

УДК 622.8

*В.А. Умнов, А.В. Харченко*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ПОДЗЕМНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**И**спользование городского подземного пространства для размещения объектов транспортной инфраструктуры требует выбора наилучших вариантов технических решений на основе их детальной оценки с учетом экономических, экологических, социальных и градостроительных факторов. Важной задачей здесь является формирование вариантов. В результате неполноты первоначального перечня вариантов, может быть выбрано решение не являющееся наилучшим. В этих целях предлагается использовать подход, известный в науке под названием морфологический [1, 2, 3].

Впервые указанный подход был применен при решении научных и технических задач Швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки [2, 3]. Он предложил использовать три основных метода, совокупность которых получила название морфологический подход:

- 1) метод отрицания и конструирования;
- 2) метод систематического покрытия поля;
- 3) метод морфологического ящика.

Цель морфологического исследования - увидеть перспективу полного "поля знаний" о предмете. Это может быть поле материальных объектов, поле явлений или поле отношений, концепций, идей или теорий. В отличие от обычных методов формирования вариантов решений данный подход позволяет преодолеть сложившиеся стереотипы и предложить варианты, которые на первый взгляд могут показаться абсурдными, но впоследствии окажутся наилучшими [1, 2, 3].

Основой метода отрицания и конструирования служит принцип: любое утверждение, сформулированное в конечных и полностью определенных терминах, не может быть абсолютно верным. Иными словами, любое правило, любой закон, любое условие можно и должно подвергать сомнению, поскольку они имеют ограниченную область действия. Про-

цедурно метод сводится к трем последовательным этапам:

1) Выявляют в исследуемом объекте его признаки, характеристики, свойства или иные атрибуты, существенные для выполнения его главной полезной функции. В некоторых случаях достаточно определить всего один такой признак.

2) Отрицают один из выявленных признаков, отказываются от него и заменяют его принципиально иным признаком, не обязательно противоположным отброшенному.

3) Мысленно конструируют новый объект с этой замененной характеристикой. Остальные характеристики, не связанные с замененной, оставляют теми же, что и в исходном объекте.

**Метод систематического покрытия поля** рекомендует последовательно экстраполировать имеющиеся знания в неизученные участки поля знаний, стараясь перекрыть его полностью, т.е., с одной стороны, найти ответы на все вопросы, имеющие отношение к объекту исследования, а с другой стороны, мысленно построить все ситуации и следствия, вытекающие из уже имеющихся знаний (с тем, чтобы затем этим следствиям и ситуациям найти соответствие в реальном мире). Действуя таким образом, можно ожидать, что: а) ничто не будет упущено из поля зрения; и б) существует вероятность сделать открытие (если какие-либо участки поля знаний оказываются недоступными для обычных методов исследований).

Наиболее известен в науке третий метод - **метод морфологического ящика**, который чаще всего и называют "морфологический анализ". Основные причины: метод является наиболее "алгоритмизированным", а также наиболее доступен для понимания большинства специалистов. Основные его этапы:

- 1) Формулирование проблемы.

2) Выявление и характеристика всех параметров, которые могли бы войти в решение заданной проблемы.

3) Конструирование морфологического ящика или многомерной матрицы, содержащей все решения заданной проблемы.

4) Анализ и оценка решений с точки зрения целей, которые должны быть достигнуты.

5) Выбор и реализация наилучших решений.

В наибольшей степени этот метод распространен в технике для разработки новых технических решений. В настоящее время сформировалось два существенно различных направления работы по методу морфологического ящика:

1) многоступенчатый метод морфологического ящика, при малых объемах морфологических множеств на каждой ступени и полном их анализе;

2) одноступенчатый метод морфологического ящика, при очень большом объеме морфологического множества и тактике последовательного улучшения объекта без полного перебора вариантов.

Второе направление обычно требует применения компьютерной техники, первый - доступен для реализации "вручную" и не требует много времени.

Поскольку решаемая в работе проблема требует широкого применения рекомендаций людьми, от которых требуется минимальная подготовка в этой сфере, предлагается для поиска решений использовать третий метод - метод морфологического ящика. В данной статье будет рассмотрено лишь формирование вариантов с использованием метода морфологического ящика.

