

Методика прогнозирования перспективности освоения инновационной технологии в производстве



В. М. Николаева,
студентка,
кафедра управления
проектами
temari17@mail.ru



В. Н. Тисенко,
д. т. н., профессор
V_tisenko@mail.ru



В. С. Черняк,
к. т. н., доцент, кафедра
управления проектами
chernyak_valery@mail.ru

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В статье описана новая экспертная методика с использованием теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) для оценки перспективности освоения инновационной технологии в производстве с последующей ее коммерциализацией. Новая методика апробирована на примере выбора для освоения в производстве технологии сепарации цветных металлов из двух имеющихся.

Ключевые слова: ТРИЗ, ЛПР, ЗРТС, многофакторный подход, экспертная методика прогнозирования, S-образная кривая.

Выбор инновационной технологии изготовления продукции с высокой рыночной перспективой для освоения в производстве — одна из важнейших стратегических задач любого инновационного предприятия. Наличие нескольких технологических предложений дает много преимуществ, но, в то же время, перед лицом, принимающим решение (ЛПР), встает важная задача выбора наиболее привлекательного и конкурентоспособного предложения. Такой выбор должен основываться на многофакторном и тщательном сравнительном анализе.

Наиболее часто применяемыми методами оценки технологических альтернатив, являются методы экспертных оценок. В основном широко используются методы финансового анализа (метод калькуляции, метод рангов и др.). Существующие методы дают хорошую и основательную базу для оценки технологий, но они обеспечивают анализ той или иной технологии на конкретный момент времени и не рассматривают соответствие технологии уровню развития техники в будущем, ее перспективность и конкурентоспособность при выводе продукции на рынок.

В настоящей статье предлагается методика сравнительной оценки перспективности освоения технологии в производстве, которая базируется на законах развития технических систем (ЗРТС), используемых в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Одним из центральных и важных понятий ТРИЗ является понятие технической системы (ТС). По определению ТРИЗ техническая система представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, расположенных определенным образом в пространстве (устройство, вещество). Что касается технологии, то она тоже представляет собой совокупность элементов (отдельные процессы, операции, используемые материалы и т. д.), но взаимосвязанных не только в пространстве, но и во времени [1]. То есть технология — это тоже техническая система, а значит, к ней могут быть применены законы, по которым развиваются технические системы.

S-образная кривая

Все ТС со временем развиваются (эволюционируют) и в процессе эволюции проходят через определенные этапы развития в соответствии с выявленными в ТРИЗ законами [2]. Основной закон, на базе которого разработана рассматриваемая методика, — закон развития технической системы по S-образной кривой [3], который гласит, что: «Жизнь любой ТС можно изобразить одной универсальной S-образной кривой, показывающей, как меняются во времени темпы ее развития (изменение ее показателей)». S-образную кривую также называют «линией жизни ТС». Характер

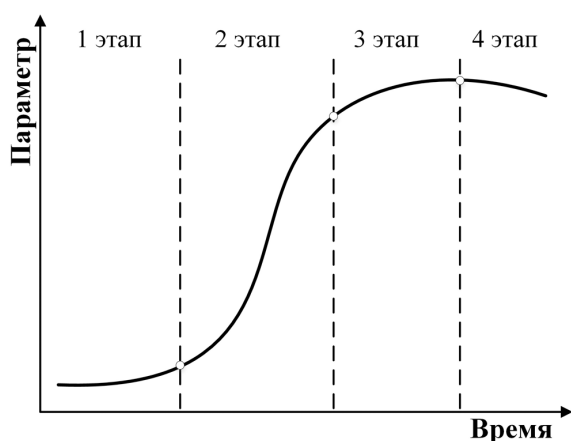


Рис. 1. График S-образной кривой

изменения формы зависимости является графическим отображением этого закона, пример которой изображен на (рис. 1). По оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат — значения одного из основных параметров ТС, обеспечивающих выполнение ею главной полезной функции.

