

## **СУЖДЕНИЕ О РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Магнитогорский государственный технический университет,*

*Введение.* Современные технологии являются продуктом материальной деятельности и соответственно развиваются по законам развития материальной сферы. Следовательно, общие законы развития материи можно применить и к изучению развития поведения материала во времени и к рассмотрению вопроса изменения технологий, воздействующих на материальный объект. Одним из основных законов в окружающем нас материальном мире является закон сохранения энергии. Этот закон постулирует, что энергия изолированной системы, при всех процессах, происходящих в системе, сохраняется. В релятивистской механике действует закон сохранения полной (включая энергию покоя) энергии. Энергия – это общая количественная мера различных форм движения материи. Для количественной характеристики качественно различных форм движения принято различать виды энергии: механическую, гравитационную, электромагнитную, ядерную, тепловую и т.д.

Включая в виды энергии социальную и др. можно предположить влияние законов движения энергии и времени на материальные процессы, происходящие в развитии общества, в том числе развитии технологий. Ниже приведены суждения о развитии энергии и связанной с ней временем применительно к взаимодействию материального объекта с внешними воздействиями и, частично, к взаимодействию человека и внешних разрушающих воздействий (продолжительность жизни). Распространение этих суждений на развитие технологий позволит оценить правильность или ложность допущенных рассуждений. Принимать или отрицать приведенные ниже суждения предлагается читателю.

1. *Общие предпосылки о связи объекта-технология и времени.*

Для оценки поведения материальной системы необходимо рассматривать процесс во времени. Сам объект изучения представляется совокупностью более мелких объектов-частиц, связанных в единую систему. Энергия связи этой системы равна разности между суммарной энергией малых объектов (частиц) в свободном состоянии (т.е. когда частицы не взаимодействуют) и энергией рассматриваемой связанной системы тех же объектов (частиц).

Сделаем некоторое предположение. Для этого рассмотрим взаимодействие двух систем: объекта и внешней силы, разрушающей объект до составляющих его объектов-частиц. Внешняя энергия  $A$  направлена на разрушение энергии связи  $U$  частиц объекта. Энергию связи, в целом представляющую совокупность различных видов энергии, рассматриваем как единую распределенную во времени энергию. Можно, конечно, рассмотреть и сумму отдельных составляющих энергии связи, но измерить их по отдельности и их взаимопревращения практически невозможно. Запишем условие разрушения энергии связи объекта во времени:  $dA/dt \geq dU/dt$  - т. е. в каждый момент времени внешняя энергия пресса (мощность) должна превосходить внутреннюю энергию связи (мощность) объекта. Теперь предположим, что существует некий график распределения мощности исследуемого объекта во времени. Рассмотрим такой график по рис.1 в осях «ускорение энергии – время»-« $B-t$ ». На рассматриваемом графике вертикальная ось – ускорение энергии  $B$ ,<sup>1</sup> Дж/с<sup>2</sup>; горизонтальная ось – время  $t$ . Ускорение энергии  $B$  примем как некоторую условную величину определяющую изменение мощности в единицу времени, необходимую для дальнейших построений. В момент времени  $t_0$  (начало взаимодействия энергий, вызывающее разрушение объекта) материальная система характеризуется набором макропараметров  $Q_I$  и энергией связи  $U_I$ . В момент времени  $t_L$  (окончание взаимодействия энергий – принимаем как момент разрушения образца, например, соответствующий максимальной нагрузке на объект), полученный после разрушения материал

(объект-частица) характеризуется набором макропараметров  $Q_2$  и энергией  $U_2$ . Величина  $U = U_1 - U_2$  определяет энергию связи.

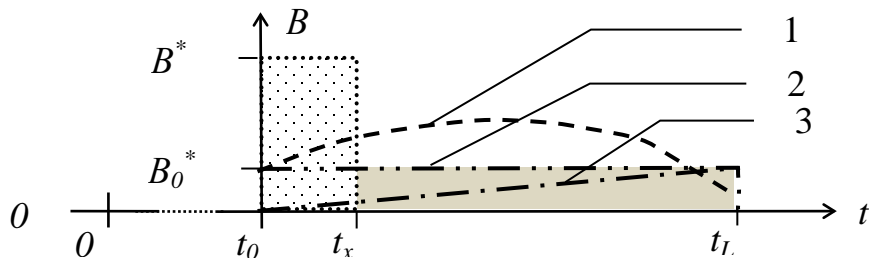


Рис.1. Распределения мощности объектов во времени

Некоторые возможные распределения мощности энергии связи  $U$  отмечены на рис.1 позициями 1,2,3. Форму мощности внешнего воздействия мы можем задать. Если принять форму мощности внешнего воздействия прессы на изучаемый объект в виде прямоугольника  $B^*t_x$ , то условие разрушения энергии связи образца в каждый момент времени запишется

$$B^* \cdot t_x > \int_{t_x}^{t_L} B(t) dt. \quad (1)$$

Величина  $B^* = \frac{\int_{t_x}^{t_L} B(t) dt}{t_x}$  будет являться приведенным ускорением энергии связи объекта-образца на текущий момент времени  $t_x$ . Полученная величина  $B^*$  предсказывает поведение энергии связи образца во времени. В дальнейшем величину  $B^*$  будем называть «потенциалом энергии» чему она соответствует по своей сущности и поведению – всегда уменьшается во времени. Величина  $B^* dt$  является элементарной мощностью сопротивления энергии связи образца. Тогда распределение собственной мощности исследуемого образца во времени от начала воздействия  $t_a$  до текущего момента времени  $t_x$  запишется:

$$P(t) = \int_{t_a}^{t_x} \frac{\int_{t_x}^{t_L} B(t) dt}{t_x} dt. \quad (2)$$

В зависимости (2) рассматривается интервал времени от  $t_o = 0$  до  $t_L$ , при условии  $t_o = 0 < t_a < t_x < t_L$ . Значение  $t_a$  появляется вследствие невозможности  $t_x$  принять значение 0. В этом случае график  $P(t)$  всегда положительный, и при

$t_x$  стремящемся к  $t_a$  мощность стремиться к  $0$ . Однако здесь возникает вопрос, какое значение  $t_a$  надо принимать.

В данном случае предлагается принять начало воздействия  $t_a$  как величину определяемую из зависимости  $t_a = P_{el} / B_m$ , где  $P_{el}$  - текущее значение упругой мощности, а  $B_m$  - модуль упругости материала (в данном случае) в осях « $P - t$ ». Тогда линия  $P=Bt$  на плоскости  $P - t$  отделяет зону работы объекта (например материала, человека, общества) без старения от зоны старения и разрушения (для материала - пластических деформаций). Производная этой линии на плоскости « $B - t$ » является горизонтальной прямой, которая показывает, что движение по этой линии не вызывает изменение «потенциала» объекта во времени, и он не разрушается. Если предполагать существование упругой области (зоны работы без старения), то её форму возможно описывать и другими зависимостями (не только линейной).

Некоторые простейшие варианты распределения мощности объекта во времени  $P(t)$ , показаны на рис.2. На рис.2 условно обозначено  $t_L$  как  $L$ , а  $t_x$  обозначено как,  $t_0=0$ . Под рисунками показаны зависимости, описывающие потенциалы, распределенные согласно графикам.

Общий анализ данных приведенных на рисунке показывает:

1. Полученные зависимости имеют слагаемые, состоящие из двух (или больше при других формах распределения мощности во времени) независимых сомножителей один из которых зависит от времени, другой от энергии.
2. Приведенные ускорения энергий (потенциалы) можно складывать.
3. Графики приведенных ускорений энергии, имеют близкую друг к другу форму (гипербола). Это означает, что поведение объектов с разной формой распределения энергии в целом будет подобно.

