

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ДИНАМИКИ ПРИБЫЛИ ОТ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА НА ЭТАПЕ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ\*

© 2017 Д.А. Алферьев\*\*

**Ключевые слова:** инновационная деятельность, инновации, прибыль от продаж, коммерциализация, прогнозирование, структура этапа реализации продаж, жизненный цикл.

Рассматриваются классические стадии коммерциализации инновационных проектов и динамика прибыли от их продаж. На основании статистических данных построена математическая модель распределения прибыли при реализации инноваций, целью которой является прогнозирование будущих результатов от инновационной деятельности предприятий.

Инновационная деятельность является основой устойчивого развития экономики как на макро-, так и на микроуровне. Своевременное появление на рынке новой продукции и технологий обеспечивает их владельцу конкурентное преимущество по отношению к другим участникам рынка, что проявляется в получении предпринимателем сверхприбыли. Инновационная деятельность также несет в себе ряд положительных социальных эффектов, которые выражаются в более качественном и успешном удовлетворении человеческих потребностей<sup>1</sup>.

На данный момент значительное место в научных исследованиях об инновациях занимают проблемы прогнозирования успеха реализации инновационных проектов. Качественный прогноз в целом позволяет принимать оптимальные решения по управлению инновационной деятельностью. Для стадии коммерциализации инновационного проекта, определяя динамику прибыли, можно сказать, при каких условиях будет целесообразен данный инновационный проект.

Для наиболее успешной управленческой деятельности по реализации инноваций как индивидуальному предпринимателю, так и организации в целом необходимо уметь прогнозировать динамику возможной прибыли от своего инновацион-

ного проекта. Таким образом, данное положение обуславливает цель, которую можно охарактеризовать как построение математической модели, позволяющей спрогнозировать движение динамики прибыли от реализации инновационной продукции. В рамках данной цели будет решен ряд задач:

- ◆ будут установлены стадии коммерциализации инновационного проекта;
- ◆ будет разработана система алгебраических уравнений, описывающих движение прибыли на каждой из стадий;
- ◆ будет определена продолжительность периода коммерциализации для инновационных проектов;
- ◆ будет построен прогноз динамики прибыли от реализации инновационных проектов на примере продукции, прошедшей данный период жизненного цикла товаров.

Принятие организационных решений по реализации инновационной деятельности осуществляется в несколько этапов. Их количество тесно связано со стадиями инновационного процесса.

На первом из них следует определить, успешен ли будет инновационный проект и стоит ли браться за его дальнейшее освоение. Для решения данной проблемы нередко используют следующие методы: экспертные (мозговой штурм, Дельфи); описательные (аналогий, сценарные “древа” и т.п.)<sup>2</sup>. Но все

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научного проекта № 16-02-00537 “Научно-технологическое пространство России и долгосрочный прогноз его развития в условиях глобальной конкуренции”.

\*\* Алферьев Дмитрий Александрович, аспирант Института социально-экономического развития территорий Российской академии наук. E-mail: alferev\_1991@mail.ru.

они довольно затруднительны на практике, так как информация по планируемой инновации сильно ограничена, а прогноз необходим на долгую перспективу.

Следует отметить, что даже по имеющимся методикам прогнозирования жизнедеятельности инновации полученные оценки следует постоянно пересчитывать, так как появляются значимые факторы, которые не были учтены при первоначальном расчете. В связи с этим промышленные предприятия должны осуществлять постоянный мониторинг своей инновационной деятельности<sup>3</sup>.

Инновационный проект с момента его реализации проходит некоторые основные этапы развития. Во многом они схожи с теми, которые проходит компания в момент реализации своих проектов и идей. Жизненный цикл организации подробно изложен в работах И. Адизеса по теории жизненных циклов организации, где одним из основных положений является то, что компания достигает определенного пика развития, после чего начинается его спад<sup>4</sup>. Развитие компании может быть описано различными показателями (прибыль, выручка, доля рынка, рентабельность и т.д.)<sup>5</sup> в виде графиков s-образных кривых, значения которых при перемещении по оси аргумента ускоряются от начала системы координат, а затем ближе к точке максимума начинают замедляться. При переходе через данную координату значение функции распределения показателя-индикатора начинает уменьшаться. Следует отметить, что спад происходит с ускорением при аргументе, стремящемся к бесконечности.

