

Кулак М. И., профессор; Гончарова З. В., ассистент;
Семеняко Н. М., студентка

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Use of information technologies in modern management assumes presence of informative models allowing to predict process of existence of the equipment. In work the mathematical model for definition of duration of life cycle of the printing equipment and his stages is constructed. Concrete calculations of duration of stages of life cycle are resulted for particular kinds of underprinted and printed equipment of Heidelberg firm.

Использование информационных технологий в современном менеджменте как на этапе проектирования и выпуска оборудования, так и на этапе его эксплуатации предполагает наличие информативных моделей, позволяющих прогнозировать процесс его существования. Наличие только регрессионных статистических моделей для этих целей недостаточно, поскольку они носят в основном формальный характер.

Целью данной работы является построение математической модели для определения продолжительности жизненного цикла полиграфического оборудования и его стадий при создании новых моделей оборудования.

Широкое внедрение информационных технологий в промышленности привело к возникновению принципиально новых типов организаций — виртуальных предприятий. Виртуальные предприятия создаются путем отбора требующихся для производства новой продукции организационно-технологических ресурсов с различных предприятий и их интеграции с использованием компьютерной сети [1].

В концептуальном плане основой виртуального предприятия является компьютерная модель производимого изделия, которая сопровождает его на всех этапах жизненного цикла. В целом виртуальное предприятие предполагает создание информационной среды, в которой значимое место должна занимать модель жизненного цикла продукции.

Жизненный цикл продукции представляет собой временной интервал, включающий в себя несколько стадий, каждая из которых отличается особым характером процесса изменения во времени объемов производства. Различают полный жизненный цикл продукции, жизненный цикл продукции в сфере производства и жизненный цикл продукции в сфере потребления [2].

В практической деятельности чаще всего оперируют понятием жизненного цикла продукции в сфере производства, называя его сокращенно «жизненный цикл». Как показано на рис. 1, этот цикл включает в себя следующие стадии: внедрение продукции на рынок, расширение объема продаж на рынке (рост), замедление роста объема продаж (зрелость), начало его

сокращения (насыщение), падение объема продаж (спад).

Смена стадий жизненного цикла подчиняется следующей закономерности: почти до начала стадии расширения объема продаж удельная прибыль является отрицательной, до окончания стадии расширения объема продаж она растет, а затем стремительно падает до нуля, после чего продукция выводится из сферы реализации.

Понятие жизненного цикла продукции в сфере производства широко используется фирмами как основа планирования маркетинга и инновационной деятельности. Продолжительность жизненного цикла может составлять от нескольких месяцев до нескольких лет и даже десятилетий. В областях деятельности, ориентированных на интенсивное использование технологий, продолжительность жизненного цикла продукции имеет важное стратегическое значение, особенно для инновационного менеджмента.

В данной работе для исследования жизненного цикла производства полиграфического оборудования использован подход к расчету, развитый в статье [3]. В соответствии с этим подходом жизненный цикл представляет собой S-образные кривые, которые описываются формулой Перла:

$$y = \frac{L}{1 + C e^{-kt}}, \quad (1)$$

где y — объем выпуска оборудования; t — время; L — асимптота $y(t)$; k — коэффициент пропорциональности; C и l — некоторые постоянные.



Рис. 1. Основные стадии жизненного цикла продукции в период ее реализации на рынке

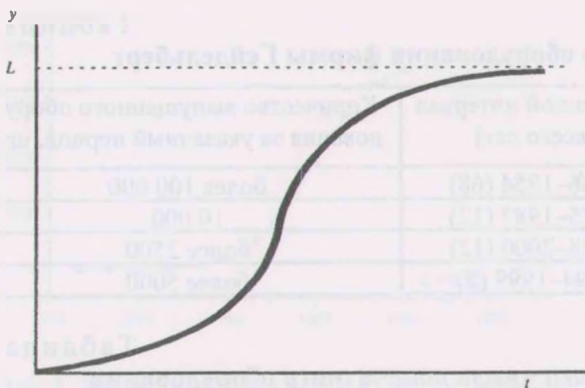


Рис. 2. Типичная S-образная кривая роста

Пример типичной S-образной кривой роста приведен на рис. 2.

