

Макроэкономическая модель научно-технологического прогресса

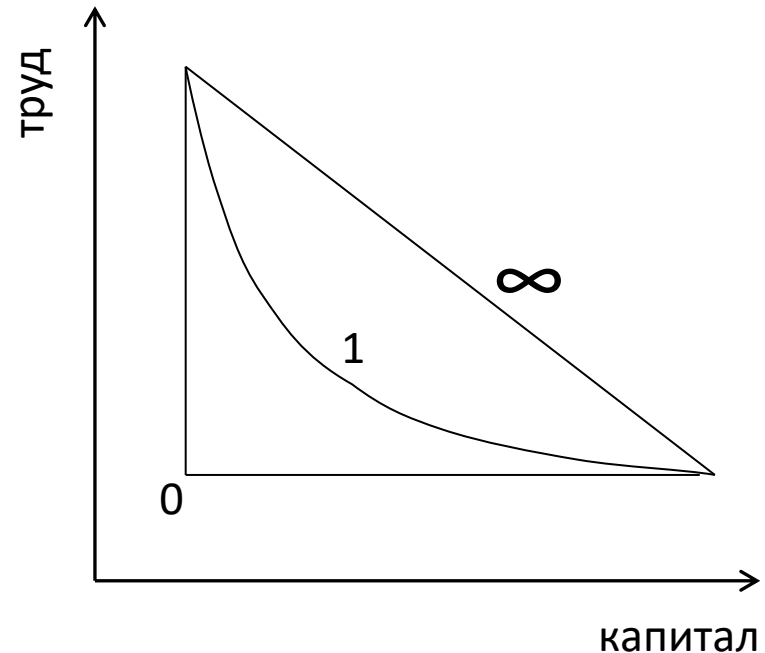


ч.-к. РАН Суслов Виктор Иванович
6 декабря 2016, ИЭОПП СО РАН

Научно-технологический (научно-технический) прогресс происходит в двух плоскостях: по линии основного (экономического) и «человеческого» капитала, - и в двух уровнях: смена технологического уклада и улучшение технологий внутри одного уклада.

И «капитал» и «труд» по отдельности определяют потенциальный объем выпуска продукции (ВВП), так как будто «второй» ресурс не лимитирует (имеется в достаточном количестве). Определяют как произведение соответствующего накопленного ресурса на параметр его «отдачи».

Эти потенциальные объемы выпуска интегрируются в итоговый (реальный) объем с помощью производственной функции CES (с постоянной эластичностью замены ресурсов).



Рассматриваются инвестиции 4-х видов: обычные – в основной капитал, в «человеческий» капитал (образование, здравоохранение, спорт, культура и т.д.), в фундаментальные и прикладные исследования. Каждый из этих видов инвестиций формирует соответствующий капитал (с учетом некоторого выбытия).

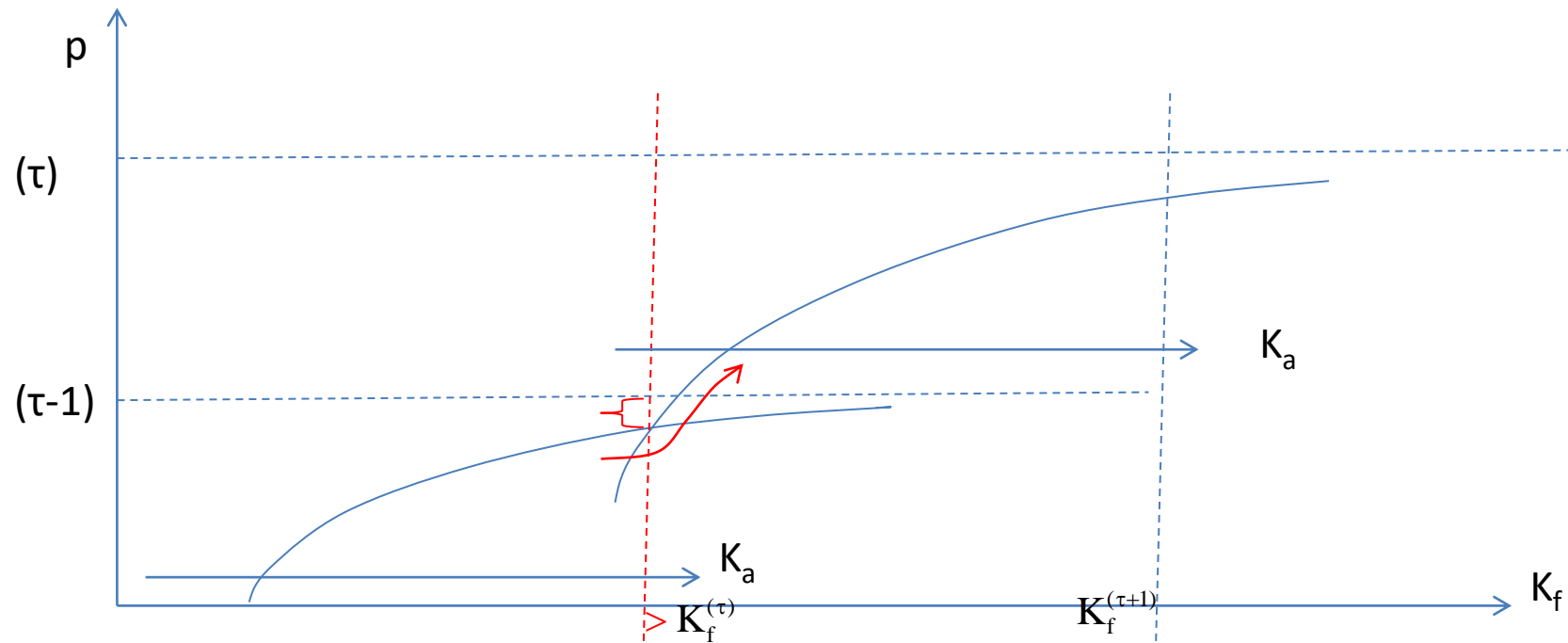
Продукт «труда» моделируется просто, как сумма двух величин: произведения собственно объема трудовых ресурсов на их отдачу и «человеческого» капитала – на его отдачу. Параметры отдачи принимаются постоянными.

