

УДК 69:658.531:331.1

*В.В. СОКОЛЬНИКОВ, инженер (vschief@yandex.ru),
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

Моделирование обеспечения качества строительно-монтажных работ и организационного развития строительного предприятия

Предложен теоретический подход к моделированию строительного предприятия как целевой системы обеспечения качества СМР и организационного развития предприятия. Приведена методология построения модели указанной целевой системы, включающая методы общей теории систем, математического и регрессионного анализа. Выявлена зависимость качества СМР, обеспечиваемого строительным предприятием, от уровня его организационного развития, качества ресурсной базы, а также от величины производственной нагрузки. Показаны направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: математическая модель, система, качество строительно-монтажных работ, строительное предприятие, организация.

Автором предлагается методология построения такой модели строительного предприятия, которая объясняла бы зависимость уровня качества СМР, обеспечиваемого строительным предприятием, от организационных и ресурсных характеристик названного предприятия. Такая модель позволяет, с одной стороны, руководителям предприятий проводить организационные изменения на предприятии, результатом которых было бы приведение в соответствие ресурсной базы предприятия с правилами обеспечения качества СМР, а также совершенствование таких правил, а с другой – позволяет заказчику СМР выполнить сравнительный количественный анализ параметров конкретных подрядных фирм – участников тендера, определяющих уровень качества СМР, обеспечиваемый предприятием.

Из определения «системообразующего фактора», данного в [1], можно сделать вывод, что система определяется полезным результатом взаимодействия объекта, его частей с окружающей средой. Общая теория систем согласно (М. Месарович, Д. Марко, Я. Такахара. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 342 с.), определяет систему следующим образом: система S есть отношение над множеством входных объектов $\{X\}$ и множеством выходных объектов $\{Y\}$. Если S переводит $\{X\}$ в $\{Y\}$ по определенному правилу, т. е. S есть функция, то система является целевой:

$$S: \{X\} \rightarrow \{Y\}. \quad (1)$$

Входными объектами системы строительное предприятие являются объемы и качество проектной документации, нормативной базы, собственных и привлекаемых трудовых, материально-технических и финансовых ресурсов. Результатом («выходными объектами») системы строительное предприятие являются объем и поддерживаемый (постоянный) уровень качества СМР, а также характеристики уров-

ня организационного развития предприятия. Отношение между этими «объектами», переводящее $\{X\}$ в $\{Y\}$, реализуется в период строительства объекта в виде регулирования по определенным правилам затрат внешних и внутренних ресурсов предприятия. Следовательно, выражение (1), используя подход, изложенный в [2], можно записать в следующем виде:

$$S_{org/str} \{ (v, \{q\}_{proj}); (v, \{q\}_{mr}); (v, \{q\}_{tr}); (v, \{q\}_{fin}); (v, \{q\}_{rb}) \} \rightarrow \{ (V, \{Q\}_{Sprod}); \{T_S\} \}, \quad (2)$$

где S_{org} – совокупность методических и технических средств регулирования затрат ресурсов предприятия (оператор организации), $S_{org} \equiv (\{PL\}, \{EX\}, \{PROC\}, \{DC\}, \{SV\}, \{REG\})$; $\{**\}$ – обрабатываемые системой параметры затрат: PL-ресурсы на разработку целей и планов, EX-ресурсы на функционирование исполнителей, PROC-ресурсы на реализацию стандартизованных процессов предприятия, DC-ресурсы на фиксацию стандартизованных допустимых отклонений процессов, SV-ресурсы на контроль значений параметров процессов, а также затрат ресурсов, REG-ресурсы на регулирование; T_{str} – период времени, за который предприятие реализует оператор организации; $v, \{q\}_{proj}$ – объем и качество проектной документации и нормативной базы; $v, \{q\}_{mr}$; $v, \{q\}_{tr}$ – объем и качество материально-технических и трудовых ресурсов; $v, \{q\}_{fin}$ – объем и качество финансовых ресурсов; $v, \{q\}_{rb}$ – объем и качество своей ресурсной базы. Под качеством ресурсной базы понимается соответствие квалификации кадрового состава, а также технического оснащения специализации предприятия; $V, \{Q\}_{Sprod}$ – объем и качество строительной продукции; $\{T_S\}$ – множество параметров, характеризующих уровень организационного развития предприятия.

