

Управление временными параметрами в сложных динамических строительных системах

Л.Б. Зеленцов, Л.Д. Маилян, И.Г. Трипута

Донской государственной технической университет

Аннотация: анализ существующих систем управления инвестиционно-строительными проектами показал, что используемые для разработки календарных планов организационно-технологические модели статичны и не отражают изменения в ходе производства работ в реальном режиме времени, что не позволяет синхронизировать сроки производства работ и поставки ресурсов и приводит к значительным потерям в использовании трудовых ресурсов и строительных машин. Адаптивность организационно-технологических моделей в разрабатываемой интеллектуальной системе управления строительством обеспечивается за счет применения специальных алгоритмов и моделей по дезагрегированию плановой и агрегированию фактической информации по работам, расчету отклонений фактических характеристик от планируемых значений, выработки и принятия решений по приведению модели к организационно-технологической нормали практически в реальном режиме времени.

Ключевые слова: управление инвестиционно-строительными проектами, организационно-технологические модели, адаптивные системы, интеллектуальные системы управления, оперативное управление объектом строительства, темп работ.

В современном российском строительстве еще нередки задержки сроков строительства, превышение бюджетов проектов и низкое качество выпускаемой продукции. Одной из основных причин такого положения дел является плохая организация производственного процесса на строительной площадке, что приводит к значительным потерям времени рабочих и строительных машин к неэффективному использованию материальных ресурсов [1,2].

Проведенный анализ состояния существующих систем управления инвестиционно-строительными проектами (ИСП) в РФ позволил сделать вывод о том, что используемые на стадии подготовки строительного производства и календарного планирования модели статичны и отражают организационно-технологические решения только на момент заключения контракта на строительство объекта. Система мониторинга организационно-технологических моделей носит эпизодический характер и не позволяет

синхронизировать сроки производства работ и поставки ресурсов, что приводит к значительным потерям в использовании трудовых ресурсов и строительных машин [3-5].

На стадии оперативного управления ИСП основной целью является обеспечение синхронизации поставки ресурсов во времени и пространстве на объекты строительства, с использованием семейства организационно-технологических моделей (ОТМ) с работами различной степени детализации

На стадии оперативного планирования, охватывающего месяц, неделю - сутки используется ОТМ, где информация конструктивные элементы, при необходимости, детализируются (дезагрегируются) до уровня детальных работ и процессов. В этом случае модель представляется в виде линейного графика Ганта [6].

Адаптивность ОТМ, используемых при возведении объекта строительства, обеспечивается за счет применения специальных алгоритмов по дезагрегированию плановой и агрегированию фактической информации по работам, расчету отклонений фактических характеристик от планируемых значений, выработки и принятия решений по приведению модели к организационно-технологической нормали.

Сложность решения задачи по адаптации ОТМ состоит в том, что при нарушении запланированных сроков производства работ из-за воздействия на систему внешних и (или) внутренних факторов необходимо не просто выполнить заново расчет временных параметров сетевой модели, а осуществить предварительный анализ последствий такого решения. Это связано с тем, что к каждой работе сетевого графика привязываются заявки на поставку МР, сроки перебазирования строительных машин и механизмов (СМиМ) и сроки выхода на объект бригад рабочих. Так же при изменении сроков выполнения рассматриваемой работы могут быть нарушены

договорные отношения по предоставлению фронта последующим работам либо контракта в целом [7-9].

Необходима разработка адаптационного механизма, позволяющего учесть в совокупности все факторы, влияющие на производительность труда и темп работ. Создание такого адаптационного механизма возможно при ежедневном учете фактического темпа работ и расчете его отклонения от планируемого значения.

В процессе управления временными параметрами ИСП возникает необходимость учета фактического темпа работы для обеспечения адаптации организационно – технологической модели к тем изменениям в ходе производства работ, которые возникают из-за воздействия на систему внешних и (или) внутренних факторов. В этом случае происходит ускорение или замедление темпа выполнения той или иной работы, что в свою очередь приводит к необходимости изменения сроков выполнения последующих за ней работ, а, следовательно, и к корректировке сроков поставки на них ресурсов (МР, СМиМ, бригад рабочих) [10,11].

Измерение темпа работы в строительстве сопряжено с рядом трудностей, связанных с тем, что в большинстве строительных организаций РФ отсутствуют фирменные нормативы производительности труда, да и в ряде случаев воспользоваться такой базой, если она есть, невозможно из-за сложности и уникальности возводимых объектов.

К этому же приводит и выполнение нестандартных строительных процессов [12-14] при реконструкции зданий и сооружений. Исследования проведенные в ДГТУ показывают, что весьма эффективно усиление конструкций композитными материалами [15-17], но и в этом случае отсутствуют нормативы производительности труда [19].

