

Ильмар ЛЕПИК

ЛАГ И ПОКАЗАТЕЛЬ ИНТЕГРАЛЬНОГО ЭФФЕКТА КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ

Целью статьи является исследование влияния лага на интегральный эффект и на срок окупаемости капиталовложений. Использование интегрального показателя рекомендовалось неоднократно, в том числе и в методиках определения экономической эффективности хозяйственных мероприятий [1, 2]. Например, в методике оценки эффективности капиталовложений и новой техники сказано: «...исчисляется также показатель интегрального эффекта, в виде срока, в течение которого алгебраическая сумма эффекта достигла размера затрат на строительство, расширение и реконструкцию предприятий» [1].

В данной статье в роли такого показателя выступает интегральный эффект (ИЭ), представленный в методике Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) АН СССР [2, с. 67]. Через ИЭ оценивается влияние лага капиталовложений на срок окупаемости капиталовложений при полном учете фактора времени. Лаг капиталовложений делится на две составляющие — на строительный лаг и на лаг освоения проектной мощности (имеются и другие возможности деления лага). Лаг капиталовложений трактуется как сумма эмпирических математических ожиданий индивидуальных (по предприятиям промышленности ЭССР) лагов строительства и освоения проектных мощностей.

1. Интегральный эффект

По комплексной методике ЦЭМИ [2] ИЭ определяется как

$$\text{ИЭ} = \sum_{t=0}^{T_p} \left(\sum_{j=1}^N \Pi_{jt} A_{jt} + R_{ct} - U_t - K_t + A_t \right) \alpha_t, \quad (1)$$

где T_p — продолжительность расчетного периода, A_{jt} — объем производства j -го продукта в году t , Π_{jt} — цена j -го продукта в году t , R_{ct} — денежная оценка сопутствующих экономических результатов, U_t — чистые (без амортизации) текущие издержки эксплуатации объекта, K_t — все виды капитальных и других одновременных затрат, A_t — ликвидационное сальдо основных фондов, α_t — коэффициент приведения затрат к началу расчетного периода.

Поскольку дальнейший анализ проводится не на уровне предприятия, а на уровне отрасли (или группы объектов), целесообразно рассматривать отрасль (группу объектов) в качестве одного гипотетического объекта. В интересах повышения наглядности целесообразно также упростить (1), выписав его в виде

$$\text{ИЭ} = \sum_{t=0}^{T_p} (\Delta P_t - K_t) \alpha_t, \quad (2)$$

где ΔP_t — сумма всех компонентов за вычетом K_t (т. е. разница всех видов доходов и текущих затрат). В такой интерпретации ΔP_t является

прибылью (как разница реализации валовой продукции и текущих затрат)¹.

Итак, в принципе

$$ИЭ = \sum_{t=0}^{T_p} (\Delta P_t - K_t) \alpha_t = \sum_{t=0}^{T_p} (\Delta P_t - K_t) (1+r)^{-t} \quad (3)$$

представляет собой структуру ИЭ — т. е. разницу суммарных дисконтированных доходов и расходов. Обращая (3) в нуль и считая переменной r , получаем известный метод максимизации внутренней нормы дохода. Упомянутый метод используется при сравнительной эффективности и состоит в следующем — лучшим проектом капиталовложений является тот, при котором (3) обращается в нуль при большем значении r (maximum of internal rate of return) [см., напр., [3]].

Выражение (3) используется и в расчетах абсолютной эффективности. В этом случае переменной становится T_p . При некотором значении T_p ИЭ обращается в нуль, соответствующее значение T_p является сроком окупаемости капиталовложений K_t . В (3) r означает дисконтный норматив. Здесь и в дальнейшем нормативная эффективность капиталовложений и дисконтный норматив считаются равными: $E_H = E_{H.п.} = r$.

