

**Банникова А.В.,**  
*студент магистратуры*  
**2 курс, Строительный факультет**  
**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный**  
**университет**  
**Россия, г. Санкт-Петербург**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ УЧЕТА РИСКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные методы учета рисков, а именно метод экспертных оценок, метод PERT, в т.ч. метод Монте-Карло, метод анализа чувствительности, метод критической цепи. Определяются достоинства и недостатки каждого из методов. Рассматривается применимость метода критической цепи в строительстве. В статье собраны данные из существующих научных работ по данной теме.

**Ключевые слова:** строительство, продолжительность строительства, управление сроками, учет рисков, сроки строительства, строительные работы, календарное планирование.

**Annotation:** The article deals with the main methods of risk accounting, namely the expert assessment method, the PERT method, including the Monte Carlo method, the sensitivity analysis method, and the critical chain method. The advantages and disadvantages of each method are determined. The applicability of the critical chain method in construction is considered. The article contains data from existing scientific papers on this topic.

**Key words:** construction, construction duration, time management, risk management, construction terms, construction work, scheduling.

Рассмотрим наиболее популярные методы оценки учета рисков.

**Метод экспертных оценок.** Сущность данного метода - определение предварительно выбранными экспертами сравнительных балльных оценок различных рисков.

Поскольку рассматриваемые риски неравноценны между собой, то разработчиками проекта, как правило, определяются весовые коэффициенты значимости каждого риска. Итогом подобных расчетов является средневзвешенная интегральная балльная оценка риска варианта реализации проекта.

Последовательность выполнения данного метода:

1. Определение метода экспертных оценок.
2. Отбор экспертов.
3. Интеграция экспертных оценок.

Выявление экспертных оценок необходимо при анализе наиболее существенных аспектов исследуемой проблемы, особенно в ситуациях дискуссионности их трактовок или фактического отсутствия определенности в их осмыслении наукой. В таких случаях метод экспертных оценок выступает в роли основного метода исследования, программа его проведения отражается в общей программе исследования. Если же данный метод играет вспомогательную роль, добавляя информацию к полученной иными методами, то исследователи обязаны составить особую (самостоятельную) программу его реализации.

Получаемые таким образом результаты достаточно субъективны, поскольку не опираются на надежную статистическую информацию. Они сильно зависят от применяемой методики подбора экспертов, достоверности рекомендуемых ими балльных оценок и методики ранжировки рисков в порядке убывания их значимости.

**Метод PERT.** Метод PERT (англ. Program Evaluation Review Technique) часто используется при управлении проектами и проведении анализа производственных процессов.

Метод PERT является инструментом, который вычисляет ожидаемое значение продолжительности проекта или отдельного процесса. При управлении проектами метод PERT практически всегда используется в сочетании с методом критического пути (*англ. CPM, Critical Path Method*).

Метод PERT и метод критического пути принципиально различаются по области их применения. Метод критического пути используется для оценки сроков завершения всего проекта или групп взаимосвязанных задач, а метод PERT применяют для оценки длительности отдельных задачи.

В крупных, сложных и долгосрочных исследовательских проектах трудно определить сроки выполнения работ и разработать детализированный график. Для них предназначен метод PERT, который расшифровывается как метод оценки и анализа проекта и применяется, когда точная продолжительность работ неизвестна.

Между двумя методами анализа проекта существуют различия:

- Критический путь ориентирован на длительность работ, а метод PERT — на ключевые события (вехи);
- Критический путь используется при наличии точной оценки времени работ проекта, а PERT — для программ, где предсказать продолжительность проблематично;
- В методе критического пути работы имеют любой тип зависимости, а метод PERT используется для одного — «финиш-старта» (завершение одной работы зависит от начала другой).

