

fixed by pins relative to the conditional rapper were determined. Based on the analysis of the dynamics of changes in these heights in time, conclusions were drawn regarding the vertical displacements of the building.

**Keywords:** vertical subsidence of engineering structures, rapper, level, leveling course, mark, the annual dynamics of changes in the drawdown of the building.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-94-4-99-106  
УДК 656.017

**Малявин А.Н., Шевченко А.А., Матвиенко А.А., Романенко А.В.**

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта  
(площадь Фейербаха 7, 61050, Харьков, Украина, e-mail: [anmalajvin@gmail.com](mailto:anmalajvin@gmail.com), [annshevc@gmail.com](mailto:annshevc@gmail.com),  
[Anna112358@mail.ru](mailto:Anna112358@mail.ru), [Romanenko@kart.edu.ua](mailto:Romanenko@kart.edu.ua); [orcid.org/0000-0001-7567-100X](https://orcid.org/0000-0001-7567-100X); [orcid.org/0000-0001-6276-9761](https://orcid.org/0000-0001-6276-9761); [orcid.org/0000-0003-0266-7223](https://orcid.org/0000-0003-0266-7223); [orcid.org/0000-0002-9203-6056](https://orcid.org/0000-0002-9203-6056))*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНЫХ ЗДАНИЙ**

В процессе создания модели и ее оптимизации определяют: перечень и объем работ, их трудоемкость и технологическую последовательность, возможность разбивки общего фронта работ на частные фронты – захватки; степень параллельности выполнения работ одного вида в захватках; степень совмещения различных по видам работ по времени и пространству; возможность и целесообразность производства работ с постоянным или переменным составом исполнителей (звеньев, бригад); сроки выполнения работ и потребности в ресурсах. Применительно к моделированию организации строительства транспортных зданий, постоянными параметрами системы будут директивный или нормативный срок строительства зданий железнодорожной станции, в целом или по пусковым комплексам; категория станции (по приведенной ранее классификации); номенклатура объектов, возводимых на каждом этапе; технологическая последовательность работ на каждом сооружении; объемы работ в натуральных измерителях на каждом сооружении.

**Ключевые слова:** оптимизация строительного процесса, предприятия технологического обеспечения, продолжительность строительства, критерий оптимальности, линейная модель, сетевые графики.

**Введение.** В современных условиях увеличение продолжительности сроков строительства влечет за собой, в ряде случаев, к тому что на объектах еще до ввода их в эксплуатацию технологические и инженерные решения устаревают и поэтому стремление к обоснованным расчетам и соблюдению сроков строительства очень важный и необходимый показатель. Подход к объектам исследования как к системам выражает одну из главных особенностей современного научного познания. В общем случае под системой понимается наличие множества объектов с набором связей

между ними и между их свойствами. При этом объекты (или их части) функционируют во времени как единое целое – каждый объект работает ради единой цели, стоящей перед системой в целом.

Таким образом, особенность системного подхода состоит в том, что в допустимых границах система управления объектом исследуется как единый организм с учетом внутренних связей между отдельными элементами и внешних связей с другими системами и объектами. Строительство представляет собой сложную динамическую ве-

роятностную систему. Так же ряд украинских ученых в своих работах [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**] рассматривали данную проблему, что является частью методик оптимизации параметров строительства [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

**Цель статьи:** проанализировать методики в научных и нормативных источниках по проблеме оптимизации технологического обеспечения строительства.

**Материалы и методы исследования.** Строительные организации отличаются друг от друга характером своей деятельности, регионом расположения, спецификой строительных объектов, подчиненностью и множеством других факторов. Если к тому же учесть, что строительные организации взаимодействуют практически со всеми отраслями народного хозяйства, то становится очевидным, что эффективное управление отраслью возможно только на основе современных достижений науки и техники, а именно: в системном подходе к проблемам строительного производства.

