

Совершенствование алгоритма автоматизированного формирования решений по производству строительных работ

Ю.Н. Николаев¹, С.В. Прокопов², К.В. Ларин¹, Д.А. Чурсинов¹

¹Волгоградский государственный технический университет

²Волгоградский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова

Аннотация: Работа направлена на совершенствование алгоритма автоматизированного формирования решений по производству строительных работ в части учета потерь от простоя строительных машин и рабочих при определении потребности в организационно-технологических ресурсах для механизированного технологического процесса.

Ключевые слова: организационно-технологическое проектирование, имитационная модель, алгоритм, логико-математическая модель, комбинаторный подход, многовариантное проектирование, автоматизированная система управления в строительстве.

Компьютерные технологии с каждым годом занимают все большее место в организационно-технологическом проектировании строительного производства [1-3]. С развитием компьютерных технологий автоматизированное проектирование строительных процессов на вариантной основе является все более распространенной практикой, обеспечивающей эффективность организационно-технологических решений [4-6].

Для дальнейшего совершенствования нами был взят за основу алгоритм многовариантного формирования организационно-технологических решений на основе комбинаторного подхода [7-9]. Его суть состоит в формировании всех осуществимых решений производства работ с учетом имеющихся ресурсов и ограничений. В некоторых случаях генерация альтернативных вариантов носит избыточный характер, перегружая систему заведомо проигрышными, в сравнении с альтернативными вариантами, решениями. В качестве направлений совершенствования рассматриваемого алгоритма видится возможность сокращения числа генерируемых вариантов альтернативных решений производства работ на этапе округления

численности рабочих исходя из совокупной производительности комплекта базовых строительных машин. В рассмотренном в качестве базового алгоритме принимаются для дальнейшего рассмотрения варианты округления как в большую, так и меньшую сторону, которым соответствуют технологические простои либо рабочих, либо строительных машин. Представляется, что исходя из условий использования рабочей силы и строительной техники, возможно на этом этапе сравнить потери от простоев рабочих и строительных машин и определить предпочтительный вариант комплектации технологического процесса рабочими кадрами.

Для механизированных процессов (при участии в технологическом процессе и строительных машин, и рабочих) определяется сначала состав планируемых к использованию строительных машин (аналогично представленной выше методике для полностью механизированных процессов), а затем численность рабочих с учетом необходимости обеспечения согласованной работы машин и рабочих. Для предотвращения технологических простоев в работе строительных машин и рабочих по причине отставания в выполнении соответствующих технологических операций либо машинами, либо рабочими, обеспечивается равная интенсивность их работы с помощью следующего выражения:

$$N = \frac{P_M}{P_R} = P_M \times H_{BP}, \quad (1)$$

Где: P_M – совокупная эксплуатационная производительность строительных машин для соответствующего варианта выполнения технологического процесса:

$$P_M = P_{M1} + P_{M2} + \dots + P_{Mn} \quad (2)$$

H_{BP} – норма затрат рабочего времени для данного технологического процесса.

P_R – производительность одного рабочего.

Т.к. значение численности, полученное с помощью выражения (1) возможно округлить до целочисленного значения как в большую, так и в меньшую сторону, то в результате образуется два варианта формирования технологической системы машина(ы)-рабочие (рис. 1).

Оба этих варианта могут приниматься при организационно-технологическом проектировании, как альтернативные варианты ОТР выполнения простого технологического процесса [10].

При этом представляется возможным уже на этапе получения целочисленного значения численности рабочих определить предпочтительность простоев рабочих или строительных машин путем вычисления прямых потерь от простоев рабочих и строительных машин, либо упущенной выгоды за время простоя ресурсов с учетом условий их использования.



Рис. 1 - Варианты формирования технологической системы машина(ы)-рабочие в зависимости округления значения численности рабочих.

Так, если простаивают рабочие кадры (округление численности рабочих в большую сторону), то потери от простоя будут определяться условиями оплаты труда рабочих. При повременной системе оплаты труда величина потерь будет определяться:

$$C_{\text{пот}}^P = t_{\text{пр}} \times C_{\text{Pt}} \times N, \quad (3)$$

где $t_{пр}$ – время простоя рабочих при округлении выражения (1) в большую сторону, C_{pt} – повременная расценка стоимости затрат труда, N – численность рабочих, участвующих в процессе.

