Оптимизация последовательности реконструкции энергоресурсосберегающих объектов в условиях роста неопределенности

Болотин С.А.,
Дадар А.Х.

Для комплексной оценки проекта реконструкции многочисленные энергоресурсосберегающие мероприятия объединяют в суммарный денежный поток, при этом в организационном плане денежный поток разделяется на три составляющие. До проведения реконструкции объекта, его функционирование связано с прединвестиционным потоком, во время реконструкции — с инвестиционным потоком, а после реконструкции с доходным потоком, капитализация которого должна, как правило, увеличиться за счет эффективной реализации энергоресурсосберегающих мероприятий.

Ключевые слова: *энергосберегающие объекты, системный риск, рост неопределенности*



**Болотин
Сергей Александрович,**
д.т.н., проф.,
декан факультета
городского строительства
и жилищно-коммунального
хозяйства СПбГАСУ
Тел.: 8-904-551-80-99
sbolotin@mail.ru



**Дадар
Алдын-кыс Хунаевна,**
к.т.н., доц.,
декан инженерно-
технического
факультета Тывинского
государственного
университета.
Тел.: 8.913.355-01-23.
daryi@mail.ru

Современный мировой опыт показывает, что в строительстве на первый план выходит реконструкция объектов и при этом основным требованиями, предъявляемыми к подобным объектам, являются стремительно возрастающие нормативы по энергоресурсосбережению.

При реальном планировании комплексной реконструкции на достаточно большом множестве объектов могут иметь место два глобальных ограничителя. Первый связан с невозможностью реконструкции сразу всех объектов, например, из-за ограничения на одновременное переселение большой группы людей, либо из-за невозможности одновременной остановки работы реконструируемого комплекса объектов. Второй ограничитель связан с невозможностью одновременного финансирования всех реконструируемых объектов. Наличие указанных ограничителей вносит следующую специфику в планирование: из всего комплекса объектов выделят отдельные объекты, и между ними устанавливают последовательность реконструкции.

При большом числе объектов задача оптимального планирования становится сложной в вычислительном отношении, поскольку число вариантов определяется факториальной функцией от числа объектов, входящих в очередность реконструкции. Применение к данной задаче какого-либо традиционного оптимизационного алгоритма направленного перебора дополняется сложностью использования такого актуального критерия экономической эффективности, каким является чистый дисконтированный доход. Данный критерий сам по себе представляет собой достаточно сложную целевую функцию $NPV = \Sigma NPV_j \rightarrow \max$, каждый член которой определяется следующим выражением

$$NPV_j = V_j \frac{1-\alpha^{-S_j}}{\ln\alpha} - \int_{S_j}^{F_j} \alpha^{-t} c_j(t)dt + R_j \frac{\alpha^{-F_j} - \alpha^{-T}}{\ln\alpha}, \quad (1)$$

где $V_j(t)$ — функции годовых операционных доходов (расходов) до проведения реконструкции на j-м объекте;

$R_j(t)$ — функции годовых операционных доходов (расходов) после проведения реконструкции на j-м объекте;

$C_j(t)$ — функция инвестиционных затрат в реконструируемый объект;

S_j и F_j — сроки начала и окончания реконструкционных работ на объекте;

T — продолжительность выполнения всех реконструкционных работ;

$E = \alpha - 1$ — норма дисконта, включающая безрисковую составляющую (ставку), темп инфляции и премию за риск инвестиций в комплексный проект.

Следует отметить, что для формирования всех денежных потоков обязательно необходима разработка соответствующих календарных планов, при чем с их формированием связаны три группы ограничений: топологические, ресурсные и временные, что дополнительно делает поставленную задачу информационно сложной. Поэтому снижение вычислительной сложности подобного рода задач является актуальной проблемой, а для реализации этой цели нами предлагается использовать закономерности, связанные с распределением неопределенности учитываемых параметров во времени.

В табл. 1 показана классификация основных типов ситуаций, связанных с принятием управленческих решений.

Взяв приведенную классификацию за основу, можно заключить, что процесс долговремен-

ного календарного планирования следует отнести к неопределенной ситуации. Действительно, во время планирования, осуществляемого в настоящее время, объективно отсутствуют будущие статистические данные, что и порождает неизвестность будущей вероятности. Если же планирование ведется от лица хозяйствующего субъекта, а это так и есть, то, по заключению авторов работы [2], следует, что общий глобальный риск производственной системы не виден отдельному хозяйствующему субъекту. Далее те же авторы отмечают: «Про системный характер кризиса типичный представитель реального сектора узнает из газет, из них же он узнает, что все проблемы находятся в финансовом секторе, и ждет, когда политики наконец-то разберутся с жадными банкирами. Итак, мы имеем ситуацию, в которой системный риск заведомо есть, но которого вроде бы и нет». Таким образом, становится вполне ясным, что долговременное планирование последовательности реконструируемых объектов постоянно находится под действием неопределенного системного риска. Рассмотрим некоторые количественные характеристики, связанные с неопределенностью.