При прямоугольной эпюре ускорение энергии объекта

$$V^*(x - t_0) > V_0(L - t_0 - x) \text{ или } V^*(x) > V_0(L - x). \quad (3)$$

В случае равенства величина  $V^*$  характеризует материальный объект в определенный момент времени и является его собственным потенциалом ускорения энергии в этот момент времени. Тогда запишем:

$$B^* = B_0 \left( \frac{L-2t_0}{x-t_0} - 1 \right), \text{ или при } t_0=0: B^* = B_0 \left( \frac{L}{x} - 1 \right). \quad (4)$$

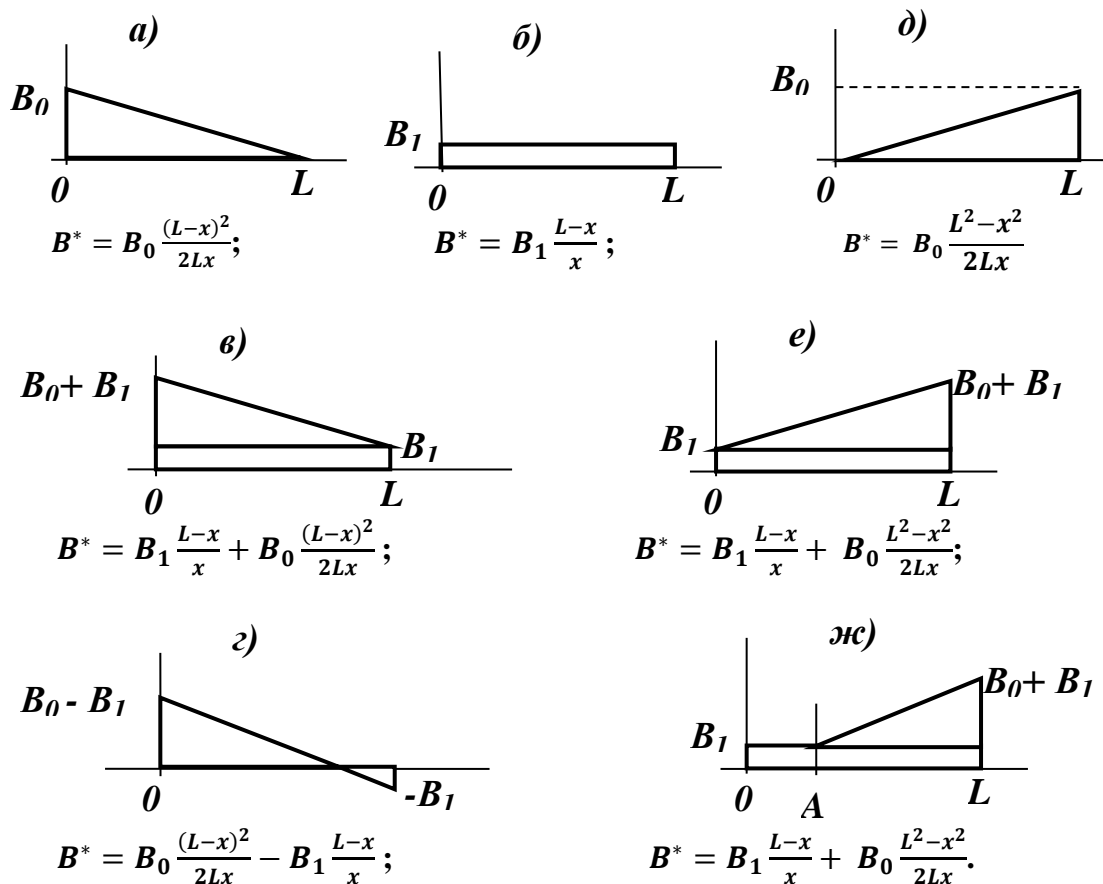


Рис.2 . Графики распределения мощности образца и соответствующие им выражения для определения потенциала

Надо отметить, что:

1. Формулы (1...4 и на рис.2) получены при прямоугольной эпюре внешних воздействий. Распределение ускорения внешней энергии в общем случае может иметь и любую другую форму. При другой форме распределения ускорения внешней энергии в определенные моменты времени внешнее воздействие может оказаться меньше внутреннего сопротивления. В данном случае мы проводим испытание и сами определяем форму внешнего воздействия.
2. Полученные элементарные зависимости позволяют оценить и влияние времени начала жизни объекта  $t_0$  на потенциал энергии. Обычно величина  $L$  много меньше  $t_0$ , поэтому проще принять за начало отсчета величину  $t_0=0$ , тогда продолжительность жизни будет равна  $L$ .

3. Если ускорение внешней энергии меньше собственного ускорения энергии объекта, то в этом случае получаем «нестареющую» систему, независящую от времени (но зависящую от внешних сил, энергий).

4. Исходя из показанного, для влияния времени на энергию необходимо преодолеть как минимум два барьера:  $B_0$  и общей мощности объекта.

Рассмотрим простейшую зависимость (4). Для упрощения анализа при построении графиков примем относительные координаты:  $B_0=1$ ,  $L=1$ , и  $t_0 = 0$ , тогда функция (4) примет вид  $B_1^* = (1/x)-1$ . На рис.3 изображен график полученной функции – линия 1. На рисунке показаны также графики восходящей функции  $B_2^* = x/(1-x)$  - (увеличение потенциала энергии объекта) – линия 2; и графики линий сравнения: линия 3 – график функции  $B_3^* = 1/x$ , линия 4 - график функции  $B_4^* = x$ . Все эти линии сравнения в той или иной степени характеризуют распределение потенциала энергии и мощности во времени. Дополнительно на рисунке показаны графики потенциала энергии по распределению поз.3 на рис. 2д: - для линейно восходящей функции ускорения энергии:  $B_5^* = 1/2(1/x - x)$  - линия 5, и линейно нисходящей функции по рис. 2а:  $B_6^* = 1/2(1/x - 2 + x)$  - линия 6. В сумме две последние функции дают функцию распределения  $B_1^* = B_5^* + B_6^* = 1/2(1/x - x) + 1/2(1/x - 2 + x) = (1/x)-1$ .

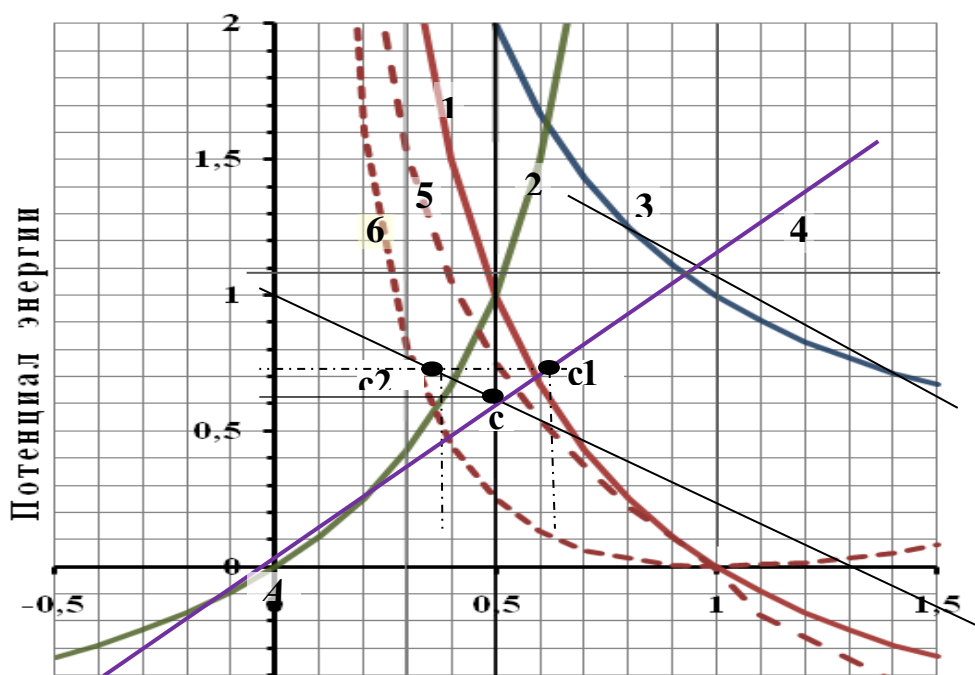


Рис.3. Зависимость изменения относительного потенциала энергии в координатах относительного времени

Согласно первому графику (линия **1**) потенциал энергии объекта возникает скачком (происходит переход от одного свойства к другому) и в первый момент времени (*A*) количественно потенциал объекта практически невозможно оценить. Затем величина этого потенциала резко уменьшается и далее носит плавно-затухающий характер.

Характер изменения графиков потенциалов энергии линейно восходящей и нисходящей ускорений энергий (линии **5** и **6**) имеет вид аналогичный потенциалу прямоугольной формы. Отличие этих графиков до окончания «срока жизни» объекта в основном в величине значений потенциала энергии. После окончания «срока жизни» линия **5** переходит в отрицательную область, а линия **6** остается в положительной.

Восходящую линию накопления показывает второй график (линия **2**). На первых шагах жизни накопление происходит медленно, а перед окончанием срока «жизни» накопление потенциала носит лавинообразный характер. Накопление потенциала можно интерпретировать как накопление дефектов и как накопление информации.

Графики **1** и **2** пересекают ось *x* (времени) под углом  $45^0$ , что позволяет определить начало и конец «жизни». Начало «жизни» (точка *A*) определяется моментом, в котором рост потенциала начинает превышать рост времени, конец жизни (*A +L*) – когда возрастание внешнего потенциала энергии настолько снижает собственный потенциал энергии объекта, что его изменение начинает отставать от роста времени.