При расчетах ИЭ дисконтируются расходы и доходы на длительные сроки, что сопровождается их значительным расчетным увеличением. Чтобы избавиться от «дисконтного автоматизма», рекомендуется использовать пониженную норму дисконтирования при длительных расчетных периодах. Например: «Таким образом, необходимо рационально дифференцировать нормативы эффективности применительно к долгосрочным и краткосрочным капитальным вложениям» [4, с. 10]. Последнее означает в конечном счете зависимость дисконтной ставки от времени, т. е. использование убывающей во времени дисконтной ставки.

2. Лаг и интегральный эффект

2.1. Если в (3) за начало получения доходов считать момент времени $t=0$, то остается неучтенным ущерб от замораживания капиталовложений в течение строительного периода. Чтобы учитывать лаг (строительный период), целесообразно рассматривать началом осуществления капиталовложений не $t=0$, а $t=-n$, где n означает максимальный распределенный лаг (технический срок строительства). В этом случае получение доходов начинается с момента $t=0$, а замораживание капиталовложений выражается в приведении их (по частям) к моменту $t=0$. Другими словами, влияние лага выражается в расчетном удорожании капиталовложений.

Запись сказанного в формализованном виде:

$$K_{-t} = K \omega_{-t}, \quad \{\omega_t | t=0, 1, \dots, n\}, \quad \sum_{t=0}^n \omega_t = 1,$$

$$K = \sum_{t=-n}^0 K \omega_{-t} (1+r)^{-t}.$$

Здесь совокупность $\{\omega_t\}$ означает структурные коэффициенты распределенного строительного лага. Аналогичное эшелонирование капиталовложений можно найти, например, в [5, с. 46]. И, наконец, справедливо

¹ Здесь предполагается, что в $\Delta P_t = \sum_{j=1}^N \Pi_{jt} A_{jt} + R_{ct} - U_t + A_t$ параметры R_{ct} , $A_t = 0$ или они прибавлены к валовой выручке от реализации продукции.

$$\bar{K} = \sum_{t=-n}^0 K \omega_{-t} (1+r)^{-t} \cong K (1+r)^{-\sum_{t=-n}^0 t \omega_{-t}},$$

где $-\sum_{t=-n}^0 t \omega_{-t}$ — средний строительный лаг. Последнее выражение означает, что растянутый во времени процесс осуществления капиталовложений можно (в расчетах) заменить одновременным осуществлением капиталовложений в условный момент времени

$$t = \lambda = \sum_{t=-n}^0 t \omega_{-t}.$$

Для учета других лагов (освоения проектной мощности) имеет место:

$$\bar{K} = K (1+r)^{-\sum_{i=1}^M \lambda_i},$$

где λ_i означает средний лаг (математическое ожидание лага вида i).

2.2. Выражение (3) можно переписать следующим образом:

$$\text{ИЭ} = \sum_{t=0}^{T_p} (\Delta P_t - K_t) (1+r)^{-t} = \sum_{t=0}^{T_p} \Delta P_t (1+r)^{-t} - \mu (1+r)^0, \quad (4)$$

учитывая, что капиталовложения являются единовременными (средними в периоде $[1, T]$: $\mu = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T K_t$) — $K_t = \begin{cases} \mu, & t=0 \\ 0, & t \neq 0 \end{cases}$.

Для дальнейшего анализа целесообразно рассматривать время в непрерывном виде и провести дисконтирование на конец расчетного периода:

$$\text{ИЭ} = \int_0^{T_p} f(t) Q(T_p - t) dt - \mu Q(T_p). \quad (5)$$

В (5) $f(t)$ и μ означают тренд прироста прибыли и средние капиталовложения² соответственно, $Q(T_p - t)$ — дисконтная функция. Аналогичную трактовку эффекта можно найти в [6, с. 543] и дисконтную функцию в [7, с. 49—50].

