

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Докт. техн. наук, проф. БОГАТОВ Б. А.

Белорусский национальный технический университет

Прогнозирование событий и, в частности, последствий разработки полезных ископаемых чрезвычайно сложно из-за взаимосвязанности процессов в биосфере. Поэтому очень важен вопрос выбора метода прогнозирования в каждом конкретном случае. Временные интервалы прогнозов могут изменяться в широких пределах — от часов до многих лет в зависимости от содержания задачи. Одни зависят от цикличности воздействий в системе и должны быть достаточно велики, чтобы обеспечивалась возможность сознательного влияния на ожидаемые изменения в экосистеме. Если процесс цикличен (например, сезонное производство), то прогноз составляется на период не меньший, чем продолжительность цикла. Если прогнозируемый процесс имеет тенденцию роста в течение длительного времени, то прогноз должен рассчитываться на такой промежуток времени, за который можно осуществить мероприятия по сохранению экологического равновесия окружающей среды, наращиванию мощностей и приобретению необходимых материалов и оборудования.

Особенностью прогностических моделей является невозможность прямой проверки соответствия модели и оригинала. В этом специфика и вместе с тем проблема моделирования будущего.

Наиболее распространены в прогностических моделях графические изображения (так называемые «кривые роста») и математические описания. При отсутствии теоретических предпосылок о поведении объекта исследований в будущем используют методы аналогий и математической обработки опытных данных, характеризующих прошлое и настоящее. Однако не следует забывать, что эмпирическая формула

справедлива лишь для интервала опытных значений, а экстраполяция связана с погрешностью тем большей, чем дальше стремимся распространить зависимость за пределы исследований. С целью повышения достоверности прогноза необходимо предусмотреть его определение несколькими методами. Это дает хороший результат.

В основе составления и анализа прогнозов лежат различные методы: усреднение данных наблюдений в прошлом и настоящем с последующей экстраполяцией полученных зависимостей в будущее; корреляционный и регрессионный анализы; математическое программирование в задачах распределения ресурсов; имитационное моделирование; теория игр и статистических решений; анализ случайных функций; экспертные оценки и аналогии в задачах прогнозирования.

Важно отметить характерную ошибку в прогнозах, когда на основании постоянной скорости роста в прошлом предполагают ту же скорость процесса в будущем. Такой подход в прогнозировании называется «наивным», поскольку все происходившее в прошлом и сформировавшаяся тенденция в настоящем будут иметь место и в будущем. В двух случаях «наивная экстраполяция» неприменима: при наличии естественного предела (истощение ресурсов и др.) и при изменении факторов, обуславливающих тенденцию в прошлом (темпы осушения, воздействие на окружающую среду и др.). Достаточно часто в прогнозах используется экспоненциальный рост, вызванный бурным развитием техники и технологий. Экстраполяция процесса в будущее в виде экспоненциальной функции (пропорциональность скорости роста текущему значению

функции) иногда дает заведомо неверный результат.

Одна из важнейших задач прогнозирования заключается в предсказании скорости, с которой новые решения, идеи, технологии и техника будут вытеснять предыдущие, используемые для получения тех же функциональных характеристик. Анализ статистических наблюдений из самых различных областей естествознания, техники и технологий показал, что изменение эффективности во времени характеризуется S-образными кривыми.

Данному типу зависимостей подчиняются из-

менение эффективности тепловых электростанций, КПД паровых двигателей в течение всего периода развития. Кривые подобного типа описывают рост по годам производства минеральных удобрений в мире, стали, чугуна, добычи угля, нефти, газа (рис. 1); протекание химических реакций в замкнутой системе с ограниченным количеством реактивов; ползучесть глин, мерзлых грунтов и прочих материалов; изменение напряжений вдавливания в грунт и многие другие процессы в самых различных областях науки, техники и технологий.