Когда начинаются первые продажи продукта, он проходит 4 основных этапа: непосредственно выход на рынок, рост, зрелость и спад<sup>6</sup>. Ключевой отличительной особенностью каждого из этих этапов является величина индикатора. Для дальнейшего расчета точки безубыточности проекта нами была выбрана величина прибыли, так как она является ключевым показателем в оценке различного рода рентабельностей (эффективности проекта). Каждый из этапов коммерциализации инновационного проекта по отдельности описывается различными математическими

функциональными зависимостями (отобранными на основании минимизации суммы квадратов отклонений прогнозных оценок от фактических), характеризующими рост и ускорение упомянутого ранее показателя ( $F_j(t)$ ,  $j = \overline{1,4}$ )<sup>7</sup>. В данных функциях за переменную  $t$  взята продолжительность времени стадий процесса коммерциализации инновационного проекта. Параметры функций ( $a, b, c, d, f, k, s$ ) описывают положение их графиков относительно декартовой системы координат.

1. Этап выхода на рынок. Характеризуется интенсивным ростом прибыли и объемов продаж появившегося на рынке инновационного продукта. Математическая запись наиболее наглядно описывается экспоненциальной функцией и выглядит следующим образом:

$$F_1(t) = e^{st} - 1, \quad 0 < t < t_1. \quad (1)$$

2. Этап роста. Характеризуется равномерным ускорением увеличения прибыли и наиболее доступно выражается линейной зависимостью:

$$F_2(t) = kt + d, \quad t_1 < t < t_2. \quad (2)$$

3. Этап зрелости. На данной стадии прибыль достигает планируемой отметки, а также достигает своего максимального значения. В период подхода к максимально возможной величине происходит снижение ускорения, а при переходе через данную точку прибыль начинает снижаться, ускоряясь<sup>8</sup>. Это связано с тем, что у выпускаемого товара появляются аналогичные конкуренты, которые делают продукт менее редким, а также с насыщением рынка данной продукцией:

$$F_3(t) = a + bt + ct^2, \quad t_2 < t < t_4. \quad (3)$$

4. Этап спада. На данном этапе прибыль от инновационного проекта стремится к нулю, из-за чего продукт в определенный момент становится нерентабельным и снимается с производства. Данный этап может быть описан другой, более достоверной, функциональной зависимостью, но для решения системы уравнений подойдет линейная функция, график которой симметричен графику функции (2) относительно вершины параболы, построенной по функции (3).

$$F_4(t) = f - kt, \quad t_4 < t < t_5. \quad (4)$$

Графики функций, соответствующих стадиям коммерциализации инновационного проекта, представлены на рис. 1.

Математическая модель коммерциализации инноваций построена по принципу, если функция прогнозируемой прибыли представлена кусочно-заданной кривой, тогда на границах отрезков значения функций и их производных должны совпадать. Модель представлена шестью уравнениями, три из которых производные (необходимы для решения системы) от исследуемых функций:

$$\begin{cases} e^{st_1} - 1 = kt_1 + d, \\ se^{st_1} = k, \\ kt_2 + d = a + bt_2 + ct_2^2, \\ k = b + 2ct_2, \\ a + bt_4 + ct_4^2 = f - kt_4, \\ b + 2ct_4 = -k. \end{cases} \quad (5)$$