Дисконтная функция

$$Q(t) = (1+r)^t \cong e^{rt}$$

² При использовании данных ЦСУ ЭССР об итогах капитального строительства и данных статистических ежегодников «Народное хозяйство ЭССР» о величине прибыли найдены тренды капиталовложений и прибыли в промышленности ЭССР за период 1968—1983 гг.:

$$K(t) = \begin{cases} 58,532 \cdot 1,08^t & t \in [1, 16] \\ 0,16t^2 + 6,08t + 53,41 & \end{cases}$$

с критериями: а) при экспоненциальном тренде:

$$F_{эмп} = 139,56, \quad F_{крит}^{0,99} = 6,51, \quad DW = 1,57 > d_u;$$

б) при полиномиальном тренде:

$$F_{эмп} = 93,88, \quad F_{крит}^{0,99} = 8,86, \quad DW = 1,85 > d_u;$$

и $F(t) = 17,3t + 273,6$ с критериями

$$F_{эмп} = 12,90, \quad F_{крит}^{0,99} = 8,86, \quad DW = 1,82 > d_u;$$

$$f(t) = \frac{\partial F(t)}{\partial t} = 17,3, \quad \mu = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T K(t) = 119,8 \text{ млн. руб.}$$

обладает следующими свойствами:

- 1) $Q(k)Q(l) = Q(k+l)$,
- 2) $Q(k)/Q(l) = Q(k-l)$,
- 3) $Q(k)Q(-k) = 1$.

Из (5) можно получить известный принцип срока окупаемости:

$$\int_0^{T_0} f(t) Q(T_0 - t) dt = \mu Q(T_0), \quad (7)$$

где T_0 — срок окупаемости капиталовложений. Прибавляя лаг к правой части (7), получаем

$$\int_0^{T_0} f(t) Q(T_0 - t) dt < \mu Q(T_0) Q(\lambda), \quad (8)$$

где $\mu Q(\lambda)$ — капиталовложения, приведенные к $t=0$:

$$\mu Q(\lambda) \cong \mu(1+r)^\lambda.$$

Расчетное удорожание капиталовложений, связанное с лагом, компенсируется в течение времени h , которое прибавляется к сроку окупаемости: $T_L = T_0 + h$; следовательно³:

$$\int_0^{T_0+h} f(t) Q(T_0+h-t) dt = \mu Q(T_0) Q(\lambda). \quad (9)$$

Чтобы в дальнейшем избежать больших математических сложностей, ограничим класс функции $f(t)$. Так как $f(t)$ — тренд прироста прибыли, справедливо $f(t) = \frac{\partial F(t)}{\partial t}$, где $F(t)$ — тренд прибыли. Теперь предположим, что $F(t)$ является линейным сплайном⁴, а $f(t)$, следовательно, — кусочно-константной функцией.

Выражение (9) дает возможность учета влияния лага на эффективность капиталовложений — срок окупаемости удлиняется от T_0 до T_L и искомым становится T_L (или h), обратная величина которого показывает эффективность с учетом лага капиталовложений. Для нахождения $T_L(h)$ интегрируется левая часть (9). В итоге получается

$$h = r^{-1} \ln \left[e^{-r(T_0+2h)} + \frac{r\mu}{c} e^{r\lambda} \right], \quad T_L = T_0 + h. \quad (10)$$

Таким образом, видно, что даже в относительно простом случае (линейный или кусочно-линейный тренд прибыли) аналитическая трактовка влияния лага на эффективность капиталовложения является komplицированной. Это обстоятельство рождает идею: точные расчеты можно заменить интервальной оценкой. Тем более что достоверность всякой оценки сомнительна из-за неточности данных и использования статистических методов.

³ В выражении (9) мы имеем дело не с дисконтированием в классическом понимании. В (9) учитывается ущерб от замораживания капиталовложений, а не ИЭ в какой-то определенный момент времени $t=T$. Поэтому и нельзя дисконтировать капиталовложения в T_0+h , как может показаться на первый взгляд. Иначе лаг капиталовложений учитывался бы дважды.

⁴ Линейный сплайн в общем виде [8, с. 123]:

$$y(t) = a_0 + a_1 t,$$

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2(t-k),$$

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2(t-k) + a_3(t-l)$$

где k, l — узлы кусочно-линейного сплайна.

