

РОЛЬ И МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

ROLE AND METHODS OF TECHNOLOGICAL FORECASTING IN ECONOMICS MODERNIZATION

Н. Н. Зеленов,
аспирант

Технологическое прогнозирование – это процесс предсказания будущих характеристик технологий, их временного распределения и степени изменения технологических параметров, атрибутов и возможностей. В статье сделана попытка рассмотрения природы технологического прогнозирования и истории его практического применения, проведено исследование основных используемых для этого в настоящее время методов и границ применимости каждого метода, а также факторов, обуславливающих выбор наиболее подходящего метода. Дана характеристика перспектив развития технологического прогнозирования.

Technological forecasting is a process of prediction future technological characteristics, their distribution in time and the rate at which technological parameters, attributes and capabilities change. An attempt is made in the paper to scrutinize the nature, history and practical application of technological forecasting, main methods and techniques currently used for these purposes, feasibility limits of each method, factors determining the choice of the most suitable method. Assessment is given to technological forecasting development prospects.

Prédiction technologique est un processus de la prévision de caractéristiques technologiques futures, de leur distribution en temps et de la cadence du changement des paramètres technologiques, des attributs et des capacités. Un essai est fait dans l'article d'examiner la nature, l'histoire et l'application pratique de la prédiction technologique, les méthodes et techniques principales couramment usées dans ces buts, les limites d'application de chaque méthode, les facteurs déterminants le choix de la méthode la plus convenable. Evaluation est donnée à la perspective du développement de la prédiction technologique.

Technologische Prognostizierung ist ein Voraussichtsprozess anlässlich künftiger technologischer Kennwerten, ihrer Zeitverteilung und dem Wechseltempo der technologischen Kennwerten, Attributen und Kapazitäten. Ein Versuch ist gemacht in der Artikel das Natur, die Geschichte und praktische Anwendung der technologischen Prognostizierung, die Methoden und Verfahren gegenwärtig geübt zu diesem Zweck, Verwendungsgrenze jeder Methode und die den Wahl der meist geeigneten Methode definierende Faktoren zu betrachten. Entwicklungsperspektiven der technologischen Prognostizierung werden eingeschätzt.

Ключевые слова: технологическое прогнозирование, природа, метод, предел применения, фактор выбора.

Key words: technological forecasting, nature, method, application limit, factor of choice.

Mots clefs: prédiction technologique, nature, méthode, limit d'application, facteurs de choix.

Schlüsselwörter: technologische Prognostizierung, Natur, Methode, Verwendungsgrenze, Wahlfaktor.

Технология представляет собой практическое применение науки или особый вид искусства. Любое мероприятие, любой проект основывается на некоторой технологической базе: во время инициации проекта должно быть принято решение о том, какие из доступных и релевантных технологий использовать в данном конкретном случае. Временами приходится делать выбор между немедленным началом реализации проекта с использованием ныне существующих технологий или откладыванием начала реализации проекта до появления превосходящей современной практический уровень технологии, которая ожидается, но еще не доступна. Кроме выбора технологий непосредственно для самого проекта, бывает необходимо прогнозировать развитие технологий, с которыми будут взаимодействовать проект и результаты его реализации. Результаты реализации проекта должны быть совместимы с существующими и предполагаемыми к появлению технологиями в течение всего жизненного цикла.

Обе указанные причины технологического прогнозирования находятся за рамками очевидной необходимости планировать будущее технологий. Планирование технологий может осуществляться на проектной основе, но во многих организациях технологическое планирование является повсед-

невной функцией менеджмента. Вне зависимости от того, является ли технологическое планирование рутинной или осуществляется в качестве проекта, обязательным его условием является технологическое прогнозирование.

Определим технологическое прогнозирование как процесс предсказания будущих характеристик технологий и их распределения во времени. Когда возможно, предсказание представляют в числовой форме для оценки временного распределения и степени изменений технологических параметров, атрибутов и возможностей.

Рассмотрим природу технологического прогнозирования, его историю и применение. Далее исследуем основные методы, которые сейчас применяются для данных целей. В конце определим, как выбирать наиболее подходящий метод прогнозирования, границы применимости каждого метода и попытаемся дать характеристику будущему технологическому прогнозированию.

Характеристика, история и роль технологического прогнозирования

По определению, технологическое прогнозирование нацелено на предсказание будущих техноло-

гических возможностей, атрибутов и параметров. Это не попытка предсказать, как будут происходить технологические процессы. В той же мере технологическое прогнозирование не служит цели повышения рентабельности. Суть данного процесса в том, что можно спрогнозировать появление и доступность технологической возможности или атрибута, при этом обществу данная возможность может и не потребоваться.