В данных уравнениях имеется 7 неизвестных параметров  $a, b, c, d, f, k, s$ . Так как число уравнений меньше неизвестных, подобная система уравнений называется прямоугольной<sup>9</sup>. Переменную  $s$  примем за свободную переменную и выразим через нее остальные неизвестные. Таким образом, неизвестные параметры уравнения, выраженные через свободный член и переменные, будут выглядеть следующим образом (расчет произведен в программе wxMaxima - 5.38.1):

$$\begin{cases} a = -\frac{((st_1 - 1)e^{st_1} + 1)t_4 + se^{st_1}t_2^2 + ((1 - st_1)e^{st_1} - 1)t_2}{t_4 - t_2}, \\ b = \frac{se^{st_1}t_4 + se^{st_1}t_2}{t_4 - t_2}, \\ c = -\frac{se^{st_1}}{t_4 - t_2}, \\ d = (1 - st_1)e^{st_1} - 1, \\ f = se^{st_1}t_4 + se^{st_1}t_2 + (1 - st_1)e^{st_1} - 1, \\ k = se^{st_1}. \end{cases} \quad (6)$$

Значение  $s$  может быть найдено из практических данных, в любой точке функции (1) -  $F_1(t) = e^{st} - 1$ , кроме начала координат, например в точке  $(t_0, F_1(t_0))$ . Тогда  $s$  можно выразить следующим образом:

$$s = \frac{\ln(F_1(t_0) + 1)}{t_0}. \quad (7)$$

Итак, при известных значениях абсцисс, где функции равны между собой (переход с одного этапа на другой), может быть построена прогнозная кривая реализации иннова-

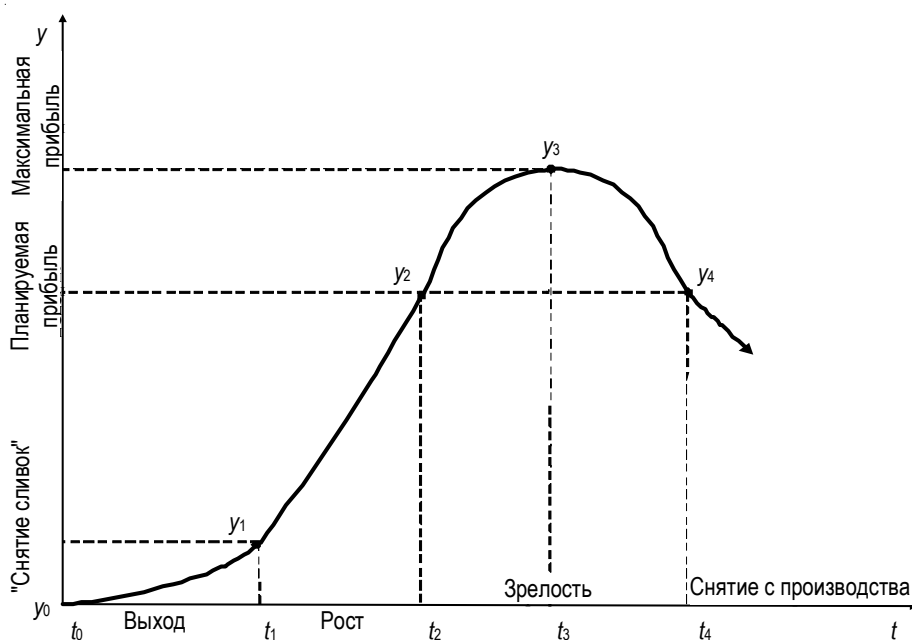


Рис. 1. Кривая развития инновационного проекта на этапе его коммерциализации

ционной продукции промышленного предприятия.

Дальнейшими действиями построения прогноза должно быть определение длины временного промежутка, при котором созданная инновация будет востребована на рынке. Это может быть заложено на этапе планирования либо взято из нормативов согласно теории экономических циклов<sup>10</sup>. Из исследованных в наибольшей мере подходят среднесрочные циклы Жюгляра продолжительностью в 7-11 лет и краткосрочные циклы Китчина, период которых в среднем 2-3 года. Это связано с тем, что в экономической практике на данный момент распространено мнение о том, что инновационная продукция остается таковой незначительный период времени<sup>11</sup>.