Исследование жизненного цикла, как правило, опирается на статистические данные о производстве или использовании продукции. Имея достаточные фактические данные, можно попытаться подобрать S-образную кривую Перла, которая и будет представлять математическую модель жизненного цикла. Однако такое моделирование требует подбора четырех параметров кривой Перла. В работе [3] предложено дифференциальное уравнение, решение которого дает модифицированную формулу Перла. При этом количество параметров уменьшается до двух и они имеют понятный физический смысл.

В [3] указывается, что может быть получен модифицированный вариант формулы Перла из допущения пропорциональности скорости изменения функции $y(t)$ ее текущему значению и расстоянию до асимптоты:

$$\frac{dy}{dt} = ky(y_{\infty} - y), \quad (2)$$

где $y_{\infty} = L$ — асимптота $y(t)$. Решение уравнения (2) имеет вид

$$y = \frac{y_{\infty}}{1 + Ce^{-ky_{\infty}t}} = \frac{y_0 y_{\infty}}{y_0 + (y_{\infty} - y_0)e^{-ky_{\infty}t}} \quad (3)$$

где $C = (y_{\infty} - y_0)/y_0$ при $y(t=0) = y_0$.

Чтобы описать с помощью (3) жизненный цикл, необходимо знать y_{∞} и коэффициент пропорциональности k .

Учитывая, что интеграл от y равен количеству оборудования, выпущенному за известный промежуток времени, можно получить второе уравнение. Для этого проинтегрируем (3), предварительно ее преобразовав и введя замену:

$$y = \frac{1}{\frac{y_0}{y_0 y_{\infty}} + \frac{y_{\infty} - y_0}{y_0 y_{\infty}} \cdot e^{-ky_{\infty}t}} = \frac{1}{a + be^{pt}}, \quad (4)$$

где $a = y_0/y_0 y_{\infty}$, $b = (y_{\infty} - y_0)/y_0 y_{\infty}$, $p = -ky_{\infty}$.

В результате имеем

$$V = \int_0^t y(t)dt = \int_0^t \frac{dt}{a + be^{pt}} = \left(\frac{t}{a} - \frac{1}{ap} \ln |a + be^{pt}| \right) \Big|_0^t = \frac{t}{a} - \frac{1}{ap} \ln \left| \frac{a + be^{pt}}{a + b} \right| \quad (5)$$

Подставив вместо a , b и p их значения, получаем

$$V = y_{\infty}t + \frac{1}{k} \ln \left| \frac{y_0 + (y_{\infty} - y_0)e^{-ky_{\infty}t}}{y_{\infty}} \right|, \quad (6)$$

где V — количество выпущенной продукции за промежуток времени t ; y_0 — начальная (стартовая) партия оборудования.

Формулы (3) и (6) позволяют предсказать скорость, с которой новое техническое или технологическое решение вытесняет предыдущее, устаревшее, используемое для получения той же продукции. В других случаях может интересоваться скорость адаптации новых идей, техники, технологии.

Кривая на рис. 2 имеет точку перегиба, относительно которой симметрична. До достижения точки перегиба происходит интенсивное развитие процесса, приобретение им нового качества. Вместе с тем это развитие служит причиной постепенного истощения факторов, его поддерживающих, и, напротив, зарождения противоположных, тормозящих рост факторов, которые объективно приводят к замедлению (экстенсивный рост), а затем и вовсе к прекращению роста. В подобных ситуациях возникает необходимость замещения старой техники, технологии, материалов новыми, основанными на более прогрессивных идеях и решениях.