Рассмотрим процесс технологического новаторства. На прогресс и направление развития технологии влияет много факторов. Наука, организационная политика, организационная структура управления, случай, необходимость, финансирование – все эти факторы играют важную роль в определении того, какие технологии наиболее вероятно будут доступны для нас в будущем.

Правительственные решения о поддержке каких-то определенных, а не других технологий имеют существенное воздействие на процесс технологического развития. Например, решение Государственного Департамента США о поддержке космической программы имело огромное влияние на процессы миниатюризации в электронной промышленности, на использование новых материалов и стилей в отраслях легкой промышленности и даже на внешнее оформление рекламных телевизионных роликов. В то же время, решение федерального правительства о прекращении поддержки отрасли по производству сверхзвуковых самолетов повлияло на сферу авиаперевозок в США. Если можно прогнозировать появление определенной технологической возможности в ближайшем будущем и если правительство примет решение о поддержке исследований в данной области, то более вероятно, что данная технология (например, новые подходы к генерации электроэнергии) будет разработана. Если правительство решает финансировать внедрение желаемой инновации, то, скорее всего, уже в краткосрочной перспективе можно ожидать его воздействия на результаты финансовой деятельности экономических агентов и на скорость диффузии новой технологии.

Другой характеристикой технологического прогнозирования является неопределенность степени изменения технологических возможностей. Многие возможности имеют тенденцию к экспоненциальному росту до тех пор, пока они не достигают каких-то естественных границ, например, скорость полета самолета, размер компьютерной памяти и времени доступа к памяти, удельная мощность на литр объема для двигателя внутреннего сгорания и другие. Это является следствием того, что новая технология базируется на предшествующей,

и от этой комбинации возникает синергетический эффект. В результате наложения технологий часто возникает синергия, характеризующаяся неожиданным и внезапным ростом технологической возможности. Например, развитие микрокомпьютерной отрасли зависело от комбинированных технологий отраслей по производству электронных компьютерных схем, миниатюризации электронных схем, эффективного компьютерного программирования и рывка в производстве устройств по хранению информации. Подобные синергии очень трудны для прогнозирования: в начале 1950-х научный фантаст Айзек Азимов в короткой истории описал будущее через 500 лет, в котором упомянул о портативном устройстве, способном выполнять сложные математические вычисления при правильной нажатии на его кнопки.

Тот факт, что какая-то технологическая возможность разрабатывается автоматически, не означает, что она будет сразу пущена в использование. Если проанализировать патенты, полученные за последние несколько лет, можно только удивляться, сколько тысяч совершенно бесполезных изобретений было запатентовано. Недостаток потенциала практического применения, конечно, не означает, что сделанное научное открытие не имеет никакой ценности. Существует множество примеров важнейших технологических инноваций, которые основывались на сделанных ранее и вроде бы неприменимых на практике открытиях. Примером служит работа А. Эйнштейна по специальной и общей теории относительности: она основывалась на раннее опубликованной работе математика Хендрика Лоренца, которая не имела видимого применения в физике во время ее публикации.

Варьируя от отрасли к отрасли, «воплощение» научного открытия, инновации традиционно отставали от открытия, то есть от самого изобретения, в среднем от 5 до 7 лет¹. В последнее время повышение конкуренции на глобальных рынках заставляет компании сокращать указанный срок, однако он все еще остается значительным, особенно, если рассматривать рынки развивающихся стран. После внедрения инновации ее распространение тоже не происходит мгновенно: проходит около 10–20 лет до достижения точки насыщения рынка. Временной разрыв между научным изобретением и внедрением инновации, а также время на ее распространение являются очень важными показателями для специалистов по технологическому прогнозированию. Факт предшествования изобретения инновации позволяет исследователю принять во внимание возможную природу инноваций до момента их появления. Довольно

¹ ROSEGGER, G. The Economics of Production and Innovation, 2nd ed. New York: Pergamon Press, 1986

значительное время на распространение инновации дает исследователю возможность для оценки инновации до ее фактического распространения.

Исторически в технологическом прогнозировании сложилась традиция полагаться на мнение наиболее авторитетных экспертов в своей области. Такой подход все больше теряет свою применимость, поскольку технологический прогресс стал зависеть от взаимодействия нескольких, порой совершенно различных, технологий. Отдельный человек в очень редких случаях имеет требуемый уровень знаний во всех релевантных областях. К тому же, играют свою роль факторы управления и финансирования некоторых технологий, имеющих существенное влияние на степень и скорость технологических изменений.