На S-образной кривой можно выделить четыре характерных этапа:

1. *Детство* (медленное развитие ТС). Это может быть момент появления идеи, апробации или первой попытки внедрения технологии в производство. Этот период характерен тем, что ТС имеет больше недостатков, чем преимуществ и в большей степени развивается за счет энтузиазма разработчика.
2. *Расцвет* (интенсивный рост). ТС бурно совершенствуется. Качество и параметры интенсивно улучшаются. ТС осваивается в серийном производстве, увеличивается спрос на рынке.
3. *Старение* (стагнация ТС). Система уже исчерпала свои потенциальные возможности, и ее развитие резко замедляется. Если рост показателей все еще происходит, то только за счет отдельных усовершенствований. В этот период система продолжает двигаться больше по инерции, нежели чем развиваться и каждое улучшение требует огромных усилий и затрат.
4. *Застой или отмирание ТС*. Этот этап характеризуется постоянством уровня параметров технической системы, или даже спадом ее показателей. Возможны оба варианта развития ситуации. В первом варианте, техническая система выходит на свой предельный уровень развития и дальше развиваться не может, так как полностью исчерпаны ресурсы физического принципа ее действия. Во втором варианте спад показателей означает продолжение процесса усовершенствования данной ТС, но усовершенствование происходит за счет ухудшения ее второстепенных параметров.

Знания о жизненном цикле ТС нужны для того, чтобы понять, на каком из этапов находится та или иная технология. Может оказаться так, что технология при анализе на экономическую эффективность и анализе уровня других параметров, на данный момент дает самые лучшие показатели. При этом, она может находиться на последней стадии своего жизненного

цикла и дальнейшее ее использование через какое-то время окажется неэффективным.

Для каждого предприятия стратегически важно почувствовать момент, когда следует переориентировать свои усилия на новую технологию. Может быть пора заняться поисками нового, более перспективного направления, и задаться вопросом, нет ли другой технологии, которая может, в конечном счете, оказаться более эффективной, чем существующая. Или может выясниться, что стадия жизненного цикла используемой технологии далека от завершающего участка и тогда нужно принимать решение, расширять ли существующее производство или организовать новую дочернюю компанию. Это решение должно базироваться на прогнозе темпов развития (усовершенствования) технологии путем построения и анализа S-образной кривой жизненного цикла рассматриваемой технологии.

Многофакторный подход к развитию технических систем

Для того, чтобы построить кривую для анализа, необходимо выбрать параметр, характеризующий тенденцию развития системы. Этот выбор должен основываться с учетом требований ЛПР или заказчика. Это один из важных моментов в любом анализе. Общие принципы, которые лежат в основе выбора того или иного параметра, могут быть сведены к следующим рекомендациям:

1. Параметр должен быть объективно измеряемой характеристикой технологии.
2. Параметр должен быть приемлем для различных технологических решений, которые обеспечивают продукту одинаковое свойство.
3. Необходимо наличие данных, характеризующих динамику развития рассматриваемой технологии в прошлом.

В ТРИЗ отсутствуют четкие требования к выбору параметров для описания «линии жизни». В то же время, от этого выбора зависит изменение положения системы на «линии жизни». В общем случае, кривая строится для одного параметра, который характеризует выполнение системой главной полезной функции, ради которой она и была создана. Такой подход вполне понятен, но при этом не учитываются те факторы, благодаря которым были достигнуты те или иные результаты, то есть факторы расплаты, которыми пришлось пожертвовать ради выполнения главной функции системы. Отношение этих факторов описывается еще одним законом — законом об идеальности [4], где говорится, что: «Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности». Идеальность отображается формулой (1) как отношение суммы выполняемых полезных функций Φ_{Π} к сумме факторов расплаты $\Phi_{\text{в}}$. Формула имеет следующий вид:

$$I = \frac{\sum \Phi_{\Pi i}}{\sum \Phi_{\text{в} j}} \rightarrow \infty, \quad (1)$$

где I — степень идеальности; $\Phi_{\Pi i}$ — выполняемая функция или полезный эффект; $\Phi_{\text{в} j}$ — вредный эффект или факторы расплаты; i — номер переменной $\Phi_{\Pi i}$; j — номер переменной $\Phi_{\text{в} j}$.

Применимо к технологиям, идеальной считается та, которой нет, а ее результат (продукция) производится. Таким образом, технологический процесс происходит тем идеальнее, чем он производительней, качественней и чем меньших он требует затрат.

Отражением именно этого закона является S -образная кривая. В соответствии с этим законом, предлагается подойти к выбору параметра немного иначе и использовать комплексный параметр, который бы отражал противоречивые параметры системы и в последующем использовать его для построения кривой. Обозначим его через P_k и на основании формулы (1) определим его следующим образом:

$$P_k = P_+ / P_-, \quad (2)$$

где P_k — комплексный параметр; P_+ — параметр, который улучшается; P_- — параметр, который ухудшается.