3. Интервальная оценка влияния лага на эффективность капиталовложений

(а) Для получения интервальной оценки вычитаем (7) из (9). Остается⁵:

$$\frac{c}{r} Q(T_0) (Q(h) - 1) = \mu Q(T_0) (Q(\lambda) - 1). \quad (11)$$

Здесь $c = f(t)$ (константная функция) и капиталовложения являются средними: $K = \mu$. В левой части (11) выражен компенсационный эффект, в правой — суммарное расчетное удорожание капиталовложений под влиянием лага. Из (11) следует

$$\frac{Q(h) - 1}{Q(\lambda) - 1} = \frac{r\mu}{c}. \quad (12)$$

Величина $r\mu/c$ отражает отношение нормативного эффекта к фактическому. Следовательно, $r\mu/c$ характеризует рентабельность капиталовложений в рассматриваемой совокупности объектов (отрасли).

В (12) имеем дело с одной из трех возможностей:

- 1) $\frac{r\mu}{c} < 1$ — рентабельность отрасли выше нормативной;
- 2) $\frac{r\mu}{c} = 1$ — рентабельность отрасли соответствует нормативной;
- 3) $\frac{r\mu}{c} > 1$ — рентабельность отрасли ниже нормативной.

В первом случае

$$\begin{aligned} \frac{Q(h) - 1}{Q(\lambda) - 1} < 1 &\Rightarrow Q(h) - 1 < Q(\lambda) - 1 \Rightarrow \\ &\Rightarrow Q(h) < Q(\lambda) \Rightarrow h < \lambda \quad (h, \lambda > 0). \end{aligned}$$

Во втором случае $h = \lambda$ и в третьем — $h > \lambda$.

Главный вывод:

$$\begin{aligned} T_0 < T_L < T_0 + \lambda, & \text{ если } r\mu < c; \\ T_L = T_0 + \lambda, & \text{ если } r\mu = c; \\ T_0 + \lambda < T_L, & \text{ если } r\mu > c. \end{aligned} \quad (13)$$

Другими словами, в отрасли с рентабельностью, выше нормативной, срок окупаемости⁶ капиталовложений удлинится менее чем на величину лага, а в отрасли с рентабельностью, ниже нормативной, — более чем на величину лага. Следовательно, при учете лага в рентабельных отраслях эффективность капиталовложений снижается меньше, чем в нерентабельных отраслях. Выражение (13) и дает искомую интервальную оценку для учета влияния лага на эффективность капиталовложений. В отраслях с рентабельностью капиталовложений, выше нормативной (или при расхождении норматива эффективности и дисконтной ставки — выше

⁵ $\int_0^{T_0+h} f(t) Q(T_0+h-t) dt - \int_0^{T_0} f(t) Q(T_0-t) dt = -\frac{c}{r} e^{rT_0} e^{rh} (e^{-rT_0} e^{-rh} - 1) -$
 $- \left[-\frac{c}{r} e^{rT_0} (e^{-rT_0} - 1) \right] = -\frac{c}{r} e^{rT_0} e^{rh} e^{-rT_0} e^{-rh} + \frac{c}{r} e^{rT_0} e^{rh} - \left(-\frac{c}{r} e^{rT_0} e^{-rT_0} +$
 $+\frac{c}{r} e^{rT_0} \right) = -\frac{c}{r} + \frac{c}{r} e^{rT_0} e^{rh} + \frac{c}{r} - \frac{c}{r} e^{rT_0} = \frac{c}{r} e^{rT_0} (e^{rh} - 1).$

Преобразование правой части элементарное.

⁶ Здесь срок окупаемости капиталовложений (при полном учете фактора времени) не совпадает со сроком окупаемости, которая является обратной величиной коэффициента рентабельности.

дисконтной ставки), соблюдается $T_0 < T_L < T_0 + \lambda$, а в отраслях с рентабельностью, ниже нормативной, — $T_0 + \lambda < T_L$.

