

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.,
Ломтев И.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ ПОТОЧНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ И КОМПЛЕКСОВ

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Рассмотрена возможность анализировать и оценивать вероятность выполнения проектов поточного строительства реконструкции, обеспечение сокращения продолжительности реконструкции объектов, возможность координировать оптимальное распределение ресурсов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, проект поточного строительства реконструкции, поточное строительство (реконструкция), системокванты.

Имитационное моделирование является, по существу, единственным методом исследования сложных реконструктивных строительных систем, где натурный эксперимент практически неосуществим, либо требует больших затрат времени, средств и экономически нецелесообразен. Имитационные модели позволяют не только анализировать все существующие системы, но на основе этого опыта и любых гипотез прогнозировать и проектировать возможные, оптимальные по любому принятому критерию системы, обладающие принципиально новыми организационно-технологическими качествами [3, 4].

Научную основу моделируемой производственной системы составляет теория поточного строительства и реконструкции. Имитационная модель ППС(Р) должна отражать объемно – конструктивные характеристики реконструируемых строительных объектов, организационно-технологические особенности их реконструкции и возведения, многовариантность и вероятностный характер строительного производства. Структуру организационно – технологических моделей поточной реконструкции необходимо строить по блочному принципу, что позволяет при внедрении ППС(Р) без коренной перестройки описывать различные производственные ситуации и решать практические задачи. Модели должны содержать набор понятий, обеспечивающих описание реальной реконструктивной строительной системы и ее функционирования, полнота описания системы достигается посредством отражения в моделях статистических и динамических взаимосвязей между элементами моделируемой системы. Модели должны содержать описание цели рассматриваемой системы и формальной аналог оперативного управления, существующего в реальных производственных условиях, генерировать ситуации, возникающие под воздействием случайных возмущающих факторов.

При разработке организационно – технологических моделей поточного строительства (реконструкции) удобен в применении блочно-иерархический подход, согласно которому объекты делятся на базовые элементы (захватки, ярусы, секции). Базовый элемент (модуль) – элементарная часть объекта, которую невозможно (или нецелесообразно) разделять на более мелкие части. Параметры базового элемента составляют множество его свойств, называемых атрибутами. Супер элемент (супермодуль) – типовая совокупность взаимосвязанных базовых элементов (модулей), используемая наравне с базовыми элементами. Законченная структура – совокупность взаимосвязанных модулей (супермодулей), представляющая собой возможный вариант структуры объекта (С.Р. Владимирский [10]).

При моделировании сложных систем реконструктивного строительного производства теория функциональных систем П.К. Анохина [1, 2] позволяет провести оценку адекватности модели по степени отражения (достоверности, надежности, комплексности) результата функционирования. Иерархия подсистем должна формироваться как иерархия результатов, что открывает способ и механизм соединения иерархических уровней. Функциональные системы обычно состоят из неоднородных элементов подсистем, каждый из которых несет свою функциональную и специфическую нагрузку в достижении результата. Эти подсистемы, в свою очередь, расчлняются на ряд неоднородных элементов подсистем, которые также не должны рассматриваться разрозненно и вне единой функциональной системы, созданной для достижения общего результата цели. Цель рассматривается как заданный результат; критерий – как признак, по которому определяется соответствие этому результату; ограничения – степень свободы, необходимая для достижения результата. При обеспечении единства результата или иерархии результатов можно построить

строгую логику разработки и внедрения проектов поточной реконструкции объектов и комплексов [3, 4, 8, 9].

Адаптация концепции системоквантов К.В. Судакова [7, 11] весьма перспективна при разработке и внедрении проектов поточного строительства (реконструкции) ППС(Р) объектов и комплексов. Системокванты рассматриваются как дискретные единицы интегративной системной деятельности по выполнению строительных процессов в пространственно-временном континууме. Для самых разных реконструируемых и строительных объектов общность концепции системоквантов характеризуется тем, что каждый системоквант проявляется узловыми механизмами теории функциональных систем (афферентный синтез, принятия решения, акцептор результата действия, эфферентный синтез и его оценка) [5, 7].

