

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РАЗВИТИЯ ГОРОДА

Э. Я. КИППЕР, А. Х. ТАРЕМЯЭ

(Таллин)

Почти любое экономическое обоснование градостроительных проектно-планировочных решений связано с соизмерением затрат и результатов, возникающих при изменении прежнего вида использования территорий. В соответствии с теорией оптимального планирования мерилom затрат и результатов являются экономические оценки ресурсов. Применяемые при этом методы решения экстремальных задач в настоящее время далеко не совершенны, что отражается на качестве полученных экономических оценок. Одним из существенных недостатков при решении практических задач оптимального планирования является их статическая постановка. В градостроительстве статической можно считать задачу, при которой требуется застроить городской район в течение относительно короткого периода времени, после которого городской район существенно развиваться уже не будет. Однако города развиваются длительное время и этот процесс носит динамический характер. Ниже рассматривается определение экономических оценок территориальных ресурсов развития города именно с этой точки зрения.

Под экономической оценкой ограниченного ресурса будем понимать экономию в предстоящих суммарных затратах при бесплатном увеличении этого ресурса на единицу. Обоснование такого подхода к определению экономических оценок производственных ресурсов дано в [1]. При этом в динамических задачах градостроительства необходимо строго различать два вида таких оценок в зависимости от использования дополнительной единицы ресурса в течение неограниченного или ограниченного периодов времени. В литературе по этому вопросу нет еще четкой терминологии. Назовем экономию в предстоящих суммарных затратах при использовании дополнительной единицы ресурса в течение неограниченного периода времени полной экономической оценкой (руб./единица ресурса), а такую же экономию при использовании дополнительной единицы ресурса в течение ограниченного времени (например, года) — годовой экономической оценкой (руб./единица ресурса в год). Обе эти разновидности экономической оценки являются функциями времени и вытекают друг из друга.

1. Предположим, что величина города задана в виде необходимого количества жилой (полезной) площади G как функция времени t . Задача заключается в том, чтобы обеспечить заданный рост города с минимальными предстоящими затратами, куда входят: строительство, эксплуатация жилых домов, культурно-бытовых учреждений, инженерных коммуникаций и т. д.

Для нахождения предстоящих суммарных затрат допустим, что известна очередность освоения отдельных жилых районов i , $i = 1, \dots, m$, и

удельные затраты по каждому району n_i , определяемые по общеизвестной формуле

$$n_i = k_i + \frac{c_i}{E_n}, \quad (1)$$

где k_i — капитальные затраты, руб/м²; c_i — эксплуатационные затраты, руб/м²/год; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, доли единицы.

При известной очередности освоения жилых районов затраты n могут рассматриваться как функция количества жилой площади G . Поскольку G в свою очередь является функцией от t , то удельные затраты n могут считаться сложной функцией от t , т. е. $n = n(G(t))$. Предполагается, что функции G от t и n от G непрерывны и имеют непрерывные производные. Тогда предстоящие суммарные затраты, начиная с момента времени τ , определяются формулой

$$S_\tau = \int_\tau^\infty n(G(t)) e^{-\rho(t-\tau)} \dot{G}(t) dt, \quad (2)$$

где $n(G(t))$ — удельные затраты по (1); $e^{-\rho(t-\tau)}$ — коэффициент приведения затрат момента t к моменту τ ; $\dot{G}(t) = dG/dt$ — рост объема жилой площади в городе в течение единицы времени, м²/год.

Если n имеет верхний предел и $\rho > 0$, интеграл по (2) сходится и расчет суммарных предстоящих затрат принципиальных сложностей не вызывает. Во многих случаях, например, если $n(G)$ и $G(t)$ — целые рациональные функции, интеграл по (2) определяется в квадратурах, т. е. в аналитической форме. Иногда в практических расчетах представляется возможным предполагать, что рост объема жилой площади в городе является постоянным в течение всего предстоящего периода. Правда, на первый взгляд такое допущение чрезмерно сильно, поскольку объем жилой площади в городе с течением времени стремится к бесконечности. Но на самом деле это на расчетную величину суммарных затрат S_τ существенно влияния не имеет. При $\rho \approx E_{nn}$ порядка 0,08–0,1 затраты, удаленные на перспективу более чем 50–60 лет, из-за сильного уменьшения коэффициента приведения по формуле $e^{-\rho t}$ при увеличении t обычно в расчет не включаются.