Циклы Жюгляра названы по имени французского экономиста Клемана Жюгляра. Они описывают колебания в объемах инвестиций в основной капитал, что может характеризовать создание новых продуктов посредством смены используемых производственных технологий<sup>12</sup>.

Появление циклов Китчина - заслуга английского экономиста Джозефа Китчина. Современные ученые связывают их с избыточным насыщением рынков товаров и услуг<sup>13</sup>. Это указывает на то, что в среднем на распространение продукта на определенной территории необходимо около 2-3 лет.

Продолжительность коммерческой стадии инновации промышленного предприятия может быть также распланирована согласно управленческой классификации проектов по длительности реализации:

- ◆ краткосрочные (1-2 года);
- ◆ среднесрочные (3-5 лет);
- ◆ долгосрочные (более 5 лет)<sup>14</sup>.

После определения продолжительности коммерческой реализации проекта необходимо выявить длительность его фаз. Их величина может быть определена согласно росту затрат. По мере того, как работа по проекту разворачивается, затраты также возрастают и соответственно по его завершении резко сходят на нет<sup>15</sup>. Академик Р.С. Каренов указывает на следующую структуру затрат:

1) выход на рынок: 1-5 %;

2) освоение рынка сбыта, расширение его объема: 9-15 %;

3) осуществление реализации инновации при оптимизированной управленческой деятельности: 65-80 %;

4) завершение: 10-15 %.

Если взять за основу данную структуру, то можно рассчитать продолжительность фаз коммерциализации инновационного проекта для краткосрочных и среднесрочных экономических циклов, а также для проектов, классифицируемых в теории управления по сроку реализации (рис. 2).

Для нахождения параметров системы уравнений необходимо провести оценку жизненного цикла существующих проектов. Для этого была взята динамика прибыли компьютеров (одной марки) после продаж в городе Перми (рис. 3).

Способ найти значение параметра  $s$  по формуле 7 существует, но на практике его расчетная величина будет сильно различаться в зависимости от переменной, взятой на интервале "выход на рынок". Расчет данного параметра целесообразнее провести по общему крайнему значению 1-го и 2-го этапов коммерциализации инновационного проекта. Таким образом, формула (7) примет следующий вид:

$$s = \frac{\ln(y_1 + 1)}{t_1}. \quad (8)$$

Так как инновационные проекты различные, то и затраты на их создание, а соответственно и планируемая прибыль также будут отличаться. В связи с этим необходимо перевести их в относительные величины (аналогичную процедуру проделываем и с координатной осью времени). Максимальное значение прибыли, достигаемое на протяжении всего жизненного цикла инновационного продукта, приравниваем к 100%. Согласно примеру (рис. 3) планируемая прибыль составляет 85% от максимально возможной. В точке  $t_1$  значение прибыли при таких пропорциях составит примерно 10%. Таким образом, расчетная величина  $s$  в общем случае зависит от величины планируемой прибыли. Для примера, из рис. 3 пара-