Адаптация теории функциональных систем П.К. Анохина и концепции системоквантов К.В. Судакова к системе реконструктивного строительного производства включает следующие положения:

- наличие приспособительного результата во всякой саморегулирующейся и самоорганизующейся системе радикально ориентирует все потоки информации в системе на этот результат;

- любой элемент системы проводит или преобразует информацию только в эквиваленте какой-то доли этого результата;

- каждый элемент системы, информация которого не отражает параметров результата, делается помехой для системы и немедленно преодолевается пластическими перестройками всей системы в целом [5, 6].

Построение имитационной модели возведения (реконструкции) строительных объектов и комплексов представлено на рис. 1.

Основными элементами системы возведения (реконструкции) объекта являются: сам объект, средства для его возведения и набор управляющих правил, согласно которым осуществляется целенаправленное взаимодействие объекта со средствами возведения в общем процессе функционирования системы. В имитационной модели каждый элемент рассматриваемой системы представляется совокупностью своих основных характеристик [3, 4].



Рис. 1. Схема построения имитационной модели разработки и внедрения ППС(Р) объектов и комплексов

Характеристики объекта реконструкции:

$$n; m; V = \{V_{ij}\}; G^i = \{G_{j_1, j_2}^i\};$$

Где n – число участков; m – число работ; V – матрица объемов работ на участках; V_{ij} – объем

$$G_{j_1, j_2}^i = \begin{cases} 1, & \text{если на } i\text{-м участке } j_1\text{-я работа готовит фронт работ } j_2\text{-й работе;} \\ 0, & \text{если на } i\text{-м участке } j_1\text{-я работа не готовит фронт работ } j_2\text{-й работе.} \end{cases}$$

Если комплексы работ на участках будут одинаковы, технологический граф G будет единым для всех участков объекта.

Характеристики средств возведения объекта:

$$r = \{r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, r_m\}; D = \{d_{ij}\};$$

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_j, \dots, l_m\};$$

где r – матрица-вектор наличного количества ресурсов типа мощностей (бригад с приданными машинами) каждого типа на стройплощадке; r_j – наличное число ресурсов j -го типа на стройплощадке (элемент матрицы-вектора r); D – матрица максимального технологически допустимого количества ресурсов каждого типа на участках; d_{ij} – максимальное технологически допустимое число ресурсов j -го типа на i -м участке при условии их одновременной производительной работы (элемент матрицы D); L – матрица-вектор интенсивностей работы одной бригады каждого типа за смену; l_j – интенсивность работы (выработка) одного ресурса j -го типа за смену (элемент матрицы-вектора L).

Набор управляющих правил:

$$П = П1, П2, П3, П4;$$

где П1 – правило, разрешающее в момент времени t начать j -ю работу на i -м участке лишь в том случае, если к этому моменту на участке выполнены все работы, технологически предшествующие j -й работе (в соответствии с технологической последовательностью выполнения работ на i -м участке — график G_i); П2 – правило, разрешающее в момент времени t начать j -ю работу на i -м участке лишь в том случае, если к этому моменту участок будет свободен; П3 – правило выбора в момент времени t назначения j -й работы на i -й участок по системе приоритетов в следующем порядке:

1. если есть несколько свободных типов ресурсов, претендующих на занятие свободных участков, то в первую очередь производится назначение того ресурса, который претендует на большее число свободных участков;

2. если j -й ресурс может начать работу на любом из нескольких свободных участков, то в первую очередь производится назначение ресурса на i -й участок, на котором суммарная условная трудоемкость (в бригадо-днях) всех

j -й работ на i -м участке (элемент матрицы V); G^i – технологическая последовательность выполнения работ на i -м участке, выраженная графиком и представленная в матричной форме; G_{j_1, j_2}^i – элемент технологической матрицы;

оставшихся работ максимальная, причем из наличного числа ресурсов j -го типа на i -й участок назначается число, соответствующее максимальному технологически допустимому числу ресурса j -го типа на i -м участке (d_{ij} из матрицы D); 3) если после назначения j -й работы на i -й участок, остались незагруженными ресурсы j -го типа, то назначение j -го ресурса на оставшиеся свободные участки производится по предыдущему правилу;

П4 – правило назначения j -го ресурса на участок, первый по номеру из свободных участков, если в системе приоритетов правила ПЗ не существует предпочтительного выбора [3, 4, 8, 9].