Развитие системного анализа происходит на основе большого числа фундаментальных наук. Проф. Кантарелли С. С., внесший большой вклад в разработку автоматизированных систем в строительстве, отмечает, что при разработке научных основ системного анализа в строительном производстве [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] использовались следующие научно-методологические принципы:

– теория функциональных систем, предполагающая заданный результат как главный системообразующий фактор и позволяющая формировать функциональные системы из элементов, взаимодействующих достижению заданного результата;

- теория вероятностно-статистического исследования систем проектирования зданий и систем проектирования их возведения, что в отличие от применяемого детерминистического подхода позволяет конструировать модели, более адекватные изучаемым явлениям, и исследовать надежность систем;
- теория математического моделирования сложных систем, в частности, такие его виды, как имитационное моделирование, позволяющее имитировать на ЭВМ реальные ситуации проектирования и возведения строительных объектов;
- теория проектирования организаций, предусматривающая создание систем организационного управления строительной и проектной деятельностью.

По мнению Кантарелли С.С. «...аналитические методы описания и анализа строительных систем не позволяют отразить многие характеристики функционирования элементов непрерывного и дискретного действия, нелинейные связи между характеристиками систем, дестабилизирующие воздействие многочисленных внешних и внутренних случайных факторов. Это в значительной степени обуславливает в современных условиях нереальность ПОС, ППР, АСУС, основанных на аналитических детерминированных методах».

Строительные системы сложнее технических, так как они носят организационный характер, и объединяют в производственном процессе технические и социологические системы. Взаимодействие этих систем между собой и с внешней средой носит сложный характер.

При системотехническом подходе строительное производство рассматривается как комплекс взаимоувязанных проблем, состоящих из проектирования объемно-планировочных и конструктивных решений объектов, проектирования технологии и организации их возведения.

Главная задача исследователя состоит в правильном определении цели функционирования системы, ее структуры, критериям и ограничений, внешних и внутренних связей.

При моделировании строительного производства все элементы системы должны быть способны изменяться в процессе ее функционирования, если это необходимо для достижения цели – заданного результата.

«Любой закон и любая наука в целом есть модель действительности, позволяющая предсказывать поведение реальных объектов в определенном диапазоне условий. Описание системы — это модель, отображающая определенную группу свойств системы» [12]. Всякая система включает в себя описание трех ее характеристик: функциональной, морфологической и информационной.

Функциональное описание необходимо для оценки системы по отношению к другим системам и ее место среди них. Функциональное описание предполагает правильную ориентацию в отношении внешних связей системы, ее контактов с окружающей средой, оценки ее конкретной функции, а также определение функциональных зависимостей между элементами объекта или параметрами и строением объекта.

Конкретная функция системы «Строительное производство» заключается в получении готовой товарной продукции: зданий и сооружений, которые будут являться не только материальной основой для создания и развития систем другого функционального назначения, но и для собственного воспроизводства.

В зависимости от степени воздействия на внешнюю среду и характера взаимодействия с другими системами функции систем предлагается [12] распределить по возрастающим рангам.

- 1) Пассивное существование или исходный материал для других систем.

- 2) Обслуживание системы более высокого порядка.
- 3) Противостояние другим системам.
- 4) Поглощение (экспансия) других систем и среды.
- 5) Преобразование других систем и среды.

Приведенное ранжирование систем по функциональному назначению не является каноническим. Система «Строительное производство» сложнее технических или социальных систем, так как объединяет в процессе своего функционирования и те и другие. Кроме того, ее внешние и внутренние связи могут носить стохастический и детерминированный характер.

Оценивая подсистему «Транспортные здания» по приведенному выше принципу, можно утверждать, что на стадии ее функционирования имеет место пятый ранг (преобразование других систем и среды), а после окончания функционирования подсистема переходит в другой ранг, в первый, являясь исходным материалом для других систем.

Информационное описание предполагает: совокупность каких-либо сведений о чем-либо; сведения, являющиеся объектом хранения, передачи и переработки; совокупность количественных данных, выражаемых с помощью цифр или графиков.