Задача, как было сказано, состоит в минимизации затрат S_τ для любого предстоящего момента времени τ при ограничениях, вытекающих из ограниченности территориальных ресурсов, условий строительства и т. д.

2. Основным экономическим показателем, который можно принять за основу при определении других видов оценок, является *полная экономическая оценка единицы жилой площади*, поступающей в момент времени t бесплатно в распоряжение города и бесплатно эксплуатируемой в течение неограниченного периода времени. Бесплатность получения и эксплуатации единицы жилой площади позволяет отодвигать предстоящие полные затраты S_τ , определенные по (2), на отрезок времени $\Delta = 1/\dot{G}(\tau)$, так как в течение этого времени необходимый рост объема жилой площади в городе обеспечивается за счет бесплатно полученной единицы. При приведении отодвинутых затрат S_τ к моменту времени τ получим новые суммарные затраты S'_τ по формуле

$$S'_\tau = e^{-\rho\Delta} \int_\tau^\infty n(G(t)) e^{-\rho(t-\tau)} \dot{G}(t + \Delta) dt.$$

* Коэффициент приведения предстоящих затрат в [2] дается в форме $B = 1/(1 + E_{nn})^t$. При замене $\rho = \ln(1 + E_{nn})$ он принимает вид $B = e^{-\rho t}$.

Разность затрат $U_\tau = S_\tau - S'_\tau$ определяет полную экономическую оценку жилой площади, т. е. она является предельно допустимой величиной суммарных затрат на увеличение и эксплуатацию жилой площади в городе. Следуя [3], указанную величину можно называть замыкающими затратами на жилую площадь. Учитывая, что Δ крайне мало, коэффициент приведения $e^{-\rho\Delta}$ может быть заменен его приближительным значением $1 - \rho\Delta$. Отказавшись от учета малых величин высшего порядка, указанную выше разность затрат можно выразить

$$U_\tau = \frac{1}{G(\tau)} \int_\tau^\infty n(G(t)) e^{-\rho(t-\tau)} [\rho \dot{G}(t) - \ddot{G}(t)] dt, \quad (3)$$

где $\ddot{G}(t)$ — вторая производная функции $G(t)$ по времени t .

Определенная таким образом полная экономическая оценка (замыкающие затраты) жилой площади не свободна от известных условностей, вытекающих из определения удельных затрат n_i по (1). Эти затраты должны быть определены с обеспечением максимальной сопоставимости условий проживания в разных районах и отражать установленный социальный стандарт жизни. Эта задача не легкая и часто может быть решена лишь в общих чертах.

Оценка по (3) должна учитывать влияние «бесплатного» получения единицы жилой площади не только на изменение затрат в сфере жилищного, но и в сфере культурно-бытового строительства, а также изменение эксплуатационных издержек во всех районах предстоящей застройки. В частном случае, если $\dot{G}(t) = g = \text{const}$, т. е. если рост объема жилой площади в течение времени постоянный, (3) принимает совсем простой

вид: $U_\tau = \frac{\rho}{g} S_\tau$, поскольку вторая производная $\ddot{G}(t)$ равна нулю.

3. Представим, что в момент времени τ имеется возможность увеличить осваиваемую территорию на единицу. На этой дополнительной территории возможно построить жилую площадь с затратами $n_\tau = n(G(\tau))$, которые, как правило, ниже замыкающих затрат. Получаемая при этом экономия в предстоящих затратах

$$D_\tau = f_\tau(U_\tau - n_\tau) \quad (4)$$

является *полной экономической оценкой единицы территории**, где f_τ — плотность жилого фонда. Этот выигрыш — результат природных и искусственно созданных условий, существующих в момент времени τ на осваиваемой территории и вне ее. Так как в U_τ и n_τ учтены все виды предстоящих затрат, рассчитанная по (4) экономия отражает и затраты, зависящие от расположения данной территории в плане города. Прошлые затраты на освоение территории и расположенных на ней сооружений в экономической оценке учитываются только в той мере, насколько они влияют на предстоящие затраты застройки и эксплуатации. Если результаты прошлых затрат способствуют сокращению предстоящих затрат, тогда n_τ уменьшается, а экономическая оценка территории повышается.

