

АНАЛИЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА ПРОГРАММ (ПРОЕКТОВ) (PERT) В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ

МАЛАХОВ Р.А.¹, ПИКУС Д.М.²

¹ магистрант специальности 7-06-0732-01 «Строительство»

² к.т.н., доцент, доцент кафедры «Экономика, организация строительства и управление недвижимостью»

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Большое количество проектов не завершаются в течение нормативного срока строительства. Это связано с тем, что строительство – это сложный комплексный процесс, на него могут повлиять многие факторы, такие как задержки поставок, неблагоприятные погодные условия, некачественно выполненные работы, поломки машин и механизмов и др. На стадии планирования неизвестно, какая из этих ситуаций может возникнуть в процессе реализации проекта и нарушить график работ, поэтому строительные проекты требуют усиленного контроля сроков. В таких случаях Заказчику или подрядчику обычно выдается разрешение на продление срока строительства и выставляется неустойка. Результатом являются немедленные финансовые потери для всех субъектов, задействованных в реализации проекта. Эти убытки в конечном итоге способствуют резкому росту затрат на проект. Задержки в реализации таких проектов влекут за собой не только материальные, но и имиджевые (репутационные) потери. Поэтому одной из важнейших задач является строительство объекта в установленный срок. В данной статье рассматривается и анализируется один из лучших способов управления процессом строительства – метод анализа и оценки программ (PERT).

Ключевые слова: строительство, контроль проекта, контроль сроков, вероятностное моделирование, метод анализа и оценки программ, сетевой график.

ANALYSIS AND USE OF THE METHOD OF EVALUATION AND ANALYSIS OF PROGRAMS (PROJECTS) (PERT) IN THE PROCESS OF DEVELOPING CALENDAR PLANS FOR THE CONSTRUCTION OF OBJECTS

MALAKHOV R. A.¹, PIKUS D. M.²

¹ master's student of the specialty 7-06-0732-01 "Construction"

² Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Economics, Construction Organization and Real Estate Management"

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

A large number of projects are not completed within the standard construction period. This is due to the fact that construction is a complex and complex process, which can be affected by many factors, such as delays in deliveries, adverse weather conditions, poorly performed work, breakdowns of machines and mechanisms, etc. At the planning stage, it is not known which of these situations may occur during the project implementation process and disrupt the work schedule, so construction projects require increased time control. In such cases, the Customer or contractor is usually issued a permit to extend the construction period and a penalty is issued. The result is immediate financial losses for all entities involved in the implementation of the project. These losses will ultimately contribute to a sharp increase in project costs. Delays in the implementation of such projects entail not only material, but also image (reputation) losses. Therefore, one of the most important tasks is to build the facility on time. This

article discusses and analyzes one of the best ways to manage the construction process – the Program Analysis and Evaluation Method (PERT).

Keywords: construction, project control, time control, probabilistic modeling, program analysis and evaluation method, network schedule.

ВВЕДЕНИЕ

На всех стадиях реализации объекта строительства неотъемлемой его частью является план-график.

Так согласно СП 1.02.01-2023 «Состав и порядок разработки предпроектной (предынвестиционной) документации» составной частью предпроектной документации по обоснованию инвестиций является график осуществления инвестиционного проекта. Согласно документу, график реализации инвестиционного проекта разрабатывается с учетом требований инвестора проекта и (или) наличия директивно определенной даты окончания строительства. Степень детализации графика реализации инвестиционного проекта определяется применяемыми методами управления и контроля разработкой предпроектной документации. График осуществления инвестиционного проекта увязывают с планом финансирования инвестиционного проекта и графиком закупок [1].

А для объектов строительства, отнесенных в соответствии с классификацией, установленной в СН 3.02.07 к первому классу сложности, график осуществления инвестиционного проекта разрабатывают в соответствии с требованиями СТБ 2529-2018 «Строительство. Управление инвестиционными проектами. Основные положения». В данном документе более подробно описывается практика управления проектами, направленная на эффективную его реализацию. Так согласно разделу 5.21 длительность работ по проекту зависит от количества и вида доступных ресурсов, взаимосвязей между работами, производительности, используемых при планировании календарей, ранее полученного опыта и установленных сроков административных процедур. Работы, входящие в планируемые пакеты работ, изначально допускается представлять в укрупненном виде, а их детализацию — по мере реализации проекта и получения дополнительных данных. Как правило, длительность работы представляет собой компромисс между существующими ограничениями по времени и доступностью ресурсов. В рамках проекта оценку длительности работ регулярно пересматривают, что приводит к формированию новых прогнозов, сравниваемых с базовым планом управления проектом. После формирования расписания проекта и определения его критического пути может потребоваться повторная оценка длительности работ. Если по результатам анализа критического пути выявлена дата окончания проекта, которая находится позже требуемого срока, то может потребоваться изменение длительности работ [2].