Выражение (2) является формализацией строительного предприятия как целевой системы обеспечения качества СМР и организационного развития предприятия. На

основании формализации (2) можно записать аналитическое выражение, описывающее систему в линейном приближении:

$$S_{org} \cdot Q_{rb} = Q_{smr} \cdot T_s \quad (3)$$

Выражение (3) включает четыре основные характеристики строительного предприятия как системы в период возведения наиболее характерного для предприятия объекта, а также определяет уровень обеспечиваемого предприятием качества СМР (его количественную оценку) как коэффициент пропорциональности между величиной уровня организационного развития предприятия T_s и параметрами реализуемых системой регулирований затрат ресурсов $\equiv f(S_{org})$ при имеющемся уровне качества ресурсной базы предприятия Q_{rb} . Порядок нелинейности выражения (3), а также размерность сомножителей S_{org} , Q_{rb} и T_s определяют частными моделями указанных характеристик.

Выполненные автором на настоящий момент исследования модели (3) позволяют утверждать следующее:

- для получения величины S_{org} наиболее подходящей является обработка имитационной модели регулирования затрат ресурсов предприятия как составной части его процессной модели [3]. Назначение имитационной модели – определение числа (стандартизация) точек (T_i , T_n) контроля-приложения регулирующих воздействий системой, а также обоснование структуры и регламентов оборота данных системы внутренней организационно-методической документации предприятия. Для каждой точки T_i должны быть разработаны схемы бизнес-процессов регулирования затрат, которые позволят определить количество параметров регулирования. Общий вид имитационной модели представлен на рисунке;

- для получения величины T_i , т. е. для количественной оценки соответствия имеющейся на предприятии ресурсной базы – специализации предприятия, необходимо выполнить исследование в контексте сформулированной задачи. Полученная автором линейная математическая модель характеристики Q_{rb} системы «строительное предприятие» имеет следующий вид:

$$Q_{rb} = K_{мотив} \cdot K_{квал} \cdot K_{мо} \cdot (K_{авт}^2 + K_{мех}^2)^{1/2}, \quad (4)$$

где $K_{авт}$, $K_{мех}$ – параметры автоматизации и механизации процессов модели (рисунок); $K_{квал}$ – параметр соответствия квалификации исполнителей из числа персонала предприятия сложности возводимого (стандартизованного) объекта; $K_{мотив}$ – параметр мотивации персонала к обеспечению качества СМР; $K_{мо}$ – параметр материально-технического обеспечения деятельности;

- правая часть (3) является статической математической аналитической моделью системы, функционирующей на отрезке времени $T_{str} \equiv T_{smr}$, в который система выполняет все стандартизованные на предприятии затраты ресурсов и их регулирования, т. е. проходит полный набор контролируемых состояний. Математический аппарат исследования фазовых состояний системы изложен В.Г. Болтыньским в книге «Математические методы оптимального управления» (М.: Наука, 1969. 408 с.). Тот факт, что в этот отрезок времени результат системы меняется непрерывно с затратами ресурсов, позволяет обосновать аналитический (Р. Курант. Геометрическая теория функций комплексной переменной.

ОНТИ ГТТИ. М.–Л., 1934. 365 с.) характер функции полезного результата системы $Q_{smr} \cdot T_s$ в период $T_{str} \equiv T_{smr}$, что, в свою очередь, позволяет использовать методы математического анализа для построения математической модели правой части (3).