Полные экономические оценки территорий позволяют поставить и решить локальные задачи оптимизации этажности застройки. Допустим, что кроме основного варианта застройки с удельными затратами n_τ и плотностью жилфонда f_τ имеется еще другой вариант застройки с соответ-

* В экономической литературе (например, в [3]) эта форма экономической оценки называется также «капитализированной» годовой рентой, «ценой» территории и т. д.

вующими показателями n' и f'_τ , при котором возможен перерасход затрат в размере $f_\tau(n'_\tau - n_\tau)$. В то же время освобождается часть территории, определяемая соотношением $(f'_\tau - f_\tau) / f'_\tau$. При оценке территории D_τ плотность жилого фонда по основному варианту застройки оправдана, если экономия из-за освобождения при втором варианте части территории не превышает перерасхода затрат, т. е. если

$$D_\tau \frac{f'_\tau - f_\tau}{f'_\tau} \leq f_\tau(n'_\tau - n_\tau).$$

Это условие удобнее представить в виде

$$n_\tau + \frac{D_\tau}{f_\tau} \leq n'_\tau + \frac{D_\tau}{f'_\tau}. \quad (5)$$

Содержание его можно сформулировать следующим образом: выбранная для застройки плотность жилого фонда оптимальна, если удельные затраты жилой площади с учетом полной экономической оценки территории меньше, чем соответствующий показатель при любой другой плотности.

4. Можно отметить, что (5) остается в силе и тогда, когда получение территории не бесплатное, т. е. если территория до ее освоения для новой застройки использовалась в сельском хозяйстве или в других целях. В этом случае n_τ увеличивается ввиду необходимости выплаты компенсации прежнему землепользователю. Размер компенсации определяется полной экономической оценкой данной территории по прежней сфере использования. Но на такую же сумму уменьшается полная экономическая оценка территории в процессе градостроительства и численная величина обеих частей неравенства (5) не изменяется. Естественно, что передача территории оправдана только тогда, когда полная экономическая оценка и при новом виде эксплуатации выше, чем при прежнем. Аналогично положение при изменении не вида землепользования, а его формы. Такие случаи типичны при реконструкции существующих жилых кварталов, где землепользователь (городское хозяйство) и вид землепользования (жилая застройка) не меняются, но старая застройка заменяется новой. Если отказаться от реконструкции и продолжить эксплуатировать старую застройку в течение неограниченного периода времени, то в предстоящих полных затратах будет экономия (в расчете на единицу жилой площади)

$$V = U - \varepsilon, \quad (6)$$

где U — полная экономическая оценка единицы новой жилой площади (замыкающие затраты), ε — приведенные к началу отчетного периода предстоящие затраты эксплуатации существующей застройки, включая затраты на частичное и полное восстановление ее (в расчете на единицу жилой площади старого фонда). Если же существующие дома сносятся и освободившаяся территория используется для нового строительства, то получим в предстоящих полных затратах выигрыш, определяемый полной экономической оценкой территории. Если же эта оценка превышает экономию от дальнейшей эксплуатации существующей застройки, то реконструкция обоснована. Таким образом, это вполне правомерно в случае статической постановки задачи, т. е. когда стоит вопрос: передать ли территорию сегодня или вообще не передавать, реконструировать район сегодня или вообще не реконструировать. Если же имеется возможность выбора срока передачи или реконструкции, то картина меняется. Если доказано, что при передаче или реконструкции в данный момент времени по народному хозяйству в целом имеет место экономия, то открытым оста-

ется вопрос, является ли эта экономия максимальной. Возможно, что при отсрочке передачи территории или реконструкции района экономия увеличивается. Другими словами, необходимо определить момент времени, когда экономия в предстоящих затратах (с учетом фактора времени) становится максимальной. При решении такой задачи целесообразно при- менять показатели годовой экономической оценки*.

