

## Сетевое планирование при автодорожном строительстве

*А.Ю. Букалова, Г.Э Букалов.*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

**Аннотация:** В статье рассматривается метод сетевого планирования при автодорожном строительстве как метод рационального планирования ресурсов. Приводятся расчет основных показателей сетевого графа таких как раннее начало работ, позднее начало работ, расчет критического пути как вероятного времени продолжительности строительства. Анализ сетевого графика позволяет выявить резерв времени для сокращения сроков строительства путем обоснованного перераспределения ресурсов и техники. Результаты данного исследования позволят на этапе планирования проанализировать данные и выбрать наиболее оптимальный вариант для строительства с позиции правильного распределения ресурсов и техники, а также их экономии.

**Ключевые слова:** автодорожное строительство, сетевое планирование, раннее начало работ, позднее начало работ, критический путь, управление ресурсами, продолжительность строительства.

В настоящее время для множества исследователей стала очевидной необходимость сочетания централизованных устройств регулирования экономики с рыночными подходами. Значительную роль в увеличении производительности общественного производства при переходе к рыночным способам играет социально-экономическое прогнозирование и планирование. При этом необходимым средством реализации прогнозов и планов является сетевое планирование и управление.

Преимущество и актуальность оптимизации сетевого графика как метода планирования в том, что имеют место быть строгие логические элементы, вследствие чего применение современного математического аппарата и вычислительной техники [1,2]. Наглядно видно критический путь, наглядно видна связь между отдельными работами и определяющая продолжительность строительных работ.

Главным недостатком сетевого планирования – это его строгая линейность и инвариантность действий и очередности их осуществления. В сетевом графике не существует отражение вариантов действий и альтернативные способы их выполнения [3,4].

---

Главной целью сетевого планирования является минимизация продолжительности строительных работ по проекту. Сетевое планирование заключается в графическом отображении, наглядной и системной оптимизации последовательных и взаимозависимых строительного-монтажных работ. Метод сетевого планирования предоставляет заказчику инструмент, управления ходом работ, составляющих строительный процесс, а также обоснованного перераспределения ресурсов проекта [5].

В дорожном строительстве время – это важная составляющая всего строительства. Из-за короткого периода строительства и большой вероятности плохих погодных условий данная оптимизация по сокращению срока строительства очень важна. Потому что при сдвиге сроков есть вероятность воспользоваться сохранённым временем для дополнительных работ или проверки сделанных работ. Еще одна главная и очень важная часть строительства – это деньги [6]. Из-за того, что большинство проектов по строительству дорог оплачивается из муниципального бюджета, а также из государственного, то уменьшение стоимости без ущерба в технологии строительства дает огромный плюс не только объекту строительства, но и бюджету [7,8].

Ведущими элементами сетевого графика считаются события и работы. События отвечают вершинам сети, а работы — ее дугам. Событие - это итог, состояние системы в момент достижения кое-какой начальной, промежуточной или конечной цели разработки. Событие не содержит протяженности во времени.

Исходными данными для сетевого планирования ресурсов проекта строительства автомобильной дороги «Бисер – Теплая Гора», в Горнозаводском муниципальном районе Пермского края является нормативная продолжительность строительства согласно СНиП 1.04.03-85 9,8 месяцев, протяженность участка дороги 10,865 км. Исходя из

---

нормативного срока, общая продолжительность строительных работ по объекту принята - 11 мес. В связи со значительными объемами вырубki, продолжительность подготовительного периода увеличена до 2 мес. Общее число рабочих смен - 258. Продолжительность смены – 12 часов. Основные технико-экономические показатели проекта строительства приведены в таблице 1.

Таблица № 1

Основные технико-экономические показатели проекта строительства  
автомобильной дороги

Наименование	Ед.изм	Показатели
Календарная продолжительность строительства объекта, в том числе подготовительный период	мес. мес.	11 2
Трудоемкость работ по объекту	чел.-см	16246
Продолжительность рабочей смены	час.	12
Численность рабочих в смену	чел.	63
Общая численность работающих в смену	чел.	79

Используя методы построения сетевого планирования, основанные на принципах начала последующих работ по окончании предыдущих, а также параллельное производство работ, был построен исходный сетевой график, представленный на рис.1, а также в таблице 2 приводятся основные работы сетевого графика, составленные на основе проекта производства работ.