Согласно методу PERT, управление проектом — это контроль за общей продолжительностью при существующей неопределенности выполнения работ. Чтобы применить его и рассчитать длительность работы, используются три оценки:

- Вероятная оценка — промежуток времени, когда существует высокая вероятность завершения работы;
- Оптимистичная — самый короткий срок, за который выполняется производственный процесс;

– Пессимистическая оценка — самое длительное время, которое потребуется для выполнения работы.

Преимущества этого метода:

1. Метод полезный, когда проект новый и мало информации о сроках реализации подобных планов действий;
2. Метод упрощает планирование и уменьшает неопределенность проекта;
3. Метод дает точную дату завершения проекта.

Недостатки этого метода:

1. Человеческий фактор, субъективный анализ и неточность оценки могут повлиять на календарный график;
2. Обновление и обслуживание графика требует много времени и средств;
3. Сложность в управлении, нет гарантий, что график останется неизменным на протяжении всего проекта.

Приоритетная задача управления сроками – это понимание того, нужно ли вмешиваться в ход выполнения проекта для возвращения временных ограничений в базовые рамки. Для быстрого анализа временных показателей программы важно разрабатывать детальную, удобную и подробную календарную схему. В случае масштабных проектов, когда определить точные сроки выполнения работ затруднительно, с помощью метода PERT можно разработать оптимальное расписание и рассчитать наиболее вероятные сроки реализации плана действий.

**Метод анализа чувствительности.** Суть данного метода учета рисков состоит в оценке изменчивости ключевых оценочных показателей (ЧДД, срока окупаемости, внутренней нормы прибыли) под влиянием незначительных изменений входных параметров (например, объема платежеспособного спроса, цен на комплектующие, уровня оплаты труда, темпов инфляции и т.д.).

В целом, можно констатировать, что и инфляционные процессы, и факторы риска оказывают существенное влияние на результаты оценки

эффективности инвестиционных проектов. Методы их учета, рассмотренные в настоящей главе, приобретают особую актуальность в российских условиях, характеризующихся недостаточно благоприятным инвестиционным климатом.

В процессе анализа чувствительности риск непосредственно не измеряется, однако оценивается устойчивость проекта и формируется информация для принятия решений при поступлении неблагоприятных ситуаций на рынке.

Анализ чувствительности позволяет количественно измерить устойчивость проекта как его способность противостоять неблагоприятным изменениям условий его осуществления. Этот метод может быть реализован в рамках двух основных подходов – аналитического и имитационного подхода к количественной оценке устойчивости проекта к изменению внутренних и внешних факторов риска.

### ***1. Аналитический подход.***

При использовании этого подхода формулируются специальные математические выражения, которые в явной форме представляют зависимости параметров денежного потока и численного значения критерия оценки проекта, например, чистой настоящей стоимости. Изменяя значение параметра, можно определить соответствующее изменение чистой настоящей стоимости и оценить ее колебание или чувствительность к этому фактору. Преимущество данного подхода состоит в том, что математическое выражение степени влияния параметров денежного потока на чистую настоящую стоимость или другой показатель полезных результатов (ее чувствительность по отношению к изменениям этих параметров) позволяет оценить устойчивость проекта. Однако существенная трудность при этом заключается в том, что в ряде случаев обосновать необходимые соотношения в явном виде достаточно сложно.

### ***2. Имитационный подход.***

Данный подход предполагает моделирование изменений параметров денежного потока и обоснование оценки устойчивости чистой настоящей

стоимости и других критериев оценки проектов в процессе имитационных расчетов на ЭВМ. При этом различают:

- дискретный анализ чувствительности, который предусматривает моделирование пошагового изменения параметров компонентов денежного потока инвестиционного проекта; проведение последовательных расчетов чистой настоящей стоимости при относительно небольших изменениях этих параметров и обоснование границ изменения рассматриваемых параметров, в пределах которых чистая настоящая стоимость проекта остается положительной, а проект — относительно устойчивым к изменениям параметров в пределах указанных интервалов; обоснование численной оценки чувствительности чистой настоящей стоимости к указанным изменениям параметров денежного потока;

- метод Монте-Карло, который опирается на компьютерное моделирование распределений параметров денежного потока и оценку влияния параметров этих распределений на изменение чистой настоящей стоимости и устойчивость реализации проекта. В этом случае чувствительность чистой настоящей стоимости оценивается по отношению к стандартному отклонению и другим параметрам моделируемых распределений факторов риска.