5. Рассмотрим определение *годовой экономической оценки новой жилой площади*, поступающей в распоряжение города в момент времени τ , используемой в течение периода $\tau, \tau + d\tau$ и исключаемой в момент времени $\tau + d\tau$. Можно считать, что промежуток времени $\tau, \tau + d\tau$ — мал, и экономия в суммарных затратах в результате использования единицы площади определяется без учета фактора времени. Если обозначить годовую оценку через u_τ , указанная экономия выражается произведением $u_\tau d\tau$. С помощью (3) найдена экономия U_τ в предстоящих полных затратах при получении городом единицы жилой площади на вечное использование. При исключении в момент $\tau + d\tau$ из распоряжения города единицы жилой площади необходимо осуществить дополнительные затраты в размере $U_{\tau+d\tau}$, которые следует умножить на коэффициент приведения. Следовательно, $u_\tau d\tau = U_\tau - U_{\tau+d\tau}e^{-\rho d\tau}$. При малой $d\tau$ можно применить приближения $e^{-\rho d\tau} = 1 - \rho d\tau$ и $U_{\tau+d\tau} = U_\tau + \frac{\partial U_\tau}{\partial \tau} d\tau$. Отказавшись от учета величины малостью высшего порядка, получим

$$u_\tau = \rho U_\tau - \frac{\partial U_\tau}{\partial \tau}. \quad (7)$$

В частном случае, когда полная оценка (замыкающие затраты) жилой площади по времени постоянна, годовая оценка тоже постоянна. При известной годовой оценке полная оценка жилой площади может быть определена как «капитализированная» ее форма. Это правильно и для случая, когда годовая оценка по времени изменяется. Тогда

$$U_\tau = \int_\tau^\infty u_t e^{-\rho(t-\tau)} dt, \quad (8)$$

что является решением дифференциального уравнения (7). Если $\dot{G}(t) = g = \text{const}$, величина U_τ , определяемая по (3), легко дифференцируется по τ : $\partial U_\tau / \partial \tau = \rho(U_\tau - n_\tau)$, откуда с помощью (7) получим

$$u_\tau = \rho n_\tau, \quad (9)$$

где n_τ — удельные затраты жилой площади в районе, осваиваемом в момент времени τ . Данное, очень простое, правило остается в силе независимо от величины постоянного по времени роста объема жилой площади в городе g , а также если g изменяется, но в момент τ второе производное $\ddot{G}(\tau)$ равно нулю. Это непосредственно вытекает из (3).

Аналогично могут быть определены годовые экономические оценки свободных, занятых под существующей застройкой или используемых в каких-либо других целях территорий.

При определении годовых оценок можно представить, что план градостроительства определен за исключением выбора срока освоения единственной, обозначаемой буквой i , территории. Полную оценку этой территории можно определить по формуле (4), которую в данном случае мож-

* Эту формулу экономической оценки называют также годовой рентой [3].

но записать

$$D_i = f_i(U_\tau - n_i), \quad (10)$$

где i — территория; τ — срок ее освоения. При получении в момент τ в распоряжение города единицы территории i выигрыш будет в размере $D_i(\tau)$ в соответствии с (10); при отсрочке этого момента на $d\tau$ — выигрыш $D_i(\tau + d\tau)$, определяемый соотношением $D_i(\tau + d\tau) = f_i(U_{\tau+d\tau} - n_i)$. Если допустить независимость затрат n_i и U_τ от срока освоения территории i , то годовая оценка d_i этой территории может быть определена из уравнения $d_i d\tau = f_i(U_\tau - n_i) - f_i(U_{\tau+d\tau} - n_i) e^{-\rho d\tau}$, откуда

$$d_i = f_i(u_\tau - n_i \rho). \quad (11)$$

Эту формулу можно также представить в виде $d_i = \rho D_i - \partial D_i / \partial \tau$, что непосредственно вытекает из (10). При заданной годовой оценке d_i полная оценка D_i может быть определена так

$$D_i(\tau) = \int_{\tau}^{\infty} d_i(t) e^{-\rho(t-\tau)} dt,$$

где $D_i(\tau)$ относится к территории i , осваиваемой в момент времени τ . Если $G(t) = g = \text{const}$, (11) принимает очень простой вид: $d_i = f_i \rho (n_\tau - n_i)$. При определении годовой оценки территории существующего жилого района совместно с расположенными на ней жилыми домами целесообразно исходить из показателя V_i , определяемого из (6). Аналогично вышеизложенному годовая оценка v_i находится так

$$v_i = u_\tau - \partial_i \rho. \quad (12)$$

Действительно также соотношение

$$v_i = \rho V_i - \partial V_i / \partial \tau.$$

При известной годовой оценке v_i показатель V_i определяется интегралом

$$V_i(\tau) = \int_{\tau}^{\infty} v_i(t) e^{-\rho(t-\tau)} dt.$$

Если $G(t) = g = \text{const}$, формула для годовой оценки принимает вид: $v_i = \rho (n_\tau - n_i)$.

