

10. Табунищikov Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунищikov, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.

#### АННОТАЦИЯ

Предлагается инновационный подход к формированию и выбору моделей организации строительства, которые трансформированы из стандартных сетевых моделей "работы-дуги" в модернизированные семантические сетевые модели. Ведущим параметром в предложенных моделях инновационного содержания введено семантическую оценку качества организационно-технологических решений строительства и готовности команды по управлению проектом к его успешной реализации. Изложены концептуально-методические основы, формализация задач, основные процедуры построения и расчета моделей организации строительства, созданные по схеме сетевых моделей и привлекающие ряд семантических параметров для описания внешних и внутренних условий внедрения строительного проекта. Указаны три разновидности сетевых моделей, которые по-разному отражают содержание управленческой деятельности.

Ключевые слова: сетевые модели, строительный проект, энергоэффективность, семантические параметры.

#### ANNOTATION

Proposed an innovative approach to the development and selection of building models that have been transformed with the standard models of network "work-arc" upgraded to semantically-of network models. Leading parameter in the proposed model innovation introduced semantic content quality assessment of organizational and technological solutions and construction readiness project management team to its successful implementation. The conceptual and methodological framework, formal analysis of the basic procedures of construction and calculation models of the building, created by the scheme of network models and involve a number of semantic parameters to describe the external and internal conditions of implementation of the construction project. These three types of network models to reflect different content management activities.

Keywords: networking models, constructional design, energy efficiency, semantic options.

УДК 69.05(075.8)

*И.В. Шумаков, к.т.н., ХНУСиА, г. Харьков;*  
*Ю.В. Фурсов, к.т.н.,*  
*ХНУГХ им. А.М. Бекетова, г. Харьков*

#### МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

#### АННОТАЦИЯ

Изложены методологические принципы формирования инновационных организационно-технологических решений строительства подземных объектов. Отражены условия процесса оптимизации, применены элементы теории статистических решений для выбора критериев равновозможных состояний и максимина.

Ключевые слова: подземное строительство, методология, инновационные организационно-технологические решения.

**Постановка проблемы.** Возрастающее в последние годы количество инноваций в строительстве свидетельствует не столько о переходном этапе технического развития отрасли, сколько о том, что сам феномен инновации становится существенным элементом утверждающегося нового технологического порядка.

Объемы подземного строительства в крупных городах сегодня возрастают во всем мире. Это связано с повышением концентрации городского населения, непрерывным ростом количества автомобилей. Перспективы потенциальных возможностей освоения городского подземного пространства привлекают объемами — под землей, например, можно разместить до 70 % автостоянок. В этой связи современная геотехника вынужденно стала существенно глубже и шире. Разломы, карст, оползни, активная гидрогеология и другие природно-техногенные условия и процессы в значительной мере влияют на проектирование зданий и сооружений, и их безаварийную эксплуатацию.

Развитие систем подземных сооружений и их взаимосвязь в объектах различного назначения должно способствовать решению градостроительных задач (рис. 1).

Сложность и высокий уровень ответственности подземных сооружений, значительное влияние



Рис. 1. Градостроительные задачи освоения подземного пространства

их возведения в условиях плотной городской застройки на существующие окружающие объекты, экологические аспекты выдвигают ряд требований, которые необходимо учитывать при формировании инновационных решений в планировании, проектировании и строительстве.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Научный дискурс, посвященный инновационной проблематике, оформляется в первой половине XX в. и получает свое становление в работах Г. Тарда, Н. Д. Кондратьева и Й. Шумпетера. В частности, Г. Тард обнаруживает влияние нововведений на социальный прогресс. Й. Шумпетер, отталкиваясь от положений предшественников, вводит термин инновации в научный оборот, стимулирует изучение инновации как комплексного процесса, который формируется от фундаментального научного исследования до практического внедрения.

