказов разработана их классификация [1]. Все отказы были разбиты на 5 групп, включающих: 1) отказы оборудования; 2) нарушение технологии; 3) несоответствие материалов; 4) ошибки персонала; 5) условия в цехах.

Необходимым и обязательным условием эффективного полиграфического производственного процесса является обеспечение оптимального микроклимата. Для таких объектов, как типографии, характерно наличие большого количества бумаги и краски, печатных станков различных типов, сушильных и складских помещений, брошюровочных и переплетных цехов. В каждом помещении предъявляются свои требования к микроклимату и воздухообмену: в одном случае необходимо обеспечить длительное хранение бумаги без ее порчи, в другом — удаление из рабочей зоны вредных веществ, в третьем — просушку отпечатанных листов. При этом станки выделяют большое количество тепла, которое необходимо отводить [2].

Продукция, выпускаемая типографиями, довольно требовательна к микроклимату помещений, где она производится и брошюруется. Для бумаги очень важно соблюдение заданных показателей температуры и влажности.

Моделирование интенсивности отказов по причине несоответствия условий в цехах технологическим требованиям. Температура и относительная влажность воздуха в типографии оказывают существенное влияние на поведение полиграфических материалов. Основным фактором, влияющим на качество печати, является относительная влажность воздуха, так как в полиграфии применяются гигроскопические материалы.

Необходимость поддержания температуры для обеспечения стабильных характеристик основных материалов очевидна. При изменении температуры меняются вязкость краски, характеристики ее взаимодействия с бумагой, пока-

затели растискивания. Изменяется как размер бумаги, так и состав увлажняющего раствора, что влияет на процесс многокрасочной печати.

Бумага гигроскопична, и с увеличением или уменьшением влажности изменяются ее линейные размеры. Недостаток или избыток влаги в бумаге может вызвать также скручивание, волнистость листов, образование статического электричества, увеличение пылимости. Во избежание этих дефектов и особенно деформации бумажного листа в процессе многокрасочной печати необходимо сохранять в бумаге постоянное содержание влаги [3]. В помещениях печатных цехов рекомендуется поддерживать относительную влажность 50–60% [2].

Табл. 1 демонстрирует значения деформации офсетной бумаги при изменении относительной влажности воздуха. Измерение исходных размеров образцов бумаги осуществлялось при относительной влажности воздуха, равной 35% [4].

Таблица 1

Показатели деформации офсетной бумаги при изменении относительной влажности воздуха

Относительная влажность воздуха W , %	Деформация бумаги ε , %
50	0,11
65	0,30
75	0,41

По данным табл. 1 была построена аппроксимирующая функция зависимости деформации бумаги от изменения относительной влажности воздуха. Полученная зависимость является логарифмической функцией с параметрами a_1 и a_2 и имеет следующий вид:

$$\varepsilon(W) = a_1 + a_2 \cdot \lg W, \quad (1)$$

где $a_1 = -2,78$; $a_2 = 1,7$.

Параметры a_1 и a_2 были найдены с помощью стандартных встроенных функций *intercept* и *slope* программы MathCAD. График зависимости отображен на рис. 1.

Изменение размеров бумаги сказывается на точности совмещения красок при печати. Соответственно, если взять за основу бумажный лист стандартного формата (60×90 см), то, используя известные значения деформации бумаги, можно получить зависимость несовмещения красок от изменения относительной влажности воздуха по следующей формуле:

$$m(W) = \frac{\varepsilon(W) \cdot (l - s)}{2 \cdot 100}, \quad (2)$$

где m — несовмещение красок, мм; l — размер меньшей стороны бумажного листа, мм; s — величина клапана, мм.