Частная проблема заключается в выборе наилучших (наиболее эффективных) для города вариантов создания подземного транспортного объекта, с учетом значимых факторов. Сформированные основные параметры (элементы) вариантов можно представить в виде следующей структуры:

1. Расположение объекта
  - 1.1. Территориальное
  - 1.2. Близлежащие объекты
  - 1.3. Вертикальное расположение
2. Вид объекта (согласно их классификации)
  3. Параметры объекта общие
    - 3.1. Величина (пропускная способность, количество обслуживаемых единиц и др.)

3.2. Глубина заложения

4. Параметры объекта, зависящие от вида объекта

4.1. Общие характеристики для тоннелей всех видов

4.1.1. Диаметр

4.1.2. Уклон

4.1.3. Протяженность

4.1.4. Маршрут

4.2. Тоннель метро

4.2.1. Назначение (функции)

4.2.2. Скоростная характеристика

4.3. Железнодорожный тоннель

4.3.1. Количество путей

4.3.2. Допустимые скорости движения поездов

4.4. Автомобильные тоннели

4.4.1. Возможные направления движения (одно или два)

4.4.2. Ширина проезжей части (определяется исходя из количества полос движения)

4.4.3. Допустимые скорости движения автомобилей

4.5. Подземные переходы

4.5.1. Тип перехода (согласно классификации)

4.5.2. Пропускная способность (ограничена шириной)

4.6. Паркинги

4.6.1. Продолжительность хранения автомобилей

4.6.2. Тип планировки (размещения автомобилей)

4.6.3. Количество этажей

5. Характеристики процесса строительства

5.1. Способ строительства

5.2. Технологии и техника

5.2.1. в строительстве

5.2.2. крепление

5.2.3. гидроизоляция, осушение

5.3. Системы вентиляции

5.4. Энергоснабжение и освещение

5.5. Аварийные выходы

5.6. Противопожарные меры и системы

5.7. Охранные меры и системы

Учитывая, что даже сформированный в сжатом виде перечень показателей вариантов создания подземных объектов городской транспортной инфраструктуры достаточно велик, перебор вариантов может стать весьма трудоемким. Поскольку это позволяет

*Морфологический ящик (таблица) вариантов создания объектов городской подземной транспортной инфраструктуры*

<i>I этап – выбор вида объекта. Вариантов Не менее 6.</i>						
А. Вид объекта	А1. Тоннель метро	А2. Тоннель железной дороги	А3. Автомобильный тоннель	А4. Пешеходный тоннель	А5. Паркинг	А6. Специальный объект
Б. Вид специального объекта	Б1. Пересадка	Б2. Ремонт	Б3. Заправка	Б4. Мойка	Б5. Другие	

<i>II этап - выбор расположения объекта. Вариантов 90.</i>						
В. Территориальное расположение	В1. Удаленность от центра города	В11. Центр		В12. Средняя зона		В13. Окраина
	В2. Вид территории	В21. Жилая	В22. Промышленная	В23. Административная	В24. Зеленая зона	В25. Охраняемая
	В3. Занятость поверхности	В31. Занята			В32. Свободна	
Г. Вертикальное расположение	Г1. Отношение к земной поверхности	Г11. Наземный		Г12. надземный	Г13. Подземный	