Время простоя будет вычисляться при помощи выражения:

$$t_{пр} = V / (k_M \times P_M) - (V \times H_{вр}) / N \quad (4)$$

При сдельной системе оплаты труда условно можно считать, что время простоя не отражается на затратах предприятия, можно лишь говорить об упущенной выгоде.

Если простаивают строительные машины, то потери от простоя будут определяться условиями их использования. Так, если машины привлекаются на условиях аренды, то потери от простоя будут равны:

$$C_{пот}^M = t_{пр} \times C_{Mt} \times k_M, \quad (3)$$

где $t_{пр}$ – время простоя машин при округлении выражения (1) в меньшую сторону, C_{Mt} – стоимость аренды строительной машины, k_M – количество строительных машин, участвующих в процессе.

Время простоя будет вычисляться при помощи выражения:

$$t_{пр} = (V \times H_{вр}) / N - V / (k_M \times P_M) \quad (4)$$

При использовании строительных машин, которые находятся в собственности строительного предприятия или лизинге, прямые финансовые потери от простоя техники отсутствуют, можно также говорить об упущенной выгоде.

В рамках алгоритма оценки предпочтительности простоя строительных машин либо рабочих будем считать, что прямые финансовые потери всегда более существенны, чем упущенная выгода. В случае, если присутствуют прямые финансовые потери, то будем считать, что они всегда, вне зависимости от величины существеннее, чем упущенная выгода при простое вне зависимости от величины упущенной выгоды (в силу того, что

упущенная выгода часто является очень неопределенным параметром для неких потенциально возможных альтернативных проектов в сравнении с конкретными потерями конкретного проекта).

При этом, если прямые финансовые потери отсутствуют как в части простоя рабочих, так и простоя строительных машин, то предпочтение будем давать бесперебойной работе строительных машин.

Тогда алгоритм формирования организационно-технологических решений в части определения потребности в рабочих в зависимости от суммарной производительности базовых строительных машин будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

Представим пример использования разработанного алгоритма при формировании решений по производству строительных работ для механизированных технологий.

В качестве примера возьмем формирование организационно-технологических решений по выполнению арматурных работ при установке готовых арматурных каркасов и сеток краном.

Исходные данные:

- рабочие: $N_{вр} = 12$ чел.-час., $C_{Rt} = 250$ руб./чел.-час
- строительные машины: Кран КС 4561а-1, $P = 0.5$ т/час, $C_{Mt} = 800$ руб./маш.-час, количество машин – 2 шт.; кран МКАТ-25, $P = 0.6$ т/час, $C_{Mt} = 900$ руб./маш.-час, количество машин – 1 шт.;
- объем работ – 80 тонн;
- максимальная численность рабочих – 10 чел.

Один из вариантов выполнения процесса является вариант с использованием 2-х кранов КС 4561а-1 и МКАТ-25.