Правительство играет все большую роль в технологическом прогнозировании. Одну из наиболее ранних попыток его применения можно найти в отчете правительства США 1937 года: «Технологические тренды и национальная политика, включая социальные применения новых изобретений» (Technological Trends and National Policy, Including the Social Implications of New Inventions), в котором утверждается, что пластмасса, телевидение, синтетическая резина и механическая хлопкоуборочная машина будут иметь широкое распространение и большое социальное значение.

После Второй мировой войны правительство США утвердило Совет консультантов по науке, задачей которого было определение направлений технологического развития на период ближайших 20-ти лет, в частности, из-за существования значительных ресурсных ограничений и технологических барьеров, явившихся результатом промышленной мобилизации военного времени. Задача была выполнена. Было сделано много прогнозов о развитии ядерной энергетики и автоматизации. В 1960-х годах случился бум технологического прогнозирования: количество публикаций по данной тематике существенно возросло, так же как и количество членов специализированных научных сообществ по прогнозированию будущего. Подобный интерес был вызван следующими факторами:

- Развитие космических технологий.
- Общественная обеспокоенность вопросами экологии и защиты окружающей среды.
- Информированность общества о потенциальных ресурсных ограничениях.
- Превращение технологи в основной фактор международной конкуренции.
- Возросшая доступность вычислительных мощностей.
- Широкое распространение публикаций по методам и результатам технологического прогнозирования.

В 1972 году правительство США сформировало новое учреждение по оценке технологий, целью которого стало обеспечение Конгресса США информацией по поддержке, управлению и регулированию прикладных технологий. Такое внимание правительства к технологическому прогнозированию способствовало улучшению используемых методов прогнозирования, так же как и существенному общественному интересу к данному предмету. Частные фирмы увидели очевидную ценность в генерировании прогнозов, которые помогали им в идентификации возможных характеристик будущих продуктов. Фирмы в высокотехнологичных отраслях стали лидерами по созданию внутренних возможностей по обеспечению технологического прогнозирования. Фирмы-последователи, иногда создавая собственные группы по прогнозированию, чаще прибегали к услугам консультантов по данным вопросам.

Как было отмечено выше, данные методы применяются для принятия решения, как о подходящем производственном процессе, так и о продукте. Сессии по прогнозированию стали основным источником для НИОКР, планирования жизненного цикла продукта, планирования вспомогательных и обеспечивающих производств. Фирмы в высокотехнологичных отраслях рассматривают технологическое прогнозирование как обязательный источник информации для корпоративного планирования.

Методы технологического прогнозирования

Основные методы технологического прогнозирования можно разделить на 2 группы: методы, основанные на числовых данных, и экспертные (субъективные) методы. Прогнозирование на основе обработки числовых данных экстраполирует исторические тенденции путем генерирования подходящей, с точки зрения статистики, числовой последовательности в будущее. Только небольшое число статистических методов имеют дело со сложными взаимозависимостями. Субъективное прогнозирование также может основываться на проекциях прошлого, но в качестве источника информации такие модели используют субъективную оценку экспертов. Следует еще раз подчеркнуть, что технологическое прогнозирование наиболее подходит для предсказания технологических возможностей, а не отдельных характеристик специфических технологических устройств.

Методы технологического прогнозирования, основанные на числовых данных

Экстраполяция тренда. Экстраполировать – значит сделать заключение о будущем на основе прошлого: если какое-то время наблюдался постоянный темп технологического изменения и улучшения, то целесообразно предположить, что данный темп сохранится и в будущем. Можно выделить четыре подхода использования экстраполяции тренда.

1. Статистическая аппроксимация кривой. Этот метод применим для прогнозирования технологических возможностей. Посредством статистических процедур происходит подгонка прошлых данных к одной или нескольким математическим функциям, например, линейной, логарифмической, Фурье или экспоненциальной. Лучшее соответствие выбирается при помощи статистических тестов, а затем прогноз экстраполируется из выбранного математического соотношения.

Например, мы можем прогнозировать скорости самой быстрой квалификации (полу-позиция) в 500-мильной гонке Индианаполиса путем построения графика зависимости скорости квалификации и временной шкалы, измеренной в годах (рис. 1). Начиная с гонок после окончания Первой мировой войны, скорости квалификации гоночных машин в данной гонке экспоненциально увеличились, что позволяет выделить две технологические инновации в рассматриваемых данных.