Инновационная деятельность выступает главным условием развития строительного комплекса. Наличие научных, образовательных, социальных, экономических инноваций говорит об ориентации на новое, это в наибольшей степени характеризует современный уровень строительства. В геотехнике также происходят изменения как в технологиях, оборудовании, так и в методах расчета. Требуется изменений традиционная механика грунта, разработанная в прошлом веке. Выдвигаются предположения о некорректности расчетов грунтов по несущей способности и деформациям как двух самостоятельных, формируя в этой связи новую философию расчетов. Инновационной можно назвать предложенную не так давно новую геотехническую модель: "геомассив-основание-фундамент-сооружение" [1]. Методологические проблемы прогнозирования также уже решали ученые в составе оптимизационных задач управления [4-7]. При этом, для подземного строительства осталась неизученной проблема создания целостной методологии, раскрывающей осно-

вы формирования инновационных решений — не выделены особенности, принципы, нормы деятельности, а также средства и методы.

**Цель статьи:** разработка основных принципов методологии формирования инновационных решений подземного строительства.

**Основной материал.** Решению городских транспортных, градостроительных, экологических проблем может способствовать комплексное освоение подземного пространства для размещения объектов различного назначения (рис. 2).

Например, целевая концепция создания подземной части многофункциональных комплексов крупных городов имеет тенденцию, предусматривающую интенсивное многоярусное использование подземного пространства с включением основных функциональных зон:

- \* пересадочный узел метрополитена;
- \* многоуровневый подземный паркинг;
- \* культурно-зрелищный, торговый и ресторанный комплексы;
- \* подземный парк с фонтанами, цветниками, газонами и зонами отдыха;
- \* комплекс систем эксплуатации.

Максимальная функциональность при полной безопасности подземных объектов становится необходимым условием на фоне непрерывного и стремительного динамизма политических, экономических, общественных изменений в мире — строительная практика должна постоянно перестраиваться применительно к новым условиям, а ее инновационность становится атрибутом времени. При этом следует учесть тенденции, демонстрирующие, что движущей силой внедрения инноваций при возведении подземных объектов будут научные изыскания и совершенствование нормативных требований, стремящихся к соответствию накапливаемому опыту городского строительства, стимулом — социальные нужды (жилье, инфра-

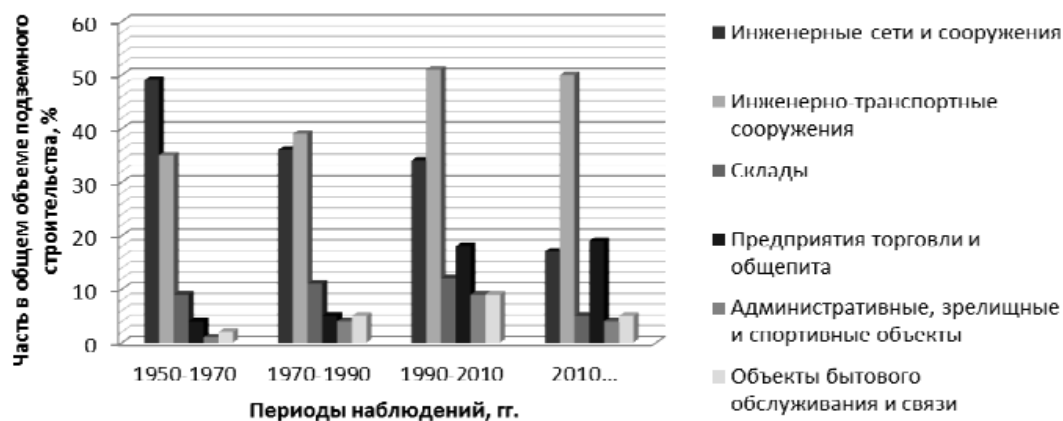


Рис. 2. Динамика объемов работ городского подземного строительства

руктура), а обязательным условием — учет экологических параметров строительства и эксплуатации.