Выражение $T_0 < T_L < T_0 + \lambda$ является предельно простым способом учета лага в расчетах эффективности капиталовложений. Главным теоретическим выводом является тот, что мера влияния лага в разных отраслях зависит от фактической рентабельности капиталовложений.

4. Практические расчеты на примере промышленности ЭССР

Практически можно рассчитать срок окупаемости без учета лага, срок окупаемости с учетом лага и ИЭ по годам в рассматриваемый период. Последний дает возможность анализировать динамику эффективности капиталовложений в промышленности ЭССР.

Значения ИЭ по годам вычисляются по формуле (5). Во втором разделе статьи выяснилось, что $f(t) = c$ (константная величина). За T_p принимается 23 года — это средний срок службы основных фондов в промышленности СССР [9, с. 66]. В расчетах используются дисконтные ставки $r = 0,05$ и $r = 0,1$, поскольку автор придерживается точки зрения, что дисконтная ставка должна быть изменяющейся во времени (убывающей). Поэтому таблица носит несколько иллюстративный характер. В ней отражены суммарные доходы от капиталовложений в течение 23-летнего эксплуатационного цикла (напр., капиталовложениям 1968 г. соответствуют доходы в 1968—1991 гг.). Приведенные результаты носят несколько условный характер из-за длительности расчетного периода. Поскольку капиталовложения и прибыль рассматривались за период 1968—1983 гг., а интегральный эффект от капиталовложений, например 1968 г., измеряется до 1991 г., то нет уверенности, что тренды капиталовложений и прибыли останутся прежними и после 1983 г. Для такого рода вычислений необходимы достоверные прогнозы упомянутых показателей до 2005 г. Здесь надо отметить, что рассчитанные доходы — это доходы расчетные, а не реальные. Все табличные данные отражают лишь возможные величины доходов при полном учете фактора времени. Сказанное не влияет на выводы о тенденции динамики эффективности капиталовложений. Она носит убывающий характер при обеих дисконтных ставках, что подтверждают и тренды капиталовложений и прибыли.

Интегральный эффект от капиталовложений
в промышленности ЭССР за 1968—1974 гг., тыс. руб.

	$r=0,05$	$r=0,1$		$r=0,05$	$r=0,1$
1968	523,4	847,2	1972	487,3	733,3
1969	548,0	924,8	1973	448,2	609,6
1970	532,9	877,1	1974	422,7	529,2
1971	494,4	755,5			

Срок окупаемости без учета лага капиталовложений вычисляется по (7) и с учетом лага — по (10). Путем интегрирования и элементарных преобразований из (7) получается

$$T_0 = -r^{-1} \ln(1 - c^{-1}r\mu).$$

Последние расчеты имеют место при условии, что в рассмотренный период капиталовложения являются средними и тренд прибыли линейно аппроксимируемым. Величина лага капиталовложений 2,3 года.⁷ Вели-

⁷ Лаг капиталовложений является суммой эмпирических математических ожиданий (индивидуальных лагов промышленных предприятий) лагов строительства и освоения проектной мощности в промышленности ЭССР за период 1968—1983 гг.

чина прибыли и средняя величина капиталовложений в промышленности ЭССР составляют $c=17,3$ млн. руб. и $\mu=119,8$ млн. руб. соответственно. Срок окупаемости без учета лага и с учетом лага ($r=0,1$): $T_0=11,79$ г., $h=1,09$ г.; $T_L=T_0+h=12,88$ г. Соответствующие коэффициенты эффективности капиталовложений: $k=0,085$ (без лага), $k=0,078$ (с учетом лага).

Таким образом, фактическая эффективность с полным учетом фактора времени значительно меньше рентабельности капиталовложений без учета фактора времени:

$$k = \frac{c}{\mu} = 0,144.$$

И последнее, проверим справедливость интервальной оценки влияния лага капиталовложений на срок окупаемости: из $T_0 < T_0 + h < T_0 + \lambda$ следует $h < \lambda$ при рентабельности, выше нормативной. По расчетам, в промышленности ЭССР рентабельность капиталовложений $k=0,144$, что выше норматива: $r=0,1$. Следовательно, должно соблюдаться $h < \lambda$. По расчетам $h=1,09$ г., а лаг капиталовложений — 2,3 г., следовательно, условие $h < \lambda$ соблюдается.