В ряде строительных организациях для расчета темпа работ используются сметные нормативы затрат труда, заложенные в базу ТЭР или



ФЭР, которые часто отражают технологические и организационные решения, разработанные еще в 60-80 годах 20 века. Поэтому сметные затраты могут использоваться только на начальной стадии реализации ИСП, как некоторая усредненная нормаль.

Нами предлагается методика расчета темпов производства работ, ориентированная на постепенное создание фирменной нормативной базы в автоматизированном режиме за счет накопления и обработки информации о фактических затратах рабочих и СМиМ в процессе производства работ.

В методику расчета заложены три возможных варианта расчета темпа производства работ в зависимости от состояния нормативной базы по расходу трудовых ресурсов и СМиМ.

1. Присутствует только сметная база на основе ТЭР или ФЭР
2. Имеется база данных фирменных нормативов.
3. Базы данных сметных и фирменных нормативов в формализованном виде отсутствуют.

При наличии в формализованном виде сметной базы отправной точкой расчета является сметная трудоемкость и машиноемкость ед. изм. КЭ.

Алгоритм расчета заключается в следующем.

1. Рассчитывается нормативная продолжительность возведения КЭ (1),

$$t_k^n = \frac{q_k^f}{N_k}; \quad k \in K \quad (1)$$

где N_k – численность рабочих в смену, q_k^f – сметная трудоемкость производства работ по k конструктивному элементу.

Нормативная продолжительность может быть уточнена экспертным путем, например, для учета особенностей возведения конкретного объекта (стесненного характера или зимних условий производства работ), учета

индивидуальных особенностей конкретной бригады рабочих и т.п., которые влияют на производительность труда и темп работ и в результате чего получена планируемая продолжительность $t_k^{пл}$.

4. Определяется доля работ и процессов в трудоемкости изготовления КЭ. Необходимость этой процедуры обусловлена тем, что при возведении ряда КЭ требуется выполнение нескольких работ. Например, конструкция из монолитного железобетона, предполагает выполнение нескольких работ и процессов, а в базе ТЭР (ФЭР) сметные затраты даются только в целом по КЭ.

Значение «доли» определяется экспертным путем или на основании типовой технологической карты.

5. Рассчитывается продолжительность работ и процессов ($t_{j,k}^{пл}$) исходя из их долей в планируемой продолжительности КЭ (2)

$$t_{j,k}^{пл} = t_k^{пл} * d_{j,k}; \quad j \in J_k \quad (2)$$

где $d_{j,k}$ – доля j работы в трудоемкости k конструктивного элемента, J_k – подмножество j работ входящих в k КЭ.

6. Определяется планируемый темп возведения КЭ (3):

$$t_k^{пл} = \frac{100}{t_k^{пл}} \%, \quad (3)$$

Аналогично осуществляется расчет планируемых темпов производства работ и процессов ($\bar{t}_{k,j}$).

7. Учитывая то, что выполнение работы фиксируется ежедневно в % нарастающим итогом, то фактический темп работы в i день определяется как разность между ее выполнением в рассматриваемый i и предыдущий день $i-1$. (4)

$$t_{к,j}^{пл} = b_{j,i} - b_{j,i-1} \quad (4)$$

$b_{j,i}, b_{j,i-1}$ – суммарное выполнение конструктивного элемента или j работы соответственно на $i, i-1$ дни (5).

$$t_{к(j)}^{\phi} = b_i - b_{i-1} \quad (5)$$

7. Для принятия решения, в случае возникновения замедления или ускорения темпов работ, следует рассчитывать фактическую и прогнозируемую продолжительности работ и КЭ.

Фактический темп работы на i день составит (6):

$$\bar{t}_{j,i}^{\phi} = \frac{b_i}{i} \% \quad (6)$$

Фактическая продолжительность на i день расчета определяется по формуле (7):

$$t_{j,i}^{\phi} = t_{j,i}^{\text{в}} + t_{j,i}^{\text{пл,ост}} \quad (7)$$

где $t_{j,i}^{\text{в}}$ – продолжительность выполненной части работы, $t_{j,i}^{\text{ост}}$ – остаточная продолжительность выполнения работы (8).

$$t_{j,i}^{\text{в}} = t_{j,i}^{\text{пл,в}} * \frac{t_j^{\text{пл}}}{\bar{t}_{j,i}^{\phi}} + t_{j,i}^{\text{пл,ост}} \quad (8)$$

Прогнозируемая продолжительность работы j на i день расчета определяется по формуле:

$$t_{j,i}^{\text{пр}} = t_{j,i}^{\text{пл}} * \frac{t_j^{\text{пл}}}{\bar{t}_{j,i}^{\phi}} \quad (9)$$

Где i – номер текущего рабочего дня j работы, соответствующий количеству отработанных рабочих дней

При отсутствии в формализованном виде сметных и фирменных нормативов продолжительности и темпы производства КЭ и работ задаются экспертным путем.