Продуктивная (инновационная) деятельность требует своего целеполагания — проектирования. В строительстве осуществляется проектирование технических, организационно-технологических, экономических, экологических и др. систем. Проектируется и любое научное исследование. Ключевыми становятся понятия: проект, технологии, рефлексия. При этом проект (от лат. *projectus* — брошенный вперед) противоречит рефлексии (от позднелат. *reflexio* — обращение назад).

Данные понятия определяют завершенность инновационного цикла, преобразуясь в фазы:

\* фаза проектирования (результат — построенная модель системы и план ее воплощения);

\* технологическая фаза (результат — реализация системы);

\* рефлексивная фаза (результат — оценка реализованной системы: необходимость коррекции, новые исследования).

В свою очередь, методология науки в связи с активным развитием была поделена в свое время на четыре раздела [6]: философский; общенаучный; конкретно-научный; технологический (конкретные методики и техники исследования).

Следует отметить, что среди компонентов процесса любой деятельности: "потребность → мотив → цель → задача → технология → действие → результат", инновация имплементируется в технологии деятельности (в совокупности методов, операций, приемов, этапов и т.д., последовательное осуществление которых обеспечивает решение поставленной задачи [5]). На основе этого инновационный проект в подземном строительстве можно определить как проект по изменению организации и технологии.

Сформулированными инвариантными условиями для формирования инновационных решений в подземном строительстве явились: мотивационные; кадровые; материально-технические; научно-методические; финансовые; организационные, нормативно-правовые, информационные.

Необходимость организации продуктивной инновационной деятельности в исследуемом направлении обусловило применение методологии. Под методами формирования инновационных технологий подразумевают теоретические и эмпирические, в каждом из которых действуют подгруппы методов-операций и методов-действий (рис. 3).

Некоторые из методов имеют особый статус в формируемых системах. Наблюдение среди методов исследования является наиболее информативным, позволяющим увидеть все стороны изучаемых процессов, доступные визуальному или инструментальному восприятию наблюдателя. Целенаправленное и организованное восприятие объектов и явлений, связанное с решением определенной проблемы или задачи (научное наблюдение) предполагает получение определенной информации для дальнейшего теоретического осмысления, для утверждения или опровержения гипотез.

Характерными в данном контексте можно считать гидрогеологические наблюдения. Для получения объективных результатов соблюдается принцип интерсубъективности — наблюдения должны (или теоретически могут) быть зафиксированы по возможности другими наблюдателями. Замена визуального наблюдения инструментальным неограниченно расширяет возможности, не исключая фактора субъективности.

Обследование предполагает изучение объекта или процесса с определенной мерой глубины и детализации в зависимости от поставленных целей.



*Рис. 3. Классификация методов формирования инновационных технологий*

Синонимом слова "обследование" является "осмотр", что говорит о том, что обследование — это в основном первоначальное изучение объекта, проводимое для ознакомления с его состоянием, функциями, структурой.

В экспериментальных методах исследований существенную роль играют статистические методы, которые дают возможность:

- \* компактно и информативно описывать результаты эксперимента;
- \* устанавливать степень достоверности сходства и различия исследуемых объектов на основании результатов измерений их показателей;
- \* анализировать наличие или отсутствие зависимости между различными показателями (явлениями);
- \* количественно описывать эти зависимости;
- \* выявлять информативные показатели;
- \* классифицировать изучаемые объекты и прогнозировать значения их показателей и характеристик.

Широкое использование математических средств выдвигает проблему интерпретации (содержательного объяснения) формальных результатов. В большинстве своем обращение к математическому моде-

лированию в качестве аппарата исследования продиктовано свойствами "замещения" модели как образа некоей системы; схематичной, структурной аналоговостью изучаемого фрагмента технической реальности. Стадия моделирования включает в себя: этапы построения моделей; оптимизации; выбора (принятия решения). Выделяются дескриптивная, прогностическая и нормативная функции. Адекватность модели означает, что она достаточно полна, точна и истинна в той мере, которая позволяет достичь поставленной цели. Познавательные модели отражают предположительно существующее (ЗД, лазерное сканирование). Прагматические модели (например, рабочие чертежи технологических карт) носят нормативный характер для дальнейшей деятельности, играют роль стандарта, образца.