Стоит также отметить, что при формировании комплексного параметра, с точки зрения перспективности на рынке, выбираются такие параметры, которые определяют спрос на рынке на данные технологические решения.

Необходимо помнить, что для заказчика или ЛПР, для которых будет выполняться прогноз, один параметр может быть более значимым и важным, при выборе среди имеющихся технологий, чем другой. Для того чтобы это учесть, введем в формулу (2) весовые коэффициенты, обозначив их символом g :

$$P_k = (g_+ P_+) / (g_- P_-), \quad (3)$$

где g_+ — вес параметра P_+ ; g_- — вес параметра P_- .

Веса параметров удовлетворяют условию, что сумма всех весовых коэффициентов равна 1 [5].

Такой подход к выбору параметра позволит обеспечить прогнозу большую объективность и полноту описания, и тем самым облегчит принятие на его основании решений. Вместе с тем, формула (3) будет наиболее полно, с точки зрения пожеланий заказчика, отражать «важность» каждого из выбранных им параметров для сравнения.

Построение S -образной кривой

Допущения

При построении S -образной кривой нами были сделаны следующие допущения:

1. Будущее ТС представляется непрерывным продолжением недавнего прошлого и, следовательно, на него распространяются установленные ранее закономерности.
2. S -образная кривая симметрична относительно своего геометрического центра. В этом центре производная имеет максимальное значение, после которого, она начинает убывать. Поэтому, если удастся построить кривую до ее центра, то симметричным отображением можно продлить ее в будущее.

3. Для упрощения методики при выборе параметров, описывающих технологию, мы выбираем два. Остальные предполагаем равными.

Перечисленные допущения достаточно уязвимы для критики, но в целом любой анализ тенденций может привести к неправильным результатам, если не учитываются причинно-следственные связи.

Получение данных от экспертов

Методика основана на получении данных от экспертов, имеющих высокую квалификацию, в той предметной области, в которой проводится анализ и сравнение различных технологий. Полученные изначально данные во многом определяют полноту и достоверность проделанного прогноза. На момент анализа, о некоторых технологиях может иметься достаточно информации для построения кривой, но зачастую, технологии оказываются еще не апробированными или введенными в эксплуатацию другими компаниями относительно недавно. Ввиду этого, если информации для анализа недостаточно, то от экспертов потребуются не только определенные статистические данные, но и видение ими будущей ситуации (прогноз значений выбранных параметров к заданному времени развития).

Для изучения систем необходимо, прежде всего, отобразить полученную информацию, необходимую для расчетов. Предлагается записывать данные в соответствующую таблицу (табл. 1). Для каждой технологии строится своя таблица. Такой подход удобен для анализа данных с помощью ЭВМ, поэтому расчеты можно проводить в программе для работы с электронными таблицами, например, Microsoft Excel.

Под временем t предлагается время, относительно которого каждая технология достигла того или иного значения параметра P , который ее определяет. Данные берутся за все прошлое развитие технологий, которое можно охватить до момента оценки. Разбиение шкалы времени может быть любым: десятилетия, годы, месяцы. Это разбиение зависит от объема имеющейся информации и от того, насколько давно данное технологическое решение используется. Для исследуемой системы, для каждого времени должны быть получены значения двух параметров, один из которых улучшает систему — параметр P_+ , а другой ухудшает — параметр

Таблица 1

Значения параметров системы относительно времени, их весовые коэффициенты и значения комплексного параметра

t	P_+	P_-	P_k
t_1	P_{+1}	P_{-1}	P_{k1}
t_2	P_{+2}	P_{-2}	P_{k2}
...
t_n	P_{+n}	P_{-n}	P_{kn}
g_+			
g_-			

P_+ , а также весовые коэффициенты для каждого из параметров — g_+ и g_- соответственно. На основании этих значений, по формуле (3) рассчитывается комплексный показатель — P_k .