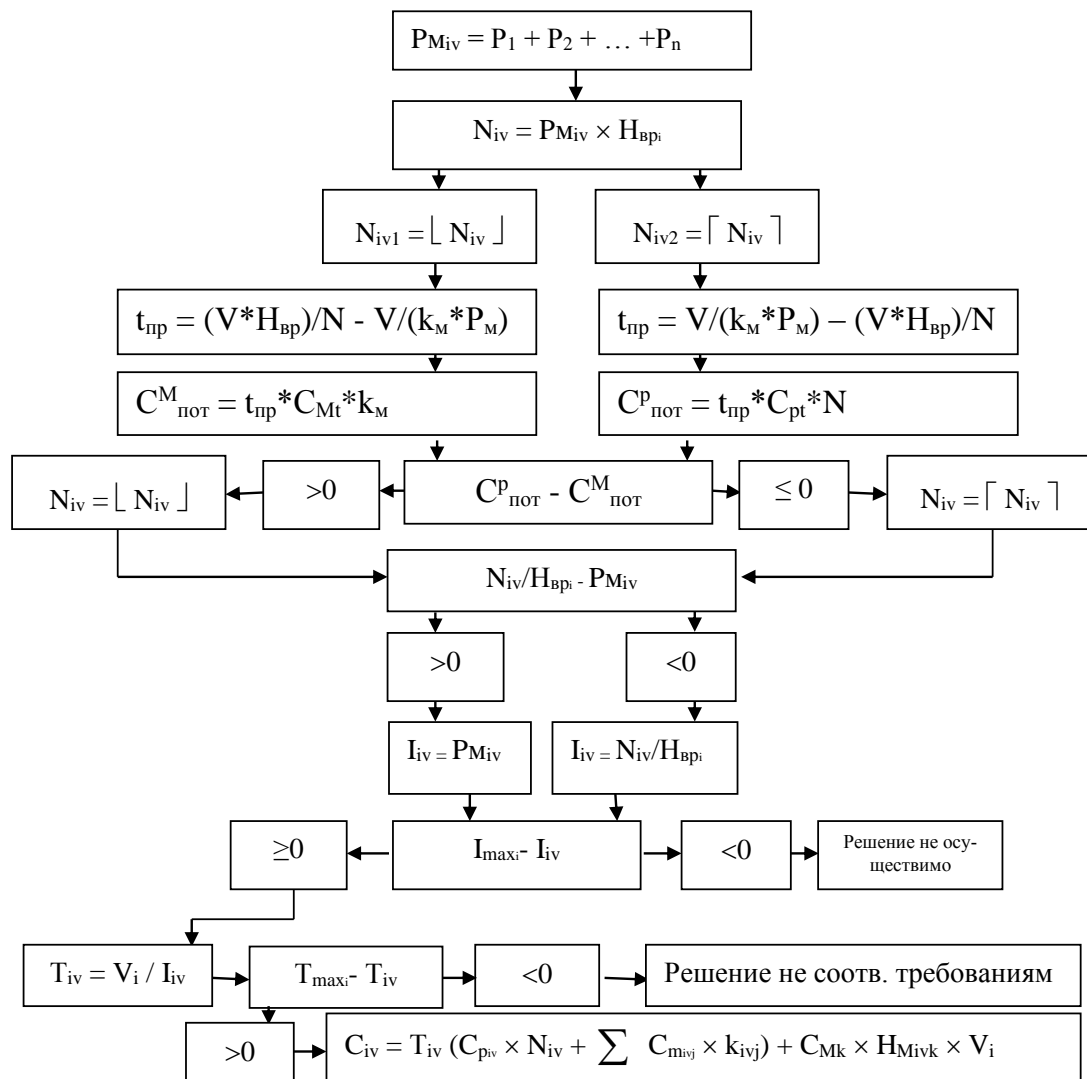


Рис 2. - Фрагмент алгоритма автоматизированного формирования ОТР для механизированных технологических процессов с учетом потерь от простоя ресурсов

Совокупная эксплуатационная производительность строительных машин для соответствующего варианта выполнения технологического процесса:

$$P_M = P_1 + P_2 + \dots + P_n = 9 + 11 = 20,0 \text{ м}^2/\text{час.}$$

Определяем требуемую численность рабочих:

$$N = P_M / P_R = P_M \times H_{BP} = 20 \times 0,33 = 6,6 \text{ человека}$$

Т.к. значение численности, полученное с помощью выражения (1) не

целочисленное, то в результате образуется два варианта формирования технологической системы машина(ы)-рабочие (1. - $N = 6$ и 2. - $N = 7$). Оба варианта соответствуют заданной численности рабочих (10 человек) и принимаются для дальнейших расчетов.

Определяем время технологического простоя строительных машин (при округлении в меньшую сторону) и рабочих (при округлении в большую сторону) и сравним потери от простоя машин и рабочих:

Для $N = 6$:

$$t_{\text{пр}} = (V \times H_{\text{вр}}) / N - V / (k_{\text{м}} \times P_{\text{м}}) = (2000 \times 0,33) / 6 - 2000 / (1 \times 9 + 1 \times 11) = \\ = 110 - 100 = 10 \text{ часов}$$

$$C_{\text{пот}}^{\text{М}} = t_{\text{пр}} \times C_{\text{Мт}} \times k_{\text{м}} = 10 \times (800 \times 1 + 900 \times 1) = 11700 \text{ руб.}$$

Для $N = 7$:

$$t_{\text{пр}} = V / (k_{\text{м}} \times P_{\text{м}}) - (V \times H_{\text{вр}}) / N = 2000 / (1 \times 9 + 1 \times 11) - (2000 \times 0,33) / 7 = \\ = 100 - 94 = 6 \text{ часов.}$$

$$C_{\text{пот}}^{\text{Р}} = t_{\text{пр}} \times C_{\text{рт}} \times N = 6 \times 250 \times 7 = 10500 \text{ руб.}$$

Расчет показывает, что потери от простоя строительных машин выше потерь от простоя рабочих, поэтому принимаем вариант при участии 7 человек и выполним дальнейшие расчеты в соответствии с алгоритмом.