Краткосрочные циклы Китчина			
2 года		3 года	
1. Выход: 0,02 - 0,1 года (от недели до месяца)	2. Рост: 0,18 - 0,3 года (от 2 до 3,5 месяца)	1. Выход: 0,03 - 0,15 года (от 2 недель до 2 месяцев)	2. Рост: 0,27 - 0,45 года (от 3,5 до 5,5 месяца)
3. Зрелость: 1,3 - 1,6 года	4. Снятие с произв.: 0,2 - 0,3 года (от 2,5 до 3,5 месяца)	3. Зрелость: 2 - 2,5 года	4. Снят. с произв.: 0,3 - 0,45 года (от 3,5 до 5,5 месяца)
Среднесрочные циклы Жюгляра			
7 лет		11 лет	
1. Выход: 0,07 - 0,35 года (от 1 до 4,5 месяца)	2. Рост: 0,63 - 1,05 года (от 7,5 месяца до 1 года)	1. Выход: 0,11 - 0,55 года (от 1,5 до 7 месяцев)	2. Рост: 0,99 - 1,65 года (от 1 до 1,5 лет)
3. Зрелость: 4,55 - 5,6 года	4. Снятие с произв.: 0,7 - 1,05 года (от 8,5 месяца до 1 года)	3. Зрелость: 7,15 - 8,8 года	4. Снят. с произв.: 0,1 - 1,65 года (от 1 до 1,5 года)
Краткосрочные инновационные проекты			
1 год		2 года	
1. Выход: 0,01 - 0,05 года (от недели до 3 недель)	2. Рост: 0,09 - 0,15 года (от 1 до 2 месяцев)	1. Выход: 0,02 - 0,1 года (от недели до месяца)	2. Рост: 0,18 - 0,3 года (от 2 до 3,5 месяца)
3. Зрелость: 0,65 - 0,8 года (от 8 до 10 месяцев)	4. Снятие с произв.: 0,1 - 0,15 года (от 1 до 2 месяцев)	3. Зрелость: 1,3 - 1,6 года	4. Снят. с произв.: 0,2 - 0,3 года (от 2,5 до 3,5 месяца)
Среднесрочные инновационные проекты			
3 года		5 лет	
1. Выход: 0,03 - 0,15 года (от 2 недель до 2 месяцев)	2. Рост: 0,27 - 0,45 года (от 3,5 до 5,5 месяца)	1. Выход: 0,05 - 0,25 года (от 3 недель до 3 месяцев)	2. Рост: 0,45 - 0,75 года (от 5,5 до 9 месяцев)
3. Зрелость: 2 - 2,5 года	4. Снятие с произв.: 0,3 - 0,45 года (от 3,5 до 5,5 месяца)	3. Зрелость: 3,25 - 4 года	4. Снят. с произв.: 0,5 - 0,75 года (от полугода до 9 месяцев)
Долгосрочные инновационные проекты			
В зависимости от фактических данных по разработанному алгоритму			

Рис. 2. Продолжительность фаз коммерциализации инновационного проекта (в крайних значениях интервалов)

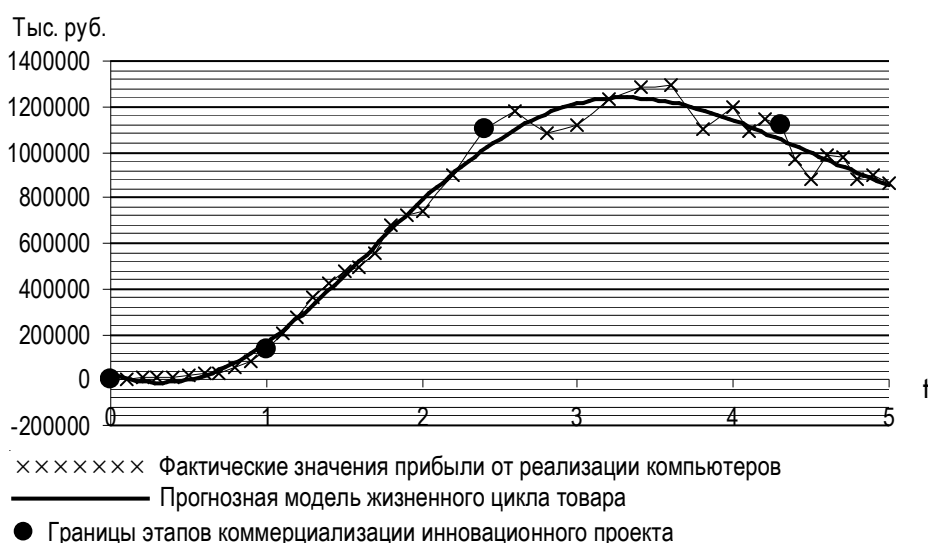


Рис. 3. Жизненный цикл продажи компьютеров одной марки\*

\* Алькироу Р.Х., Мильников Л.А. Методология разработки методики автоматизированного построения прогнозов развития инновационных проектов на основе текущих параметров развития // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2009. № 3. С. 172-178.