Аппроксимация данных

Зачастую приходится работать с ограниченным количеством имеющихся данных и поэтому необходимо считаться с тем, что в любом статистическом распределении присутствуют элементы случайности. Эти случайности могут привести к усложнению поиска производных, необходимых для анализа скорости роста исследуемой функции. Следовательно, при обработке статистического материала часто приходится решать вопрос о том, как подобрать для них теоретическую кривую распределения, выражающую лишь существенные черты статистического материала, а не случайности, связанные с недостаточным объемом полученных данных. Для этих целей, используется метод аппроксимации, известный как метод приближения [6]. Подбор вида функции представляет собой сложную задачу, решаемую методом проб и последовательных приближений [7]. Для этих целей стоит использовать пакет MatLab. Среди всего множества его возможностей, существует такой инструмент, как *cftool*, который предоставляет доступ к приложению Curve Fitting Toolbox, предназначенный для различных задач аппроксимации и интерполяции данных [8].

Подбор должен основываться на тех соображениях, что принципиальный вид кривой, выражающей исследуемую зависимость, известен заранее из теоретических соображений и имеет характерную S-образную форму. Важно понимать, что хоть и известен характер кривой, но вид и формула функции, которая ее описывает, неизвестны. Выбирая метод аппроксимации, эксперт всегда идет на компромисс: решает, в какой степени в данном случае целесообразно и уместно «пожертвовать» деталями и, соответственно, насколько обобщенно следует выразить зависимость сопоставляемых переменных. Таким образом, выбор аппроксимирующей функции, в данном случае, представляет собой качественный и чисто интуитивный анализ.

Расчет производных

Нижняя часть S-образной кривой характеризует начало зарождения системы, а далее — вначале постепенный, а потом все более ускорившийся темп развития системы. Математически это характеризуется тем, что первая производная растет от минимального своего значения и достигнув конкретного максимального для каждой системы значения (точки перегиба), начинает убывать, в связи с тем, что верхняя часть S-образной кривой — это начало угасания системы, что характеризуется третьим этапом развития ТС. Для S-образной кривой, первая производная будет иметь колоколообразную форму. Вершиной этого «колокола» будет являться точка перегиба. В свою очередь, вторая производная в этой точке будет равна 0 (рис. 2).

Расчет производных позволяет определить на каком участке кривой находится технология на данный

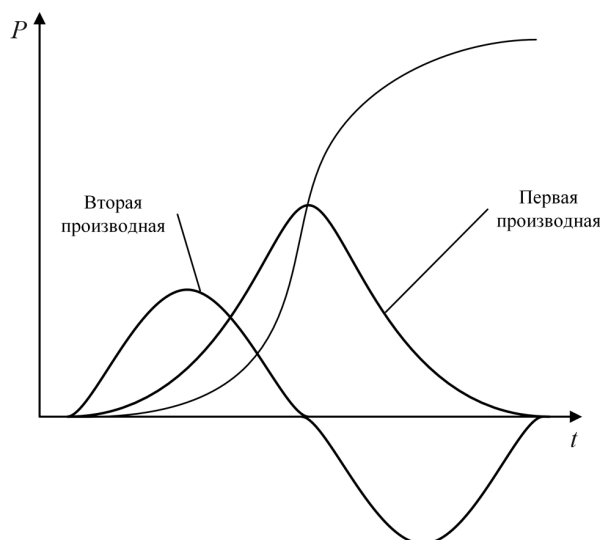


Рис. 2. Три кривые, описывающие процесс роста S-образной кривой и двух ее производных, где P — параметр системы, t — время

момент. Значительную роль играет полнота и точность полученной вначале информации. Чем точнее данные и чем большую часть S-образной кривой они охватывают, тем меньше уровень неопределенности. Другими словами, можно выделить более точный предел и крутизну кривой с большим набором данных. Этот эффект вызывает определенные трудности в применении S-образных кривых для прогноза передовых технологий, которые едва ли пережили период младенчества и находятся на ранней стадии своего развития. Однако, если после построения первой производной, она перешла точку перегиба, то основываясь на допущении «2», кривую можно будет восстановить, зеркально отобразив начальный участок. Тем самым, будущее представляется непрерывным продолжением недавнего прошлого и, следовательно, на него распространяются установленные ранее закономерности.