Чтобы система действовала и взаимодействовала со средой, она должна потреблять информацию из среды и сообщать информацию среде (информационный метаболизм). Системе нужна определенная информация (качественная характеристика) с соответствующей степенью подробности (количественная характеристика). Функциональные процессы в системе тесно связаны с информационными [12]. В соответствии с информационной базой (исходными материалами) для разработки проекта организации строительства служат: плановые документы, устанавливающие сроки строительства, решения по применению материалов и конструкций зданий и сооружений,

средства механизации строительно-монтажных работ, порядок обеспечения строительства энергоресурсами, водой, временными инженерными сетями; объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений с разбивкой их на пусковые комплексы; сведения об условиях поставки и транспортирования с предприятий поставщиков строительных конструкций и материалов; сведения о дислокации и мощности общестроительных и специализированных подразделений, обеспечения кадрами строителей. Кроме того, предусматривается ряд других материалов, обеспечивающих полноту разработки ПОС.

Под моделью строительного производства понимают математическое описание взаимосвязей производственных процессов, отображающее с достаточной степенью точности- и достоверности действительные характеристики и параметры технологических, организационных и экономических процессов в строительстве.

Однако при формализации (переводе на математический язык понятий, относящихся, к реальным процессам) возможна потеря наглядности, так как получаемые промежуточные результаты могут не отражать физической сути самого процесса. От этого недостатка свободно имитационное моделирование, которое характеризуется близостью структуры модели к исследуемой системе и наглядностью промежуточных и окончательных результатов.

Алгоритм и набор переменных, характеризующих состояние объекта, являются математической моделью объекта. Она реализуется в виде программы и банка данных в памяти ПО. Модель системы состоит из моделей отдельных объектов, переменных, характеризующих состояние системы в целом, и набора стандартных управляющих программ.

В процессе создания модели и ее оптимизации определяют: перечень и объем работ, их трудоемкость и технологическую

последовательность, возможность разбивки общего фронта работ на частные фронты - захватки; степень параллельности выполнения работ одного вида в захватках; степень совмещения различных по видам работ по времени и пространстве; возможность и целесообразность производства работ с постоянным или переменным составом исполнителей (звеньев или бригад); сроки выполнения работ и потребности в ресурсах.

Наибольшее распространение получили три вида организационно- технологических моделей; линейные графики, циклограммы и сетевые модели.

Линейная модель, представляющая собой линейный календарный график, однозначно определяет организационную или технологическую последовательность выполнения комплекса работ при заданном директивном сроке строительства. Достоинством этого графика являются простота построения и наглядность, возможность использования при описании организации работ самого различного вида, например, подготовительных и основных, достаточно подробная характеристика данных о необходимых трудовых и материальных ресурсах.

Однако линейный график не отражает разбивку общего фронта работ на частные, не дает представления о порядке освоения частных фронтов и не отображает связи между работами. Названные недостатки линейного календарного графика приводят к недостаточно глубокой проработке модели организации строительства.

Более глубокие возможности графического отображения организации строительства реализуются в циклограмме, которая является развитием линейной модели. Циклограмма отображает технологическую последовательность, сроки и место производства работ. Отображение на циклограмме частных фронтов и порядка выполнения на них работ предопределяет ее преимущества перед линейным календарным

графиком строительства. Циклограммы получили широкое распространение при проектировании поточного строительства, где необходима по своей сути разбивка общего фронта работ на частные.

Сетевые модели наилучшим образом по сравнению с двумя предыдущими описывают выполнение самых сложных комплексов строительных работ. При этом сетевые модели могут быть детерминированными и стохастическими, что значительно расширяет возможности их применения.

Учет и показ связей между работами обеспечивают существенное превосходство сетевого графика над линейным календарным графиком и циклограммой. Однако и данная форма отображения организации строительства, как правило, не отображает разбивку общего фронта работ на частные, не определяет порядка освоения частных фронтов и не раскрывает характера связей.

Исходя из общих системотехнических принципов, определим, применительно к моделированию организации строительства транспортных зданий, параметры системы: критерии оптимальности выбора организационных схем строительства; постоянные, переменные и управляющие параметры модели.