Применение указанных методов анализа чувствительности позволяет определить количественные меры влияния рассматриваемых факторов на значение чистой настоящей стоимости, которые можно представить в виде таблицы значений или графиков.

Преимуществом данного подхода является:

- относительная простота и возможность компьютерной реализации;
- получение исходной информации для управления в условиях неблагоприятного значения отдельных факторов.

А недостатком:

- часто невозможно оценить комплексное влияние всех рассматриваемых факторов или их групп.

Это связано с принципиальными трудностями построения многомерных таблиц в компьютере и требует больших затрат труда и времени на проведение подобных расчетов.

Достоинства и недостатки различных подходов следует учитывать при решении вопроса о том, какой подход предпочтительнее при обосновании того или иного инвестиционного проекта. Выбор будет зависеть от наличия или отсутствия необходимой информации, от степени достоверности этой информации, от формы, в которой должен быть получен конечный результат оценки устойчивости проекта.

К достоинствам анализа чувствительности относят:

- наглядность, поскольку искомая зависимость результата от факторов выражается в явной аналитической или табличной форме;
- достаточно высокую гибкость и относительную простоту использования;
- его реализация не требует дополнительной информации о проекте;
- он позволяет сформировать информацию о возможностях управления проектом в условиях его исполнения, когда в будущем внешние факторы будут оказывать неблагоприятное воздействие на его результаты.

Недостатки анализа чувствительности определяют ограничения его практического использования в процессе управления рисками.

Они состоят в том, что:

- не происходит непосредственного измерения риска, он учитывается косвенно, через сравнение различных вариантов реализации анализируемого инвестиционного проекта;
- в рамках этого подхода предварительный отбор сравниваемых инвестиционных проектов или возможных реализаций инвестиционного проекта не проводится и рассматриваемые области изменения учитываемых факторов заранее не обосновываются;
- трудоемкость метода анализа чувствительности возрастает по мере увеличения числа анализируемых факторов, даже с учетом возможностей

современных компьютеров, поскольку, во-первых, приходится рассматривать достаточно большие интервалы изменения факторов, а во-вторых, при комплексной оценке влияния факторов требуется построение многомерных таблиц.

**Метод критической цепи.** Англ. *critical chain project management* (ССРМ) — метод планирования и управления проектами, базирующийся на методе критической цепи и принципах теории ограничений, который, в дополнение к традиционной технике оценки и анализа проектов PERT, опирается на расчёты по зависимостям ресурсов, рискам, неопределённостям. В частности, в методе широко применяются буферы для снижения проектных рисков в проекте и обеспечения устойчивости построенного плана-графика проекта, визуализации «трендов проникновения в буферы» (англ. *fever chart*), расчёт проекта от крайнего срока завершения (а не от начала, как в классическом PERT).

Разработан создателем теории ограничений Элияху Голдраттом.

Первая основная особенность расчётов по методу — учёт ресурсных зависимостей между задачами; в случае неограниченных ресурсов расчёт по методу критической цепи даёт такой же результат, как и PERT.

При наличии ограниченных ресурсов используются следующие методы:

1. Поиск задач, которые идут параллельно для одного ресурса выше его доступности, для таких задач производится создание дополнительных «ресурсных связей». Методика установки таких связей Голдраттом не описана, то есть не указано какая из задач в перегрузке должна быть первой, в практических реализациях может использоваться перебор разных вариантов установки ресурсных связей и определение наиболее короткого расписания среди вариантов;

2. Идентифицируется «критическая цепь», то есть критический путь с учётом ресурсных связей, то есть последовательность задач, которые не имеют запаса по времени выполнения и срыв их срока срывает срок всего проекта.