Скорость изменения функции в некоторой точке (первая производная) описывается в общем случае следующим уравнением [9]:

$$y' = f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

В численных расчетах на компьютере или просто при расчете статистических данных нахождение предела в этом уравнении затруднительно, так как функция $y=f(x)$ задана в виде таблицы значений. В таких случаях производную можно найти, опираясь на формулу (4). Это соотношение является аппроксимацией производной с помощью отношения конечных разностей. Значение шага Δx полагаем равным некоторому конечному числу и для вычисления значения производной получаем приближенное равенство:

$$y' \approx \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (4)$$

Рассмотрим более подробно аппроксимацию производной для некоторой функции $y=f(x)$, которая задана в табличном виде, где $y=y_0, y_1, \dots, y_n$ в узлах $x=x_0, x_1, \dots, x_n$. Пусть шаг — разность между соседними значениями аргумента — постоянный и равен h .

Запишем выражение для расчета первой производной y'_1 в узле $x=x_1$:

$$\Delta y_1 = y_1 - y_0, \Delta x = h, y'_1 = \frac{y_1 - y_0}{h}. \quad (5)$$

Преобразуем формулу (4) относительно выбранных обозначений параметров. В дальнейшем предлагается использовать именно эту форму записи:

$$P'_k = \frac{\Delta P_k}{\Delta t}. \quad (6)$$

Процедуру нахождения производных выполняют до тех пор, пока не будут найдены все производные для данных значений. Количество значений производных будет на $N-1$ меньше, чем значений параметра P_k . Полученные результаты также удобно представлять в виде таблицы. Затем они наносятся на график.

Таким же образом, используя формулу (5) можно найти выражения для старших производных. Выведем из этой формулы производную второго порядка. Получим:

$$\begin{aligned} y'' = (y')' &\approx \frac{y'_2 - y'_1}{h} \approx \frac{(y_2 - y_1)/h - (y_1 - y_0)/h}{h} = \\ &= \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{h^2}. \end{aligned}$$

Однако, конечно стоит сказать, что при этом остается открытым вопрос о точности полученных значений, но в тоже время, это значительно упрощает нахождение производной. При подобном подходе стоит учитывать форму графика, который получится при данном упрощении. В силу принятого упрощения, на графике получится не конкретная точка, а некоторый участок, в пределах которого находится необходимое значение, и он будет иметь форму гистограммы. Это связано с тем, что значения y и x в данном случае являются конечными величинами, а не бесконечно малыми [10].

Взаимное расположение S-образных кривых на графике

При анализе S-образных кривых важно представлять, как их интерпретировать. Если сравниваются две технические системы, целесообразным является

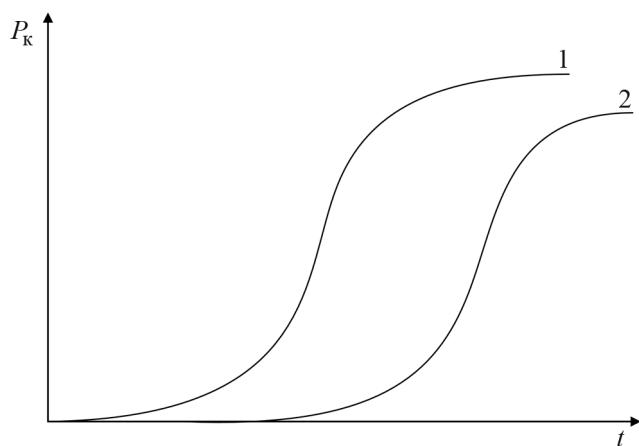


Рис. 3. S-образные кривые не пересекаются, где P_k – комплексный параметр, t – время

построение S-образных кривых для каждой из них на одном графике. При этом взаимное расположение кривых друг относительно друга может быть различным. От этого расположения зависит выбор того или иного технического решения. В общем случае можно выделить три варианта взаимного расположения:

1. Кривые не пересекаются, или же могут достигнуть примерно одинаковых значений, приблизившись к завершающему этапу своего развития (рис. 3). В данном случае, технология 1 на всем промежутке времени, по выбранному параметру опережает технологию 2. Она является наиболее предпочтительной, поскольку значения ее параметра на любом выбранном участке или промежутке времени будут больше, чем у технологии 2.
2. Кривые пересекаются и имеют одну общую точку (рис. 4). При данном расположении до точки пересечения технология 1 является более перспективной, но после точки пересечения технология 2 опережает технологию 1 и в дальнейшем значения параметра P_k для технологии 2 будут больше (т. е. S-образная кривая для технологии 2 располагается выше S-образной кривой для технологии 2). В данном случае важно конкретное желание заказчика:
 - внедрить технологию в ближайшее время или в ближайшие несколько лет,
 - заказчику важна долгосрочная перспектива, и он готов пойти на то, что на данный момент выбранная технология 2 менее перспективна по данному параметру, но в будущем, она опередит технологию 1 и будет более успешной (если предположить, что сегодняшнее время находится до точки пересечения кривых).
3. Кривые пересекаются сразу в двух точках. Перспективность технологий меняется со временем, и в разные этапы времени они преобладают друг над другом. На рис. 5, до момента первого пересечения первая технология уступает второй, но в какой-то момент темп ее развития ускоряется, и ее параметры улучшаются и преобладают над параметрами второй технологии. Затем, через определенный отрезок времени они пересекаются и опять меняются местами. На графике видно, что вторая технология опять преобладает. Как и во втором случае, выбор

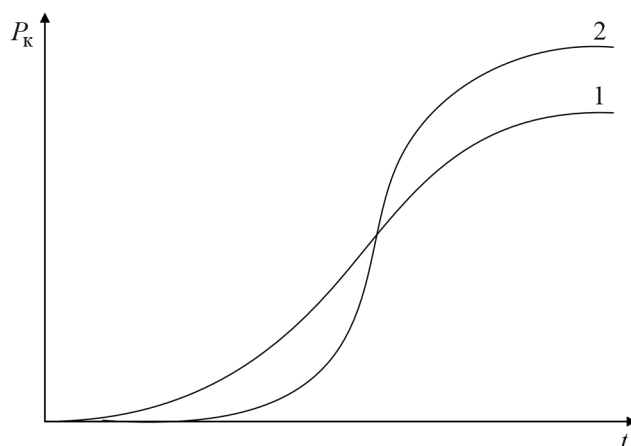


Рис. 4. S-образные кривые пересекаются в одной точке, где P_k – комплексный параметр, t – время

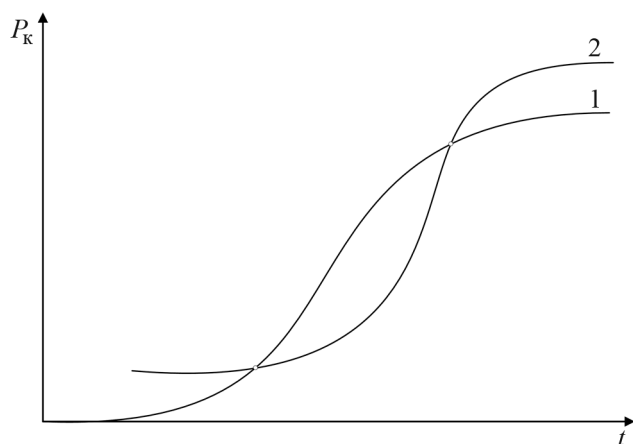


Рис. 5. S-образные кривые пересекаются в двух точках, где P_k — комплексный параметр, t — время

технологии зависит от конкретного желания заказчика или ЛПР. Они сами определяют свой выбор, исходя из приоритетов и построенных прогнозных S-образных кривых жизненного цикла каждой из технологий.

Этапы методики

Предложенную методику можно свести к следующим основным этапам:

1. Выбор параметров, описывающих рассматриваемые технологии.
2. Получение данных по выбранным параметрам от экспертов и запись их в соответствующую таблицу (табл. 1).
3. Расчет комплексных параметров с учетом весовых коэффициентов (по формуле (2)).
4. Нанесение полученных данных на график и последующая их аппроксимация.
5. Расчет первой и второй производных по формулам (5) и (6).
6. Построение графиков первой и второй производных, по новым значениям, полученным после аппроксимации.
7. Воссоздание полной S-образной кривой по производным для каждой системы.
8. Анализ и сравнение полученных кривых.