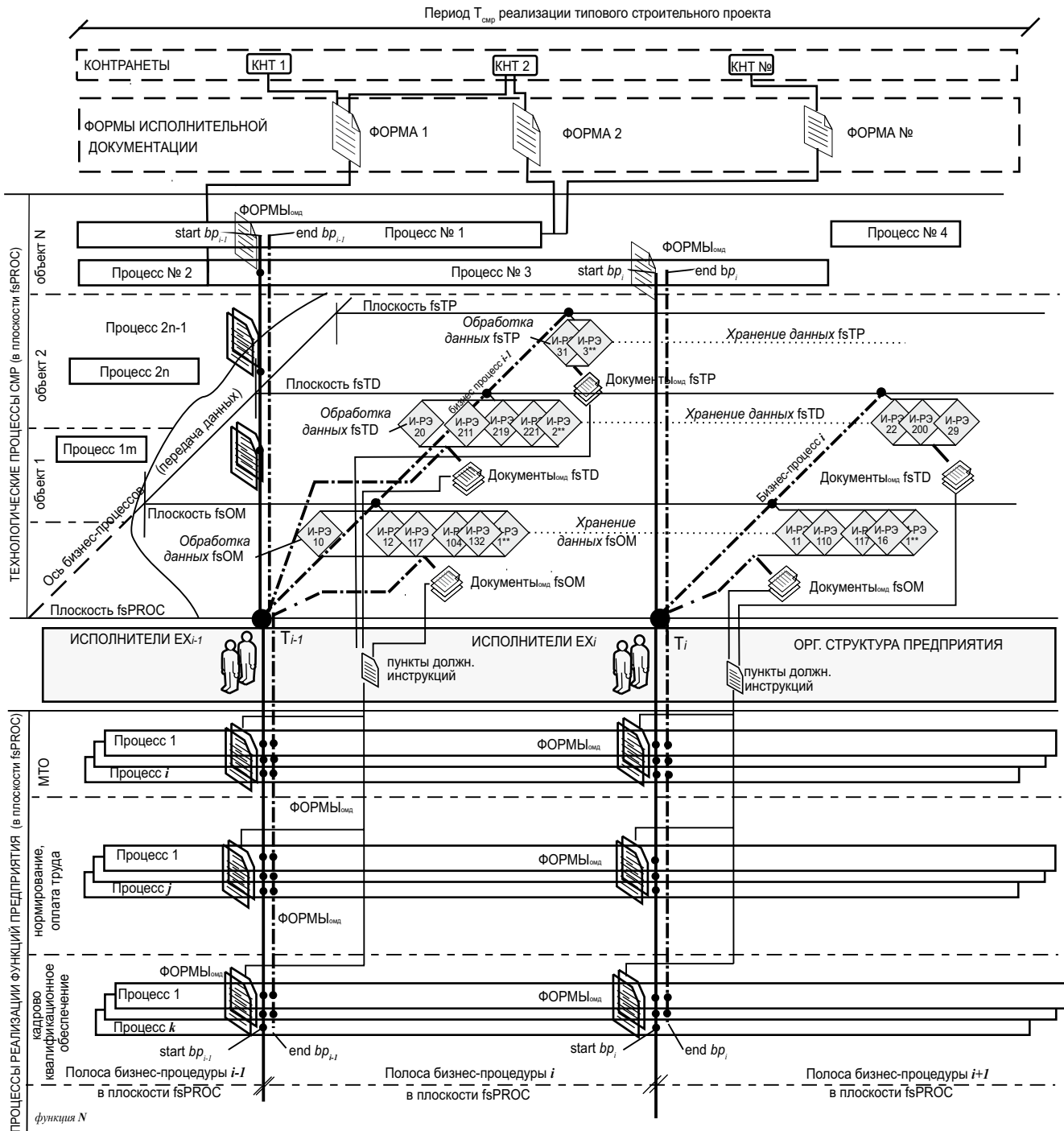
Учитывая тот факт, что параметр Q_{smr} выражения (3) в период $T_{str} \equiv T_{smr}$ является константой, непрерывной функцией параметров затрат-ресурсов переменной системы является параметр T_s , который может принимать в некоторые моменты времени как положительные, так и отрицательные конечные значения. Сумма всех значений параметра T_s на промежутке времени $T_{str} \equiv T_{smr}$, что соответствует интегралу функции T_s по поверхности фазовых состояний системы, и является количественной оценкой уровня организационного развития предприятия. Учитывая вышеизложенное, (3) можно записать в следующем виде:

$$Q_{rb} \cdot \int_0^{T_{smr}} REG dt = Q_{smr} \cdot \int_{\Phi} \xi(x, y) d\Phi, \quad (5)$$

где $\int_0^{T_{smr}} REG dt \equiv S_{org}$ – сумма операций контроля-регулирования затрат ресурсов, реализуемых системой на промежутке времени $T_{str} \equiv T_{smr}$; Φ – поверхность фазовых состояний системы; $\xi(x, y)$ – аналитическая функция параметров затрат ресурсов: x – на обеспечение качества СМР и y – на организационное развитие предприятия.

Вид левой части (5), а также аналитический характер функции $Q_{smr} \cdot T_s$ позволяет интерпретировать левую часть как работу «системы» по получению полезного результата. Классическая теория потенциала определяет потенциал следующим образом: «Потенциал – это работа (консервативных сил) по перемещению (материальной частицы) из бесконечности в точку с координатами x, y, z » [Идельсон Н.И. Теория потенциала и ее приложение к вопросам геофизики. Государственное технико-теоретическое издательство. ЛМ, 1932. 345 с.]. В контексте темы настоящей статьи это определение может быть принято в следующей редакции. «Потенциал предприятия – это работа системы S_{org} (2) по переводу ресурсов из начального состояния в состояние, удовлетворяющее требованиям, предъявляемым системой к полезному результату». При этом отрезок времени $T_{str} \equiv T_{smr}$ возведения объекта, наиболее характерного для конкретного предприятия, является важной характеристикой этого предприятия, его индивидуальной константой и по смыслу соответствует «периоду потенциала/работы!». Сам же «потенциал» предприятия, учитывая полученное модифицированное определение потенциала, а также сомножитель Q_{rb} в (3), (5), уместно будет уточнить как «ресурсный потенциал» и интерпретировать его наряду с периодом как вторую основную характеристику предприятия как хозяйствующего субъекта.