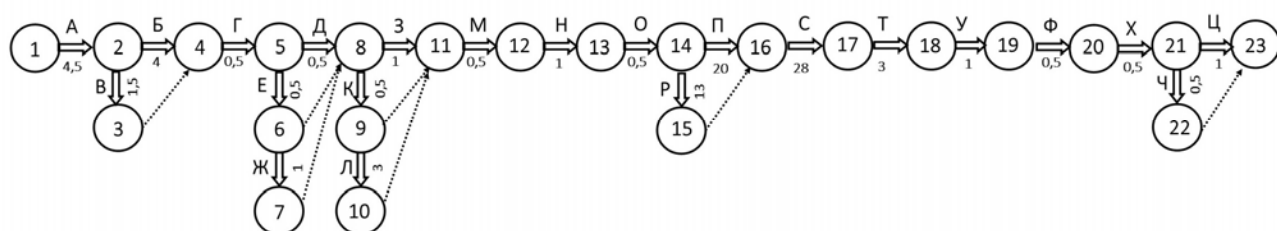


Рис. 1 Исходный сетевой график

Таблица №2

Работы сетевого графика

А	Валка деревьев с трелевкой	1-2
Б	Разделка древесины	2-4
В	Корчевка пней	2-3
Г	Расчистка площадей	4-5
Д	Погрузка пней и древесины	5-7
Е	Демонтаж трубы $d=0,5$ м	5-6
Ж	Транспортировка на склад и свалку	6-7
З	Разработка грунта III гр. бульдозером	8-11
К	Разработка грунта III гр. экскаватором	9-11
Л	Срезка недобора III гр.	10-11
М	Разработка грунта IV гр. Экскаватором	11-12
Н	Срезка недобора IV гр.	12-13
О	Разработка грунта II гр. Экскаватором	13-14
П	Сопутствующие работы	14-15
Р	Буровзрывные работы	14-16
С	Укрепительные работы	16-17
Т	Устройство основания	17-18
У	Устройство покрытия	18-19
Ф	Устройство присыпных обочин	19-20
Х	Устройство знаков	20-21
Ц	Устройство барьерного ограждения	21-23
Ч	Устройство сигнальных столбиков	22-23

Главным элементом сетевого графика представляются как резервы времени, необходимые для завершения строительно-монтажных работ,

предусмотренные проектом, в рамках которых вероятность наступления рисков событий минимальна. Резервы времени каждого события сетевого графика указывают на то, насколько может быть увеличена продолжительность этого события для наступления завершающего события при минимальной величине ущерба [9, 10].

Резерв времени события показывает на какой допустимый временной интервал можно приостановить или отсрочить наступление этого события, не вызывая при данном обстоятельстве наращивания срока выполнения комплекса работ.

Для определения резервов времени по событиям сети планируют более раннее начало работ  $t_p$  и позднее начало работ  $t_n$ . Каждое событие не может наступить прежде, чем свершиться все предыдущие ему события и не будут выполнены все предыдущие работы. Раннее начало работ определяется по формуле (1):

$$t_p(i) = \max(t(L_{ni})) \quad (1),$$

где  $t_p(i) = 0$ ;  $t(L_{ni})$  - любой путь предшествующий  $i$ -му событию

Если событие  $j$  имеет несколько предшествующих путей, а следовательно, несколько предшествующих событий  $i$ , то ранний срок свершения события  $j$  удобно находить по формуле (2):

$$t_p(j) = \max([t_p(i) + t(i, j)]) \quad (2),$$

Для  $i = 1$  (начального события) очевидно, что  $t_p(1) = 0$

Для каждого события сетевого графика определяется раннее начало работ. Критический путь равен раннему сроку свершения завершающего события 23 (3):

$$tk_p = t(23) = 70 \quad (3)$$

Находим позднее окончание работ (4):

$$t_{\Pi}(i) = tk_p + \max(t(L_{ci})) \quad (4)$$

где  $(L_{ci})$  - любой путь, следующий за  $i$ -ым событием, т.е. путь от  $i$ -ого до завершающего события сети.

Если событие  $i$  имеет несколько последующих путей, а следовательно, несколько последующих событий  $j$ , то поздний срок свершения события  $i$  удобно находить по формуле (5):

$$t_n(j) = \min([t_p(i) + t(i, j)]) \quad (5)$$

При определении поздних сроков свершения событий  $t_n(i)$  двигаемся по сети в обратном направлении, то есть справа налево. Для  $i=23$  (завершающего события) позднее окончание работ должно равняться его раннему началу работ (иначе изменится длина критического пути):

$$t_n(23) = t_p(23) = 70$$

Величина критического пути сетевого графика указывает каким образом и на сколько может быть увеличена продолжительность всех строительно-монтажных работ, лежащих на одном пути при том условии, что полный период времени выполнения всего комплекса работ, предусмотренных проектом, не поменяется. Устанавливается тогда, когда предшествующие события или работы завершатся в наиболее ранний срок.