Точка пересечения кривой **3** и кривой **4** -биссектрисы угла *x-y* является точкой симметрии кривой **3**. На рисунке отмечены три характерные точки: первая точка *c* с координатами ( $x=0,5; y=1$ ), соответствующая равновесию линий «жизни» и линии «знания»; вторая точка *c1* ( $x=0,382; y=0,618$ ), лежащая на пересечении биссектрисы осей координат с линией «жизни»; третья точка *c2* ( $x=0,618; y=0,618$ ) симметричная *c1*. Точки *c1* и *c2* - характеризуют так называемое «золотое сечение», определяемое уравнением  $\frac{1}{x} = \frac{x}{1-x}$ . Можно

показать, что координаты соответствующие значениям «золотого сечения» сохраняются и при построении графиков в абсолютных координатах.

Приняв значение потенциала энергии  $B^*$  соответствующим необходимому нам фиксированному значению времени  $x_I$  ( для примера  $B^*_I$  по зависимости (4) для возраста  $x_I = 1$ с и продолжительности жизни  $L = 100$  лет равен  $30,5 \times 10^8$ ) запишем выражение для  $L$  в виде:

$$L = x \left( \frac{B^*_1}{B_0} + 1 \right) \quad (5)$$

Из полученного выражения видно, что чем больше интенсивность расхода жизненных сил, тем меньше продолжительность жизни.

## 2. Поведение потенциалов энергии и мощности объектов во времени.

Рассмотрим зависимость (1) при  $B=1$  и начале координат  $A=0$ . Кривая потенциала энергии в относительных координатах  $x = nL$  – является базовой кривой, одинаковой для всех значений  $L$ . График интегральной зависимости имеет наибольшую ординату в точке  $x = L$  и  $y = 1$  ( так как  $B = 1$ , или  $y = B$ , если  $B$  не равно единице). Произведение  $P = BL$  является величиной, характеризующей полный потенциал энергии свойства за время жизни и может являться характеристикой свойства материала. Так как величина  $P$  может быть реализована за разное время жизни, при сохранении своей величины, то получаем  $B=P/L$ , а  $B$  – это величина, характеризующая потенциал материала

Тогда формулу 5 можно переписать как 
$$y = \frac{P}{x-A} - \frac{P}{L}. \quad (6)$$

Из зависимости (6) видно, что при изменении срока жизни (испытания - искусственное назначении срока жизни) меняется только второй член зависимости. Изменение свойства объекта в зависимости от срока испытания происходит по гиперболической зависимости. Например, для значения  $x = 0,5L$  и  $A = 1$  -  $y = P/L$  уменьшение срока жизни объекта при постоянной величине  $W$  увеличивает значение потенциала энергии свойства объекта. Это мы и наблюдаем при проведении испытания объектов, с увеличением скорости нагружения – увеличивается прочность.



На рис.4 показан график, характеризующий изменение мощности объекта во времени или реализацию потенциала во времени (площадь под графиком 1 на рис.1). График строился в осях «мощность – время» - «P-t». Если работа происходит с постоянной скоростью  $s/t$  то можно записать мощность как  $P = Fs/t$  (сила умноженная на расстояние и деленная на время) и перейти в другие координаты:  $Fs/t:s/t. - t \times s/t$  или  $F-s$  «сила – перемещение». Следовательно, проведя «стандартные испытания» при постоянной скорости воздействия можно получить потенциал энергии объекта и далее использовать его при расчете поведения объекта во времени.

Оставляя в формулах для простоты одни индексы и, принимая форму распределения по рис.2,б, получим выражение изменения полной мощности объекта во времени ( $t_0=0$ ):

$$P = \int_a^x B_1 \left( \frac{L}{x-t_0} - 1 \right) = B_1(L \ln x - x - L \ln a + a) = B_1 L \left( \ln \frac{x}{a} - \frac{x-a}{L} \right) \quad (7)$$

В выражении (7) величина  $t_0$  соответствует рис.1, но здесь и в дальнейшем анализе не рассматривается:  $t_0 = 0$ . Полученные выражения показывают изменение полной мощности объекта во времени, начиная с момента времени  $a$ .

График зависимости (7) показан на рис.4. Так как численно начальная величина состояния объекта ( $a$ ) не определена, то за начальную точку на рис. 5 принимали значение 1с относительно 100 лет, получилась относительная величина равная  $x = a = 3,17 \times 10^{-10}$ .

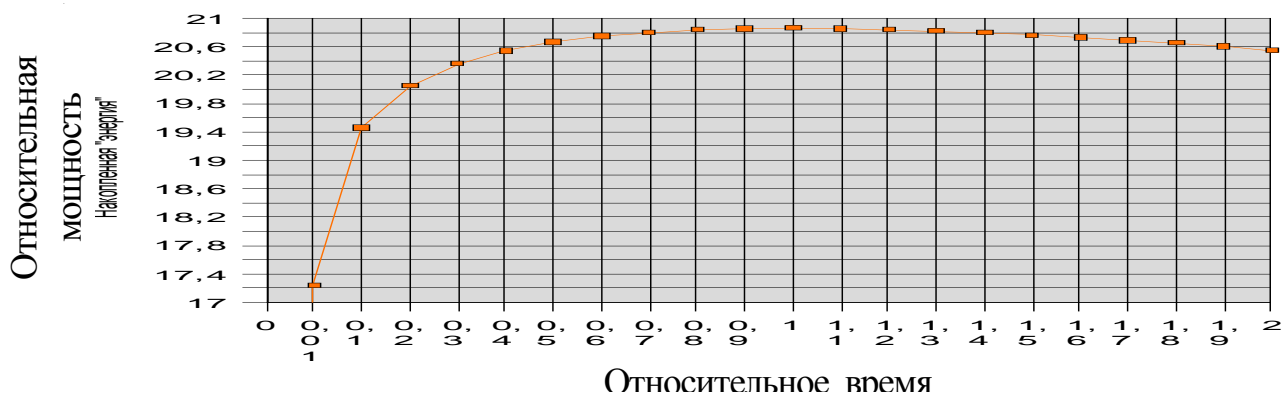


Рис.4. Изменение мощности объекта во времени

Из графика рис. 4 видно, что более 92% потенциала затрачивается за первые 10% жизни объекта. Более того после «смерти» объекта мощность снижается значительно медленнее, чем накапливается во время его жизни.

На рис.5 показаны графики поведения материала в осях «мощность-время». Горизонтальная ось показана в логарифмических координатах. Графики отличаются продолжительностью испытания. Первый график – продолжительность испытания 2 минуты, второй – 20 минут, третий – 200 минут. Графики показывают рост прочности материала при быстром нагружении и уменьшение прочности при длительных испытаниях.

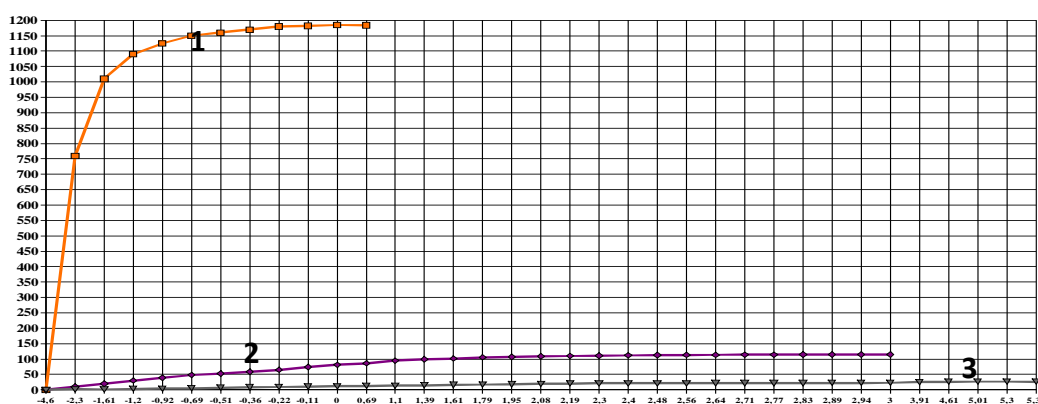


Рис.5. Изменение прочности при испытании бетонной призмы

Преобразуем полученную зависимость (8) для случая постоянной скорости перемещения во времени. Примем скорость  $v$  равной  $v = \frac{l_{max}}{L}$ , тогда  $a = \frac{l_a}{v} = \frac{l_a L}{l_{max}}$ ;  $x = \frac{l_x}{v} = \frac{l_x L}{l_{max}}$ ;  $P = Fv$ . Перепишем уравнение (7)

$$Fv = F \frac{l_{max}}{L} = B_0 \frac{l_a L}{l_{max}} \left[ \frac{l_{max}}{l_a} \ln \frac{l_x}{l_a} - \frac{l_x}{l_a} + 1 \right].$$