3. Применяется следующий принцип («первый закон Паркинсона в управлении проектами»): всякая задача занимает всё отведённое ей время,



предлагается считать, что задачи имеют внутри себя «буферы подстраховки» на 50 % их длительности, что соответственно примерно 50 % вероятности завершения задачи в срок если из неё изъять «резерв». Голдратт предложил изъять резервы из задач и организовать их следующим образом: резервы задач на критической цепи собрать в «буфер проекта» (к этому же буферу добавляется время до крайнего срока завершения проекта), а буферы задач не на критической цепи собрать около неё (во многих реализациях метода буфер даже визуализируется как ещё одна задача). Таким образом, основная цель метода — защита сроков выполнения задач на критической цепи и крайнего срока завершения проекта. Срабатывание рисков визуализируется диаграммой «трендов проникновения в буферы», что позволяет менеджеру проекта понять, где именно срабатывают риски и оперативно реагировать на истощение буферов.

Метод критической цепи (МКЦ) – это метод планирования и управления проектами, который обращает большее внимание на ограничения, связанные с ресурсами проекта.

Этот метод противоположен методам критического пути или PERT в том смысле, что он не предполагает жесткой последовательности задач и жесткого планирования. Напротив, календарный план, составленный с использованием МКЦ, содержит выровненную нагрузку ресурсов по времени, но требует от исполнителей задач быть гибкими по ношению ко времени начала выполнения задач и быстро переключаться между задачами и цепочками задач (но не работать над ними одновременно), с целью удержать весь проект в рамках запланированного времени.

То есть МКЦ предлагает сконцентрировать внимание не на достижении оценок задач и промежуточных вех, а на достижении единственно важной даты – обещанной даты завершения проекта.

Данный метод сформирован на положениях теории ограничений.

Теорию ограничений систем (ТОС) сформулировал и обосновал Э.М. Голдратт. Она специально создавалась и развивалась в области промышленного производства, где для достижения конечной цели большое значение имеют:

- Скорость генерации дохода;
- Размер связанного капитала;
- Скорость операционных расходов<sup>[1]</sup>.

Применение ТОС и метода критической цепи к проектам промышленного производства позволило оптимизировать данные показатели и максимизировать прибыль.

ТОС легко встраивается в области, смежные с производительной деятельностью, в том числе в управление проектами. Теория Э. Голдратта получила большое количество последователей, продолживших ее дальнейшее совершенствование.

В книге Э. Голдратта сформулирована последовательность шагов оптимизации работ системы:

Шаг 1. Найти ограничения системы;

Шаг 2. Решить, как эффективно использовать ограничения системы;

Шаг 3. Согласовать все остальные действия с этим решением;

Шаг 4. Повысить пропускную способность ограничения;

Шаг 5. Если на предыдущем шаге узкое звено было устранено, то вернуться к шагу 1<sup>[2]</sup>.

В обосновании теории ограничений Э.М. Голдратта использовано немало законов, относящихся к своеобразному управленческому фольклору, среди которых закон Мерфи, Паркинсона, Питера и др. Однако они вполне достоверно описывают процессы, имеющие место в действительности. В них можно выявить дополнительный смысл.

Необходимо отметить, что в своих работах и Э. Голдратт и Л. Линч, постулируют, что вероятность выполнения того или иного проекта в срок соответствует бета-распределению с ярко выраженной левой асимметрией.

---

<sup>1</sup>Голдратт Э.М. Цель. Процесс непрерывного совершенствования / Элияху М. Голдратт, Джефф Кокс; пер. с англ. Е. Федурко. – Минск: Попурри, 2014. – 400 с.

<sup>2</sup> Детмер У. Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию / Уильям Детмер; пер. с англ. У. Саламатова. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 444 с.