При решении задач строительного производства за критерий оптимальности обычно принимают показатели, имеющие стоимостную, натуральную или временную размерность: минимальную или заданную продолжительность строительства; максимальную прибыль; минимальную трудоемкость работ; минимальную себестоимость работ; минимальные приведенные затраты; минимальные текущие затраты.

Кроме перечисленных критериев, принимают и другие в зависимости от уровня рассматриваемой задачи и условий строительства.

Математическая интерпретация критерия оптимальности задачи в виде функции многих переменных носит название целевой функции

$$F(x_j) = \sum_1^m c_j x_j^p \rightarrow \min(\max) \quad (1)$$

Коэффициенты при искомым переменных  $x_j$  представляют собой критерии оптимальности в расчете на единицу соответствующей переменной. Правильность оптимизационных решений по организации строительства и приемлемости таких решений зависит от принятых в модели ограничений.

Система ограничений задачи представляет собой совокупность равенств или неравенств, с помощью которых устанавливается связь между искомыми переменными модели и определяются допустимые границы их изменения. Ограничения накладываются на все переменные величины и могут быть основными по трудовым ресурсам, оснащению средствами механизации, капитальным вложениям и другим параметрам и дополнительными, ограничивающими, например, снизу или сверху объем производства отдельных видов работ, предел насыщения участка работ ресурсами.

Строгое равенство используется чаще всего для интерпретации ограничений по потребностям, которые жестко фиксированы объемами работ в целом по объекту, количеством материалов определенного вида и т. д.

Неравенством (<) описывают ограничения по лимитированным ресурсам: машинам, рабочим, капитальным вложениям и др.

Неравенством (>) характеризуют ограничения по нелимитированным ресурсам и потребностям минимальных объемов работ, которые должны быть выполнены на объекте и т. д.

Если система ограничений содержит равенства и неравенства, то система может оказаться несовместимой, т. е. неразрешимой, например, невозможно выполнить установленный минимальный объем работ из недостатка лимитированных ресурсов. Ограничения имеют вид

$$\sum_1^n a_j x_j^p \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} b_j \quad (2)$$

Потребность в трудовых и материально-технических ресурсах на единицу искомой переменной величины  $a_j$  задается в виде коэффициентов при переменных в ограничениях.

Ограничивающие показатели по каждому ресурсу  $b_j$  представлены в виде абсолютных, натуральных, реже стоимостных показателей (производственные фонды в стоимостном или натуральном выражении, объемы выполненных работ, бюджет времени работы машин, количество рабочих и др.).

В некоторых задачах могут быть двусторонние ограничения

$$b_j \leq \sum_1^n a_j x_j^p \leq d_j \quad (3)$$

С целью уменьшения числа ограничений и упрощения модели однородные лимитированные ресурсы и потребности могут агрегироваться, количество рабочих при определенной постановке задачи можно представить без дифференциации по профессиям и т. д.

В задачах проекта организации строительства система ограничений может предусматривать директивный или нормативный срок выполнения работ, ориентировочное количество основных строительных машин, примерную численность рабочих, поставку материалов по периодам строительства и др. В таком случае критерием оптимальности будут приведенные затраты.

**Результаты исследования.** Таким образом, один и тот же показатель может в одной постановке задачи быть критерием оптимальности, а в другой – рассматриваться как одно из ограничений задачи. Так, например, срок выполнения работ может быть критерием оптимальности в задаче о минимизации продолжительности строительства объекта при заданных ресурсах. В

задаче минимизации денежных или натуральных затрат на постройку объекта предельно допустимая продолжительность строительства объекта является как одно из ограничений задачи.

Таким образом, при решении задачи оптимизации организации строительства составленная экономико-математическая модель с формально математических позиций представляет собой задачу, в которой необходимо определить значения неизвестных переменных, обращающих в минимум или максимум целевую функцию при соблюдении ограничений, принятых при решении данной задачи.