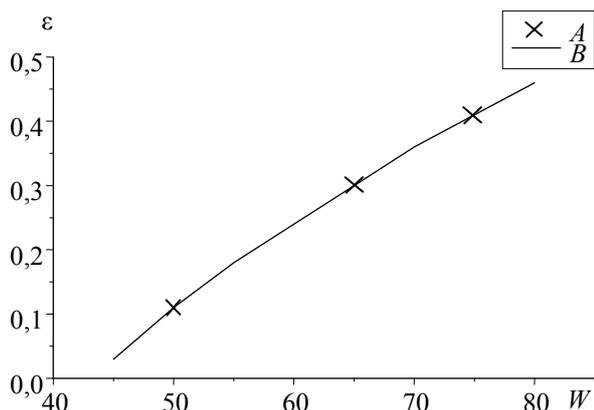


Рис. 1. График зависимости деформации бумаги от изменения относительной влажности воздуха:
 A — исходные данные;
 B — аппроксимирующая функция

Модель интенсивности отказов по причине несоответствия условий в цехах технологическим требованиям описывается дифференциальным уравнением Ферхюльста – Перла.

Для логистической кривой можно вывести следующее выражение:

$$\lambda(W) = \alpha \left[1 + \frac{1}{1 + 10^{a-b \cdot m(W)}} \right], \quad (3)$$

где a и b — параметры функции.

Коэффициент α принимается равным 0,102 для соответствия значений λ диапазону результатов статистической обработки данных.

Принцип расчета параметров a и b логистической кривой рассмотрен в работе [5].

Далее приводятся результаты исследования влияния указанных параметров a и b на вид кривой. Применялось поочередное изменение параметров. Сначала переменным параметром является параметр b , а параметр a остается постоянным ($a = \text{const}, b = \text{var}$). Данные этого исследования можно увидеть на рис. 2 и в табл. 2.

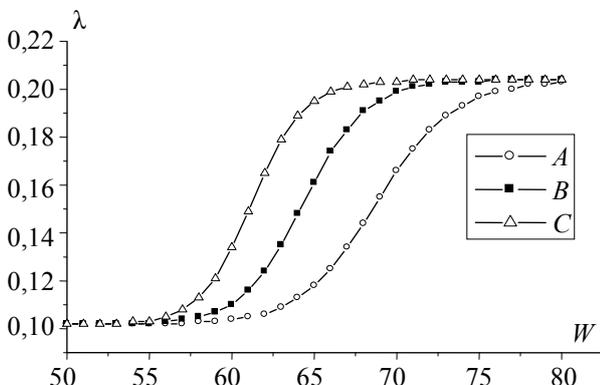


Рис. 2. Логистические кривые интенсивности отказов по причине несоответствия условий в цехах технологическим требованиям при $a = \text{const}, b = \text{var}$

Следующим этапом анализа было изменение параметра a , в то время как параметр b оставался неизменным. Результаты представлены на рис. 3 и в табл. 3.

Таблица 2

Аналитические данные графика интенсивности отказов при $a = \text{const}, b = \text{var}$

Кривая	a	b	Диапазон участка кривой (W) и доля участка			λ_0 / A	kA
			Участок I	Участок II	Участок III		
A	6	7	50–61 (36,67%)	61–80 (63,33%)	80–80 (0,00%)	$1 \cdot 10^{-6}$	13,816
B	6	7	50–58 (26,67%)	58–73 (50,00%)	73–80 (23,33%)	$1 \cdot 10^{-6}$	16,118
C	8	8	50–56 (20,00%)	56–69 (43,33%)	69–80 (36,67%)	$1 \cdot 10^{-6}$	18,421

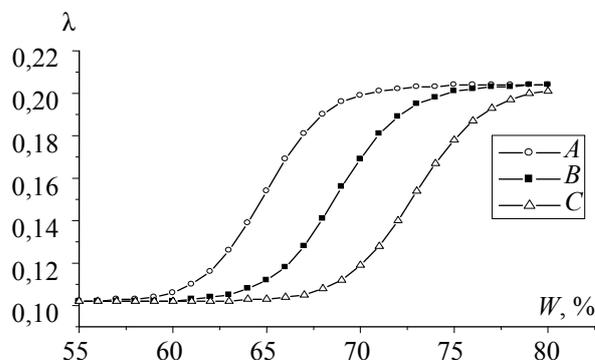


Рис. 3. Логистические кривые интенсивности отказов по причине несоответствия условий в цехах технологическим требованиям при $a = \text{var}, b = \text{const}$

Таблица 3

Аналитические данные графика интенсивности отказов при $a = \text{var}, b = \text{const}$