Расчеты по формулам (3) и (6) проводились в специализированном программном пакете Mathcad 2000. Исходные данные для расчета взяты из описания истории развития допечатного оборудования немецкой фирмы Гейдельберг [3]. Для определенных видов оборудования были установлены сроки и объемы выпуска, приведенные в табл. 1.

На основании имеющихся сведений для каждого вида оборудования в пакете Mathcad 2000 осуществлялся подбор предельного значения y_{∞} , необходимого для построения графика функции y , являющегося S-образной кривой, характеризующей жизненный цикл оборудования.

Полученные в результате расчетов значения параметров S-образной кривой приведены в табл. 2.

В результате подстановки значений, указанных в табл. 2, в формулу (3) были получены графические зависимости жизненного цикла соответствующих видов допечатного оборудования. Одна из них приведена на рис. 3.

Сроки и объемы выпуска допечатного оборудования фирмы Гейдельберг

Наименование допечатного оборудования	Временной интервал (всего лет)	Количество выпущенного оборудования за указанный период, шт.
1. Наборная строкоотливная машина Linotype	1886–1954 (68)	более 100 000
2. Фотонаборный автомат CRTronic	1975–1987 (12)	10 000
3. Барабанный сканер ChromaGraph	1988–2000 (12)	более 2500
4. Планшетный сканер Topaz	1994–1999 (5)	более 5000

Таблица 2

Параметры S-образной кривой жизненного цикла допечатного оборудования

Наименование допечатного оборудования	t , лет	k	y_{∞}
1. Наборная строкоотливная машина Linotype	68	0,00004	4060
2. Фотонаборный автомат CRTronic	12	0,00005	19 000
3. Барабанный сканер ChromaGraph	12	0,00070	750
4. Планшетный сканер Topaz	5	0,00120	1900

Графики жизненного цикла указанного допечатного оборудования представляют собой относительно симметричные S-образные кривые с точкой перегиба, после которой происходит постепенное замедление роста производства, выпуск максимального количества оборудования в год и, возможно, прекращение выпуска данного вида оборудования.

Действительно, фотонаборные автоматы (например, Linofilm, Cortecterm, CRTronic, Linotron фирмы Linotype AG) постепенно заменили наборные строкоотливные машины (лино типы), производство которых было прекращено. В то же время с развитием новых технологий появились новые поколения фотонаборных автоматов, которые полностью вытеснили старые модели.

Из приведенного допечатного оборудования наборные строкоотливные машины имели самый длинный жизненный цикл, так как в конце XIX в. техника и технология еще не достигла определенного уровня развития, позволяющего гибко изменять свойства и качество выпускаемой продукции и соответственно саму продукцию.

Если рассматривать отдельно планшетные и барабанные сканеры, то известно, что барабанные сканеры обладают более совершенными характеристиками, предназначены для профессиональной работы и, следовательно, более длительное время соответствуют предъявляемым к ним требованиям качества работы, т. е. имеют более длинный жизнен-

ный цикл, чем планшетные сканеры.

Как показывает анализ рассмотренных в работе различных видов допечатного оборудования, наблюдается тенденция значительного сокращения, примерно в 6 раз, жизненного цикла такого оборудования благодаря быстрому развитию новых технологий.

По аналогичной методике было выполнено моделирование жизненного цикла печатного оборудования. Исходные данные для расчета взяты из описания истории развития печатного оборудования фирмы Гейдельберг [5]. Полученные в результате расчетов значения параметров S-образной кривой приведены в табл. 3.

Помимо длительности жизненного цикла, представляет интерес и обладает большой информативностью его внутренняя структура, представленная основными стадиями. По самой S-образной кривой выделить стадии довольно сложно. Предлагается для этих целей дополнительно использовать производную от (3). Функциональная зависимость для производной имеет вид

$$p(t) = \frac{kCy_{\infty}^2 e^{-ky_{\infty}t}}{(1 + Ce^{-ky_{\infty}t})^2}. \quad (7)$$

Графическая зависимость производной от функции жизненного цикла, рассчитанная по формуле (7), приведена на рис. 4. Как видим, производная имеет максимум в точке перегиба функции жизненного цикла.