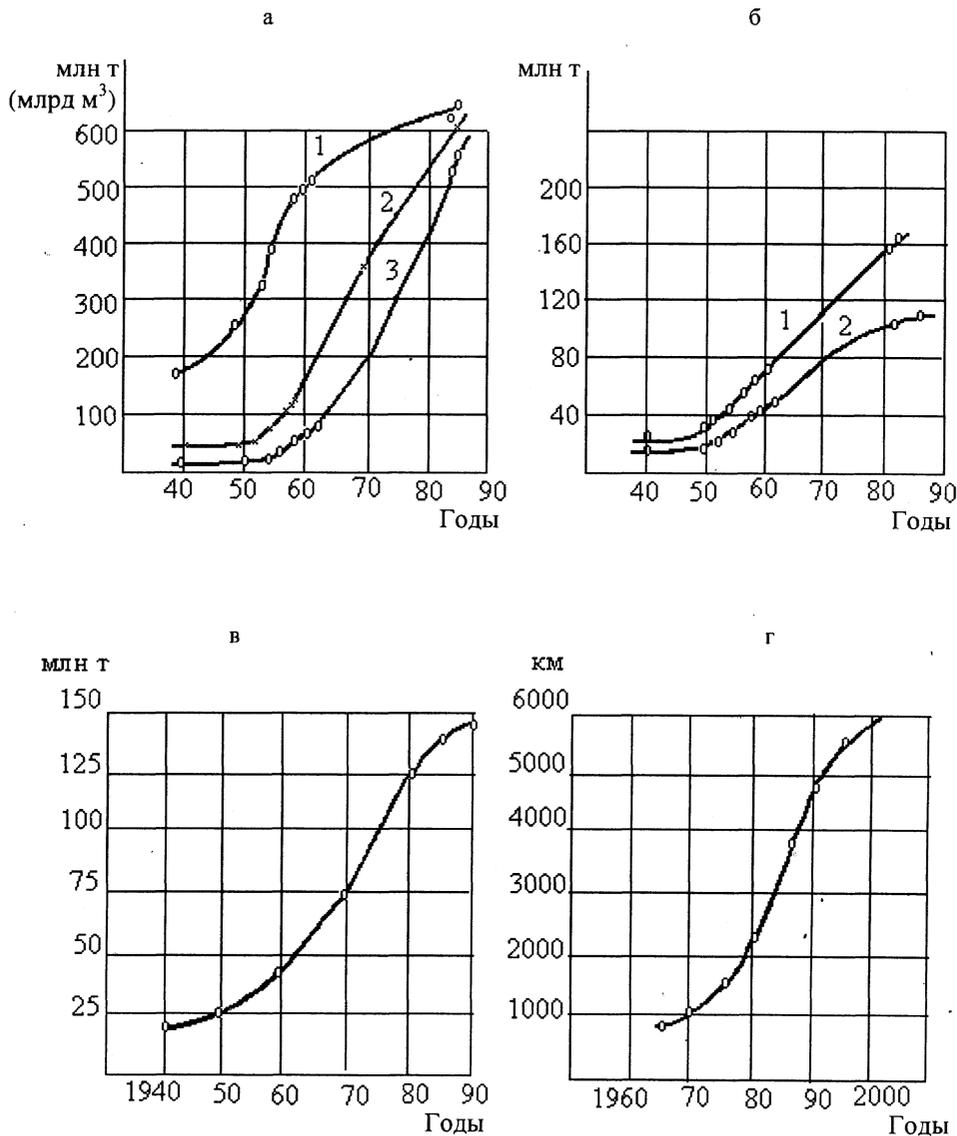


Рис. 1. а – добыча основных видов топлива: 1 – уголь; 2 – нефть; 3 – газ; б – производство в СССР: 1 – стали; 2 – чугуна; в – производство минеральных удобрений в мире; г – протяженность газопровода в Беларуси

Анализ статистических наблюдений показал (Дж. Мартино), что диаграммы замещения одной техники или технологии другой представляют собой S-образные кривые. Определенный период времени, до тех пор пока новейшая техника не доказала своей экономичности и надежности, идет параллельное развитие (экстенсивное) старой техники.

Этот тип поведения следует ожидать в любой ситуации, где новые идеи, техника, технологии и материалы замещают старые. Особенно часто математическое описание S-образных кривых дается формулой Перла

$$y = \frac{L}{1 + Cl^{-kt}}. \quad (1)$$

Формула Перла (ее модифицированный нами вариант) может быть получена из допущения пропорциональности скорости изменения функции ее текущему значению и расстоянию до асимптоты

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

где $y_{\infty} = L = \lim_{t \rightarrow \infty} y$ – асимптота $y(t)$; k – коэффициент пропорциональности.

Решением уравнения (2) получена модифицированная формула Перла

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

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

Кривая роста Перла (3) имеет точку перегиба A с координатами $t_A = \frac{\ln C}{ky_{\infty}}$ и $y_A = \frac{y_{\infty}}{2}$. График $y(t)$ симметричен относительно точки перегиба, имеет начальное нулевое значение при $t \rightarrow -\infty$ и $\lim_{t \rightarrow \infty} y = y_{\infty}$.