Кривая	a	b	Диапазон участка кривой (W) и доля участка			λ_0 / A	kA
			Участок I	Участок II	Участок III		
A	7	8	55–58 (12%)	58–73 (60%)	73–80 (28%)	$1 \cdot 10^{-7}$	18,421
B	8	8	55–63 (32%)	63–77 (56%)	77–80 (12%)	$1 \cdot 10^{-8}$	18,421
C	9	9	55–65 (40%)	65–80 (60%)	80–80 (0%)	$1 \cdot 10^{-9}$	18,421

Анализ рис. 2, 3 и данных табл. 2, 3 позволяет заключить, что параметры a и b оказывают влияние на наклон логистической кривой и положение наклонного участка относительно оси абсцисс соответственно. При увеличении b увеличивается также угол наклона второго участка и изменяется ширина каждого из трех уча-

сков. Тем не менее резкий скачок интенсивности происходит приблизительно при одном и том же значении относительной влажности воздуха W . Увеличение параметра a , наоборот, приводит к смещению наклонного участка относительно по оси абсцисс влево, а наклон кривой не изменяется.

Параметры kA и λ_0/A дают возможность судить о кинетике процесса. По мере увеличения b значения kA возрастают. То есть будет наблюдаться более резкий рост интенсивности отказов с повышением влажности воздуха в типографии. В свою очередь, λ_0/A уменьшается при увеличении a . Это означает, что время наступления скачка интенсивности увеличится, так как повышение относительной влажности воздуха будет оказывать меньшее воздействие на интенсивность отказов.

Данная модель интенсивности отказов по причине несоответствия условий в цехах технологическим требованиям позволит прогнозировать возможность появления отказа, связанного с повышением относительной влажности воздуха в помещении типографии.

Обобщенная модель надежности технологических операций печатного производства. В обобщенную модель надежности технологических операций печатного производства должны включаться все параметры, оказывающие существенное влияние на интенсивность отказов: время эксплуатации оборудования, квалификация и стаж персонала, соответствие материалов технологическим требованиям, величина несовмещения красок и влажность в помещении.

Для построения обобщенной модели используется следующая формула:

$$\lambda(t_{об}, t, \delta_d, \delta_m, W) = \sqrt{\frac{\lambda_1^2(t_{об}) + \lambda_2^2(t) + \lambda_3^2(\delta_d) + \lambda_4^2(\delta_m) + \lambda_5^2(W)}{5}}, \quad (4)$$

где λ — обобщенная интенсивность отказов; $\lambda_1(t_{об})$ — интенсивность отказов на протяжении времени эксплуатации оборудования; $t_{об}$ — время эксплуатации оборудования; $\lambda_2(t)$ — интенсивность отказов от стажа работника; t — стаж работника; $\lambda_3(\delta_d)$ — интенсивность отказов от отклонения значения пылимости бумаги от критического; δ_d — относительное отклонение значения пылимости от критического; $\lambda_4(\delta_m)$ — интенсивности отказов от отклонения значения несовмещения красок от критического; δ_m — относительное отклонение значения несовмещения от критического; $\lambda_5(W)$ — интенсивности отказов по причине несоответствия условий в цехах технологическим требованиям; W — относительная влажность в помещении.

Однако график данной функции невозможно представить, не зафиксировав некоторые значения переменных. На рис. 4 представлен график обобщенной функции интенсивности отказов при изменении стажа работника. В данном случае зафиксированы все параметры функции за исключением стажа сотрудника. Помимо прочего, разность квалификационных коэффициентов δ_k здесь принимается равной 0,5, но может быть выбрано и другое значение.