Таблица 3

Параметры S-образной кривой жизненного цикла печатного оборудования

Наименование печатного оборудования	t , лет	k	y_{∞}
Тигельная печатная машина	59	0,000056	4400
Однооборотная плоскочечатная машина высокой печати	38	0,000055	4600
Офсетная печатная машина	11	0,000040	33500



Рис. 3. Жизненный цикл фотонаборных автоматов CRTonic

Графики функций, аналогичные приведенному на рис. 4, позволяют более четко определить границы основных стадий жизненных циклов оборудования. Принцип выделения стадий показан на рис. 4. Стадию внедрения будем считать соответствующей начальному нелинейному участку производной. Стадия роста соответствует линейному участку производной, области ее положительных значений. Стадия зрелости — это область, охватывающая максимум производной. Стадия насыщения — область нелинейных значений производной на заключительном отрезке жизненного цикла.

Найденные по приведенной методике значения продолжительности стадий жизненного цикла рассматриваемого полиграфического оборудования приведены в табл. 4.

Стадии жизненного цикла полиграфического оборудования

Наименование оборудования	Жизненный цикл	Внедрение	Рост	Зрелость	Насыщение	Спад
Наборная строкоотливная машина Linotype	68	20	10	15	10	13
Фотонаборный автомат CRTonic	12	5	2	2	2	1
Барабанный сканер ChromaGraph	12	4	3	3	2	—
Планшетный сканер Topaz	5	1	1	0,5	1	1,5
Тигельная печатная машина	59	15	5	10	10	19
Однооборотная плоскочечатная машина высокой печати	38	14	6	8	6	4
Офсетная печатная машина	11	3	2	2	2	2

Таблица 4

Значения коэффициентов модели

Вид оборудования	Название стадии	B_1	K
Допечатное оборудование	Жизненный цикл	-0,783	105,345
	Внедрение	-0,921	44,721
	Рост	-0,650	14,142
	Зрелость	-0,980	30,000
	Насыщение	-0,691	14,142
	Спад	-1,080	23,327
Печатное оборудование	Жизненный цикл	-0,840	156,124
	Внедрение	-0,805	42,863
	Рост	-0,458	9,787
	Зрелость	-0,805	27,144
	Насыщение	-0,805	24,662
	Спад	-1,126	50,700

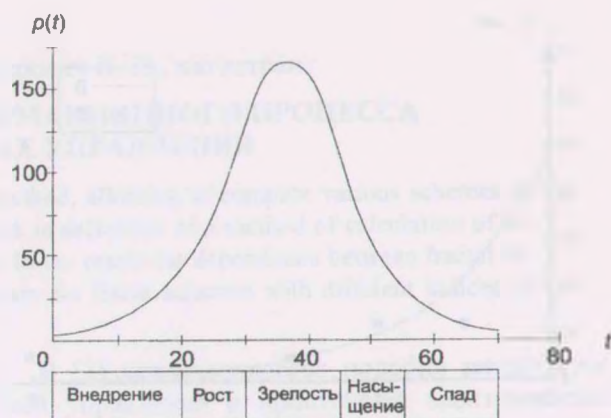


Рис. 4. Схема выделения стадий жизненного цикла

Анализ табл. 4 показывает, что имеет место сокращение как жизненного цикла в целом, так и его стадий при переходе к новым видам оборудования. Статистическая обработка данных табл. 4 показала, что наилучшим образом изменение продолжительности жизненного цикла и его стадий (T) при переходе от одной марки оборудования к другой в хронологическом порядке (n) описывает экспоненциальная зависимость

$$T = e^{B_0} \cdot e^{B_1 \cdot n} = K \cdot e^{B_1 \cdot n}. \quad (8)$$

Значения коэффициентов модели (8), найденные с помощью метода наименьших квадратов, приведены в табл. 5.