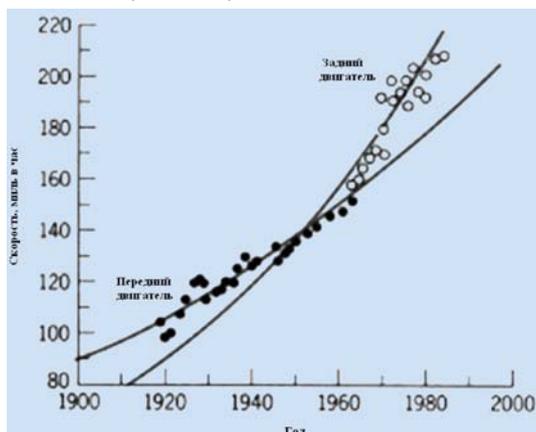


Рис. 1. Пример статистической аппроксимации кривой

Первая – машины с задним расположением двигателя. Первая такая машина появилась в 1961 году, когда скорости квалификации составляли около 150 миль в час. В 1964 году машина с задним расположением двигателя выиграла квалификацию со скоростью чуть менее 159 миль в час. Темп роста квалификационных скоростей для автомобилей с задним расположением двигателя существенно выше, чем для машин с передним расположением двигателя, поэтому для аппроксимации данных были использованы различные экспоненциальные функции. Вторая, легко отличимая технологическая инновация, появилась в начале 1970-х: использование сложных аэродинамических устройств (например, аэрокрыльев в задней части кузова), создающих прижимную силу во время движения автомобиля и позволивших увеличить скорость с 170 миль в час в 1970 до 179 в 1971 и до 196 миль в час в 1973 (с добавлением аэрокрыльев в передней части кузова).

2. Анализ пределов. В конечном счете, любой рост ограничен, и всегда существует абсолютный

предел прогрессу, который либо осознается специалистами по прогнозированию, либо нет. Рано или поздно проекции должны отражать тот факт, что улучшения могут привести очень близко к этому пределу, но никогда не позволят его преодолеть. Например, тренд по увеличению эффективности трансформации энергии (коэффициент полезного действия) не может превысить 100%. Другой пример (наименьшая температура, достигнутая в лабораторных условиях) продемонстрирован на рис. 2.

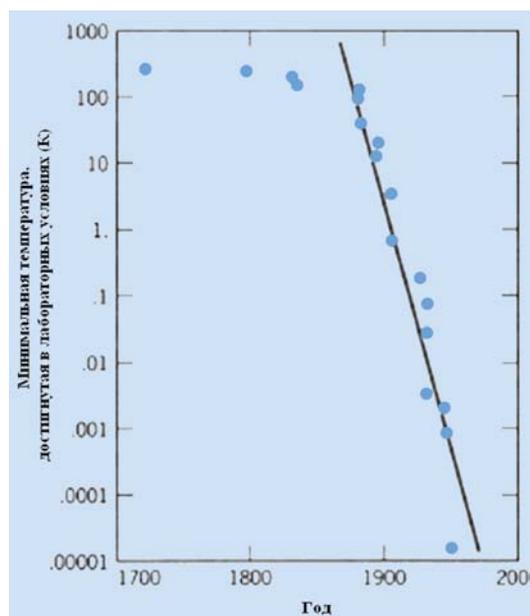


Рис. 2. Пример анализа пределов

Тенденция на уменьшение температуры, очевидно, ограничена абсолютным нулем. Интересно отметить резкое улучшение возможности производить низкие температуры, которое произошло около 1900 года.

Если текущий уровень технологии, развитие которой пытаются прогнозировать, далек от теоретического предела, то использование экстраполяции довольно целесообразно. Если, тем не менее, текущая технология подходит к своему пределу или если это не осознается исследователями, то проекции прошлых улучшений могут серьезно переоценить будущие достижения.

3. Корреляция трендов. Иногда одна технология является предшествующей для другой. Часто достижения предшествующей технологии можно легко перенести на последующую.

Когда существует подобная преемственность, знание изменений в технологии-предшественнице можно использовать для предсказания курса развития последующей технологии так же далеко в будущем, каков временной разрыв между двумя технологиями. Экстраполяция данных по предшествующей технологии позволяет также прогнози-

ровать развитие последующей технологии далее, чем на временной разрыв между ними. На рис. 3 отображена корреляция тренда, которая сравнивает тенденции в развитии скоростей гражданских и военных самолетов. Другим примером может послужить предсказание размеров и мощности будущих компьютеров, основанное на достижениях микроэлектронной технологии.