Результаты данного исследования позволят на этапе планирования проанализировать данные и выбрать наиболее оптимальный вариант для строительства с позиции правильного распределения ресурсов и техники, а также их экономии. На этапе строительства объектов позволит контролировать и управлять ходом строительных работ, тем самым следить за оборотом денежных средств и выйти на экономию или в оптимальную сумму строительства без рисков. Также результаты исследования позволят без критических изменений сократить сроки строительства, не изменяя

---

последовательность технологии строительства и не увеличивая механизмы и трудозатраты. Результаты исследования в последующем могут служить основой для разработки механизма оптимизации сетевых графиков с позиции перераспределения бригад для выполнения строительных работ, а также обоснованного объединения работ, в которых используются однотипные механизмы.

### Литература

1. Катаргин Н.В. Оптимизация сетевого графика выполнения комплекса работ // Менеджмент. Управленческие науки, 2012, № 1, С.87-93.
  2. Сироткин Н.А. Организация и планирование строительного производства. М.: Берлин: Директ-Медиа. 2015. - 212 с.
  3. Овчинникова Е.В., Ритхи Йюн, Севрюкова К.С., Добросоцких М.Г. Преимущества применения сетевого планирования при ремонтно-строительных работах // Современные тенденции строительства и эксплуатации объектов недвижимости: сб. науч. ст. Воронеж: Изд-во ВГТУ. 2017. С.127-133.
  4. Мищенко В.Я., Горбанева Е.П. Оптимизация распределения ресурсов в задачах по созданию и содержанию объектов недвижимости // Актуальные проблемы строительства и недвижимости межвуз.сб.науч.тр. Воронеж: Изд-во ВГТУ. 2004. С.81-86.
  5. Горбунов А. Б. Управление финансовыми потоками. - М.: Анкил. 2009. 265с.
  6. Побегайлов О.А., Голотайстрова Е.Ю. Инновационное развитие строительного производства и его риски // Инженерный вестник Дона, 2013. № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1684.
  7. Classroom organization and participation: college student is perceptions. Weaver, Robert R.; Qi, jiang. Journal of higher education, v 76 n 5. Sep – Oct 2005. P. 570.
  8. DoD Guide to Integrated Product and Process Development. – Office of the Under Secretary of Defense (Acquisition and Technology). – Washington, DC 20301 – 3000. 1996, February 5, pp. 23 – 24.
  9. Побегайлов О.А. Голотайстрова Е.Ю. Инновационное развитие строительного производства и его риски // Инженерный вестник Дона, 2013. № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1684.
-

10. Жуков Л. М. Финансово-экономический анализ для оценки эффективности инвестиций. // Экономика строительства, 2008, № 4. - С. 14-32.

### References

1. Katargin N.V. Menedzhment. Upravlencheskie nauki. 2012, № 1, p.87-93
2. Sirotkin N.A. Organizatsiya i planirovanie stroitel'nogo proizvodstva [Organization and planning of construction production]. Moskva: Berlin. Direkt-Media. 2015. 212 p.
3. Ovchinnikova E.V., Ritkhi Yyun, Sevryukova K.S., Dobrosotskikh M.G. Sovremennye tendentsii stroitel'stva i ekspluatatsii ob'ektov nedvizhimosti. Voronezh: VGTU2017. pp.127-133.
4. Mishchenko V.Ya., Gorbaneva E.P. Sovremennye tendentsii stroitel'stva i ekspluatatsii ob'ektov nedvizhimosti. Voronezh: VGTU2017. pp. 81-86.
5. Gorbunov A. B. Upravlenie finansovymi potokami. [Cash flow management]. Moscow: Ankil. 2009. 265 p.
6. Pobegaylov O.A., Golotaystrova E.Yu. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2013. № 2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1684](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1684).
7. Classroom organization and participation: college student is perceptions. Weaver, Robert R.; Qi, jiang. Journal of higher education, v 76 n 5. Sep – Oct 2005. P. 570.
8. DoDGuide to Integrated Product and Process Development. Office of the Under Secretary of Defense (Asquisition and Technology). Washington, DC 20301 – 3000. 1996, February 5, pp. 23 – 24.
9. Pobegaylov O.A. Golotaystrova E.Yu. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013. № 2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1684](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1684).
10. Zhukov L. M. Ekonomika stroitel'stva. 2008, № 4. pp. 14-32.