Апробация разработанной методики

Для подтверждения корректности предлагаемой методики сравнительной оценки возможных инновационных решений была рассмотрена задача анализа двух вариантов новых технологий, предназначенных для сепарации (разделения) промышленных и бытовых отходов цветных металлов [11, 12]. Данные технологии разработаны для использования в автоматизированном процессе переработки металлических отходов. Обычно данный процесс начинается с дробления выпшедшего из употребления технологического оборудования, машин, конструкций, типичным представителем которых является, например, автомобиль, состоящий из деталей, изготовленных с использованием самых различных материалов (от стали, резины, текстиля и пластиков до медных и алюминиевых сплавов). Эти детали, как

правило, соединены друг с другом с использованием различных способов: склейки, сварки, свинчивания и т. д. В результате дробления получаются отдельные куски из однородного материала — стали, пластика, резины, железа, медного или алюминиевого сплава и др., со средним размером около 20 мм. После дробления производится разделение (сепарация) продуктов на фракции, содержащие куски одинаковых материалов, которые вполне могут быть переданы для дальнейшей переработки и получения из них новых деталей, что позволяет, с одной стороны, сохранить природные ресурсы, а с другой стороны, облегчить решение экологических проблем за счет снижения объемов отходов, предназначенных для захоронения.

В промышленно развитых странах (прежде всего, США и Германии), в которых уделяют огромное внимание проблеме утилизации и переработки отходов, начиная с середины прошлого века, уже разработаны и широко применяются автоматизированные технологии сепарации практически всех материалов. Исключение представляет процесс сепарации отходов, состоящих из кусков медных и алюминиевых сплавов, который трудно поддается автоматизации и в котором часто используется малоэффективный ручной труд, когда работники сепарируют куски, ориентируясь на их цвет, вес и внешний вид.

После тщательного анализа возможных вариантов автоматизированных технологий сепарации отходов цветных металлов, для дальнейшего рассмотрения были оставлены две инновационные технологии, каждая из которых обладает своими достоинствами и недостатками. В первой технологии используется эффект вторичного излучения кусками цветных сплавов в результате воздействия на них рентгеновского облучения. Вторичное излучение подвергается спектральному анализу, на основании которого делается заключение о виде материала куска (например, алюминиевый или медный сплав). Вторая технология использует эффект различного силового воздействия на куски разных цветных материалов при помещении их в быстроизменяющееся электромагнитное поле, что дает возможность своеобразного «забрасывания» кусков, например, в различные емкости. При выборе варианта для дальнейшей коммерциализации пришлось проводить довольно дорогостоящий и длительный анализ с проведением лабораторных и цеховых экспериментов, что позволило в результате сделать достаточно аргументированный выбор. Поэтому описанные выше технологии были выбраны для сравнения трудоемкости и подтверждения корректности предлагаемой методики сравнительного анализа инновационных решений с использованием S-образных кривых.

В процессе анализа двух технологий сепарации были реализованы все описанные выше этапы предлагаемой методики. В качестве параметров, описывающих обе технологии, были выбраны точность сепарации (в процентах) и стоимость оборудования (в долларах). Точность сепарации определяет полезный фактор исследуемых систем, а стоимость — фактор расплаты, которым приходится жертвовать для обеспечения необходимой точности. Остальные параметры анализируемых технологий считаем равнозначными:

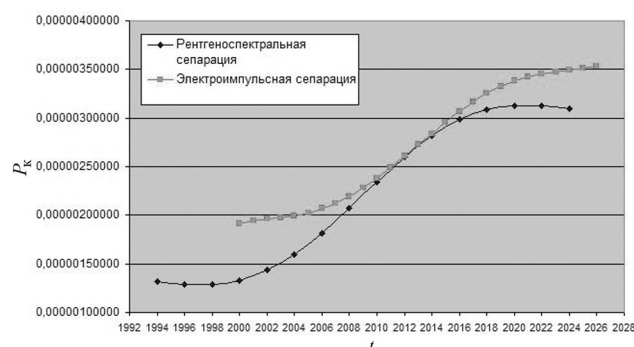


Рис. 6. График S-образных кривых для двух технологий, где P_k — комплексный параметр, t — время

занимаемая площадь, потребление энергии, вредный фактор, надежность и др.

Для обоих альтернативных вариантов были построены аппроксимирующие кривые, рассчитаны первая и вторая производные, что позволило построить S-образные кривые и посмотреть, на каком этапе жизненного цикла находится каждая из технологий.

На рис. 6 представлен конечный результат анализа — построенные S-образные кривые для каждой технологии сепарации (рентгеноспектральной и электроимпульсной). Был сделан вывод о том, что, несмотря на явную близость технологий по значению комплексного параметра на 2015 г., предпочтительней выглядит электроимпульсная технология сепарации в силу наличия более явной тенденции ее дальнейшего развития.