Продукт «капитала» определяется также произведением объема основного капитала на его отдачу (принимается, что капитал разного возраста имеет разную отдачу). Но отдача на капитал моделируется более сложно.

Отдача на основной капитал зависит от накопленных «фундаментального» и «прикладного» капиталов.

«Фундаментальный» капитал по мере достижения определенных (экзогенных) пороговых значений дает возможность перейти на следующий технологический уклад, характеризующийся скачком в предельно возможном уровне отдачи.

Накопленный в пределах одного технологического уклада «прикладной» капитал определяет степень приближения отдачи на основной капитал к ее предельному в этом укладе значению.



1. Валовой внутренний продукт – ВВП

t – год, временной период, $t = \dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$;

X^t – валовой внутренний продукт – ВВП;

X_K^t – ВВП, обеспеченный основным капиталом (при отсутствии ограничений со стороны труда);

X_L^t – ВВП, обеспеченный трудом (при отсутствии ограничений со стороны основного капитала);

$$X^t = (\alpha(X_K^t)^\rho + (1 - \alpha)(X_L^t)^\rho)^{1/\rho}$$

где α – эластичность выпуска по капиталу, $(1 - \alpha)$ – по труду,

$\sigma = \frac{1}{1 - \rho}$ – эластичность замены ресурсов;

2. ВВП, обеспеченный основным капиталом

u^t – инвестиции в основной капитал (основные производственные фонды), одновременно – ввод основного капитала в действие;

p^t – отдача на основной капитал, введенный в текущем году:

$$X_K^t = \sum_{i=0}^{\theta-1} p^{t-i} u^{t-i}$$

где θ – срок службы основных фондов (это в простейшем случае; в дальнейшем можно ввести распределенный срок службы и затраты на капитальный ремонт).

u_a^t – затраты на прикладные исследования;

$K_a^t = (1 - d_a)K_a^{t-1} + u_a^t$ – «прикладной» капитал, накопленный за время существования в текущем технологическом укладе;

d_a – коэффициент годового выбытия «прикладного» капитала.

$p_0^{(\tau)}$ – отдача на капитал, достигнутая в предыдущем технологическом укладе – «старт» в рамках нового (текущего) технологического уклада;

$p^{(\tau)} = p_0^{(\tau)} + \Delta p^{(\tau)}$ – максимально достижимая отдача на капитал в рамках текущего технологического уклада – экзогенный технологический предел:

$$p^{(0)} < p^{(1)} < p^{(2)} < \dots$$

τ – номер технологического уклада;