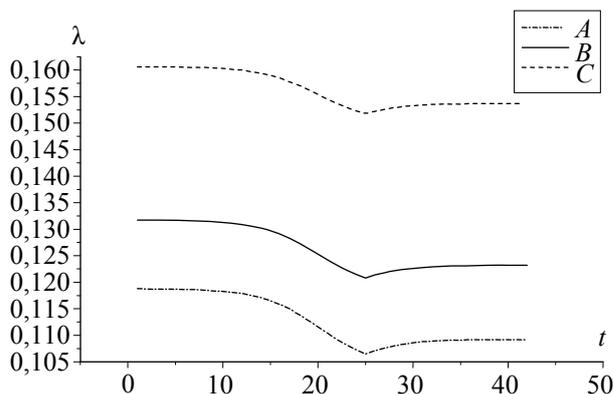


Рис. 4. График обобщенной функции интенсивности отказов при изменении стажа работника

Из рис. 4 видно, что форма данного графика совпадает с графиком зависимости интенсивности отказов от рабочего стажа сотрудника, т. е. несмотря на повышение квалификации специалиста, в некоторый момент времени можно ожидать рост интенсивности отказов, допущенных по его вине. Изменение фиксированных значений одного или нескольких параметров приводит к смещению графика функции относительно оси ординат. Фиксированные значения параметров обобщенной функции интенсивности отказов, используемые для построения данных графиков, отображены в табл. 4.

Таблица 4

Фиксированные значения параметров обобщенной функции интенсивности отказов при изменении стажа работника

Кривая	Фиксированные значения параметров			
	$t_{об}$	δ_d	δ_m	W
A	0,2	0,2	0,2	55
B	0,4	0,4	0,4	60
C	0,6	0,7	0,6	70

Если наиболее интересующим параметром является несовмещение красок при многокрасочной печати, то переменным можно оставить параметр δ_m (относительное отклонение значения несовмещения от критического), зафиксировав остальные. Графики функции, отражающие этот случай, представлены на рис. 5.

Как и в предыдущем случае, изменение значений фиксированных параметров смещает график функции относительно оси ординат. Для этого случая использовались фиксированные значения параметров из табл. 5. При этом поведение обобщенной функции аналогично зависимости интенсивности отказов только для отклонения несовмещения от критического.

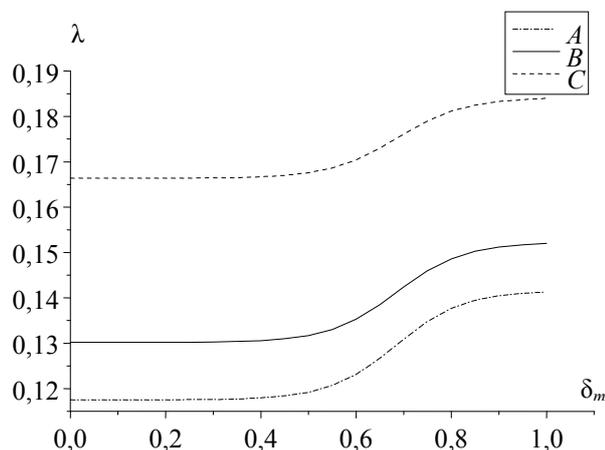


Рис. 5. График обобщенной функции интенсивности отказов при изменении отклонения значения несовмещения от критического

Таблица 5

Фиксированные значения параметров обобщенной функции интенсивности отказов при изменении отклонения значения несовмещения от критического

Кривая	Фиксированные значения параметров			
	$t_{об}$	t	δ_d	W
A	0,2	10	0,3	55
B	0,6	20	0,5	60
C	0,8	40	0,8	70

По аналогии можно построить обобщенную модель, оставив в качестве переменной любой интересующий параметр. Так были найдены диапазоны возможных значений интенсивности отказов для каждого параметра, который остается переменным, при условии, что для расчета используются усредненные значения интенсивности оставшихся факторов. Результаты расчета представлены в виде лепестковой диаграммы на рис. 6.

Таким образом, обобщенная модель надежности технологических операций печатного производства отражает зависимость интенсивности

отказов от каждого из приведенных параметров, позволяет оценивать возможность возникновения отказа на той или иной стадии производства, что может оказать помощь при принятии управленческих решений. В свою очередь уменьшение числа отказов и предельных состояний ведет к снижению расхода материалов и затрат на изготовление продукции и повышению экономической эффективности производства. Предложенная обобщенная модель может использоваться при разработке автоматизированных систем управления технологическими процессами, которые осуществляют автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим процессом.