Рассмотрим испытание объекта призматической формы сечением  $abh$  и высотой  $h$ . Определим внешнюю силу через упругие деформации  $F = E \epsilon_{el} ab$  и перемещения через относительные деформации  $l_{max} = \epsilon_{max} h$ ;  $l_a = \epsilon_a h$ ;  $l_x = \epsilon_x h$ . Учитывая, что выражение в квадратных скобках принимает значение равно нулю при условии  $l_x = l_a$ . Определяем деформации  $l_a$  упругими - абсолютно упругие деформации не вызывают старения и разрушения образца, т.е. принимаем  $l_a = l_{el} = \epsilon_{el} h$ . Пластические деформации вызывают разрушение и старение материала и происходят при

превышении общих деформаций над упругими деформациями. Исходя из изложенного, запишем:

$$E\varepsilon_{el}abh \frac{\varepsilon_{max}h}{L} = B_1 \frac{\varepsilon_{el}L}{\varepsilon_{max}} \left[ \frac{\varepsilon_{max}}{\varepsilon_{el}} \ln \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} - \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} + 1 \right].$$

Учитывая, что  $abh = V$  определяет объем испытуемого образца:

$$\frac{\varepsilon_{max}}{\varepsilon_{el}} \ln \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} - \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} + 1 = \frac{EV\varepsilon_{max}^2}{B_1L^2}. \quad (8)$$

Для точки максимальных упругих значений  $\varepsilon_{el,max}$  общие деформации достигают значения  $\varepsilon_R$ , тогда последнее выражение для заданного случая

$$\text{запишется: } \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} \ln \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} - \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} + 1 = \frac{EV\varepsilon_R^2}{B_1L^2}. \quad (9)$$

Зная величины  $E, V, \varepsilon_R, L$ , и, задавая величины упругих деформаций, по зависимостям (8,9) строим график поведения материала. Изменяя продолжительность испытания  $L(t_L)$  получим изменение деформаций во времени. При этом надо учитывать, что величина  $B_1L$  остается постоянной.

Из (8) и (9) для постоянного значения  $L$  получаем:

$$\frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el}} \ln \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} - \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} = \left( \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} \ln \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} - \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} \right),$$

при постоянной скорости роста напряжений  $v = \frac{l_{el,max}}{L}$  из (9) и (8) имеем:

$$\frac{\varepsilon_{el,max}}{\varepsilon_{el}} \ln \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} - \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{el}} = \left( \ln \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} - \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_{el,max}} \right).$$

Предположим, что функция, описывающая распределение ускорения энергии во времени, непрерывна на выбранном отрезке времени и может быть приближенно описана формулой Тейлора. Формулу Тейлора примем в виде многочлена:  $B = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + b_4x^4 + b_5x^5 + \dots$  (10)

Коэффициенты  $b_i$  в этой формуле зависят от значения аргумента в точке, в которой мы описываем функцию, и от производных этой функции в этой точке.

Запишем значение потенциала в соответствии с принятым видом распределения ускорения в относительных единицах(11):

$$t_L=1; 0 < t_x = x \leq 1: B^* = \frac{b_0}{1} \left( \frac{1}{x} - 1 \right) + \frac{b_1}{2} \left( \frac{1}{x} - x \right) + \frac{b_2}{3} \left( \frac{1}{x} - x^2 \right) + \frac{b_3}{4} \left( \frac{1}{x} - x^3 \right) + \dots$$

На рис.6 показаны графики функций ряда:

$$y = -1; -x; -x^2; -x^3 \dots -x^{10}; -x^{20}, \text{ при } 0 < x \leq 1.$$

Из рисунка видно, что при увеличении показателя степени линии кривых графиков прижимаются к осям координат, влияние членов ряда с более высокими степенями уменьшается. Следовательно, полученный ряд является сходящимся.

Далее на рис.10 показаны графики функция из ряда:

$$\left(\frac{1}{x} - 1\right); \frac{1}{2}\left(\frac{1}{x} - x\right); \frac{1}{3}\left(\frac{1}{x} - x^2\right); \frac{1}{4}\left(\frac{1}{x} - x^3\right); \dots \frac{1}{11}\left(\frac{1}{x} - x^{10}\right); \frac{1}{21}\left(\frac{1}{x} - x^{20}\right).$$

Потенциал  $V^*$  получается путем суммирования кривых, получаемых из такого ряда с учетом коэффициентов  $b_i$ .

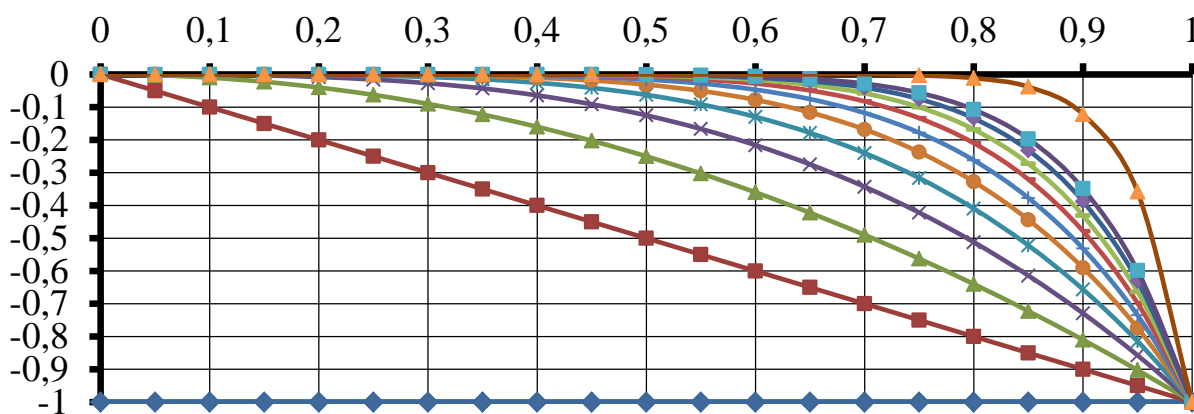


Рис.6. Графики функций ряда:  $y = -1; -x; -x^2; -x^3 \dots -x^{10}; -x^{20}$ .

Рассматривая кривые, изображенные на рис.7 видно, что ряд, описывающий потенциал  $V^*$  сходящийся. Полученные кривые имеют подобное очертание. Кривизна графика  $(1/x - 1)$  постепенно уменьшается.

На последующих графиках происходит выпучивание линии с изменением кривизны. Наибольшее отклонение кривизны от плавного уменьшения (выпучивание) для построенных графиков по вертикали составляет 0,025 для графика с  $x^9$  (на рисунке внизу проведена контрольная линия, показывающая изменение кривизны графиков).

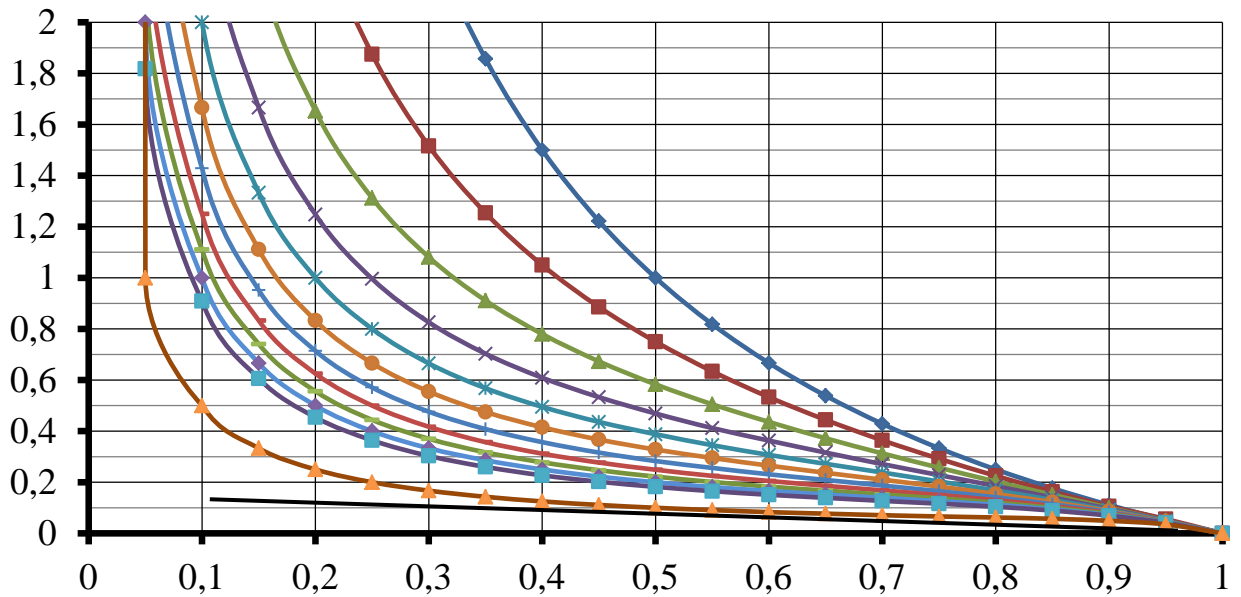


Рис.7. Графики функций ряда:

$$\left(\frac{1}{x} - 1\right); \frac{1}{2}\left(\frac{1}{x} - x\right); \frac{1}{3}\left(\frac{1}{x} - x^2\right); \frac{1}{4}\left(\frac{1}{x} - x^3\right); \dots; \frac{1}{11}\left(\frac{1}{x} - x^{10}\right); \frac{1}{21}\left(\frac{1}{x} - x^{20}\right).$$

Суммирование кривых с учетом коэффициентов  $b_i$  приведет к получению кривых, подобных изображенным на графике с возможно волнообразным видом. Касательная к полученной кривой не может иметь отрицательный наклон, иначе возможно пересечение суммарной кривой с осью абсцисс, что будет означать перенос точки  $t_L$ .

Основные выводы из проведенного анализа функции:

1. Потенциалы большинства функций имеют подобные очертания, то есть поведение потенциала энергии во времени для многих объектов подобно.
2. Возможны волны на линии потенциала, т.е. замедление или ускорение его уменьшения. Волны на изменении потенциала энергии могут быть вызваны как видом самой функции энергии ускорения, так и способом приближения.
3. Потенциал функции (без внешнего воздействия) постоянно уменьшается во времени (это его свойство).
4. Рост потенциала объекта во времени возможен только за счет влияния внешней энергии.

На диаграмме «P-t» модуль упругости определяется соотношением  $P_{el}/t_{el} = E_{el}$ , соответственно на графике потенциала – наклонная линия превращается в

горизонтальную с координатой  $B = E_{el}$ , а это означает, что модуль упругости является энергетической характеристикой объекта.

В случае прямоугольной эпюры ускорения энергий выразим величину продолжительности жизни как  $L = \gamma x \geq x$  ( $\gamma - \text{const}$ , больше единицы), тогда связь модуля упругости с ускорением энергии запишется как

$$B^* = B_1 \frac{L-x}{x} = B_1 \frac{\gamma x - x}{x} = B_1 (\gamma - 1) = E_{el}. \quad (12)$$

Случай, когда потенциал энергии постоянен, возможен, если

$$\begin{aligned} \tan \alpha = \frac{d(B^*)}{dt} = 0 &= \frac{d\left(\int_{t_x}^{t_L} B(t) dt / t_x\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{b_0}{1}\left(\frac{1}{x}-1\right) + \frac{b_1}{2}\left(\frac{1}{x}-x\right) + \frac{b_2}{3}\left(\frac{1}{x}-x^2\right) + \frac{b_3}{4}\left(\frac{1}{x}-x^3\right) + \dots\right)}{dt} = \\ &= - \left[ \left(\frac{b_0}{1} + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} + \frac{b_3}{4} + \dots\right) \frac{1}{x^2} + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} 2x + \frac{b_3}{4} 3x^2 + \dots \right] = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Так как величина  $x$  положительна, то решение этого уравнения  $b_i = 0$ . Следовательно, потенциал энергии объекта во времени убывает всегда (если функция непрерывна на рассматриваемом промежутке времени), чтобы он не убывал - необходим приток внешней энергии (что согласуется со вторым законом термодинамики).

Рассмотрим случай, когда  $x = 1$ . Определим наклон касательной к кривой потенциала в этой точке. Используя последнее полученное выражение, запишем:  $\frac{d(B^*)}{dt} = \tan \alpha = \left(\frac{b_0}{1} + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} + \frac{b_3}{4} + \dots\right) \frac{1}{1} + \frac{b_1}{2} + 2 \frac{b_2}{3} \times 1 + 3 \frac{b_3}{4} \times 1 + \dots = b_0 + b_1 + b_2 + b_3 + \dots$  (14)

Исходя из симметрии линии информации к линии потенциала, для линии информации получаем тот же угол наклона, но в начальной координате и с обратным знаком. Зададим случай:

$$\int_0^{t_L} B(t) dt = \text{const} = G = b_0 t_L + \frac{b_1 t_L^2}{2} + \frac{b_2 t_L^3}{3} + \frac{b_3 t_L^4}{4} + \dots,$$

$$\text{если } t_L = 1, \text{ то } G_1 = b_0 + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} + \frac{b_3}{4} + \dots. \quad (15)$$

Перепишем выражение (2) для потенциала используя (5):

$$B^* = \frac{1}{x} \left( \frac{b_0}{1} + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} + \frac{b_3}{4} + \dots \right) - \frac{b_0}{1} - x \left( \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} x + \frac{b_3}{4} x^2 + \dots \right) \quad (16)$$

Так же можно переписать выражение (4):

$$\frac{dB^*}{dt} = \tan \beta = - \left[ \frac{1}{x^2} G_1 + \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} 2x + \frac{b_3}{4} 3x^2 + \dots \right]. \quad (17)$$

Текущая мощность объекта в этом случае запишется:

$$P(t) = \int_{t_a}^{t_x} B^* dt = \int_{t_a}^{t_x} \left[ \frac{1}{x} G_1 - \frac{b_0}{1} - x \left( \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} x + \frac{b_3}{4} x^2 + \dots \right) \right] dt.$$

Если рассматривать последнее выражение и определить угол наклона касательной к этой кривой в точке с  $x \rightarrow 0$  получим деление на ноль так как

$0 < t_a < t_x$ , что не имеет смысла. Следовательно, определять модуль упругости материала в этой точке не имеет смысла. Имеется в виду, что в этой точке с абсциссой  $x = 0$  нет дефектов. Фактически реальный материал имеет начальные дефекты, которые определяют угол наклона касательной в точке начала разрушения. В этом случае модуль упругости материала является характеристикой "дефектности" материала и, первоначально, "дефектности" - "несовершенства" его структуры, а затем и "дефектности" - пороков в его структуре.

Полученные ранее выражения для потенциала объекта не определяют модуль упругости материала в начальной точке, но влияют на его дальнейшее поведение. Если принять изначально "бездефектную" структуру, то величина  $a$  не определяется и подсчитать мощность принятым способом невозможно.

*Диаграммы поведения объекта во времени.*

Изобразим кривую работы материала в виде графика  $P(t)$  на рис.11,в. По оси абсцисс откладываем мощность объекта, по оси ординат время. Полная мощность объекта запишется  $P(t) = P_{el} + P_{pl}$

Допустим нам известен модуль упругости  $E = 36 \times 10^3$  МПа и две характерные точки: 1-я точка:  $P_x = 0,2 P_L$ ,  $t_x - t_a \leq 0,05 t_x$ ; 2-я точка:  $P_L = 29$  МПа,  $t_L = 220 \times 10^{-5}$ . Тогда, исходя из последних записей, получим:

$$\text{диаграмму материала } E = 29,5 \ln \frac{t}{a} - 2393(a - t) + 1211(a^2 - t^2)$$

Влияние членов ряда со степенью выше третьей практически не сказывается на результатах расчета.

Начальный модуль упругости, представляет собой линию  $P_{el} = (tg \beta)t_a$ . На графике потенциала эта линия становится горизонтальной прямой  $B = (tg \beta) = E$ ,

пересекающей линию потенциалов в точке с абсциссой  $t = t_{a,min}$ . Эта точка означает начало разрушения материала и что начиная с этой точки модуль упругости объекта начинает уменьшаться, так как в нем появляются дополнительные дефекты. В некоторых материалах возможен нелинейный модуль, что характеризует способность материала восстанавливать дефекты при снятии напряжений.

Энергетические диаграммы работы материала и их характерные точки показаны на рис.8. При анализе работы объекта предлагается рассматривать комплекс диаграмм.