$$p^t = p_0 + \Delta p f(K_a^t) \quad (1)$$

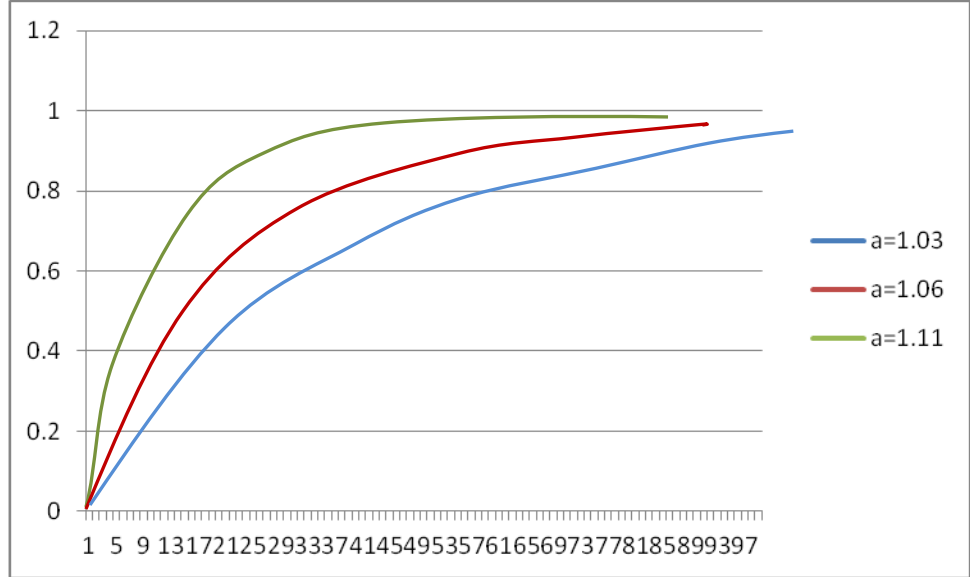
где $f(K_a^t) = 1 - a^{K_a^t/\Delta_a}$

a – скорость приближения к технологическому пределу,

Δ_a – масштабирующий коэффициент («нормальный» годовой шаг прироста «прикладного» капитала).

График этой функции при разных значениях параметра a показан на рисунке, где

$$K_a^t / \Delta_a = 0, 1, 2, \dots, 99.$$



u_f^t - затраты на «фундаментальные» исследования;

$K_f^t = (1 - d_f)K_f^{t-1} + u_f^t$ - «фундаментальный» капитал, накопленный за все предыдущее развитие;

d_f - коэффициент годового выбытия «фундаментального» капитала.

Переход от уклада $\tau-1$ к укладу τ в момент времени t произойдет, как только выполнятся два условия:

$$K_f^t \geq K_f^{(\tau)}, \quad p^t \geq p^{(\tau-2)} + a_p(p^{(\tau-1)} - p^{(\tau-2)})$$

a_p - коэффициент допустимой (для перехода к следующему укладу) «зрелости» текущего уклада.

Эти условия означают, что для перехода к следующему укладу необходимо накопить достаточный объем фундаментальных знаний («фундаментального» капитала), а предыдущий (текущий) уклад должен достичь достаточной степени «зрелости». Сам переход осуществляется обновлением параметров функции отдачи на капитал (1):

$$p_0 = p^t, \Delta p = (p^{(\tau)} - p^t), \quad \Delta_a = \Delta_a^{(\tau)}, K_a^t = u_a^t$$

где $\Delta_a^{(\tau)}$ – «годовой шаг» в новом технологическом укладе.

Т.е. технологический предел отдачи на капитал сдвигается вверх, а «прикладной» капитал зануляется.

3. ВВП, обеспеченный трудом

В простейшем случае

L^t – население (труд);

u_h^t – инвестиции в человеческий капитал;

$K_h^t = (1 - d_h)K_h^{t-1} + u_h^t$ – человеческий капитал;

d_h – коэффициент годового выбытия.

$$X_L^t = p_L L^t + p_H K_h^t \quad \left(= L_t \left(p_L + p_H \frac{K_h^t}{L_t} \right) \right)$$

где p_L – отдача на труд,

p_H – отдача на человеческий капитал.

4. Критерий

Максимизация дисконтированного потребления за T периодов времени:

$$\sum_{t=1}^T (X^t - u^t - u_a^t - u_f^t - u_h^t) 1/(1 + \mu)^t \rightarrow \max$$

5. Управление

В простейшем случае: выбор параметров , $\beta, \beta_a, \beta_f, \beta_h$ таких, что

$$u^t = \beta X^t, u_a^t = \beta_a X^t, u_f^t = \beta_f X^t, u_h^t = \beta_h X^t$$

6. Экзогенные величины

$$\rho, \alpha, \theta, d_a, p^{(\tau)}, K_f^{(\tau)}, a, d_f, a_p, \Delta_a^{(\tau)}, d_h, p_L, p_h, \mu, L^t, T$$