Таким образом, нами был предложен усовершенствованный алгоритм автоматизированного формирования организационно-технологических решений по производству строительных работ, учитывающий потери строительной организации от простоя организационно-технологических ресурсов (рабочих и строительных машин), обеспечивающий обоснованное сужение числа генерируемых алгоритмом альтернативных вариантов выполнения строительных работ.

Литература

1. Гусаков А.А., Богомолов Ю.М., Брехман А.И. Системотехника строительства: энциклопедический словарь / под ред. Гусакова А.А. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Изд-во АСВ, 2004. 320 с.
2. Олейник П.П. Организация строительного производства. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010, 276 с.
3. Зеленцов Л.Б. Совершенствование процесса строительства с использованием BIM-технологий // Инженерный вестник Дона, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6346.
4. Абушаев Б.А. Модель вариантного технологического проектирования устройства котлована // Инженерный вестник Дона, 2020, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354.
5. Кузнецов С.М., Кузнецова К.С., Суворов А.Д., Маслов И.А. Автоматизированная система формирования парка строительных машин // Жилищное строительство. - 2007. - № 3, С. 8-10.
6. Османов С.Г., Манойленко А.Ю., Литовка В.В. Выбор вариантов механизации бетонных работ в монолитно-каркасном строительстве // Инженерный вестник Дона, 2020, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354.
7. Николаев Ю.Н., Прокопов С.В., Михайлов О.В., Овсепян О.С., Мазин С.А. Формирование и оценка эффективности организационно-технологических решений строительного производства на основе синтеза методов логико-математического моделирования строительной деятельности и экономического моделирования деятельности предприятия // Московский экономический журнал. - 2020. - № 6. - С. 78.
8. Nikolaev Y.N., Torgashina S.N., Ovsepyan O.S., Mazin S.A. Algorithm for the automated formation of organizational and technological solutions for

construction work with a trial design basis // Journal of critical reviews. - 2020. - Vol. 7, ISSUE 8. - P. 3245-3259.

9. Nikolaev Y.N. Aspects of assessment of organizational and technical reliability and design of construction processes with target reliability level using computer-aided technologies // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, 2016. – Article number 7911665.

10. Кабанов В.Н., Политов С.Г. Методические указания по использованию компьютерной системы «Технолог». Волгоград: изд-во ВолгАСУ, 2017. - 27 с.

References

1. Gusakov A.A., Bogomolov Ju.M., Brehman A.I. Sistemotekhnika stroitel'stva: jenciklopedicheskij slovar' [System engineering of construction: an encyclopedic dictionary]. Moskva. Izd-vo ASV. 2004. 320 p.

2. Olejnik P.P. Organizacija stroitel'nogo proizvodstva [Organization of construction production]. Moskva. Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov. 2010. 276 p.

3. Zelencov L.B. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6346.

4. Abushaev B.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354.

5. Kuznecov S.M., Kuznecova K.S., Suvorov A.D., Maslov I.A. Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2007. № 3. pp. 8-10.

6. Osmanov S.G., Manojlenko A.Ju., Litovka V.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6354.

7. Nikolaev Ju.N., Prokopov S.V., Mihajlov O.V., Ovsepjan O.S., Mazin S.A. Moskovskij jekonomicheskij zhurnal. 2020. № 6. P. 78.

8. Nikolaev Y.N., Torgashina S.N., Ovsepyan O.S., Mazin S.A. Journal of critical reviews. 2020. Vol. 7. ISSUE 8. pp. 3245-3259.



9. Nikolaev Y.N. 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. Chelyabinsk, Russia, 2016. Article number 7911665.

10. Kabanov V.N., Politov S.G. Metodicheskie ukazaniya po ispol'zovaniju komp'yuternoj sistemy «Tehnolog». Volgograd: izd-vo VolgASU, 2017. 27 p.