Период времени, соответствующий вероятности 50 % значительно короче срока, соответствующего вероятности 80 % или 90 %, который специалисты пытаются заложить при планировании. Эта разница и является подстраховкой.

Несмотря на попытки специалистов учесть при планировании максимум неблагоприятных факторов, успешно заканчивается только 1/3 проектов.

Усиление действия законов Мерфи вплоть до невозможности устранения их последствий происходит из-за потери сфокусированности исполнителей из-за одновременного выполнения и контроля нескольких задач [3]. Многозадачность ведет к увеличению длительности работы по причине «перепрыгивания» от одного процесса к другому.

Л.Лич в своей работе [4] приводит пример, когда исполнитель в течение дня последовательно работает над тремя задачами, продолжительность каждой из которых при условии непрерывности составляет одну неделю. При ежедневном одновременном выполнении трех процессов их длительность увеличивается до трех недель, что провоцирует запаздывание и последующих связанных задач.

Кроме того, необходимо добавить время на восстановление подробностей, особенно если задачу сопровождает сложная мыслительная работа:

– студенческого синдрома: «спешить некуда, поэтому начинаем в последнюю минуту». Когда человек считает, что на выполнение задачи достаточно времени, исчезает мотивация к немедленному началу процесса. Резерв исчерпывается до того, как начинается работа, и проявление закона Мерфи в дальнейшем компенсировать не удастся, а это приводит к запаздыванию проекта;

– действия закона Паркинсона: «работа расширяется, чтобы заполнить все время, остающееся до ее завершения». Э.Гордратт замечает: «При последовательных элементах отклонения по времени не усредняются.

---

<sup>3</sup> Голдратт Э.М. Критическая цепь / Элияху М. Голдратт; пер. с англ. Е. Федурко. – Минск: Попурри, 2013. 240 с.

<sup>4</sup> Лич Л. Вовремя и в рамках бюджета: Управление проектами по методу критической цепи / Лоуренс Лич; пер. с англ. У. Саламатова. – 2-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2014. 352 с.

Опоздания аккумулируются, в то время как выигрыши во времени не аккумулируются».

Исполнитель, завершивший задачу ранее обозначенного срока, никогда об этом не заявляет, а предпринимает действия по улучшению выполненной работы и сдаче результатов согласно плану. По-другому проявляют себя запаздывания, которые накапливаются от звена к звену. Следствие: дата завершения проекта отодвигается на сумму этих запаздываний;

Данные факторы приводят к полному расходованию задолженной подстраховки, какой бы большой она ни была, задолго до даты завершения проекта.

Для снижения влияния перечисленных воздействий Э.Голдратт предложил в управлении проектами использовать метод критической цепи.

Ограничением любого проекта, в т.ч. и строительного, по представлениям Э.Голдратта, его узким звеном, является критический путь, определяющий продолжительность проекта. Необходимо отметить, что понятие «ограничение» в данном контексте терминологически расходится с общепринятым в зарубежной и отечественной практике, где под ним понимается условие, формирующее область допустимых решений в оптимизационных задачах. Вместе с тем в привычных программах управления проектами (MS Project, Oracle Primavera, Spider Project) используются «ограничения» на сроки выполнения работ по типам и датам, а также «ограничения» на допустимые ресурсы. Поэтому предложенная Э.М.Голдраттом трактовка термина вполне допустима.

В основе критического пути лежат ограничения по времени, предопределенные исключительно технологическими связями задач. При этом никак не учитывается зависимость элементов с точки зрения их исполнителя. В случае если ресурс занят на одном некритическом пути, а параллельно его работа требуется в другом некритическом пути, провоцируется опоздание, которое приводит к изменению критического пути. Т.е. даже если элементы в составе проекта не связаны технологически, они могут оказаться зависимы от одного ресурса.