6. Применение годовых экономических оценок природных и искусственно созданных ресурсов для определения сроков осуществления градостроительных мероприятий удобно потому, что они позволяют подсчитать экономию, получаемую при использовании этих ресурсов в течение определенного отрезка времени. Оценки, определенные исходя из использования ресурсов в течение неограниченного срока времени, на этот вопрос, как правило, ответа дать не могут. В качестве примера можно рассмотреть экономическое обоснование реконструкции существующего жилого района i с застройкой, годной к дальнейшему использованию. Обозначим количество существующей в районе жилой площади через q_i ($\text{м}^2/\text{га}$) и плотность нового жилого фонда при реконструкции через f_i ($\text{м}^2/\text{га}$). Реконструкция района обоснована, если экономия от освоения данной территории для новой застройки больше, чем экономия от использования ее в старом виде, т. е. при

$$d_i \geq v_i q_i. \quad (13)$$

Если это неравенство не удовлетворено, то реконструкция района не целесообразна. Но следует иметь в виду, что все входящие в (13) показате-

тели динамичны. Особенно быстро с течением времени может расти годовая оценка d_i . Не исключена также возможность выбытия части существующих домов (из-за их ветхости), что уменьшает величину q_i . Таким образом, можно сказать, что если (13) в настоящее время и не удовлетворено, то с течением времени наступает срок, когда реконструкция района экономически обоснована. Поэтому формула (13) применима как для проверки обоснованности реконструкции в настоящее время, так и для определения оптимального срока этого мероприятия.

С применением (11) и (12) условие (13) может быть дано также в виде

$$\gamma_i = \frac{q_i}{f_i} \leq \frac{u_\tau - \rho n_i}{u_\tau - \rho a_i},$$

где γ_i — коэффициент сноса, которое при $\dot{G}(t) = g = \text{const}$ упрощается

$$\gamma_i = \frac{q_i}{f_i} \leq \frac{n_\tau - n_i}{n_\tau - a_i}. \quad (14)$$

Формула (14) остается в силе также в случае, если территория i свободная, т. е. если $\gamma_i = 0$. Тогда она ведет к естественному условию

$$n_i \leq n_\tau, \quad (15)$$

которое показывает, что оптимальная очередность освоения отдельных районов города определяется возрастающими удельными затратами жилой площади.

Излагая методику определения предстоящих суммарных затрат и экономических оценок, мы исходили из предположения, что очередность и этажность застройки жилых районов города определены, или, другими словами, известен оптимальный план застройки города*. Можно, однако, отметить, что из применения (5) по определению этажности застройки и условия (15) по определению очередности строительства вытекает прямой путь составления оптимального плана застройки города в целом. В практических расчетах, конечно, можно отказаться от ряда допущенных выше непринципиальных упрощений, как, например, непрерывность роста темпов жилой площади в городе, непрерывность удельных затрат как функции времени и т. д., что ведет к применению разностных уравнений вместо дифференциальных. Сложнее отказаться от допущения о том, что удельные затраты жилой площади в отдельных районах независимы от очередности их освоения. Учет подобных усложняющих условий может вести к тому, что критерии (5) и (15) будут для построения оптимального плана необходимыми, но недостаточными условиями. Поэтому в более сложной градостроительной ситуации экономические оценки следует рассматривать в первую очередь не как инструменты для составления оптимального плана, а как вытекающие из него показатели, которыми необходимо руководствоваться при локальных уточнениях в ходе осуществления оптимального плана.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Г. Гофман. Некоторые вопросы совершенствования современной практики оценки средств производства. Экономика и матем. методы, 1969, т. V, вып. 4.
2. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. Экон. газета, 1969, № 39.
3. Основные положения методики экономической оценки природных ресурсов в массовых планово-проектных расчетах (проект). М., 1971.
4. Х. Абен, Ю. Каяри, Л. Хальяк. К применению методов кибернетики при составлении генерального плана города. Архитектура СССР, 1966, № 1.

Поступила в редакцию
4 V 1971

* Методике составления оптимального плана застройки города посвящен ряд специальных исследований, например [4].