В соответствии с методологией после изучения сходства/различий устанавливается факт наличия/отсутствия зависимости между показателями и количественное описание этих зависимостей. Здесь используются, соответственно, корреляционный и дисперсионный анализ, а также регрессионный анализ. Корреляционным и дисперсионным анализом выявляют существование взаимосвязи между переменными, регрессионным — определяют



Рис. 4. Комплекс оценочных критериев инновационности

вид функциональной зависимости между ними. Важен учет "локальности" модели для некоторых конкретных значений переменных, экстраполяция результатов моделирования на более широкие области значений переменных будет неверна.

Задачи многокритериальной оптимизации сложны из-за неоднородности (разноразмерности) учитываемых локальных критериев и необходимости их нормализации для возможности последующего сопоставления. Рассматриваемые задачи оптимизации организационно-технологических решений относятся к многокритериальным статистическим задачам в условиях влияния неопределенных стохастических факторов.

Теория статистических решений содержит математический аппарат решения таких задач: разработан ряд принципов оптимальности для учета влияния неопределенных факторов, причем часто из указанного ряда используют принцип недостаточного обоснования и принцип гарантированного результата. Доминантен принцип гарантированного результата: информация о вероятностях возможных состояний среды полностью отсутствует — выбирают решение, гарантирующее в наихудших условиях максимальный результат.

Для применяемых организационно-технологических решений производится оценка инновационности по группе критериев (рис. 4).

Информация, необходимая для многокритериального выбора оптимального решения представляется в форме матрицы,  $i$ -я строка, которая соответствует решению  $X_i$  из множества допустимых

решений  $G=\{X_i\}_{j=1}^n$ , а  $j$ -й столбец соответствует локальному критерию  $S_j$  из множества учитываемых критериев  $S=\{X_j\}_{j=1}^m$ .

Алгоритм поиска инновационного организационно-технологического решения таков. Сначала производится нормализация значений локальных критериев  $\mu_{ij}$  внутренних факторов для каждого из сравниваемых решений, затем — то же для внешних факторов. Для учета влияния показателя приоритетности локальных критериев (для обеих групп факторов) предлагается корректировать их нормализованные значения. В соответствии с принципом недостаточного обоснования для каждого организационно-технологического решения определяется критерий равновозможных состояний Лапласа для группы внутренних факторов. Далее при сравнении значения указанного критерия Лапласа с нормализованными значениями локальных критериев внешних факторов выбирается минимальное  $\mu^{min}_{ij}$ . Затем, руководствуясь принципом гарантированного результата, определяется оптимальное решение с помощью критерия максимина Вальда [7]. При этом оптимальным является допустимое решение, соответствующее значению критерия Вальда:

$$\mu = \max_{x_i \in G} \min_{S_j} \mu^{min}_{ij}$$

Результат многокритериальной оптимизации организационно-технологических решений является компромиссом, выбранное инновационное решение по отдельным критериям часто уступает другим, менее инновационным, имеются признаки несовершенства, конкретные проблемные области. Для выражения комплексной оценки несовершенства оптимального решения целесообразно ввести пофакторные показатели, определяемые методом синтеза альтернативных решений, как результат вычитания нормализованных значений локальных критериев оптимального решения из соответствующих значений локальных критериев какого-либо альтернативного ему решения: чем больше разность, тем несовершеннее оптимальное решение.