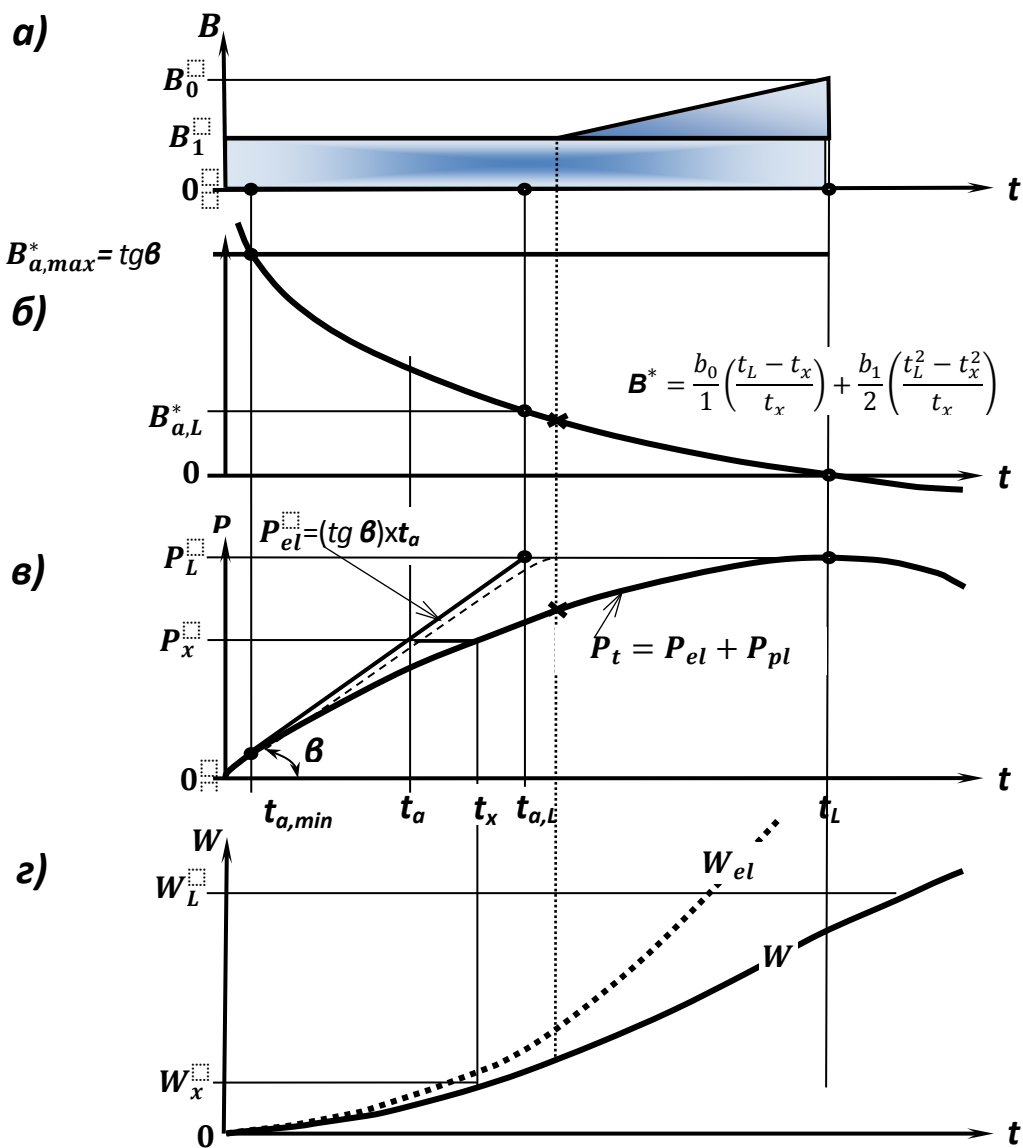


Рис. 8. Совмещенные диаграммы поведения объекта во времени

- а) график ускорения энергии; б) график потенциала;  
 в) график мощности; з) график энергии.



### 3. Взаимодействие энергий.

Рассмотрим развитие объекта в абсолютных цифрах времени. Для сравнения выбираем цифры, сравнимые со сроком жизни человека, как наиболее воспринимаемые. На рис.9 показано развитие объекта при  $L=60$  лет, 80 лет, 100 лет и 120 лет (при  $t_0 = 0$ ,  $B=1$ ). Соотнесение линий с возрастом можно определить по горизонтальной оси. Расстояние между линиями жизни с течением времени сближаются: так в возрасте 1 год разница между соседними линиями составляла  $20c/c$ , а в возрасте 60 лет разница уменьшилась в 50 раз и составила  $0,4 c/c$ . С другой стороны если абсолютное изменение свойства  $y$  за один и тот же отрезок времени у линии с большей продолжительностью жизни больше, то относительное изменение (по отношению к первичному значению  $y$ ) не зависит от срока жизни. Первоначальное значение свойства  $y$  пропорционально сроку жизни  $L$ . Значение свойства  $y$  при относительно одинаковом возрасте одинаково. На рис.12 пунктирами показаны графики накопления информации (дефектов) для продолжительности жизни 60 и 100 лет. Линии накопления пересекают линии жизни в точках равновесия. Из графиков видно, что при более коротком сроке жизни накопление дефектов идет значительно быстрее.

Из рассмотрения графиков рис. 9 получаем следующие выводы:

- восстановление объекта, с точки зрения изменения потенциала, (или лечение) наиболее эффективно в максимально большом возрасте (в некоторых случаях при сроках превышающих срок жизни  $L$ );
- получать дефекты (болеть) в поздних сроках жизни очень опасно (малейший дефект резко уменьшает срок жизни);
- лечение менее эффективно (с точки зрения роста потенциала, а не затрат энергии) в раннем возрасте, но и болезни в раннем возрасте менее опасны;
- получение знаний в более раннем возрасте намного эффективней;
- с другой стороны потеря знаний в раннем возрасте более опасна, чем в позднем возрасте.

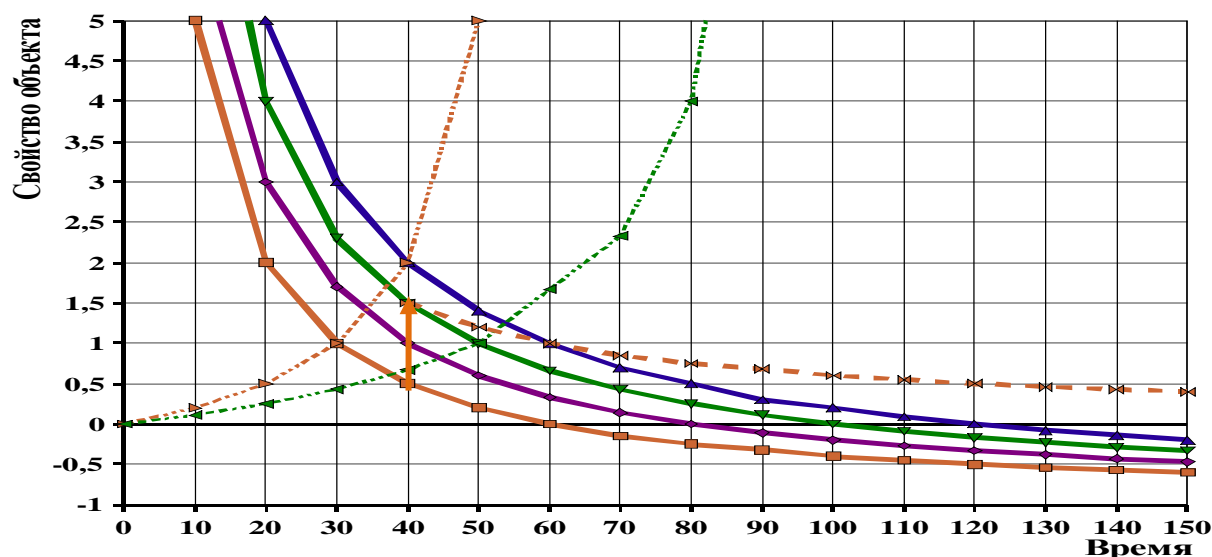


Рис.9. Изменение свойств объекта от времени

Рассмотрим точку начала жизни  $t_0 = 0$  (с неопределенной координатой  $y$ ).

Действительно очень трудно определить изначальное значение энергии в этой точке. Анализ показывает, что значение потенциала энергии в этой точке определяется всей предыдущей историей развития мира. Здесь проявляется связь потенциалов. Иначе для каждого отрезка времени можно составить свой потенциал.

Возможны местные изменения-скачки свойства объекта (восстановление, возникновение аварийного дефекта, болезнь и др.). На рис.9. показана стрелка изменения свойства. Стрелка может быть и наклонной. В данном примере вертикальная стрелка показывает повышение свойства объекта 1 в точке срока жизни 40 лет со значения 0,5 до значения 1,5.