Поскольку в систему неравенств включаются не все факторы, экономико-математическая модель представляет собой известное упрощение реального процесса организации строительства. Отказ от некоторых несущественных факторов при моделировании такой сложной системы является неизбежным, однако экономико-математическая модель при этом должна обеспечить адекватность процессу строительного производства.

При моделировании строительного производства, как и любого другого процесса, одним из важнейших требований является требование устойчивости модели, т.е. минимальное количество изменений в процессе ее работы, вызываемых непрерывно происходящими изменениями объекта моделирования в процессе строительства.

**Выводы.** Применительно к моделированию организации строительства транспортных зданий, постоянными параметрами системы будут директивный или нормативный срок строительства зданий железнодорожной станции, в целом или по пусковым комплексам; категория станции (по приведенной ранее классификации); номенклатура объектов, возводимых на каждом этапе; технологическая последовательность работ на каждом сооружении; объемы

работ в натуральных измерителях на каждом сооружении.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Малявин А.Н., Шевченко А.А. Повышение эффективности организации технологического обеспечения строительства транспортных сооружений железнодорожных станций. *Науковий вісник будівництва*, Т. 93, №3, 2018. С. 227-233. Режим доступа: [https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/3\\_93\\_2018/23.pdf](https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/3_93_2018/23.pdf). Дата доступа: 31.10.18.
2. Емельянова И. А. Блажко В.В., Доброходова О.В. Особенности создания универсального технологического комплекта малогабаритного оборудования для русловых строительной площадки. *Науковий вісник будівництва*, Т. 91, №1, 2018. С. 227-233. Режим доступа: [https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/1\\_91\\_2018/36.pdf](https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/1_91_2018/36.pdf). Дата доступа: 30.10.18.
3. Ковальов В. В. Кластерний підхід до організації управління проектами реконструкції промислових підприємств. *Науковий вісник будівництва*, Т. 91, №1, 2018. С. 100-107. Режим доступа: [https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/1\\_91\\_2018/14.pdf](https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/1_91_2018/14.pdf). Дата доступа: 30.10.18.
4. Abbosh O. How to boost capital project performance / O. Abbosh, J. Arnott & M. Grady // *Outlook – the journal of high-performance business*. – 2013. – №3. – P. 28–34.
5. Cantarelli C.C. Geographical variation in project cost performance: the Netherlands versus worldwide / C. C. Cantarelli, B. Flyvbjerg & S. L. Buhl // *Journal of Transport Geography*. – 2012. – Vol. 24. – Pp. 324–331.
6. Technology innovation in underground construction: [Электронный ресурс] Community Research and Development Information Service. – Режим доступа: [http://cordis.europa.eu/project/rcn/74844\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/74844_en.html) Дата доступа: 30.10.17.
7. Rogalska M. Time/cost optimization using hybrid evolutionary algorithm in construction project scheduling / M. Rogalska, W. Bojeiko, Z. Hejducki // *Automation in Construction*. – 2008. – №18. – Pp. 24–31.
8. Schaller J. Note on minimizing total tardiness in a two-machine flowshop / J. Schaller // *Computers & Operations Research*. – 2015. – № 32(12). – Pp. 3273–3281.
9. El-Rayes K. Optimizing resource utilization for repetitive construction projects / K. ElRayes & O. Moselhi // *Journal of Construction Engineering and Management*. – 2011. – № 127. – pp. 18–27.
10. Визначення тривалості будівництва об'єктів. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 43 с. (Державний стандарт України).
11. Construction IBS: Practical solution to rising costs: [Электронный ресурс]. MIDF RESEARCH. Режим доступа: <https://slidedocument.org/type-of-construction-ibs-midf-140214-pdf> Дата доступа: 29.10.17.
12. Shaping the Future of Construction: Inspiring innovators redefine the industry / Report by World Economic Forum. – Geneva, 2017. – 96p.
13. Шумаков И.В., Микаутадзе Р.И., Ляхов И.И. Оптимальные тенденции в прогнозировании продолжительности строительства. *Науковий вісник будівництва*, Т. 91, №1, 2018. С.115 – 121. Режим доступа: [https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/1\\_91\\_2018/16.pdf](https://vestnik-construction.com.ua/images/pdf/1_91_2018/16.pdf). Дата доступа: 30.10.18.