метры системы будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} a = -\frac{156238916}{1586215}, \\ b = \frac{127769}{26885}, \\ c = -\frac{1907}{53770}, \\ d = -\frac{280252}{16697}, \\ f = \frac{13675482}{83485}, \\ k = \frac{1907}{1415}. \end{cases} \quad (9)$$

При данных значениях график спрогнозированной системы уравнений будет проходить ниже графика, построенного по фактическим данным, в связи с чем необходимо имеющаяся математическую модель откалибровать под общий случай коммерциализации инновационных проектов. Для этого отрезок значений (от 0 до 100) поделим на равнозначные части и выберем ту итерацию, при которой первая сумма частей при каждой из переменных времени  $t_1$  и  $t_2$  будет иметь отклонение менее 5% (может быть выбран другой интервал доверительной величины, в зависимости от той погрешности, которая необходима исследователю) от фактических значений (см. таблицу).

**Фактические и расчетные значения при переменных времени  $t_1$  и  $t_2$**

Фактические значения	Расчетные значения					
	2 части	3 части	4 части	5 частей	6 частей	7 частей
$y(t_1)=10,17$	50 (-39,83)	33,3 (-23,16)	25 (-14,83)	20 (-9,83)	16,67 (-6,5)	14,28 (-4,12)
$y(t_2)=85,82$	100 (-14,18)	100 (-14,18)	75 (+10,82)	80 (+5,82)	83,33 (+2,49)	85,71 (+0,11)

Введем в систему дополнительные уравнения координат вершины параболы, где  $t_3 = t_2 + (t_4 - t_2) / 2 = 48 + (86 - 48) / 2 = 67$ , а значение при ней равно 100.

$$\begin{cases} -\frac{b}{2a} = 67; \\ -\frac{b^2 - 4ac}{4a} = 100. \end{cases} \quad (10)$$

По имеющимся расчетным данным построим прогнозную кривую коммерциализации инновационных проектов для некоторой марки компьютеров в городе Перми (рис. 4).

На практике поведение кривой может носить иной характер, поэтому расширим

прогноз до некоторого поля прогнозирования, рассмотрев еще один пример жизненного цикла продукции - автомобилей марки "Москвич". Построим модель, аналогичную предыдущей (рис. 5).

Из рисунка можно видеть, что многие места как фактического, так и прогнозного графика ведут себя более круто по сравнению с предыдущим графиком рассмотренного жизненного цикла. При наложении данных графиков друг на друга получим следующий результат (рис. 6).

Мерой достоверности аппроксимации построенной модели может служить коэффициент детерминации, рассчитанный по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}, \quad (11)$$

где  $y_i$  - фактические значения исследуемого явления;  $\hat{y}_i$  - прогнозируемое значение исследуемого явления;  $\bar{y}$  - среднее арифметическое значение по совокупности значений фактических данных<sup>16</sup>.

Чем ближе значение коэффициента детерминации к единице, тем лучше построенная модель аппроксимирует фактические значения. В сравнении с данными по товарной группе пермских компьютеров значение это-

го показателя приблизительно равно 0,92. Рассматриваемая величина коэффициента детерминации указывает на высокий уровень достоверности аппроксимации модели. В сравнении с кривой прибыли по автомобилям марки "Москвич" значение  $R^2$  значительно хуже и примерно равно 0,67. Такое значение показателя говорит о том, что полученная модель может быть улучшена, чтобы более достоверно прогнозировать распределение динамики прибыли от времени.

Таким образом, нами была разработана математическая система уравнений, состоящая из равенств элементарных функций и их производных в точках перехода с одного этапа коммерциализации инноваций на другой.