Графики строительства обязаны составлять и подрядные строительные организации, так согласно СН 1.03.04-2020 «Организация строительного производства» ППР на строительство объекта включает календарный график производства работ по объекту строительства или комплексный сетевой график, в котором устанавливаются последовательность и сроки выполнения работ с максимально возможным их совмещением [3].

Если необходимость разработки графиков продолжительности определена нормативными документами, то остается выбрать наиболее эффективный метод сетевого планирования.

Давно разработаны различные модели календарно-сетевого планирования. Модели, в которых взаимная последовательность и продолжительность работы заданы однозначно, называются детерминированными сетевыми моделями. К таким моделям относят, например, диаграмму Ганта, метод критического пути (МКП) [4].

Если о продолжительности каких-то работ заранее нельзя задать время однозначно, т.к. могут возникнуть ситуации, при которых изменяется запланированная заранее последовательность выполнения задач проекта, например, зависимость от погодных условий, изменение финансирования, низкое качество работ, то детерминированные модели неприменимы. В этом случае применяются вероятностные модели:

— не альтернативные — метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), метод оценки и пересмотра планов (ПЕРТ, PERT)

— альтернативные — метод графической оценки и анализа (GERT)

Далее в статье будет рассмотрен метод PERT, который практически не применяется на территории РБ, но имеет высокую эффективность и позволяет контролировать ожидаемую продолжительность проекта, а также рассчитать вероятность его завершения в срок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метод PERT (Program Evaluation And Review Technique — метод оценки и пересмотра программ) был создан в 1958 году под эгидой Управления специальных проектов ВМС США (U.S. Navy Special Projects Office) как инструмент для составления графика и контроля за ходом работ при разработке ракет Polaris. [5]

Использование PERT позволяет проводить более сложный анализ поставленной задачи. Этот метод заключается в определении крайних сроков каждого действия и их наиболее вероятной продолжительности. Стоит отметить, что метод PERT представляет собой разновидность анализа по методу критического пути с более критичной оценкой продолжительности каждого этапа проекта. При использовании этого метода необходимо оценить наименьшую возможную продолжительность выполнения каждой работы, наиболее вероятную продолжительность и наибольшую продолжительность на тот случай, если продолжительность выполнения этой работы будет больше ожидаемой. Метод PERT допускает неопределенность продолжительности операций и анализирует влияние этой неопределенности на продолжительность работ по проекту в целом.

Особенность метода PERT заключается в возможности учета вероятностного характера продолжительностей всех или некоторых работ при расчете параметров времени на сетевой модели. Он позволяет определять вероятности окончания проекта в заданные периоды времени и к заданным срокам.

Вместо одной детерминированной величины продолжительности для работ проекта задаются три оценки длительности:

- оптимистическая (работа не может быть выполнена быстрее, чем за $E_{\min i}$);
- пессимистическая (работа не может быть выполнена медленнее, чем за $E_{\max i}$);
- наиболее вероятная $E_{\text{exp} i}$.

Оценка ожидаемой продолжительности отдельных частей реализации объекта, определяемая методом PERT, производится как взвешенное среднее трех оценочных показателей по формуле [6]:

$$E_i = (E_{\min i} + 4 \cdot E_{\text{exp} i} + E_{\max i}) / 6.$$

Тогда суммарная продолжительность по проекту:

$$E = \sum E_i.$$

Еще одной задачей при использовании метода PERT является определение показателя разброса (среднеквадратического отклонения – далее СКО) с тем, чтобы проанализировать возможный разброс в продолжительности в реализации всего проекта. Показатель определяется по формуле:

$$\sigma_{ID} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2},$$

где $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C$ — отклонение от продолжительности строительства для каждой отдельной операции.

