

УДК 69.035.4

*И.Е. Петренко***МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ
ВЫБОРА ИННОВАЦИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ТОННЕЛЕЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Семинар № 8

Актуальность проблемы. В России, как и во многих странах мира, происходит стремительное увеличение объемов подземного строительства, несмотря на его высокую стоимость, сложность и трудоемкость [1].

Новые экономические условия, наряду с использованием ранее достигнутого уровня подземного строительства, диктуют необходимость применения инноваций, обеспечивающих использование прогрессивных технологий и конструкций, более высокое качество возводимого объекта, а также необходимый уровень промышленной и экологической безопасности строительства.

К настоящему времени уже накоплен арсенал инноваций в строительстве тоннелей и подземных сооружений. Однако, несмотря на обилие публикаций по проблеме подземного строительства, отсутствует методика формирования и выбора инноваций для строительства тоннелей и подземных сооружений.

Проведенный анализ различных подходов к решению указанной проблемы позволил сделать вывод о возможности ее решения на основе использования метода морфологического анализа.

Метод морфологического анализа, его сущность и этапы. Морфологический анализ является одним из инструментов системного подхода в на-

учных исследованиях и изобретательстве. Обычно создание морфологического анализа связывают с двумя именами: средневековым монахом Раймондом Лулием (примерно 1235-1316 гг.) и швейцарским астрофизиком Фрицем Цвикки [2], который с помощью данного метода сделал ряд открытий и изобретений, в том числе 50 патентов на изобретения в области ракетных двигателей.

Сущность метода морфологического анализа в самом упрощенном виде заключается в следующем [3]. Исследуемый объект (или объекты) необходимо разложить на компоненты, выбрать из них несколько существенных характеристик, изменить их и попытаться соединить снова. На выходе получится новый объект, обладающий новыми свойствами. К примеру, необходимо решить задачу по разработке новой визитной карточки для парфюмерной компании. Если при этом изменить классическую прямоугольную форму визитки, а также принять во внимание воздействие на органы чувств, то в принципе может получиться треугольная визитка с запахом парфюма. Результатом решения данной задачи является объект, имеющий то же назначение, что и обычная визитная карточка, однако обладающий свойствами, значительно отличающимися от обычных визиток.

В технических системах, к которым безусловно относятся тоннели и другие подземные сооружения, в соответствии с принципом морфологического анализа выделяются элементы структурного центра, важных параметров и структуры системы. При этом в качестве параметров могут быть использованы не только факторы активного воздействия на систему, но и различные инновации и их характерные группы. Каждый параметр должен иметь примерно одинаковую важность [4, 5].

Путем систематического изучения спектра возможностей, в том числе и в области инноваций, морфологический анализ позволяет выявить множество альтернативных решений, получение которых весьма проблематично или просто невозможно при использовании других методов. В определенной степени морфологический анализ стимулирует креативную деятельность исследователя, поскольку он распространяется на большее число идей, чем это было бы возможно в случае использования более классических подходов.

Из методов систематизированного поиска новых идей морфологический анализ является самым известным и часто применяемым [6]. На основе данного метода была разработана классификация способов вскрытия пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа [7]. Применительно к подземному строительству с применением метода морфологического анализа была разработана классификация подземных сооружений [8].

Решение задачи с применением морфологического анализа производится в несколько этапов [9]:

- сбор данных и определение области исследования;

- построение системы ограничений и выбор критериев предпочтения;

- составление морфологических карт вариантов и технических решений;

- сужение области исследования;

- выбор окончательного решения на основе анализа количественного выражения критериев предпочтения.

В итоге решения на основе анализа множества полученных вариантов комбинаций производится отбор наиболее рациональных и эффективных в соответствии с установленной ранее системой ограничений и критериев предпочтения.

Модель процесса формирования и выбора инноваций. Данный процесс представляет собой сложную систему, анализ которой возможен с применением методов многокритериальной оптимизации, к которым относятся и морфологический анализ.

Весь ход процесса выбора основных инновационных решений и формирования структуры проекта строительства тоннеля или подземного сооружения может быть представлен в виде последовательной композиции операций в операторной схеме моделирующего алгоритма:

$$M = \Gamma \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \bullet \begin{array}{|c|} \hline \Gamma_3 \uparrow \\ \hline C_1 C_2 \downarrow \\ \hline \end{array} \Pi \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \bullet \begin{array}{|c|} \hline \Gamma_3 \Pi_3 \uparrow \\ \hline C_1 C_2 B_1 \downarrow \\ \hline \end{array} C \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \bullet$$

$$\bullet \begin{array}{|c|} \hline B_3 C_1^3 \uparrow \\ \hline B_5 B_6 \downarrow \\ \hline \end{array} B \begin{array}{|c|} \hline 6 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \bullet y \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array} \bullet$$

где:

Горногеологические условия строительства тоннеля или подземного сооружения (Г) отражены в операторах:

Г₁ – сбор исходной информации о фактических условиях строительства объекта (физико-механические характеристики вмещающих пород и другие данные, характеризующие обстановку в месте строительства); Г₂ – проверка достаточности собранных данных для раз-

работки проекта объекта; Г₃ – анализ и оценка исходных горногеологических и градостроительных условий строительства подземного объекта для выбора арсенала прорывных инноваций.