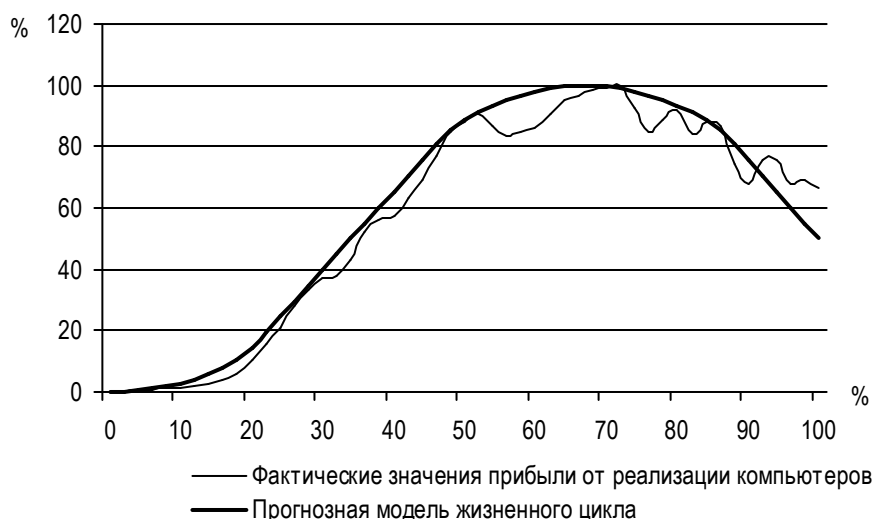


Рис. 4. Прогноз жизненного цикла продажи компьютеров одной марки



Рис. 5. Прогноз жизненного цикла продажи автомобилей марки "Москвич"\*

\* Яковенко Е.Г., Басс М.И., Махров Н.В. Циклы жизни экономических процессов, объектов, систем. Москва : Наука, 1991. 192 с.

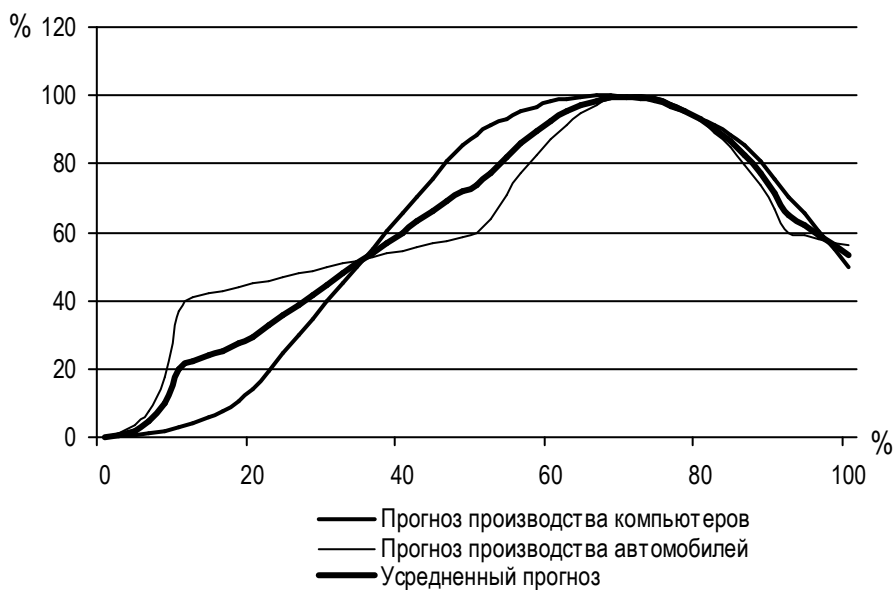


Рис. 6. Прогноз жизненного цикла инновационной продукции

Нами предложено решение данной системы, при помощи которого может быть построена прогнозная кривая реализации инновационной продукции промышленного предприятия, позволяющая спрогнозировать прибыль от продаж инновационной продукции. Также нами разработан подход к определению продолжительности стадии коммерциализации инновационной продукции, в основу которого заложена смена технологий производства или время насыщения рынка производимой инновационной продукцией. Согласно нашему подходу продолжительность стадии коммерциализации также может быть рассчитана согласно времени, за которое мы хотим получить планируемый результат (различного рода рентабельность).