В работе [3], посвященной оценке уровня риска инновационного процесса, авторы полагают, что «Радикальные нововведения представляют собой нелинейный, стохастический и непрерывный процесс с непредсказуемыми последствиями, рассчитанный в среднем на 10 лет. Допустимым считается такой риск, при котором величина вероятных потерь лежит в пределах расчетной прибыли. Критическим считается риск, если величина вероятных потерь лежит в пределах расчетной выручки, катастрофическим считается риск, если величина вероятных потерь приближается к значению величины собственного капитала».

Приведем пример количественного определения системного риска, связанного со временем. В работе [4] показано, что стандартное отклонение акций наиболее крупного рынка США в 50-е годы XX века упало с 29% до 16% (практически в два раза), в то время как стандартное отклонение доходности облигаций за этот период возросло с 4% до 11,5% (практически в три раза). Таких примеров волатильности можно привести достаточно много, и все они с убедительностью показывают, что любой проект в силу изменения внешних причин может с легкостью достичь как критического, так и катастрофического уровня.

Таким образом, в качестве промежуточного результата можно резюмировать, что при планировании долговременной оптимальной очереди, состоящей из реконструируемых энергоресурсосберегающих объектов, не учитывается возрастающая во времени неопределенность их реализации. Экономическая же оценка вариантов очередности, осуществляемая по формуле (1), одинаково учитывает изменения как для объектов, расположенных в начале очереди, так и для объектов, расположенных в конце очереди.

Таблица 1. *Типы ситуаций при принятии управленческого решения [1].*

Тип ситуации для принятия решения	Краткая характеристика неопределенности по предлагаемому признаку
1. Ситуация определенности	Выбор конкретного плана действий из множества возможных всегда приводит к известному, точно определенному исходу.
2. Ситуация риска	Выбор конкретного плана действий может привести к любому исходу из их фиксированного множества, известны вероятности осуществления всех возможных исходов, каждый план характеризуется конечной вероятностной схемой: дискретным распределением вероятностей осуществления возможных исходов.
3. Ситуация неопределенности	Выбор конкретного плана действий может привести к любому исходу из фиксированного множества исходов, но вероятности их осуществления неизвестны. Здесь следует выделить два случая: вероятности не известны в силу отсутствия необходимой статистической информации; ситуация не статистическая, и об объективных вероятностях вообще говорить не имеет смысла. Это и есть ситуация чистой неопределенности в узком смысле.

Попробуем разобраться, как можно смоделировать риск будущей временной неопределенности. В работе [5] авторы определяют два «лица» времени через две функции, которые время выполняет в нашей жизни. Согласно первой – время позволяет сравнивать длительности процессов и явлений. Данная функция используется, например, при подсчете затрат труда, энергии, денег на выполнение какого-то плана. Вторая функция дает возможность при помощи времени установить очередность, или, другими словами, порядок событий. Это свойство необходимо для выявления причинно-следственных связей в цепи событий, для согласования действий частей в многокомпонентных системах и др. Имеется еще один взгляд на модель времени, заключающийся в том, что все его мгновения существуют одновременно и этот вариант характеризуется статистической концепцией времени [6, с.106]. Однако для нас достаточно того, что время – это продолжительность процесса в календарном плане и время – это порядок освоения объектов в некотором комплексном проекте.

Вероятностные аспекты количественного описания интересующей нас неопределенности даны в работе [7], в которой автор сформулировал специальный принцип неопределенного будущего события: «Вероятность будущего события содержит неопределенность». Математически этот принцип записан автором в виде выражения.

$$P_{факт} \sim P_{план} + \Delta_{+}P(S_{сит};\ P_{план}) - \Delta_{-}P(S_{сит};\ P_{план}) \qquad (2)$$

где

$P_{факт}$ — фактическая вероятность события;

$P_{план}$ — планируемая (прогнозируемая, предусмотренная и т.п.) без учета незапланированных (непредвиденных, непредусмотренных и т.п.) неопределенностей вероятность будущего события;

$S_{сит}$ — параметры, зависящие от ситуации;

$\Delta_{+}P$ — часть неопределенности, увеличивающая вероятность;

$\Delta_{-}P$ — часть неопределенности, уменьшающая вероятность.