Планируемая трудоемкость КЭ в этом случае будет соответствовать заданной численности рабочих умноженной на планируемую продолжительность его возведения.

Все остальные действия по расчету временных отклонений от запланированного темпа работ будут аналогичны приведенному выше алгоритму.

При наличии базы данных фирменных нормативов алгоритм расчета продолжительностей работ и их темпа заключается в следующем. На основании накопленных данных о фактической численности рабочих, трудоемкости работ определяются планируемые продолжительности работ и КЭ (10):

$$t_k^n = \frac{q_k^f}{N_k}, \quad k \in K \quad (11)$$

где N_k – численность рабочих в смену, q_k^f – фирменная трудоемкость производства работ по k конструктивному элементу.

Планируемая трудоемкость и продолжительность КЭ определяется, как сумма этих показателей по работам и процессам входящих в него.

Все остальные действия по расчету временных отклонений от запланированного темпа работ будут аналогичны приведенному выше алгоритму.

При расчете темпов производстве работ необходимо учитывать то положение, что вредно не только отставание от запланированных сроков, но в ряде случаев и ускорение, так как оно предполагает также изменение сроков поставки ресурсов, а их отсутствие приведет к остановке производственных процессов на объекте и все преимущества ускорения

выполнения работ практически сойдут на нет. Наличие фирменных нормативов производительности труда позволит с более высокой точностью определять планируемые темпы работ и соответствующие им временные параметры работ.

В разрабатываемой в Донском государственном техническом университете (ДГТУ) интеллектуальной системе управления строительством предусмотрен ежедневный расчет фактического темпа работ и возможность предварительного анализа влияния отклонений в сроках производства работ на выполнение договорных отношений и расчета возможных экономических потерь. Оптимизация ОТМ возможна либо за счет перестройки модели (совмещения или запараллеливания работ), либо интенсификации процессов производства.

Литература

1. Цыпкин Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах. Москва: Наука, 1968. с.40.
2. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. с.50
3. Карпов Л. Е., Юдин В. Н. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам // ИСП РАН. 2006. №18. с.21-25
4. Скурихин В. И., Забродский В.А, Копейченко Ю.В. Проектирование систем адаптивного управления производством. Харьков: Вища школа, 1984.с.65.
5. Жданов А. А. Метод автономного адаптивного управления // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 1999. №5. с.11-14.
6. Гонтарева И.В., Немчинова М.А., Попова А.Д., Математика и кибернетика в экономике. М.: Экономика, 1975. С.70.

7. Alan Bundy, editor. "Artificial Intelligence Techniques". Springer Verlag, 1997.p.75.

8. Klaus-Dieter Althof, Eric Auriol, Ralph Barlette, and Michel Manago. "A Review of Industrial Case-Based Reasoning Tools", AI Intelligence, 1995.pp.35

9. S. S. Anand, J. G. Hughes, D. A. Bell and P. Hamilton. "Utilising Censored Neighbours in Prognostication, Workshop on Prognostic Models in Medicine", Eds. Ameen Abu-Hanna and Peter Lucas, Aalborg (AIMDM'99), Denmark, 1999.pp. 15-20

10. Зеленцов Л.Б., Иванова Н.Н., Севян И.К. Управление качеством как фактор успеха предприятия в конкурентной борьбе // Инженерный вестник Дона. 2013. №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2121

11.Зеленцов Л.Б., Маилян Л.Д., Трипута И.Г. Adaptive organizational and technological models in the systems of construction management // MATEC Web Conf.. 2017. №Volume 106. URL: matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2017/43/matecconf_icmtmte2017_05005/matecconf_icmtmte2017_05005.html

12. Маилян Д.Р., Польской П.П., Георгиев С.В. Конструкция каркасов и схемы испытания опытных стоек, усиленных углепластиком. Научное обозрение. 2014. № 10-3. С. 667-670. URL: elibrary.ru/item.asp?id=23078731

13. Маилян Д.Р., Польской П.П. О расчете ширины нормальных трещин балок, усиленных стекло и углепластиком. Научное обозрение. 2014. № 12. С. 490.

14. Польской П.П., Маилян Д.Р. Об уточнении расчетов прогибов балок, усиленных композитными материалами. Научное обозрение. 2014. № 12. С. 493.

15. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность гибких усиленных стоек при больших эксцентриситетах. Научное обозрение. 2014. № 12. С. 496.URL: elibrary.ru/item.asp?id=23215788

16. Польской П.П., Маилян Д.Р. Опыт использования композитных материалов при усилении здания Аксайского автоцентра. Научное обозрение. 2014. № 12-3. С. 762-765. URL: elibrary.ru/item.asp?id=23375778

17. Мкртчян А.М., Аксенов В.Н., Маилян Д.Р., Блягоз А.М., Сморгунова М.В. Особенности конструктивных свойств высокопрочных бетонов. Новые технологии. 2013. № 3. С. 135-143. URL: cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-konstruktivnyh-svoystv-vysokoprochnyh-betonov

18. Мкртчян А.М., Маилян Д.Р. Расчет железобетонных колонн из высокопрочного бетона по недеформированной схеме. Научное обозрение. 2013. № 11. С. 72-76. URL: elibrary.ru/item.asp?id=21219039

19. Давидюк А.Н., Маилян Д.Р., Несветаев Г.В. Самоуплотняющиеся высокопрочные и легкие бетоны на пористых заполнителях для эффективных конструкций. Технологии бетонов. 2011. №1-2. С. 57-59. URL: elibrary.ru/item.asp?id=22997522

20. Грянко С.Г., Маилян Д.Р., Маилян Л.Д. Повышение эффективности железобетонных балок за счет использования переменного преднапряжения. // Инженерный вестник Дона. №4 2017. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4427.

References

1. Tsypkin Y. Z. Adaptaciya i obuchenie v avtomaticheskikh sistemah. [Adaptation and training in automatic systems]. Moscow: Nauka, 1968. p.40.

2. Zagoruiko N. G. Prikladnie metody analiza danih i znaniy. [Applied methods of data and knowledge analysis]. Novosibirsk: Sobolev Institute of mathematics, 1999. p.50.

3. Karpov L. E., Yudin V. N. Metody dobichi danih pri postroenii lokalnoy metriki v sistemah vivoda po precedentam. ISP. 2006. No. 18. pp.21-25.

4. Skurihin V. I., Makarov V. A., Y. V., Kopytenko Proektirovanie system adaptivnogo upravleniya proizvodstvom. [Design of adaptive production management systems]. Kharkov: Vyschaya SHKOLA, 1984. P.65.
 5. Zhdanov A. A. Metod avtonomnogo adaptivnogo upravleniya. Teorija i sistemy upravlenija, 1999. No. 5. pp.11-14
 6. Gontareva I. V. Nemchinov M. A., Popova A. D., Matematika I kibernetika v ekonomike. [Mathematics and Cybernetics in Economics]. M.: Economics, 1975.p.70
 7. Alan Bundy, editor. Springer Verlag, (1997).pp.75.
 8. Klaus-Dieter Althof, Eric Auriol, Ralph Barlette, and Michel Manago. AI Intelligence, (1995).pp.35.
 9. S. S. Anand, J. G. Hughes, D. A. Bell and P. Hamilton. Eds. Ameen Abu-Hanna and Peter Lucas, Aalborg (AIMDM'99), Denmark, pp. 15-20, (1999).
 10. Zelentsov L. B., Ivanova N. N., Sevian I. K. Inženernyj vestnik Dona (Rus) 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2121
 11. Zelentsov L. B., Mailyan L.D., Triputa I.G. MATEC Web Conf.. 2017. №Volume 106. URL: matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2017/43/matecconf_icmtmte2017_05005/matecconf_icmtmte2017_05005.html
 12. Mailyan D.R., Polskoy P.P., Georgiev S.V. Nauchnoe obozrenie 2014. № 10-3. pp. 667-670. URL: elibrary.ru/item.asp?id=23078731
 13. Mailyan D.R., Polskoy P.P., Nauchnoe obozrenie.2014. № 12. 490 p.
 14. Polskoy P.P., Mailyan D.R. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 12. 493 p.
 15. Polskoy P.P., Mailyan D.R. Georgiev S.V. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 12. p. 496. URL: elibrary.ru/item.asp?id=23215788
 16. Polskoy P.P., Mailyan D.R. Nauchnoe obozrenie.2014. № 12-3. pp. 762-765. URL: elibrary.ru/item.asp?id=23375778
-



17. Mkrtchyan A.M., Aksenov V.N., Mailyan D.R., Blyagoz A.M., Smorgunova M.V. Novie tehnologii. 2013. № 3. pp. 135-143. URL: cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-konstruktivnyh-svoystv-vysokoprochnyh-betonov

18. Mkrtchyan A.M., Mailyan D.R. Nauchnoe obozrenie.2013. № 11. pp. 72-76. URL: elibrary.ru/item.asp?id=21219039

19. Daviduk A.N., Mailyan D.R., Nesvetaev G.V. Tehnologii betonov.2011. № 1-2. pp. 57-59. URL: elibrary.ru/item.asp?id=22997522

20. Gryanko S.G., Mailyan D.R., Mailyan L.D. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4427.