**Малявін А.М., Шевченко А.О. Матвієнко О.О., Романенко О.В. МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТНИХ БУДІВЕЛЬ.** У процесі створення моделі і її оптимізації визначають: перелік і обсяг робіт, їх трудомісткість і технологічну послідовність, можливість розбивки загального фронту робіт на приватні фронти – захватки; ступінь паралельності виконання робіт одного виду в захватках; ступінь суміщення різних за видами робіт у часі і просторі; можливість і доцільність проведення робіт з постійним або змінним складом виконавців (ланок, бригад); терміни виконання робіт і потреби в ресурсах. Стосовно до моделювання організації будівництва транспортних будівель, постійними параметрами системи будуть директивний або нормативний термін будівництва будівель залізничної станції, в цілому або по пускових комплексах; категорія станції (за наведеною раніше класифікацією);

номенклатура об'єктів, що зводяться на кожному етапі; технологічна послідовність робіт на кожній споруді; обсяги робіт в натуральному вимірі на кожній споруді.

**Ключові слова:** оптимізація будівельного процесу, підприємства технологічного забезпечення, тривалість будівництва, критерій оптимальності, лінійна модель, мережеві графіки.

**Maliavin A.N., Shevchenko A.A., Matviienko O.O., Romanenko O.V. MODELING OF THE ORGANIZATION OF CONSTRUCTION OF TRANSPORT BUILDINGS.** In the process of creating a model and optimizing it, they determine: the list and scope of work, their laboriousness and technological sequence, the possibility of dividing the general scope of work into private fronts – captures; the degree of parallelism of the performance

of work of one type in the captures; degree of combination of different types of work in time and space; the possibility and feasibility of the production of works with constant or variable cast of performers (links, brigades); Deadlines and resource requirements. With regard to the modeling of the organization of construction of transport buildings, the permanent parameters of the system will be the directive or regulatory period for the construction of railway station buildings, in general or for launch complexes; station category (according to the previous classification); the nomenclature of the objects erected at each stage; technological sequence of works on each structure; the amount of work in natural meters on each structure.

**Keywords:** optimization of the construction process, technological support enterprises, construction time, optimality criterion, linear model, network graphs.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-94-4-106-110

УДК 528.5: 625.72

**Арсеньєва Н. О.**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
(вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, e-mail: [nataliarsen73@gmail.com](mailto:nataliarsen73@gmail.com);  
[orcid.org/0000-0002-6178-2558](http://orcid.org/0000-0002-6178-2558))*

### АНАЛІЗ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ ВИШУКУВАННЯХ ТА ПРОЕКТУВАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Використання систем автоматизованого проектування дозволяє обробляти великий обсяг інформації практично у всіх галузях дорожнього проектування (інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних і т.п.). САПР формує інформаційний простір, в якому знаходиться відображення велика кількість вихідних даних для проектування майбутньої автомобільної дороги. Розглянуті програмні продукти дозволяють автоматизувати процеси отримання, перетворення і передачі інформації в електронному вигляді, а також обґрунтувати необхідність автоматизації геодезичних вишукувань при проектуванні автомобільних доріг.

**Ключові слова:** автоматизація геодезичних робіт, геодезичні програми, спеціалізовані програмні продукти, програма CREDO, програма AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D.

**Вступ.** Сучасні геодезичні роботи не існують без використання комп'ютерних технологій і програмного забезпечення. Електронне геодезичне обладнання дозволяє виконувати записи всіх польових вимірів пристроями, що запам'ятовують, і передавати їх

для обробки відповідним програмним продуктам. Крім того, всі підготовлені вихідні дані передаються з комп'ютера на електронні прилади для виконання геодезичних робіт. Це дає можливість збільшити продуктивність праці, точність виконання робіт,