Анализ показателей несовершенства оптимального решения, полученным при его сопоставлении с возможными альтернативными решениями с применением рационально-логических методов, позволяет выбрать объединенное решение, где значение каждого локального критерия принято равным его наибольшему нормализованному значению из всех допустимых решений. Критерий Вальда в

приложении к данной проблематике обеспечивает выбор осторожной, пессимистической стратегии инновационной деятельности в подземном строительстве, что весьма характерно для вероятностных процессов: для каждого решения выбирается самая худшая ситуация и среди них отыскивается гарантированный максимальный эффект.

Таким образом, формирование инновационных организационно-технологических решений предложено осуществлять следующим порядком:

- \* из всего многообразия определить допустимые решения, а из их числа выбрать оптимальное организационно-технологическое решение с учетом конкретных условий производства работ;

- \* из числа допустимых сформировать комплексное решение, которое является лучшей альтернативой оптимальному;

- \* с помощью синтеза альтернативных решений выявить показатели несовершенства у оптимальных решений и выдвинуть гипотезы о возможности их совершенствования до перехода в ранг инновационных;

- \* проверить состоятельность выдвинутых гипотез исследованиями по совершенствованию оптимальных решений;

- \* сформировать инновационные организационно-технологические решения для конкретных условий производства работ;

- \* выполнить производственную проверку конкурентоспособности сформированных инновационных организационно-технологических решений.

Критерии эффективности важны в целом в любой деятельности. Многокритериальность реальных задач подземного строительства обусловлена тем, что одну цель, как правило, не удается выразить одним критерием. Решение состоит в поиске более адекватного критерия или в использовании нескольких критериев, описывающих одну цель по-разному и дополняющих друг друга.

**Выводы.** Разработаны методологические научные представления об общих закономерностях формирования инновационных организационно-технологических решений подземного строительства и систематизированы сведения о методах и средствах принятия оптимизационных решений. Определены общие условия допустимости, а также границы области и условия рационального применения технологических решений подземного строительства. Обоснована необходимость совершенствования методов оптимизации извест-

ных и формирования новых организационно-технологических решений возведения подземных объектов. Обоснована целесообразность применения синтеза альтернативных решений при формировании конкурентоспособных многокритериально оптимизированных технологических решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кулачкин Б. Новая механика грунта — возможности для повышения прочности оснований / Кулачкин Б., Родкевич А. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.wikistroi.ru/wiki/stroitel'naya-nauka/novaya-mehanika-grunta-2013-vozmozhnosti-dlya-povysheniya-prochnosti-osnovanii>.
2. Джонс Дж. К. Методы проектирования / Дж. К. Джонс. — М.: Мир, 1986. — 326 с.
3. Тюрин Ю.Н. Анализ данных на компьютере / Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. — М.: ИНФРА-М, 1998. — 544 с.
4. Фатрелл Р.Т. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат / Фатрелл Р.Т., Шафер Д.Ф., Шафер Л.И.. — М.: Вильямс, 2003. — 1136 с.
5. Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах / Новиков Д.А. — М.: ИПУ РАН, 1998. — 216 с.
6. Юдин Э.Г. Системный подход и принцип деятельности / Юдин Э.Г. — М.: Наука, 1978. 392 с.
7. Васильев Ф.П. Методы оптимизации / Васильев Ф.П. М.: Факториал Пресс, 2002. 823 с.

#### АНОТАЦІЯ

Викладено методологічні принципи формування інноваційних організаційно-технологічних рішень будівництва підземних об'єктів. Відбито умови процесу оптимізації, застосовані елементи теорії статистичних рішень для вибору критеріїв рівноможливих станів і максиміна.

Ключові слова: підземне будівництво, методологія, інноваційні організаційно-технологічні рішення.

#### ANNOTATION

Identified the methodological principles of innovative organizational and technological solutions of construction of underground facilities. Reflects the conditions of the optimization process, are elements of statistical decision theory to select the criteria equally likely states and maximin.

Keywords: underground construction, methodology, innovative organizational and technological solutions.