На приведенной выше основе автор делает вывод, что изменение вероятностей будущих событий, «отталкивается» от края диапазона вероятностей (от 0% и от 100%). Если предварительно задано некоторое событие, например выигрыш с ве-

роятностью Рплан, близкой к границе диапазона вероятностей, то есть к 100% или к 0%, то, из-за наличия неопределенности P, реальная средняя вероятность Рсредн, по сравнению с запланированной вероятностью Рплан, смещается, «отталкивается» от границы диапазона к его центру. Аналогично, для предварительно заданной вероятности Рплан = 1% и P = 5%, ее реальная средняя вероятность будет Рсредн > 1%. Это будет справедливо и при меньших P, в т.ч., при учете спектрального разложения P.

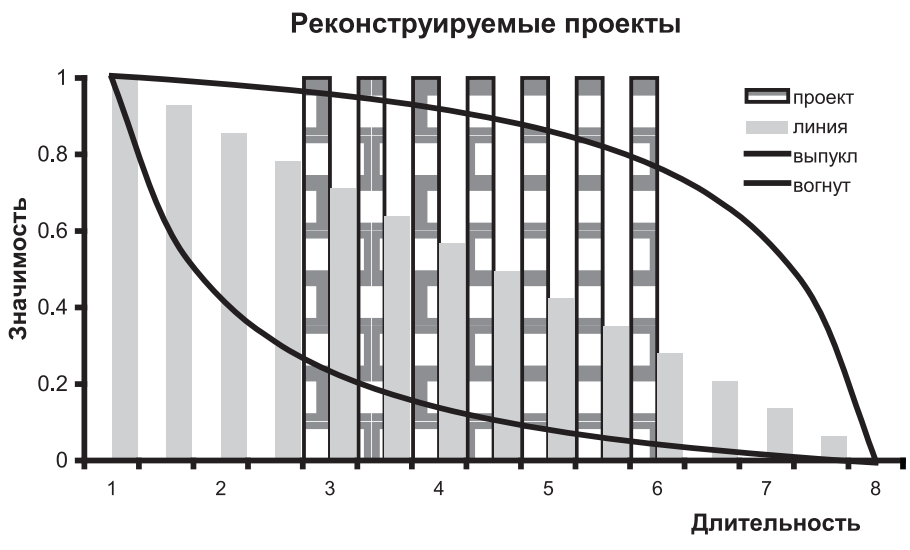
Таким образом, из принципа неопределенного будущего следует, что в области высоких вероятностей реальная средняя вероятность будет меньше запланированной, а в области низких вероятностей реальная средняя вероятность будет больше запланированной.

Далее в работе [7] автором ставится вопрос о правомерности аппроксимационного прогнозирования и даются рекомендации по расчетам и оценкам прогнозирования будущих явлений макромира на основании данных о настоящем положении и скорости изменения этих явлений. При этом отмечается, что точные расчеты возможны только для достаточно малых интервалов времени, для которых корректно выбранное приближение. В общем автор заключает, что аппроксимационный подход возможен как база для оценки возможных отклонений и для более продолжительных интервалов времени.

Интерес представленного выше описания заключается в том, что порядок освоения объектов в планируемой последовательности существенным образом коррелирует со значимостью объекта в очереди, а именно, чем раньше запланирована реконструкция объекта, тем выше его значимость, определяемая большей определенностью. При этом также установлено, что значимость объекта может рассматриваться как монотонно уменьшающаяся функция.

Однако, поскольку этих данных явно недостаточно для количественного описания неопределенности в оптимизационном процессе, то необходим анализ дополнительных соглашений. На рис.1 показаны возможные изменения значимостей, определенных диапазоном от 0 до 1, в функции времени, которое меняется от 0 до заранее определенного горизонта планирования.

Рис.1. *Изменение значимости времени на протяжении горизонта планирования.*



Все показанные на рисунке кривые имеют монотонно убывающий характер. Особенность верхней кривой заключается в ее выпуклости, связанной с увеличением скорости убывания значимости. Верхним пределом этой кривой является относительно неизменная значимость, резко снижающаяся до нуля при подходе к горизонту планирования. Нижний предел кривой определяется постоянной скоростью убывания значимости. На наш взгляд, данное множество кривых должно быть элиминировано по причине резкого и не естественного уменьшения значимости времени в конце горизонта планирования.

Особенность нижней кривой заключается в ее вогнутости, связанной с уменьшением скорости убывания значимости. Верхний предел определяется кривой с постоянной скоростью убывания значимости. Нижним пределом этой кривой является скачкообразное снижение значимости до нуля в самом начале диапазона планирования. На наш взгляд, именно данное множество кривых должно быть принято к дальнейшему рассмотрению, так как оно описывает постепенное (почти асимптотическое) уменьшение значимости времени до нуля в точке, определяющей горизонт планирования.