Дальнейшее изменение свойства объекта (при принятых условиях) возможно только по нижней линии. Изменение по линии, параллельной начальной кривой, невозможно, так как приводит к неограниченному сроку жизни.

Следовательно, повысив свойство объекта продолжительностью жизни 60 лет в возрасте 40 лет со значения 0,5 до 1,5 мы увеличиваем продолжительность жизни объекта до 100 лет. Данный анализ можно использовать, например, для оценки времени ремонта конструкции: так восстанавливать конструкцию со сроком службы 10 лет еще на 10 лет в 10 раз

менее эффективно, чем восстановить конструкцию с продолжительностью жизни 60 лет на 10 лет

*Растущие и убывающие ускорения энергии*

Возможно нарастание или убывание ускорения энергии во времени рис.10. На рис.11 показано изменение потенциала свойства объекта в соответствии с графиками рис.10. Нижняя линия на графике (рис.11) соответствует изменению свойства 1 на рис.10, верхняя линия соответствует изменению свойства 15. Средняя линия на рис 11 соответствует графику 8 на рис.10.

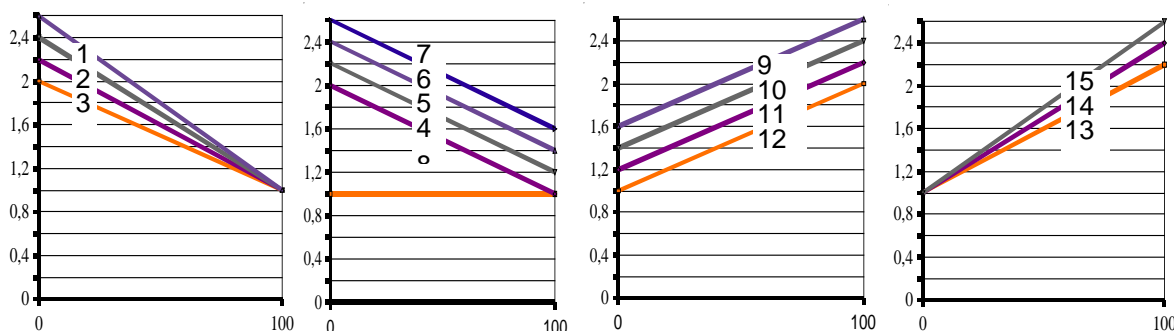


Рис. 10. Варианты изменения энергии объекта

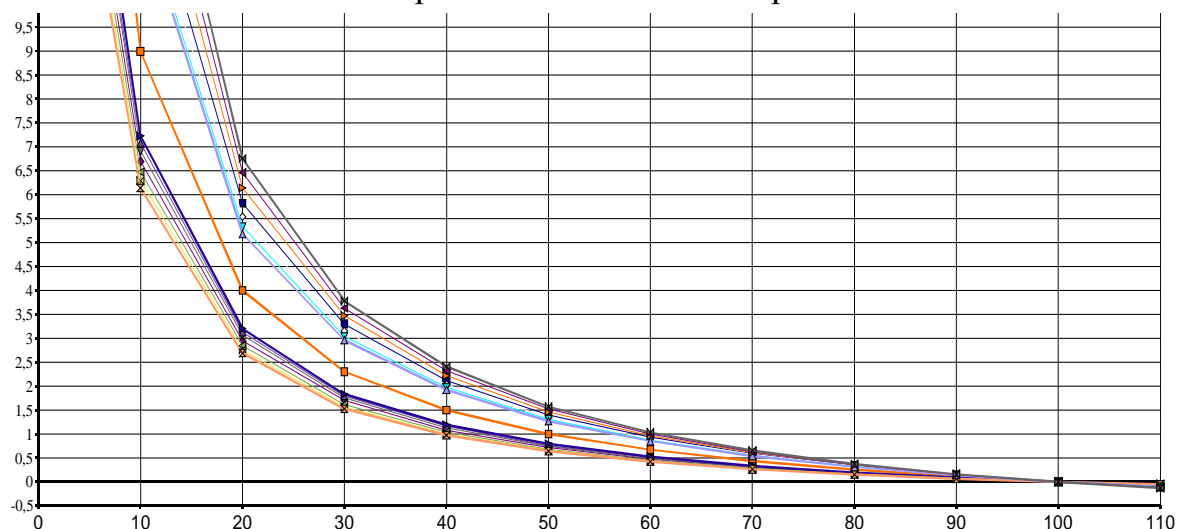


Рис.11. Графики изменения потенциала свойства объекта во времени при изменении свойства объекта во времени

Если рост энергии во времени записать в виде  $b \pm ax$ , то при  $a$  равном нулю получаем функцию сравнения в уже рассмотренном виде  $1/x - 1$ , при  $b = 0$  получаем функцию в виде  $1/x^2 - 1$ , независимо от роста или убывания энергии. Восьмая линия характеризует изменение потенциала с постоянным ускорением энергии. Судя по приведенным графикам анализ поведения объекта во времени

лучше вести при его неизменной энергии. Изменение энергии проще проводить скачкообразным изменением потенциала.

### *Влияние предшествующих и будущих периодов времени на потенциал*

Рассмотрим схему на рис.12. В этой схеме рассматривается промежуток времени  $0 - L$  на котором ускорение энергии от  $0$  до  $T_2$  равно нулю, от  $T_2$  до  $T_3$  равно  $B$ , и далее до  $L$  опять равно нулю. Покажем на рисунке распределение потенциала энергии для этой схемы: линия 1 соответствует распределению потенциала при распределении ускорения энергии на участке  $T_2$  до  $T_3$ ; линия 2 соответствует потенциалу идеальной жизни (без окончания срока жизни - формула сравнения  $L/x$ ) по линии 1; линия 3 соответствует распределению ожидаемого потенциала при длине жизни  $L$  (при этом резкое падение потенциала в момент окончания жизни показано малой стрелкой); линия 4 соответствует идеальной жизни без ее окончания для потенциала по линии 3 (при этом резкое падение потенциала в момент окончания жизни показано большой стрелкой).

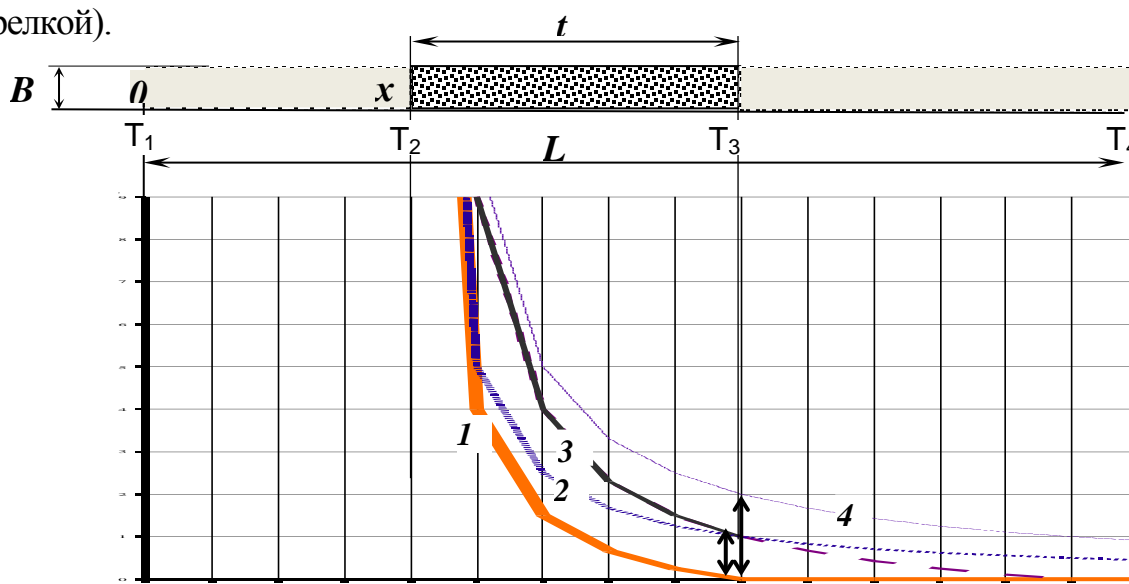


Рис.12. Распределение относительных потенциалов энергии во времени для выбранной схемы распределения энергии

Как видно из рис.12 относительный потенциал энергии по линии 1 плавно уменьшается до нуля и затем исчезает (остается равным нулю). По линии 2 в момент исчезновения ускорения энергии происходит скачок потенциала на величину, зависящую от ожидаемого срока жизни. Относительные потенциалы по линиям 3 и 4 остаются, но с течением времени постепенно уменьшаются.