Каждое из перечисленных управляющих правил представляется в рассматриваемой имитационной модели ППС(Р) соответствующим алгоритмом, случайными величинами в рассматриваемой модели являются продолжительности отдельных работ комплекса $(dt)_{ij}$, при этом характер функции распределения времени выполнения каждой из работ считается известным и для полного вероятностного описания указанных случайных величин достаточно задания двух величин: математического ожидания и дисперсии. Предполагается, что свободные в момент наблюдения t участки, оставшиеся не занятыми после назначения освободившихся к этому моменту ресурсов, простаивают в ожидании ресурса и свободные ресурсы, оставшиеся не назначенными ни на один из участков, простаивают в ожидании фронта работ. Моделируемая система ППС(Р) наблюдается в дискретные моменты времени $0, t_1, t_2, \dots, t_v, \dots$, причем выбор значений t_v производится таким образом, что моменту времени 0 соответствует прибытие на стройплощадку первых ресурсов, а следующие моменты времени характеризуются либо окончанием работы на участке, либо прибытием новых ресурсов. Схема моделирующего алгоритма представлена на рис. 2. В соответствии с алгоритмом в каждый момент наблюдения производится распределения по участкам ресурсов, имеющихся на стройплощадке, вычисляются случайные продолжительности работ на участках $(dt)_{ij}$ и моменты их окончания V_{ij} с учетом выделенного количества ресурсов и функций распределения продолжительности работ, уста-

навливается продолжительность выполнения всего комплекса работ на объекте и по серии ее реализации строится функция распределения. Время работы моделирующей программы определяется видом реконструируемого строительного объекта и используемой ЭВМ [8, 9].

Использование разработанной имитационной модели для исследования возведения промышленных объектов показало ее широкие возможности для оценки организационно-

технологической надежности и установления различных зависимостей, имеющих важное практическое значение. При построении имитационной модели организации возведения строительных объектов использован один из основных принципов ситуационного управления: соизмерение совокупности управляющих правил с многообразием состояний моделируемой системы.