Для существенно вогнутой монотонно убывающей функции может быть предложен следующий эвристический алгоритм оптимизации, получивший название «наискорейшего спуска» в традиционном «дереве» решений [8]. На первом шаге оптимизации для всех N объектов формируются денежные потоки, по которым определяется объект с максимальным чистым дисконтированным доходом, этот объект определяется как доминирующий и ставится на первое место. Далее, по аналогичной процедуре, из оставшихся N-1 объектов определяется доминирующий объект второй очереди и так далее до полного построения оптимальной последовательности. На реализацию описанного построения требуется расчет N(N-1)/2 вариантов, что существенно меньше расчета числа вариантов, определяемых факториальной функцией N!

Показанная на рис.1 некоторая усредненная кривая разделяет все монотонно убывающие кривые на две области. Эта кривая характеризуется линейным уменьшением значимости во времени, то есть уменьшением с постоянной скоростью. Для данной зависимости можно показать, как меняется модифицированный дисконтирующий множитель при корректировке, учитывающей изменение значимости времени

$$k_d=(1+E)^t \quad (3)$$

$$k_{dm}=(1+E)t^{G/t-G} \quad (4)$$

где k_d, k_{dm} – простой и модифицированный дисконтирующий множитель;

E – норма дисконта, аддитивно зависящая от безрисковой ставки — E_k, темпа инфляции — I и премии за риск — R ($E=Ek+I+R$);

t – текущее время;

G – горизонт планирования.

Следует заметить, что при введении бесконечного горизонта планирования, то есть когда горизонт планирования не учитывается, простой и модифицированный дисконтирующие множители оказываются равными. Такое же равенство наблюдается и при значении текущего времени близким к нулю, то есть показываю-

щим настоящее время. Когда же текущее время приближается к горизонту планирования модифицированный дисконтирующий множитель устремляется к нулю, определяя тем самым нулевую современную стоимость.

Покажем, как модифицированный дисконтирующий множитель может быть приведен к традиционному дисконтирующему множителю, в котором значение нормы дисконта увеличится за счет добавки на риск, связанный с учетом неопределенности времени. Рассмотрим соотношение

$$k_d(\alpha+\Delta R) = k_{dm}(\alpha). \quad (5)$$

Решая уравнение (5) относительно искомой добавки на риск ΔR, получаем следующую формулу

$$\Delta R = exp(\beta ln\alpha) - \alpha, \quad (6)$$

где $\beta = G/(G-t)$ – промежуточная величина.

Как видно из формулы (6), величина дополнительного риска за неопределенность времени связана с соотношением текущего времени и горизонта планирования. Если текущее время близко к настоящему времени, то есть к нулевому моменту, то значение дополнительного риска практически равно нулю, при больших значениях величина дополнительного риска возрастает, как это показано в табл.2.

Результаты, представленные в табл.2 показывают меньший риск и большую значимость для объектов, находящихся в начале очереди, что повышает эффективность оптимизации при использовании различных алгоритмов направленного перебора.

Резюме.

Представленное исследование позволяет количественно учитывать влияние временного смещения объектов реконструируемого комплекса, заданного горизонтом планирования, на оптимизационные эффекты при определении очередности освоения объектов. Вместе с этим данное исследование дополнительно нацеливает на поиск таких функций, которые бы адекватно отражали свойство неопределенности времени при планировании будущих событий.

Список литературы:

1. Тычинский А.В. Управление инновационной деятельностью компаний: современ-ные подходы, алгоритмы, опыт. Таганрог: ТРТУ, 2006.

2. Григорьев О., Хазин М. Проблема рисков в современной экономике//»Однако», N28(44), июль 2010.

3. Шамина Л.К. Петров Д.Н. Динамика риска ошибочного выбора инновационного проекта // Альманах современной науки и образования. Тамбов, №9(28), 2009

4. Теплова Т.В. Динамика рисков на финансовых рынках и нестандартные модели обоснования затрат на собственный капитал.// Финансовый менеджмент, №6, 2005.

5. Арманд А.Д., Люри Д.И. и др. Анатомия кризисов. М.: Наука, 1999.

6. Арсенов О. Физика времени. М.: «ЭКСМО», 2010.

7. Харин А.А. Принцип неопределенного будущего, примеры его применения в эко-номической теории, возможности его применения в теориях сложных систем, в теории множеств, теории вероятностей и логике. Моделирование и Анализ Безо-пасности и Риска в Сложных Системах: Труды Международной Научной Школы МАБР, 2007.

8. Лопатников Л.И. Краткий экономико-математический словарь. М.: Наука, 1979.

Таблица 2.
Дополнительный риск в функции от времени.

τ/T	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75
ΔP	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.16	0.19	0.24	0.3	0.38	0.48	0.64	0.87



Рисунки последних лет из коллекции работ Павловой Л.И. публикуются в нашем журнале впервые.