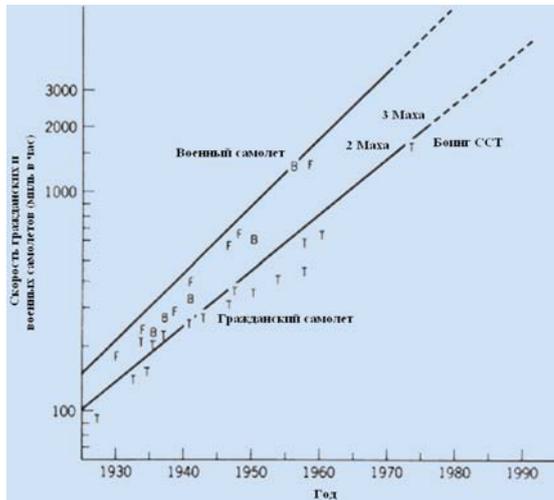


Рис. 3. Пример корреляции трендов

4. Многопараметрическая корреляция трендов. Случается, что последующая технология основывается на достижениях не одной, а нескольких предшествующих технологий. В таких случаях последующая технология является композитом или смесью технологий-предшественниц.

Фиксированные комбинации предшествующих технологий могут изменять последующую, но в большинстве случаев комбинации не фиксированы, и вклады разных предшественников могут сильно варьировать. Например, улучшение в скорости самолета может являться результатом улучшения в двигателях, материалах, контрольных механизмах, топливе, аэродинамике или различных комбинаций этих факторов. Пример прогноза на основе многопараметрической корреляции тренда с использованием показателя пассажиропотока, величины общего налета самолетов и среднего количества пассажиромест в самолете, приведен на рис. 4.

Экстраполяция статистически детерминированного тренда позволяет внести объективность в подход в прогнозирование, равно как и в возможность анализа и критики отличных от исследователя экспертов. Этот подход, тем не менее, все же имеет серьезные ограничения и недостатки. Любые ошибки или неправильный выбор, сделанный в ходе отбора подходящих исторических данных, найдут свое отражение в прогнозе. Подобные ошибки уменьшают практическую применимость прогноза вплоть до полного обесценения его значимости. Прогнозы, сделанные на основе указанной методологии, не чувствительны

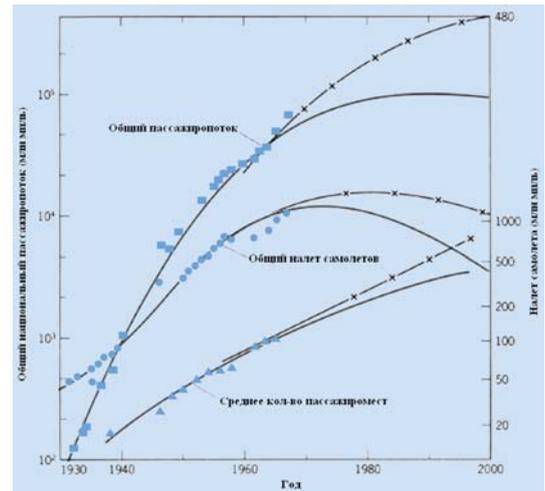


Рис. 4. Пример многопараметрической корреляции трендов

к изменениям в условиях, которые обусловили появление исторических данных, к изменениям, которые могут значительно изменить тренд. Даже тогда, когда известно, что одно или несколько вероятно важных условий будут меняться, технологические изменения не могут быть предсказаны посредством экстраполяции. Статистическая экстраполяция тренда очень часто полезна для большинства краткосрочных прогнозов развития отраслей в статических условиях, однако, когда внешние условия меняются, они могут оказаться ошибочными.