Из теории вероятности известно, что в случае нормального распределения разброс значений окончания работы с вероятностью 68,3% определяется как отклонение от $T_{\text{ожид}}$ или математического ожидания на одно СКО вправо и влево (рис. 1). Вероятность 95,4% связывают с диапазоном $2 \times \text{СКО}$, а разброс в $3 \times \text{СКО}$ дает вероятность попадания 99,7% [7, 8, 9]. Т. е. три среднеквадратических отклонения в любую из сторон от среднего фактически захватят все из значений

распределения (рис. 1). При оценке реализации проекта критерий вероятности для каждого отдельного проекта Заказчик выбирает для себя сам. Стоит отметить, что данные графика справедливы при условии независимости времени выполнения работ друг от друга и их большом числе на критическом пути (это дает возможность считать суммарный контур для всего проекта симметричным). Если же работы на критическом пути взаимосвязаны, то указанная сумма дает лишь приближенное представление о СКО времени завершения проекта.

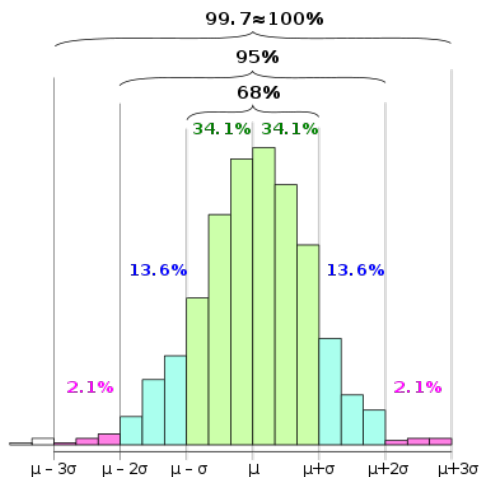


Рисунок 1 — Контур с нормальным распределением

Источник: Wikipedia contributors. "68–95–99.7 rule." *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 17 Oct. 2023. Web. 9 Nov. 2023 [10]

Для большего представления, диаграмму контура с нормальным распределением можно привести к следующему виду касательно использования метода оценки PERT (рис. 2):

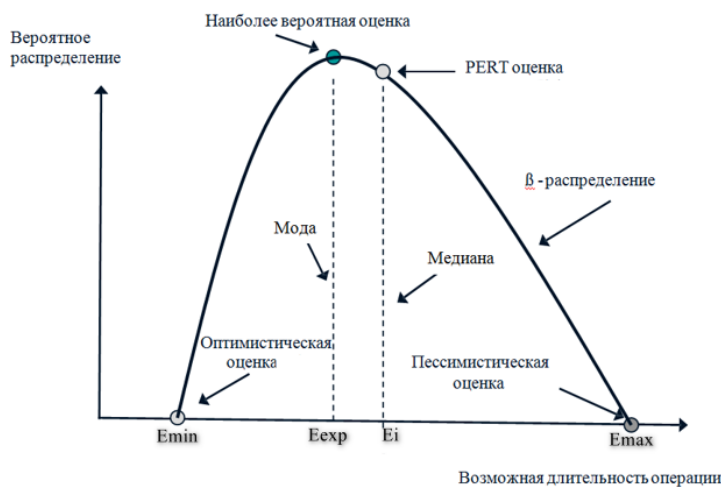


Рисунок 2 — Частотная вероятностная кривая PERT анализа
Источник: Собственная разработка

Отсюда, разница между максимальным и минимальным значениями в этом распределении составляет приблизительно 6 среднеквадратических отклонений. Поэтому оценка среднеквадратического отклонения отдельной операции определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{E_{\max,i} - E_{\min,i}}{6}$$

Но инвесторов, застройщиков так же интересует вероятность реализации объекта в срок, что позволяет оценить риски и при необходимости предпринять дополнительные меры по их снижению. Она определяется по формуле:

$$Z = \frac{T_{plan} - E}{\sigma_{ID}},$$

где T_{plan} — ожидаемое время строительства, например крайняя дата договора строительства.

С помощью таблиц нормального распределения [11] находится вероятность реализации объекта, которая выражается в процентах или долях единиц.