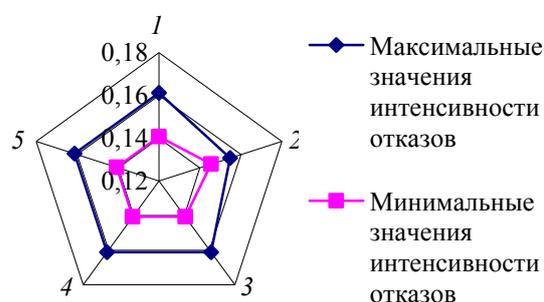


Рис. 6. Диапазоны возможных значений интенсивности отказов:

1 — нарушения в работе оборудования; 2 — ошибки персонала; 3 — несоответствие материалов; 4 — несоблюдение технологии; 5 — условия в цехах

Заключение. Функционирование производства связано со значительными потоками информации, которые являются основанием для принятия рациональных управленческих решений. Применение базы данных об отказах и обобщенной модели надежности технологических операций печатного производства позволит осуществлять управление производством по следующим направлениям: 1) совершенствование непосредственно производственного процесса; 2) совершенствование организации управленческого труда; 3) совершенствование оперативного управления производством, связанное с использованием информационных систем. Практическое применение предложенного подхода будет способствовать повышению качества и эффективности управленческих решений.

Литература

1. Теоретическая оценка надежности печатного оборудования на стадиях его жизненного цикла / М. И. Кулак [и др.] // Труды БГТУ. 2012. № 9: Издат. дело и полиграфия. С. 27–32.
2. Хомутский Ю. Вестник УКЦ АПИК: Вентиляция и кондиционирование типографий // Мир климата: журн. 2011. № 65 [Электронный ресурс]. URL: http://www.mir-klimata.info/archive/number65/article_num_29/ (дата обращения: 04.06.2014).

3. Никанчикова Е. А., Попова А. Л. Технология офсетного производства. Ч. 2. Печатные процессы. М.: Книга, 1980. 285 с.

4. Загаринская Л. А., Шахкельдян Б. Н. Полиграфические материалы: учебник для технологических факультетов полиграфических вузов. М.: Книга, 1964. 461 с.

5. Ничипорович С. А., Мирончик Е. С., Барушко О. В. Анализ жизненного цикла комплекта основного технологического оборудования полиграфических предприятий // Труды БГТУ. 2007. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. Вып. XV. С. 61–64.

References

1. Kulak M. I., Trusevich N. E., Sakulevich T. A., Kharitonchik I. V. Theoretical assessment of reliability of the printing equipment at stages of its life cycle. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 9: Publishing and Printing, pp. 27–32 (In Russian).

2. Khomutskiy Yu. [Bulletin ECC AEIC: Ventilation and air-conditioning printing houses]. *Mir klimata*, 2011, no. 65, pp. 162–173 (in Russian). Available at: http://www.mir-klimata.info/archive/number65/article/num_29/ (accessed 04.06.2014).

3. Nikanchikova E. A., Popova A. L. *Tekhnologiya ofsetnogo proizvodstva. Chastj 2. Pечатnyye protsessy* [The technology of the printing production. Part 2: Printing processes]. Moscow, Kniga Publ., 1980. 285 p.

4. Zagarinskaya L. A., Shakhkeljdyan B. N. *Poligraficheskie materialih: uchebnyk dlya tekhnologicheskikh fakuljtetov poligraficheskikh vuzov* [Printing materials: a textbook for printing technology faculties of universities]. Moscow, Kniga Publ., 1964. 461 p.

5. Nichiporovich S. A., Mironchik E. S., Barushko O. V. Life cycle analysis of the main technological equipment set printing companies. *Trudy BGTU* [Proceedings BSTU], 2007, ser. IX, Publishing and Printing, iss. XV, pp. 61–64 (In Russian).

Информация об авторе

Трусевич Надежда Эдуардовна — кандидат экономических наук, доцент кафедры полиграфических производств, Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: trusevich@belstu.by

Information about the author

Trusevich Nadezhda Eduardovna — Ph. D. Economics, assistant professor of the Department of Printing Technologies, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: trusevich@belstu.by

Поступила 18.09.2015