5. Экстраполяция тренда. Качественные подходы. Иногда стандартные статистические процедуры не позволяют исследователю подобрать уравнение тренда, которое можно экстраполировать. В таких случаях исследователь может «подогнать» статистические результаты посредством применения субъективной предпосылки, или он может полностью проигнорировать статистику и экстраполировать тренд, основываясь только на субъективной оценке. Прогнозы, созданные подобным образом, менее точны по сравнению с основанными на статистике, но не обязательно менее достоверны. Примером подобной качественной экстраполяции тренда является предсказание сложности самолета. Попытки численно представить подобный тренд не увенчались успехом. Но процент передвигжных и изменяемых частей самолета был экстраполирован согласно частоте внедрения таких элементов в прошлом, и подобные прогнозы были довольно достоверными. Специфическое технологическое изменение нельзя предсказать подобным образом, но темп изменения – можно. Поэтому данный подход является полезным источником информации для планирования, демонстрируя возможные тренды прошлых событий.
6. Кривые роста. Рост технологических возможностей во многом схож с ростом, который де-

монстрируют биологические организмы в своем развитии. Технологии проходят через фазы изобретения, внедрения, инновации, диффузии, роста и зрелости. Эти фазы очень сходны с S-образным ростом биологических организмов. Технологическое прогнозирование помогает оценивать временную продолжительность этих фаз. Метод кривых роста очень полезен для определения верхних границ возможностей специфических технологий.

Пример анализа кривой роста показан на рис. 5, на котором отображено количество телефонов на 1000 человек как функция времени. Год, в котором достигается верхняя граница диффузии (1 телефон на человека старше 15 лет и более 700 телефонов на 1000 человек), может быть экстраполирован по S-кривой между 1990 и 2000 годами.

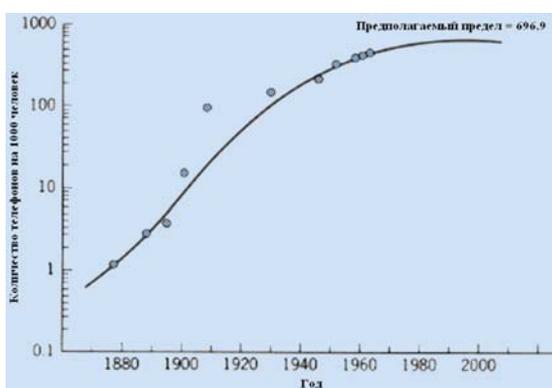


Рис. 5. Пример кривой роста

Для генерации кривых роста используется несколько математических моделей. Выбор модели довольно субъективен и основывается на суждении исследователя о том, какая из функций наиболее близко аппроксимирует реальность технологического роста в рамках рассматриваемой технологии. При использовании метода кривых роста важно убедиться, что используемые данные внутренне согласованы и гармоничны, то есть что все данные берутся из одной выборки. Также необходимо не уменьшать достоверность прогноза путем повышения его точности. Можно разработать точные оценки временного распределения технологических возможностей, однако при этом достоверность подобных прогнозов будет иллюзорной. Нельзя также забывать, что кривые роста отображают отдельный технологический подход,

определенный путь достижения возможности. Во-первых, экстраполяцию нельзя переносить за рамки уровня насыщения данного технологического подхода. Во-вторых, кривые роста не могут предсказать возможное падение или «второе рождение» конкретной технологии.

7. Огибающие кривые. Серьезное ограничение метода кривых роста преодолевается путем определения технологической возможности, развитие которой пытаются спрогнозировать. Например, рис. 6 демонстрирует кривую роста скорости винтовых самолетов. Как отмечено ранее, возможные источники информации для рис. 6 должны быть проанализированы на предмет того, что все доступные данные были использованы, причем данные только для винтовых самолетов.

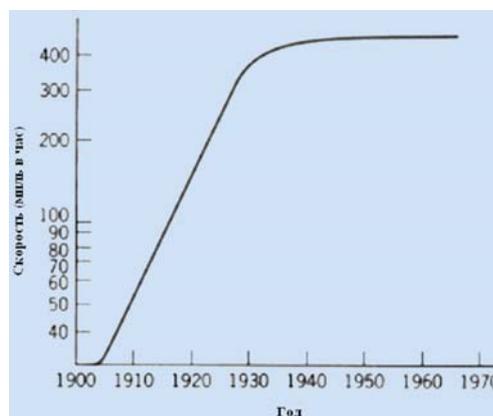


Рис. 6. Скорости винтовых самолетов

Если мы уберем определитель «винтовой самолет» из прогнозирования технологической возможности, то сможем также добавить данные по реактивным и воздушно-реактивным самолетам и самолетам с ракетным двигателем (при желании можно было также добавить данные, например, по воздушным шарам и планерам).

Если генерализовать возможность еще больше до понятия «скорости путешествия», мы получим набор специфических кривых роста, наложенных одна на другую в рамках одного графика и окруженных одной кривой, которую и называют огибающей кривой. По большому счету, огибающая кривая является комбинацией методов кривой роста и анализа тренда.

Продолжение в следующем номере