Для построения более точных прогнозов дальнейшими направлениями исследования могут служить: во-первых, поиск параметров построенной системы уравнений по фактическим данным о реализации инновационной продукции, полностью прошедшей весь жизненный цикл; во-вторых, корректировка функциональных зависимостей с добавлением поправок на различного рода риски и другие факторы, способные оказать влияние на динамику прибыли и объемов продаж.

<sup>1</sup> См.: *Мазилев Е.А.* Основные индикаторы и факторы инновационного развития промышленности региона // *Менеджмент и бизнес-администрирование*. 2013. № 1. С. 166-178; *Маковеев В.Н., Губанова Е.С.* Управление инновационной деятельностью в обрабатывающей промышленности: региональный аспект : монография. Вологда : ИСЭРТ РАН, 2015. 166 с.

<sup>2</sup> Инновационная деятельность МП // Портал дистанционного консультирования малого предпринимательства. URL: <http://www.dist-cons.ru/modules/innova/index.html>.

<sup>3</sup> *Алькдиру Р.Х., Мильников Л.А.* Методология разработки методики автоматизированного построения

прогнозов развития инновационных проектов на основе текущих параметров развития // *Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления*. 2009. № 3 С. 172-178.

<sup>4</sup> *Adizes I.* Corporate Lifecycles: how and why corporations grow and die and what to do about it / Englewood Cliffs, New York : Prentice Hall, 1988. 361 p.

<sup>5</sup> *Мильников, Л.А., Алькдиру Р.Х.* Подход к прогнозированию развития и управления жизненным циклом инвестиционных проектов // *Управление большими системами*. 2009. Вып. 27. С. 293-307.

<sup>6</sup> *Amberg M., Mylnikov L.* Innovation project lifecycle prolongation method // *Innovation and Knowledge Management in Twin Track Economies: Challenge&Solutions: Proc. Of the 11 th Intern. Business Inform. Management Assoc. Conf, Cairo, 2009*. P. 491-495.

<sup>7</sup> *Алькдиру Р.Х., Мильников Л.А.* Указ. соч.

<sup>8</sup> *Заренков В.А.* Управление проектами : учеб. пособие. 2-е изд. Москва : АВС ; Санкт-Петербург : Изд-во СПбГАСУ, 2006. 312 с.

<sup>9</sup> *Линейная алгебра : метод. пособие по выполнению контрольной работы для дистанц. и заоч. обучения студентов экон. специальностей / сост. А.П. Быстроумова, С.В. Иванова.* Вологда : Изд-во ВоГТУ, 2012. 44 с.

<sup>10</sup> *Зарецкий А.Д., Иванова Т.Е.* Промышленные технологии и инновации : учеб. для вузов. Стандарт 3-го поколения. Санкт-Петербург : Питер, 2014. 480 с.

<sup>11</sup> Инновационная деятельность МП.

<sup>12</sup> *Пантин В.И.* Мировые циклы и перспективы России в первой половине XXI века: Основные вызовы и возможные ответы. Дубна : Феникс+, 2009. 432 с.

<sup>13</sup> Инновационная деятельность МП.

<sup>14</sup> *Заренков В.А.* Указ. соч.

<sup>15</sup> *Каренов Р.С.* Содержание фаз жизненного цикла проектов. URL: [http://www.rusnauka.com/7\\_NITSB\\_2012/Economics/6\\_103371.doc.htm](http://www.rusnauka.com/7_NITSB_2012/Economics/6_103371.doc.htm) (дата обращения: 15.08.2016).

<sup>16</sup> *Герасимов Б.И.* Экономико-математические модели погрешностей оценки качества: эконометрика. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2009. 80 с.

*Поступила в редакцию 13.02.2017 г.*