В настоящее время автором выполнен ряд методически связанных формализаций системы строительное предприятие [4], в том числе: среды его функционирования; характеристик полезного результата системы; организационных принципов построения системы, а на их основе получена принципиальная схема регулирования системы, которая также содержит прямые аналогии с геометрическими интерпретациями теории потенциала и подтверждает возможность выполнять количественный анализ системы (3) строительное предприятие с использованием хорошо разработанного математического аппарата разложения по



Имитационная модель контроля/регулирования затрат ресурсов строительного предприятия: И-РЭ – исполнители-решающие элементы (алгоритмы и аппаратные средства обработки данных, а также ответственные исполнители EX_i) функциональных систем стратегического планирования (fsTP), управления (fsTD), а также организационных механизмов регулирования затрат ресурсов (fsOM); бизнес-процедура i – совокупность частей процессов предприятия, выполняемых между соседними точками контроля системы T_i и T_{i+1} ; start bp, end bp – начало и конец бизнес-процесса контроля-регулирования затрат ресурсов; форма оmd – электронная или печатная форма фиксации данных о результатах затрат ресурсов, входящая в систему внутренней организационно-методической документации предприятия; документ оmd – регламент обработки данных, оборота форм оmd, принятых решений в функциональной системе; функциональные системы fs(**) – группы отношений (алгоритмических целевых связей) параметров частей хозяйствующего субъекта (компонентов системы), реализующих декомпозицию полезного результата системы по задачам управления и регулирования. Выделяемые в системе строительного предприятия функциональные системы: функциональная система целеполагания (fsTP) – эксплуатируемые на предприятии методические и технические средства планирования и контроля затрат ресурсов в соответствии с целеполаганием и ограничениями среды функционирования, а также с ограничениями ресурсной базы предприятия; функциональная система целеуказания (fsTD) – эксплуатируемые на предприятии методические и технические средства планирования и контроля затрат ресурсов в соответствии с целеуказанием и технологией производства; функциональная система затрат ресурсов (fsPROC) – совокупность технологических процессов затрат ресурсов на реализацию экономических (экономических – в смысле требующих затрат ресурсов) функций предприятия: производство СМР; организационно-технологическая подготовка производства; материально-техническое обеспечение; оплата, охрана, нормирование труда, кадровое-квалификационное обеспечение деятельности, реклама, маркетинг и т. д.

тенциальной функции в ряд по сферическим функциям $P_n^m(\cos\psi)$. При этом интеграл от функции $P_n^m(\cos\psi) \equiv T_s^{(+)} + T_s^{(-)} = T_s$ по границам областей положительных и отрицательных значений функции на замкнутой сферической поверхности фазовых состояний системы радиуса Q_{smr} дает величину T_s – число для подстановки в (3), а иные характеристики и параметры системы, получаемые на основе значения n – порядка высшего члена разложения потенциальной функции в ряд, интерпретируются как «организационная зрелость предприятия» и позволяют проанализировать вклад «системы» (величину S_{org} «оператора организации») в полезный результат в соотношении с вкладом в результат, обеспечиваемый качеством ресурсной базы предприятия;

– параметры (3) могут быть использованы при построении аналитической кривой зависимости устойчивости полезного результата строительного предприятия как целевой системы обеспечения качества СМР и организационного развития к изменениям производственной нагрузки предприятия, а также к изменениям его ресурсной базы и/или кадрового состава – при равномерной производственной нагрузке. Общий вид полученного автором уравнения устойчивости предприятия как системы к изменениям производственной нагрузки:

$$REG_{Sorg} = S_{org} \cdot \frac{Q_{rb}}{({}^{+})T_s} = Q_{smr} \cdot \left(1 + \frac{T_{std} + \sum_{j=1}^{Nob} T_j - T_{std}}{T_{std}} \cdot \left(\frac{N_{ri} + \sum_{j=1}^{Nob} N_{(roj)}}{N_{ri}} \cdot K_{irud} \cdot K_{mto} \right) - \frac{\sum_{j=1}^{Nob} T_j}{({}^{+})T_{std}} \cdot \left(\frac{N_{ri} + \sum_{j=1}^{Nob} N_{(roj)}}{N_{ri}} \cdot K_{irud} \cdot K_{mto} \right)^{({}^{-})T_s \cdot \left(\frac{T_{std}}{Nob} - 2 \right)} \right), \quad (6)$$