Заключение

В том случае, когда для решения определенной проблемы можно использовать лишь одну методику, следует отдать предпочтение той, которая наиболее соответствует поставленной цели. Но, зачастую, для получения более объективного прогноза используют одновременно несколько методов. К примеру, чтобы получить данные для построения кривой роста, можно воспользоваться методом Дельфи. Или же, можно провести анализ по методу рангов, оценив имеющиеся альтернативы на данный момент, а также спрогнозировать их развитие во времени. Ведь, как говорилось, может оказаться так, что на данный момент технология дает самые лучшие показатели, но в перспективе, она будет менее предпочтительна. Поэтому, не стоит останавливаться на одном «наиболее подходящем» методе, а лучше попробовать сопоставить прогнозы и данные, полученные разными методиками. При этом достоинства одного метода могут компенсировать недостатки другого. Также, комбинирование методов может помочь в тех случаях, когда эксперт упустил из виду какой-нибудь важный фактор. Это позволяет глубже заглянуть и понять объекты исследования (сравниваемые технологии).

Так как методика требует вычисления большого массива данных, построение графиков и их оценку, она может быть автоматизирована с использованием соответствующих программ.

В статье была представлена авторская экспертная методика прогнозирования коммерческого потенциала

альтернативных технологий, основанная на законах развития технических систем в соответствии с ТРИЗ. Основными из которых были выбраны: «Закон развития ТС по S-образной кривой» и «Закон повышения идеальности ТС». Методика основана на построении S-образных кривых с использованием многофакторного подхода при определении параметров, которые описывают систему. Таким образом, кривая строится в системе координат комплексного параметра от времени, который учитывает противоречивые параметры системы, а также учитывает мнение ЛПР или заказчика.

Список использованных источников

1. А. Т. Кынин, В. С. Черняк. Алгоритмы решения нестандартных задач: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2013. – 94 с.
2. Г. С. Альтшуллер. Творчество как точная наука. Петрозаводск: Скандинавия, 2004. – 131 с.
3. M. S. Slocum. Technology Maturity Using S-curve Descriptors. Costa Mesa, CA, USA, The TRIZ Journal, Dec. 1998.
4. А. В. Ревенков, Е. В. Резчикова. Теория и практика решения технических задач: учебное пособие. М.: Изд-во «Форум», 2009. – 382 с.
5. Л. А. Оглезнева. Квалитетрия: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 215 с.
6. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей: учебник для вузов. 6-е изд. М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
7. В. А. Гриценко, Е. В. Белосевич, Е. К. Артищева. Математические методы в географии: учебное пособие. Калининград: Изд-во Калининградского государственного университета, 1999. – 75 с.
8. И. Е. Ануфриев, А. Б. Смирнов, Е. Н. Смирнова. MATLAB 7. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
9. М. Я. Выгодский. Справочник по высшей математике. М.: ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2002. – 992 с.
10. Е. А. Власова, В. С. Зарубин, Г. Н. Кувыркин. Приближенные методы математической физики. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 700 с.
11. С. В. Новиков, В. Н. Тисенко. Инновационный проект создания технологии рентгеноспектральной сепарации отходов цветных металлов//В сб.: Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, № 3, 2008. С. 146-152.
12. A. Elkind, V. Korolev, J. MacFarlane, A. Vasilevsky, G. Shneerson, V. Tisenko. Method and Apparatus for Sorting Non-ferrous Metals. Патент США № 5.823.354 с приоритетом от 16.01.1996.

Forecasting of the perspectives for innovation technology at development in manufacture with use of TRIZ

V. M. Nikolaeva, student, Institute of computing and control, department «Project management».

V. N. Tisenko, Doctor of technical sciences, professor.

V. S. Chernyak, PhD, Docent, department «Project management».
(Saint-Petersburg Polytechnical University of Peter the Great)

The new expert method for forecasting of the perspectives for innovation technology at development in manufacture with its subsequent commercialization is described in the article. The method is based on the Laws of technical systems evolution from the Theory of inventive problems solving (TRIZ). The new method was tested by example of choice for development in manufacture an innovation technology for separation of nonferrous metals.

Keywords: Theory of inventive problems solving, Decision maker, Laws of technical systems evolution, multi factors approach, expert methods of forecasting, S-curve.