<i>III этап – выбор характеристик объекта. Вариантов от 36 до более чем 3500.</i>						
Д. Общие характеристики	Д1. Величина (пропускная способность) объекта	Д11. Высокая		Д12. Средняя		Д13. Низкая
	Д2. Глубина заложения, м	Д21. ≤20			Д22. >20	
Е. Тоннель	Е1. Диаметр, м	Е11. 2-5		Е12. 6-10		Е13. 11-15
	Е2. Уклон, %	Е21. <1	Е22. 1-4	Е23. 5-15	Е24. >15	
	Е3. Протяженность, км	Е31. <1		Е32. 1-5		Е33. >5
	Е4. Маршрут	Формируются исходя из конкретных условий				
Ж. Тоннель метро	Ж1. Назначение	Ж11. Главный		Ж12. Служебный		Ж13. Парковый
	Ж2. Скоростная характеристика	Ж21. Обычный			Ж22. Экспресс	
З. Ж/д тоннель	З1. Количество путей	З11. 1			З12. ≥2	
	З2. Скорость, км/ч	З21. < 50	З22. 50-100	З23. 101-200	З24. >200	
И. Автомобильный тоннель	И1. Направление движения	И11. Одностороннее		И12. Двустороннее		
	И2. Количество полос в одном направлении	И21. 1	И22. 2	И23. 3	И24. >3	
	И3. Скорость, км/ч	И31. < 50		И32. 50-100		И33. > 100
К. Пешеходный тоннель	К1. Тип	К11. Линейный		К12. Узловой		К13. Зальный
	К2. Ширина, м	К21. < 6		К22. 6-10		К23. > 10
Л. Паркинг	Л1. Вид хранения	Л11. Временное		Л12. Длительное		Л13. Сезонное
	Л2. Тип планировки	Л21. Манежный	Л22. Боксовый	Л23. Комбинированный		
	Л3. Количество этажей	Л31. 1		Л32. 2-4		Л33. > 4
М. Специальный объект	Уточняется исходя из вида					

<b>IV этап – выбор характеристик процесса строительства объекта. Вариантов не менее 1000</b>							
Н. Способ строительства		Н1. Открытый			Н2. Подземный		
О. Технология проходки	О1. Горная	О2. Щитовая	О3. Проводящая	О4. Котлованная	О5. Граншейная	О6. Опускная	О7. Другие
П. Крепление		П1. Тيوبинг	П2. Ж/бетон	П3. Металл	П4. Набрызг-бетон		П5. Другие
Р. Гидроизоляция, осушение и др.		Р1. Водопонижение	Р2. Замораживание	Р3. Химическое крепление	Р4. Тампонаж		Р5. Другие
С. Вентиляция		С1. Приточная		С2. Вытяжная		С3. Комбинированная	
Т. Характеристики, выбираемые в конкретном случае				Т1. Энергоснабжение и освещение			
				Т2. Аварийные выходы			
				Т3. Противопожарные меры и системы			
				Т4. Охранные меры и системы			

решаемая проблема, наиболее целесообразно использовать многоступенчатый метод морфологического ящика. Формирование и отбор вариантов предлагается проводить в четыре этапа: выбор вида объекта (исходя из конкретной транспортной проблемы), выбор расположения объекта (принимается укрупненное решение об использовании конкретного участка подземного пространства), определение характеристик объекта, определение характеристик процесса строительства объекта. При этом не отрицается возможность возврата в процессе работы к предыдущему этапу.

С учетом предложенных характеристик объекта и этапов их определения разработан многоступенчатый морфологический ящик для решения поставленной проблемы (таблица).

В предложенной морфологической таблице слева располагаются показатели, справа их наиболее распространенные значения. Всевоз-

можные комбинации значений показателей позволяют сформировать варианты. Данная схема является типовой и, в зависимости от конкретных условий, она может уточняться. Также может проводиться промежуточный анализ, позволяющий сократить заведомо непригодные варианты.

В результате проведенной работы для формирования вариантов развития городской подземной транспортной инфраструктуры предложено использовать многоступенчатый метод морфологического ящика. Сформированы основные параметры объектов городской подземной транспортной инфраструктуры. На основе последних разработана морфологическая таблица, позволяющая составить наиболее полный перечень вариантов принимаемых решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тутов В.В. Морфологический подход. Уч. пособие, ВНИИПИ, 1990.
2. Zwicky F. Discovery, Invention, Research through the Morphological Approach. Toronto, 1969.
3. Zwicky F. The Morphological Approach to Discovery, Invention, Research and Construction.- New Methods of Thought and Procedure. Pasadena, 1967, p. 273.

#### Коротко об авторах

Умнов Виталий Анатольевич – профессор, доктор технических наук,  
Харченко Алексей Викторович – кандидат экономических наук,  
Московский государственный горный университет.