где REG_{Sorg} – количественная оценка регулятивных характеристик оператора организации S_{org} , ресурсной базы Q_{rb} и уровня организационного развития T_s ; T_{std} – теоретическая продолжительность СМР на стандартизованном (типовом) объекте предприятия, в течение которой система проходит все свои состояния; T_j – расчетная (плановая) продолжительность СМР на j -м объекте незавершенного производства; K_{irud} – параметр качества обеспечения трудовыми ресурсами; $N_{(roj)}$, N_{ri} – численность привлекаемого $N_{(roj)}$, а также собственного $N_{(ri)}$ кадрового состава; N_{ob} – число объектов незавершенного строительства предприятия; K_{mto} – параметр качества обеспечения материально-техническими ресурсами

$$K_{mto} = \frac{K_{io}}{K_{ii} + \sum_{j=1}^{Nob} (K_{ij})}; \quad ({}^{+})T_s, \quad ({}^{-})T_s - \text{параметр уровня организационного развития предприятия как системы. Согласно аналитической модели потенциала (Н.И. Идельсон. Теория потенциала и ее приложение к вопросам геофизики. Государственное технико-теоретическое издательство ЛМ, 1932 г.):}$$

организационного развития предприятия как системы. Согласно аналитической модели потенциала (Н.И. Идельсон. Теория потенциала и ее приложение к вопросам геофизики. Государственное технико-теоретическое издательство ЛМ, 1932 г.):

$$({}^{\pm})T_s = \pm \frac{5+1}{2} \cdot \sum_{i=1}^3 \int_{\theta_i}^{\vartheta_{2i}} \int_{\phi_i}^{\varphi_{2i}} P_n^n(\cos\psi) d\theta d\phi,$$

где $n=2 \cdot n_s - 1 = 5$ – нечетное.

При нулевой производственной нагрузке, т. е. при начальных условиях $Nob=0$ и $j=0 \equiv \sum T_j = T_{std}=0$ уравнение динамической устойчивости (6) переходит в статическое уравнение (3) фазовых состояний системы.

Выводы

1. Полученная аналитическая модель (3) строительного предприятия как целевой системы обеспечения качества СМР, а также организационного развития предприятия позволяет сравнивать различные строительные предприятия по параметрам организационной надежности и обеспечиваемого предприятиями уровня качества СМР.
2. Полученная математическая модель устойчивости системы (6), являющаяся, по сути, уравнением теоретической кривой нелинейной парной регрессии функции отклика (реакции) системы на изменение фактора производственной нагрузки, позволяет:
 - при имеющихся ограничениях системы установить допустимый предел производственной нагрузки, при превышении которого предприятие начинает терять свои свойства как целевая система (перегиб кривой REG_{Sorg} в точке максимума) и вырождаться в не регулируемую системой совокупность технологических процессов;
 - находить рациональные соотношения саморегулирований качества ресурсной базы и численного состава исполнителей для обеспечения требуемого уровня качества СМР в рабочем диапазоне производственных нагрузок.

Учитывая большой объем данных, обработка которых позволит исследовать, а затем использовать в практических целях предложенную модель системы (3), первой задачей продолжения исследований в этой области является отработка имитационной процессной модели (рисунок), а также разработка специального программного обеспечения сбора – обработки данных в режиме повседневного функционирования действующего предприятия. Следует подчеркнуть, что данные эти будут сугубо производственного или экономического характера, но их обработка для целей совершенствования организации строительного предприятия должна вестись по предлагаемой системной модели, а не по частным экономическим моделям или модели управления. Приведенные в статье модели явятся мерилем эффективности организации деятельности строительного предприятия.

Список литературы

1. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. М.: Директ-Медиа, 2008. 131 с.
2. Горелик О.М., Волохин С.Б. Системный анализ в сфере сервиса. Тольятти: ПТИС, 2000. 140 с.
3. Ильин В.В. Моделирование бизнес-процессов. Практический опыт разработчика. М.: СПб. – Киев: Вильямс, 2006. 160 с.
4. Сокольников В.В., Мотылев Р.В. Формализация строительного предприятия как целевой системы. Концепция ресурсного потенциала // Сб. докладов 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов СПб ГАСУ, 2011. С. 104–108.