Прогнозирование промышленной безопасности строительства тоннеля или подземного сооружения (П) отражено в операторах:

П₁ – выбор метода прогноза промышленной безопасности строительства подземного объекта; П₂ – прогнозирование промышленной безопасности конкретного подземного объекта; П₃ – анализ возможности проведения горных работ в зонах неустойчивых пород либо под поверхностными зданиями и сооружениями, под которыми нельзя допустить посадок земной поверхности.

Выбор эффективных способов производства горно-строительных работ с использованием прорывных инновационных решений (С) отражен в операторах:

С₁ – анализ возможных способов производства горно-строительных работ с учетом требований промышленной безопасности и формирование вариантов их применения с учетом горногеологических и градостроительных условий строительства подземного объекта; С₂ – разработка вариантов организационно-технологических схем строительства подземного объекта с использованием прорывных инновационных решений; С₃ – проверка соответствия полученных проектных решений требованиям промышленной безопасности.

Мероприятия по обеспечению реализации строительства подземного объекта (Б) отражены в операторах:

Б₁ – производство горно-строительных и других работ по реализации активных воздействующих факторов (важных параметров) инновационного развития; Б₂ – последовательность вы-

полнения технологических мероприятий по обеспечению инновационного развития; Б₃ – применение новых технологий, конструкций, машин и механизмов, приемов и методов работ; Б₄ – обеспечение противопожарной защиты строительства подземного объекта; Б₅ – устройство безопасных путей эвакуации персонала в случае возникновения чрезвычайных ситуаций в подземных горных выработках; Б₆ – обеспечение эффективного проветривания забоев горных выработок.

Формирование, согласование и утверждение проекта строительства подземного объекта (У) отражены в операторах:

У₁ – формирование пояснительной записки и графической части документации на строительство подземного объекта; У₂ – согласование и утверждение разработанного проекта в установленном порядке; У₃ – передача утвержденного проекта генеральному подрядчику для его реализации и последующий авторский надзор в процессе строительства подземного объекта.

Символическая запись процесса формирования и выбора инноваций при проектировании и строительстве подземных объектов позволяет унифицировать процедуру проектирования и исследовать связи и взаимозависимость между основными операциями, важными параметрами и результирующей структурой инновационного развития строительства объекта. В результате исследования разработанной модели установлено, что наиболее нагруженной в информационном отношении является стадия «С» – выбор эффективных способов производства горно-строительных работ с использованием прорывных инновационных решений. Данная стадия является главным звеном в процессе формирования и выбора инноваций при

Морфологическая схема формирования и выбора прорывных инноваций при строительстве Серебряноборских тоннелей

Главная часть системы (структурный центр)	Активно воздействующие факторы (важные параметры)	Структура способа строительства (составные части и связи между ними)
<p>1. Соединение центра города с автомагистралью «Балтия» через густонаселенные районы.</p> <p>2. Сооружение системы из двух тоннелей диаметром 14,2 м и сервисного тоннеля диаметром 6,2 м с использованием ТПМК¹ фирмы «Herrenknecht».</p> <p>3. Применение двухъярусной схемы движения: автомобильный транспорт – по верхнему ярусу, метрополитен – по нижнему.</p> <p>4. Проведение тоннелей под Серебряноборским лесничеством с целью сохранения окружающей среды.</p> <p>5. Высокие темпы работ по сооружению тоннелей с использованием ТПМК фирмы «Herrenknecht».</p>	<p>1. Механизованная проходка с гидропригрузом забоя, обеспечиваемым сепарационной установкой с бентонитовой пульпой.</p> <p>2. Применение водонепроницаемых железобетонных блоков обделки тоннелей с последующим тампонажем заобделочного пространства.</p> <p>3. Устройство межъярусного перекрытия в тоннелях большого сечения при помощи специальной передвижной механизированной установки фирмы «Herrenknecht».</p> <p>4. Использование струйной цементации пород при сооружении сбоек между сервисным и транспортными тоннелями.</p> <p>5. Геомониторинг, авторский надзор и научное сопровождение строительства комплекса тоннелей, контроль качества и приемка работ.</p> <p>6. Концентрация работ различного профиля на основе единого графика и четкой работы команды строительных менеджеров.</p>	<p>1. Соединены центр города с автомагистралью «Балтия» при сохранении природного ландшафта Серебряноборского лесничества.</p> <p>2. Впервые в России применена двухъярусная схема движения транспорта в тоннеле.</p> <p>3. Щитовая проходка тоннелей с гидропригрузом забоя, струйной цементацией и тампонажем заобделочного пространства в сочетании с геомониторингом обеспечили повышение безопасности ведения горно-строительных работ, минимальные просадки земной поверхности и защиту окружающей среды.</p>