По формуле (3) развитие любого процесса в условиях единства и борьбы противоположностей происходит по схеме: интенсивный рост от $y = 0$ до $y = \frac{1}{2} y_{\infty}$ постепенно замедляется и переходит в экстенсивный период в промежутке

$\frac{y_{\infty}}{2} \leq y \leq y_{\infty}$. Интенсивный (качественный) рост служит причиной постепенного истощения поддерживающих факторов и, напротив, зарождения противоположных, тормозящих рост факторов, которые объективно приводят к замедлению, а затем и вовсе к прекращению роста y при $t \rightarrow \infty$. Все указанные процессы едины. Движущая сила процесса, явления пропорциональна произведению уже достигнутого уровня функции на величину оставшегося ресурса (резерва) развития (2). Это произведение $y(y_{\infty} - y)$ изменяется от $y = 0$, проходит через максимум при $y_A = \frac{y_{\infty}}{2}$ и затем уменьшается до нуля при $t \rightarrow \infty$.

Применение формулы Перла (3) позволяет предсказать скорость, с которой новое техническое или технологическое решение вытесняет предыдущее, устаревшее, используемое для получения той же продукции. В других случаях может интересовать скорость адаптации новых идей, техники, технологий. Так как в обществе естественно недоверие к новым идеям, их внедрение вначале идет трудно, но постепенно темп растет ($t_0 < t \leq t_A$). Со временем возможности существующей технологии исчерпываются, что характеризуется уменьшением скорости роста ($t > t_A$). Этот участок, как отмечалось, определяет экстенсивное (количественное, расширяющее, удлиняющее) развитие. В подобных ситуациях возникает необходимость замещения старых идей, техники, технологий, материалов новыми, основанными на революционных идеях и решениях. Таким образом, замещение одной (старой) технологии другой (новой) представляется S-образными кривыми роста. Например, замена паруса двигателем, дерева – металлом в судостроении характеризуются S-образными кривыми, используя которые можно прогнозировать темпы увеличения параметров, определить возможный «потолок» (асимптоту), а при известном пределе предсказать скорость роста функции в будущий период.

На рис. 1 представлены опубликованные в печати данные о развитии добычи ряда полезных ископаемых, производстве минеральных удобрений (а, в), стали и чугуна (б) и протяженности газопровода в Беларуси (г). Во-первых, следует

отметить во всех примерах имеет место S-образный характер кривых. Во-вторых, обращаем внимание на тенденцию замещения твердого топлива сначала жидким, а затем газообразным (а). Это типичный пример замещения старого новым. На кривых изменения объемов добычи угля в 1960 г. заметна точка перегиба. Это означает, что в начале 60-х гг. закончился период интенсивного развития добычи угля на топливо. В это же время развитие нефте- и газодобычи происходит растущими темпами, тем самым начинается замещение твердых видов топлива. Затем, в 80-х гг., заметна тенденция завершения интенсивного роста нефтедобычи, которую начинает замещать более прогрессивный вид топлива – газ. Следовательно, сейчас актуальны работы по добыче твердых и жидких горючих ископаемых способом подземной газификации. Есть основания предполагать, что добыча газа на топливо вступит в экстенсивный

период развития и объективно на смену газу придет более прогрессивный вид топлива (энергии). На рис. 1в представлено изменение объемов добычи минеральных удобрений в мире за 1940–1990 гг. Также можем наблюдать на S-образной кривой точку перегиба в начале 70-х гг., означающую переход в экстенсивный период развития, а это означает начало замещения традиционных минеральных удобрений новыми способами повышения урожайности. Возможно, что это генная инженерия. Анализ других кривых (б, г) также позволяет прогнозировать развитие работ по созданию новых материалов и технологий.

Таким образом, графические методы прогнозирования нужны для определения тенденций развития научных исследований и выбора наиболее перспективных направлений в каждом конкретном случае.

УДК 685.34.08:685.34.03

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Канд. техн. наук БУРКИН А. Н., инж. МАТВЕЕВ К. С.

Витебский государственный технологический университет

Постоянно растущие требования к эксплуатационным характеристикам обувных материалов привели к широкому использованию высокопроизводительной и экономичной технологии изготовления низа обуви из полиэфируретановых эластомеров методом жидкого формования. Разработанный в 70-х гг. и внедренный на нескольких обувных предприятиях метод жидкого формования не утратил актуальности до настоящего времени. Планомерное развитие химической промышленности способствует синтезу новых материалов, обладающих улучшенными физико-механическими свойствами, что позволяет повышать качество пенополиуретановых подошв.

Однако тенденция увеличения выпуска изделий из любого полимерного материала сопровождается ростом объемов отходов, образующихся в результате изготовления продукции. Следует заметить, что пенополиуретановые отходы не допускается вывозить на полигон для захоронения. Их утилизация, ввиду отсутствия специализированных предприятий, возлагается на производителя. Количество полиуретановых отходов в виде литников, сливов, облоя и бракованных изделий при жидком формовании, составляет до 5...10 % в зависимости от условий производства, и уменьшить его практически невозможно. Но, как показывает практика, вполне реально эти отходы перерабатывать. Поскольку широкое