ВЫВОДЫ

Значительным преимуществом метода PERT, является возможность рассчитать вероятность завершения проекта к необходимому сроку, а также найти наиболее достоверный срок реализации объекта с учетом неучтенных факторов и возможных рисков. На основе полученных данных о продолжительности строительства методом PERT может быть составлен сетевой график, который будет наиболее эффективен в оценке сроков и последующем контроле его соблюдения.

Полученная информация в виде вероятностных показателей обеспечивает возможность ускорения работ, перераспределения финансирования и принятия иных мер в случае жестких сроков.

Подрядчики могут оценить свое участие в реализации проекта до даты заключения договора с помощью анализа возможных штрафов, упущенной прибыли, репутационных потерь.

Применение метод PERT наиболее эффективно в рамках реализации национальных проектов, таких как строительство АЭС, национального футбольного стадиона, Минского международного выставочного центра и иных.

Так же рекомендуется в рамках предынвестиционной документации для объектов первого класса сложности в обязательном порядке производить оценку продолжительности строительства с применением метода PERT.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 1.02.01-2023 Состав и порядок разработки предпроектной (предынвестиционной) документации
2. СТБ 2529-2018 Строительство. Управление инвестиционными проектами. Основные положения
3. СН 1.03.04-2020 Организация строительного производства
4. Управление проектами: учебно-методический комплекс по учебной дисциплине / Е.Г. Мелких; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Информационные технологии в управлении» – Минск: БНТУ, 2015.
5. Организация производства и управление предприятием: учебно-методический комплекс для специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» / к.э.н. Васюченко Л.П.; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экономика и право» – Минск : БНТУ, 2013.
6. Организационно-методические основы расчета эффективности проектных решений в дипломном проектировании: учебно-методическое пособие для обучающихся по специальностям 1-27 02 01 «Транспортная логистика (по направлениям)» / Р.Б. Ивуть, Т.Л. Якубовская; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экономика и логистика» – Минск: БНТУ, 2021.
7. Jeffreys H. The Theory of Probability. OUP Oxford, 1998
8. Фунтов В.Н. Основы управления проектами в компании: Учебное пособие. 4-е изд., дополненное и перераб. СПб.. Питер. 2018. – 464 с
9. Хелдман, К. Профессиональное управление проектом / К. Хелдман; пер. с англ. А.В. Шаврина – 5-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 728 с

10. Wikipedia contributors. "68–95–99.7 rule." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 17 Oct. 2023. Web. 9 Nov. 2023
11. Бовтеев С.В., Чайка Ю.О. Вероятностное планирование строительных проектов // Мир строительства и недвижимости. Т. 14. С. 52–54.

REFERENCES

1. JV 1.02.01-2023 Composition and procedure for developing pre-project (pre-investment) documentation
2. STB 2529-2018 Construction. Investment project management. Main provisions
3. SN 1.03.04-2020 Organization of construction production
4. Project Management: an educational and methodical complex for academic discipline / E. G. Melkikh; Belarusian National Technical University, Department of " Information Technologies in Management – - Minsk: BNTU, 2015.
5. Production organization and enterprise management: an educational and methodical complex for the specialty 1-43 01 06 "Energy Efficient technologies and energy Management" / Ph. D. Vasyuchenok L. P.; Belarusian National Technical University, Department of Economics and Law – Minsk : BNTU, 2013.
6. Ivut R. B., Yakubovskaya T. L. Organizational and methodological bases for calculating the effectiveness of design solutions in diploma design: an educational and methodological guide for students in specialties 1-27 02 01 "Transport Logistics (in directions)" / Ивуть, Т.Л. Якубовская; Byelorussian National Technical University, Department of Economics and Logistics-Minsk: BNTU, 2021.
7. Jeffreys H. The Theory of Probability. OUP Oxford, 1998
8. Pounds V.N. Fundamentals of project management in a company: Textbook. 4th ed., expanded and revised. St. Petersburg. Peter. 2018. – 464 s.
9. Heldman, K. Professional project management / K. Heldman; lane from English A.V. Shavrin – 5th ed. – М.: BINOM. Knowledge Laboratory, 2013. – 728 p.
10. Wikipedia contributors. "68–95–99.7 rule." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 17 Oct. 2023. Web. 9 Nov. 2023
11. Bovteev S. V., Chaika Yu. O. Probabilistic planning of construction projects / / World of Construction and Real estate, vol. 14, pp. 52-54.