¹Тоннелепроходческие механизированные комплексы.

проектировании и строительстве подземных объектов.

Концепция выбора способа строительства подземного объекта. Выработка концепции способа строительства подземного объекта с применением метода морфологического анализа показана на примере выбора технологических решений, обеспечивающих реализацию прорывных инноваций при строительстве Серебряноборских тоннелей в г. Москве (таблица). Исследование морфологической схемы, приведенной в данной таблице, позволило установить целесообразность совмещения в одном тоннеле различных видов транспорта за счет применения двухъярусной схемы дви-

жения: автомобильный транспорт – по верхнему ярусу, метрополитен – по нижнему. Кроме того, впервые оказалось возможным использовать активные воздействующие факторы (важные параметры) в качестве точек инновационного развития проекта строительства Серебряноборских тоннелей.

Следует также отметить, что предложенная морфологическая схема решения проблемы формирования и выбора инноваций при проектировании и строительстве подземных объектов реализована в различных направлениях:

для каждого тоннеля или подземного сооружения в отдельности [10];

для анализа современной инвестиционной политики и прогнозирования ее тенденций в строительстве тоннелей и подземных сооружений [11];

для анализа экономических аспектов инновационной привлекательности строительства подземных сооружений [12].

Научное значение и новизна предложенной морфологической схемы заключается в теоретическом обобщении и разработке методологических основ регулирования процессов проектирования и выбора прорывных инноваций при строительстве тоннелей и подземных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов С.Н. Опыт и высокие технологии – основа совершенствования тоннельного и подземного строительства. // Подземное пространство мира. – 2006. – № 3. – С. 3-12.
2. Викентьев И.Л. Морфологический анализ как способ решения бизнес-задач. Глава 18 из книги «Приёмы рекламы и Public Relations. Программы-консультанты». – СПб. – «ТРИЗ-ШАНС» и «Бизнес-пресса». – 2004. – 384 с.
3. Лисицин Д. Упражнения по вдохновению. //Секрет фирмы. –30.01.2006. –№ 4 (139). (<http://sf-online.ru/toPrint.asp?OID=761DA0BF-CB5D-419C-8EA5-9E94B686930E>).
4. Жерордэн Л. Морфологический анализ – метод творчества. Руководство по научно-техническому прогнозированию. – М.: – Прогресс. – 1977. – 350 с.
5. Эйрес Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. – М.: – Мир. – 1971. – 296 с.
6. Сильванович С. Требуется активные и креативные. //Секреты управления персоналом. – 2004. – № 12. (http://www.profigroup.by/sup/12_2004/448/).
7. Петренко И.Е. Классификация способов вскрытия пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. //Шахтное строительство. – 1990. – № 10. – С. 11-14.
8. Петренко Е.В., Петренко И.Е. Классификация подземных сооружений. // Подземное и шахтное строительство. – 1991. – № 9. – С. 2-5.
9. Петренко И.Е. Обоснование и выбор эффективных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа при вскрытии угольных пластов Воркутского месторождения, опасных по газопроявлениям. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: ИПКОН РАН. – 1995. – 17 с.
10. Петренко Е.В., Петренко И.Е. Особенности прорывных решений и инноваций в строительстве новых автодорожных тоннелей в Москве. //«Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций» – приложение к журналу «Подземное пространство мира». – 2006. – № 4. – С. 3-13.
11. Петренко Е.В., Удовиченко В.М. Инновационная политика в строительстве тоннелей и подземных сооружений. // Подземное пространство мира. – 2005. – № 3-4. – С. 3-11.
12. Петренко Е.В., Петренко И.Е., Удовиченко В.М. Экономические аспекты инновационной привлекательности строительства подземных сооружений. //Подземное пространство мира. – 2003. – № 1-2. – С. 5-11. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Петренко И.Е. – кандидат технических наук, Минпромэнерго России.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. В.А. Харченко.