Связи элементов с точки зрения и технологии, исполняющего ресурса учитываются в критической цепи. Э.Голдратт определяет ее, как самую длинную цепь, состоящую из отрезков, зависящих от пути, и отрезков, зависящих от ресурса.

Основное отличие метода критического пути от метода критической цепи состоит в том, что в критическом пути неопределенность учтена внутри каждой задачи, а в критической цепи – вынесена отдельно в конец проекта. При этом необходимо отметить, что если в проекте нет ограничения по ресурсам (исполнителям), то критический путь и критическая цепь совпадают.

Вследствие сильных технологических зависимостей этапов строительства метод критической цепи не может применяться в буквальном виде и требует адаптации с учетом особенностей строительных процессов.

Рассмотрим преимущества и недостатки метода критической цепи.

*Преимущества:*

1. выровненная нагрузка ресурсов по времени — в отличие от метода критического пути, вы не скованы жесткой последовательностью задач или строгим планированием;
2. за одну единицу времени выполняется одна задача — можно рассматривать как плюс (нет опасности наложения заданий), так и минус, потому что к исполнителю предъявляются повышенные требования к умению быстро переключаться между задачами и цепочками задач;
3. легко обнаружить возникающие задержки и угрозы срыва сроков окончания проекта — благодаря буферам (буферы проекта, ресурсов и времени и питающий буфер) менеджер проекта способен «защитить» дату окончания проекта от вариаций задач;
4. фокус ресурсов на критически важных задачах — позволяет устранить конкуренцию за ресурсы в рамках проекта;
5. избавляет от таких болезней проекта как «студенческий синдром», использование многозадачности, от действия законов Паркинсона и Мерфи.

### *Недостатки:*

1. увеличенное время реализации проекта — это происходит за счет буферов времени, так как при использовании метода критической цепи ключевым является срок окончания всего проекта, а не срок выполнения отдельной задачи. В большинстве случаев чем дольше длится работа над проектом, тем выше его стоимость;

2. повышенные требования к квалификации проектного менеджера — для успешного внедрения ССРМ недостаточно почитать пару книг, нужна практика и тщательная проработка на бумаге;

3. громоздкость метода критической цепи в «сухом» виде — при создании плана по ССРМ приходится учитывать с десяток факторов: задачи, сроки, буферы и многое другое. Даже если менеджер проекта разберется с этими сложностями, как показать руководству, как это реально работает? Ведь изначальный план будет меняться при дальнейшем развитии проекта. А основная цель проекта — не выполнение плана (пусть и детально проработанного), а эффективное достижение заявленных целей;

4. необходимость формировать отдельные команды под каждый проект — вытекает из невозможности использовать один ресурс одновременно в нескольких разных проектах. В связи с этим Оуд Коуэн, международный эксперт ТОС, заметил, что МКЦ больше подходит для крупных проектов и предприятий, в частности, в сферах установки телекоммуникационных сетей, ремонта и переоборудования самолётов, разработки продуктов для беспроводных технологий новых поколений.

### **Использованные источники:**

1. Голдратт Э.М. Цель. Процесс непрерывного совершенствования / Элияху М. Голдратт, Джефф Кокс; пер. с англ. Е. Федурко. – Минск: Попурри, 2014. – 400 с.

2. Детмер У. Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию / Уильям Детмер; пер. с англ. У. Саламатова. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 444 с.
3. Голдратт Э.М. Критическая цепь / Элияху М. Голдратт; пер. с англ. Е. Федурко. – Минск: Попурри, 2013. 240 с.
4. Лич Л. Вовремя и в рамках бюджета: Управление проектами по методу критической цепи / Лоуренс Лич; пер. с англ. У. Саламатова. – 2-е изд. – М.: Альпина Паблшер, 2014. 352 с.
5. Болотин, С.А., Котовская, М.А. Адаптация метода критической цепи при поточной организации работ.
6. Котовская, М.А. Особенности теории ограничений систем Голдратта и метода критической цепи в области календарного планирования строительных проектов.