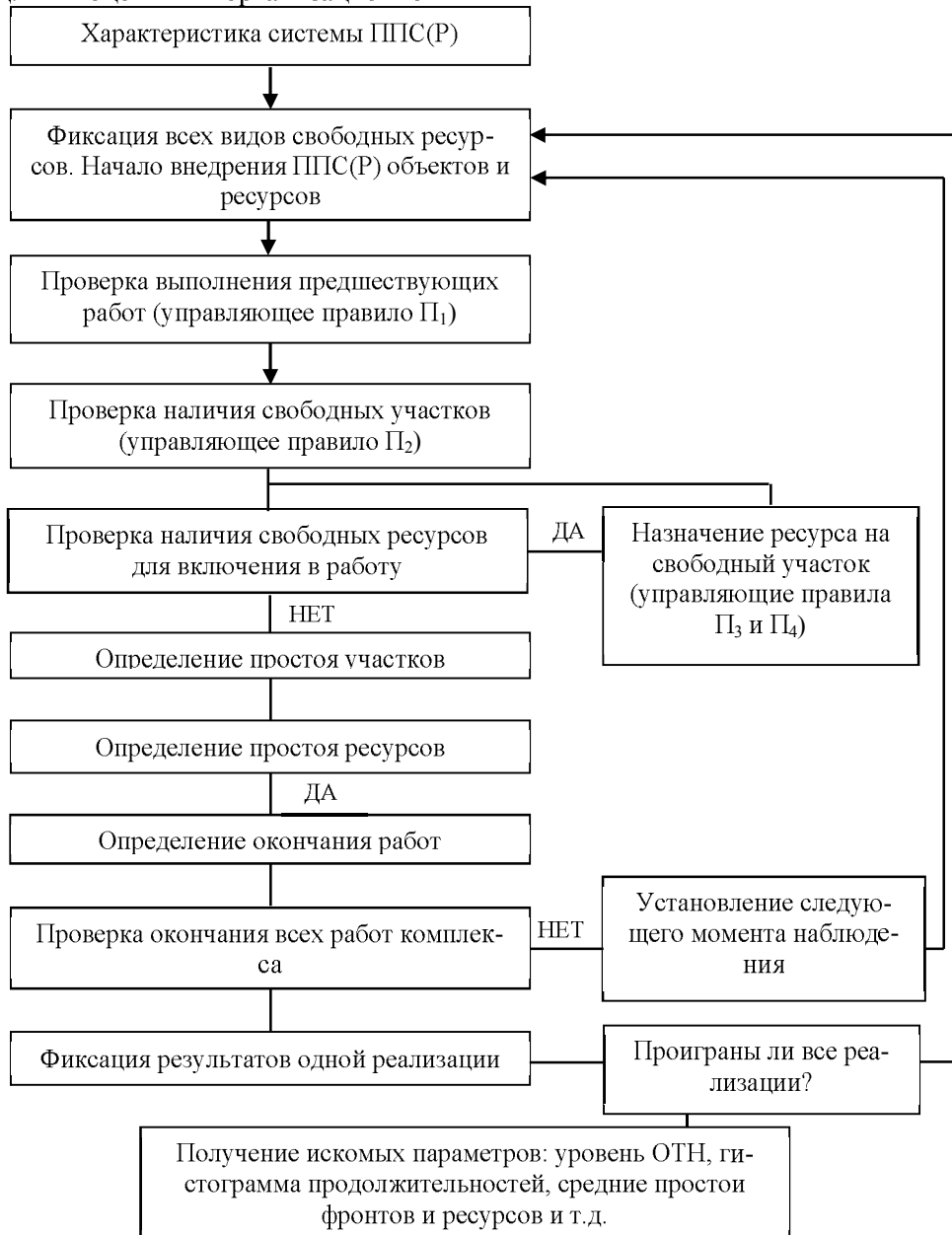


Рис. 2. Схема моделирующего алгоритма внедрения ППС(Р)

В модели рассматриваются три группы возможных состояний моделируемой системы: освободившимся ресурсам не предоставлен фронт работ в объеме свободного участка; на каждом из свободных участков предоставлен фронт работ только одному из незанятых ресурсов; на свободных участках предоставлен фронт работ для двух и более незанятых ресурсов. Мо-

дель построена таким образом, что блоку управления предшествует блок распознавания состояния системы, определяющий характер отношений между открывшимися фронтами работ (объект) и незанятыми ресурсами (средствами возведения объекта) [3, 4].

Описанная имитационная модель возведения строительных объектов и комплексов поз-

воляет не только оценивать (анализировать), но и формировать (синтезировать) при заданном уровне ОТН оптимальные по выбранному критерию календарные планы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анохин П.К. Избранные труды: кибернетика функциональных систем / Под ред. К.В. Судакова / Сост. В.А.Макаров. М.: Медицина, 1998. 400с.
2. Анохин П.К. Избр. тр. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Изд-во Наука, 1978. 400с.
3. Гусаков А.А. Системотехника строительства. М.: Стройиздат, 1983. 440с.
4. Гусаков А.А. Системотехника строительства. М.: Стройиздат, 1993. 368с.
5. Гусаков А.А. Новая парадигма строительной деятельности защитит нашу жизнь. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. №5. 2004.
6. Дикман Л.Г. Организация и планирование строительного производства: Управление строительными предприятиями с основами АСУ: 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1988.- 559с.
7. Информационные модели функциональных систем /под ред. К.В. Судакова и А.А. Гусакова. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. 304с.
8. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами реконструкции городской застройки. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 230 с.
9. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами реконструкции городской застройки. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 254 с.
- 10.Системотехника. Под. ред. А.А. Гусакова. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2002. 768с.
- 11.Судаков К.В., Агаян Г.Ц. и др. Системотехнологии физиологических процессов. М.: Межд. Гуманит. фонд арменоведения им. акад. Ц.П. Агаяна, 1997.

Lebedev V.M., Lomtev I.A.

SIMULATION OF STREAM PROJECT FOR RECONSTRUCTION OF OBJECTS AND COMPLEXES

The possibility to analyze and assess the likelihood of performing in-line construction renovation projects, providing reducing the length reconstruction of the facilities, the ability to coordinate the optimal allocation of resources.

Key words: *simulation, in-line construction project of reconstruction, in-line construction (reconstruction), sistemokvanty.*

Лебедев Владимир Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Ломтев Игорь Александрович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: Lomtew_igor@list.ru