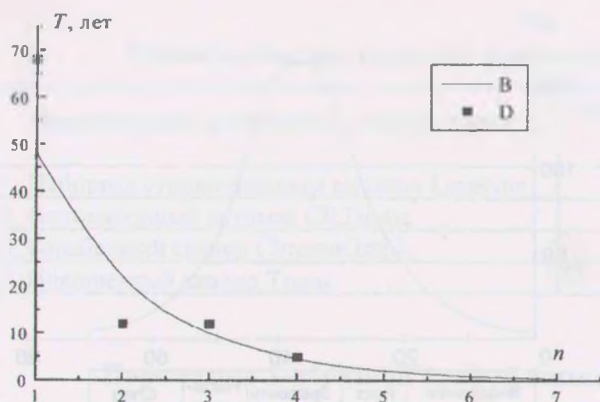


Рис. 5. Хронологическая модель жизненного цикла допечатного оборудования: В — модель, D — исходные данные

На рис. 5, 6 представлен графический вид модели (8) и приведены исходные данные из табл. 5 для жизненного цикла допечатного оборудования, а также для стадии внедрения этого оборудования.

Экспоненциальный характер уменьшения жизненного цикла полиграфического оборудования и его стадий ставит ряд серьезных задач стратегического характера как перед производителями, так и перед покупателями и пользователями оборудования.

Производители оборудования должны постоянно работать над сокращением сроков разработки и изготовления новых моделей. Иначе в условиях жесткой конкуренции на рынке полиграфической техники моральное старение новых моделей произойдет раньше физического.

Пользователи оборудования при разработке планов технического перевооружения и реконструкции предприятий должны учитывать жизненный цикл прототипов, иначе они будут просто убыточными и никогда не окупятся.

Все сказанное еще раз подчеркивает необходимость иметь надежные модели жизненного

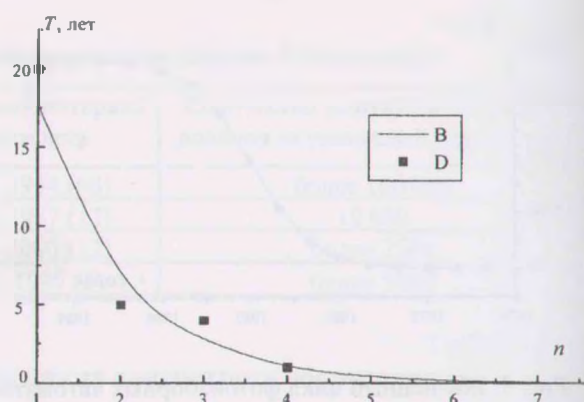


Рис. 6. Хронологическая модель стадии внедрения допечатного оборудования: В — модель, D — исходные данные

цикла оборудования и на этой основе с позиций объективного количественного анализа строить инновационную политику полиграфических предприятий.

Литература

1. Производственный менеджмент. Управление предприятием / Под. ред. С. А. Пелиха. — Мн.: БГЭУ, 2003. — 556 с.
2. Гончаров В. В. В поисках совершенства управления: руководство для высшего управленческого персонала. — М.: МНИИПУ, 1998. — Т. 1. — 816 с.
3. Богатов Б. А. Графическое прогнозирование новых технологий и материалов // Бюллетень Белорусской горной академии. — 2001. — № 1 — С. 8—10.
4. Самарин Ю. Н., Сапошников Н. П., Синая М. А. Допечатное оборудование. — М.: Изд-во МГУП, 2000. — 208 с.
5. Штоляков В. И., Федосеев А. Ф., Зирняк Л. Ф., Егоров И. А. и др. Офсетные печатные машины. — М.: Изд-во МГУП, 1999. — 216 с.