Вычисленные коэффициенты фактической эффективности капиталовложений достоверны, поскольку они зависят только от точности данных и от дисконтной ставки.

Выводы

1. Решена проблема учета влияния лага капиталовложений на срок их окупаемости при условии средних капиталовложений и прироста прибыли как константной величины.

2. Разработана интервальная оценка учета влияния лага на эффективность капиталовложений.

3. Определены пределы изменения эффективности капиталовложений под влиянием лага. Интервальная оценка влияния лага отличается простотой и является одним из основных принципов в исследованиях оптимального лага капиталовложений на макроуровне экономики.

4. Результаты данной статьи расширяют рамки традиционного анализа эффективности капиталовложений т. н. рентабельного типа и дают дополнительную информацию об инвестиционном процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы и практика определения эффективности капитальных вложений и новой техники. М., 1982.
2. Комплексная методика оценки экономической эффективности хозяйственных мероприятий. М., 1982.
3. Богачев В. Н. О соотношении критериев эффективности капитальных вложений. — В кн.: Проблемы моделирования народного хозяйства, ч. IV. Новосибирск, 1974, 3—107.
4. Красовский В. Интегральный эффект и фактор времени. — Вопросы экономики, 1974, № 8, 3—14.
5. Массе П. Критерии и методы оптимального определения капиталовложений. М., 1971.
6. Михалевский Б. Н. Отбор проектов капиталовложений по критерию максимальной нормы эффективности. — Экономика и математические методы, 1969, № 4, 540—560.
7. Лицниц В. Н. Выбор оптимальных решений в технико-экономических расчетах. М., 1971.

8. Розин Б. Б., Котюков В. И., Ягольницер М. А. Экономико-статистические модели с переменной структурой. Новосибирск, 1984.
9. Завалишин М., Малыгин А. О переоценке основных фондов и уточнении норм амортизации. — Плановое хозяйство, 1981, № 6, 62—70.

Представил К. Хабиخت

Институт экономики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
24/III 1987

Ilmar LEPIK

VIITAEG JA KAPITAALMAHUTUSTE INTEGRAALNE EFEKTIIVSUSNÄITAJA

Artiklis on vaadeldud viitaja mõju kapitaal mahutuste üldefektiivsusele ajateguri täieliku arvestamise puhul integraalse efektiivsusnäitaja baasil. Silmas pidades viitajaga seotud probleemide komplitseeritust ajateguri täieliku arvestamise korral, on välja töötatud vahemikhinnang viitaja mõju kohta kapitaal mahutuste üldefektiivsusele. Hinnang põhineb artiklis esitatud tulemusel, et viitaja mõju suurus kapitaal mahutuste üldefektiivsusele sõltub kapitaal mahutuste rentaabluusest vaadeldavas harus. Praktiliseks tulemuseks on kapitaal mahutuste üldefektiivsuse leidmine Eesti NSV tööstuses aastail 1968—1983, kusjuures on täielikult arvestatud ajategurit.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Majanduse Instituut

Toimetusse saabunud
24. III 1987

Ilmar LEPIK

TIME LAGS AND INTEGRAL EFFECT OF CAPITAL INVESTMENTS

The author deals with the impact of time lags on the efficiency of capital investments (based on the integral effect indicator of efficiency). Considering the difficulties, that arise in this task, an interval estimation of the impact of time lags on the efficiency of capital investments is produced. The interval estimation is based on the results presented in this paper. Accordingly, the measure of the impact of time lags depends on actual profitability of capital investments in a concrete industry. As a practical result the actual efficiency of the capital investments (with a complete consideration of the time factor) in Soviet Estonian industry in 1968—1983 have been calculated.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Economics

Received
March 24, 1987