Однако соотношения между потенциалами в точке  $T_3$  можно посчитать. Разница между потенциалами по линиям 1 и 2 всегда будет равна единице (при  $B=1$ ), соотношения между реализацией потенциалов (площадь под кривой) под линиями 2 и 4 будут равны соотношению ординат в рассматриваемой точке или соотношению  $L_1/L_2$ . Надо отметить, что ожидаемый срок жизни может быть меньше фактического, в этом случае возникает отрицательный потенциал. Отсюда видно, что разные описания потенциалов энергий взаимосвязаны независимо от срока жизни или времени рассмотрения этих потенциалов. С другой стороны, для определенного свойства не имеет смысла понятие времени вне пределов его действия. Свойство (суммарное) объекта, его жизнь, вне предела отведенного времени не существует. Остаются лишь следы в видоизмененной материи. В определенных случаях по оставленным следам возможно восстановление свойства материального объекта путем затрат определенной энергии.

#### *Взаимодействие энергий во времени*

Всякое общение объектов ведет к обмену энергий и, соответственно, влияет на изменение потенциала энергии объекта во времени. В упрощенном виде возьмем общий потенциал объекта и рассмотрим взаимодействие двух однородных объектов. На рис.13 показаны два объекта с одинаковым сроком жизни 100 лет, которые контактируют в разное время своей жизни: один с 50 до 60 лет, другой с 20 до 30 лет. Ускорение энергии первого объекта 30, второго 40 условных единиц. За время контакта произошел обмен энергией в 500 условных единиц в год (это значительный обмен энергией, уравнивающий мощность взаимодействующих объектов:  $30 \times 100 + 500 = 40 \times 100 - 500 = 3500$ ). В этом случае первый объект, начиная с 60 лет, получил дополнительное ускорение  $30 + 500/40 = 42,5$ , а у второго, начиная с 30 лет, ускорение уменьшилось и стало равно  $40 - 500/70 = 37,1$ . Однако такой обмен энергией маловероятен, правильнее  $30 + 250/40 = 36,25$  и  $40 - 250/70 = 36,42$ . Однако на графике рис.16. показан первый случай (так как здесь линии графика расходятся больше и произошедшие изменения нагляднее). Рост мощности одного объекта приводит

к увеличению интенсивности использования энергии или к увеличению продолжительности жизни при сохранении интенсивности использования в первом случае (увеличение на 500 единиц) на 7,8 лет (26% от ожидаемой продолжительности), во втором случае на 3,9 лет. Второй объект или уменьшает интенсивность использования энергии или теряет продолжительность жизни в первом случае на 8,7 лет (12,5%) и во втором случае 4,4 года. Однако с накопленной информацией происходит наоборот – первый объект теряет, а второй приобретает в тех же пропорциях, что и энергия. Расход мощности у первого объекта на дожитие в первом случае  $7,8 \times 42,5 = 331$  (меньше затраченных 500) и во втором случае  $3,9 \times 42,5 = 165,8$  (меньше 250), а у второго объекта в первом случае  $8,7 \times 37,1 = 322$  (меньше 500) и во втором случае  $4,4 \times 37,1 = 163,2$  (меньше 250). В обоих случаях мощность энергии дожития меньше затраченной (полезное действие 66...67%), а мощность энергии потерянной меньше потраченной (64...65%). Часть энергии теряется при увеличении продолжительности жизни, а часть компенсируется при её уменьшении. Поэтому не всегда уменьшение интенсивности жизни, для увеличения её продолжительности, приводит к оправданному эффекту. Выгоднее потратить часть жизни (оптимальную) на увеличение памяти, так как увеличение здесь дает больший эффект, чем выигрыш во времени. Это объясняется изменением кривизны линии потенциала.

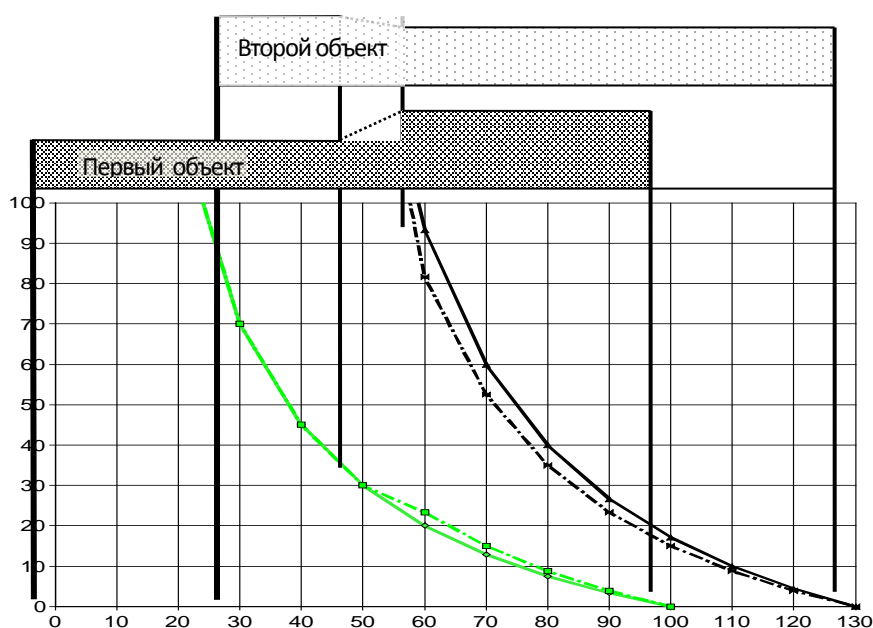


Рис.13. Графики взаимодействия энергий

### *Выводы.*

1. Исходные предположения позволили описать развитие технологии, характеризуемой определенными признаками, с момента её образования и до момента возникновения новой, более эффективной технологии (характеризуемой своими признаками).

2. Развитие технологии характеризуется двумя этапами эффективности. Первый этап – упругой или нестареющей, работы объекта, составляет 15...68 % всей продолжительности использования технологии. Вторым этапом умирания, растянут на все время использования технологии и характеризуется постоянным понижением её эффективности..

3. Технологии можно модернизировать, затрачивая определенную энергию на каждом этапе её работы. Эффективность модернизации зависит от прилагаемой энергии и времени проведения модернизации.

4. Если возникновение технологии соответствует общему потенциалу времени, то её развитие будет плавным, иначе возможны резкие обрывы и переходы на другие технологии.

5. Включение в общий технологический процесс разных технологий не всегда эффективно. Более совершенные технологии могут сдерживаться более старыми технологиями.

6. В целом предлагаемый подход к оценке поведения объекта - технология во временном пространстве не противоречит имеющимся представлениям о развитии технологий и может быть использован для анализа и предсказания поведения развития технологий во времени.

7. В простейшем случае распределения энергии во времени оставшаяся продолжительность эффективного использования технологии (долговечность) в уже использованных обозначениях запишется

$$y = [1 - 0,1585e^{(0,8415 + \frac{B_1}{B^* + B_1})}]L$$

Литература:

1. Вукалович М.П., Новиков И.И. Термодинамика. М., «Машиностроение», 1972, 672 с.
2. Падуков В.А., Маляров И.П. Механика разрушения горных пород при взрыве. – Иркутск: Изд-во Иркут. Ун-та, 1985.- 128 с.
3. Таль К.Э.и Чистяков Е.А.. Исследование несущей способности гибких железобетонных колонн, работающих по первому случаю внецентренного сжатия // Расчет железобетонных конструкций. Труды НИИЖБ. выпуск 23. М., Госстройиздат, 1963., с.127-196.
4. Житкевич Р.К. Исследование ползучести высокопрочного керамзитобетона/Длительные деформативные процессы в бетонных и железобетонных конструкциях. Материалы конференции молодых специалистов. НИИЖБ. М., Стройиздат, 1970. С.134-159.
5. Варламов А.А. Элементарная зависимость энергии от времени // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований ‘2011». Том.8. Физика и математика. - Одесса: Черноморье, 2011. С.79-84
6. Варламов А.А. К оценке долговечности зданий и конструкций // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 71-й межрегион. науч.-техн. конференции.-Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013.-Т.2. –С.186-188
7. Варламов А.А. Построение диаграммы поведения бетона во времени //Сборник научных трудов SWorld.- Выпуск 3.Том 50.- Одесса: КУПРИЕНКО С.В, 2013. С.19-21.
8. Варламов А.А. Золотое сечение и распределение энергии во времени (почему нам нравится золотое сечение) // Архитектура. Строительство. Образование : материалы междунар. науч.-практ. конф. 23-24 апреля 2014 года - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. С.33-41