

УДК 711

Смолова М.В. – доцент

E-mail: smolova5@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, Казань, ул. Зеленая, д. 1

Типологическое многообразие сетей метрополитена как отражение пространственно-планировочной структуры города

Аннотация

Постановка задачи. Анализ действующих, строящихся, проектируемых систем метрополитена в более чем 100 городов мира позволил проследить **зависимость их типа от структуры уличной сети** города как важнейшей составляющей планировочной структуры города в целом. Не вызывает сомнения такая же зависимость системы метрополитена от другой составляющей – характера распределения и концентрации функций в городе, о чем свидетельствует рассмотренный опыт проектирования и строительства метрополитена в Лондоне, Нью-Йорке, Париже, Токио, Москве.

Результаты. В результате анализа развития сетей метрополитена различных городов мира выявились их основные типы: линейный, радиальный, сложно-разветвлённый, разветвлено-замкнутый, радиально-кольцевой, диагонально-решетчатый.

Выводы. Выявление соответствия типа метрополитена типу планировочной структуры города открывает возможность целенаправленного выбора оптимального решения сети и сокращения рассматриваемых вариантов развития метрополитена.

Ключевые слова: сеть подземных линий метрополитена, планировочная структура города, тип сети, пересадочный узел.

Каждому этапу развития метрополитена соответствует свой тип сети; усложнение сети ведёт к изменению её типа. Таким образом, процесс развития метрополитена сопровождается эволюцией его типологических признаков, что позволяет говорить о **типологии сетей метрополитена** (рис. 1).

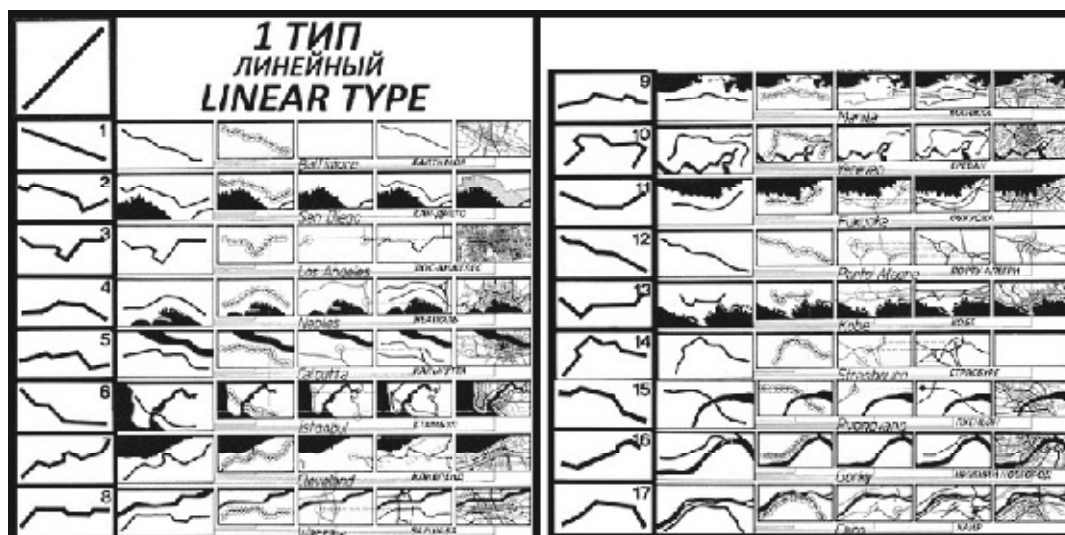


Рис. 1. Линейный тип сети метрополитена

Линейный тип сети метрополитена

В настоящее время этот тип в качестве самодостаточной системы используется лишь в линейных городах, расположенных вдоль берега при ограниченном поперечном росте города с одной стороны условиями горного ландшафта, с другой – водным пространством. Так, например, в приморском Фукуоке, линия метро проходит вдоль береговой линии, подчёркивая основную ось центральной улицы.

В Калькутту, расположенном вдоль берега реки Хугли по обеим её сторонам, план города имеет в основном ортогональную структуру с широкими и прямыми центральными улицами, кривыми и узкими – второстепенными. Линия метро проходит под главной улицей города, в основном повторяя её трассировку.

Проливы Босфор и Золотой Рог делят Стамбул на три части: Стамбул, Бейоглу и Ускюдар. Стамбул – самая старая часть города, расположенная вдоль южного побережья Золотого Рога. Линия метро имеет криволинейную форму, проходя параллельно проливу под узкими и кривыми улочками, не всегда совпадая с их направлениями.

Неаполь амфитеатром развернулся на залив у подножия Везувия. Восточная часть этого амфитеатра включает старый город с деловым центром. Под плотно застроенными кварталами, разреженными обширными площадями и прямыми улицами параллельно береговой полосе проходит криволинейная линия метрополитена, в основном не совпадая с прямоугольной планировкой центра.

Кобе расположен на берегу Осакского залива острова Хонсю и занимает прибрежный участок, ограниченный крутыми склонами горного хребта Рокко. Улицы города тянутся вдоль побережья, их повторяет линия метрополитена.

Подчеркивая линейную планировочную структуру города Манилы, линия метрополитена связывает две части города, разделённого рекой Пасиг.

Вместе с этим, анализ функционирования линейного типа метрополитена в городах с различной планировочной структурой указывает на его повсеместную распространённость в качестве первой линии метрополитена, а в дальнейшем – одной из подсистем более сложного типа.

На первом этапе развития формируется линейный тип сети метрополитена, представляющий собой линию длиной не более 20 км и количеством линейных станций от 6 до 25, связывающую периферийные зоны города с историческим центром и проходящую по направлению наиболее мощного потока городского транспорта, непосредственно под центральной улицей (рис. 1). Так, например, в Нью-Йорке первый подземный железнодорожный тоннель проходил под главной улицей Бродвей, в Париже – первая линия метрополитена проложена с запада на восток по направлению Елисейских полей; в Токио первая линия проходила вдоль главной улицы между Уэно и Асакуса; в Филадельфии – под главной магистралью Маркет-стрит и т.п. [1].

В городах, где в настоящее время ведётся проектирование или строительство первой линии метрополитена, её конфигурация находится в прямой зависимости от реальных градостроительных, ландшафтных характеристик города и в первую очередь от сетки улиц. Так первая линия метрополитена Варшавы запроектирована в полном соответствии с прямоугольной планировкой города под главной магистралью, на левом берегу реки, где располагается центр города с широкими и прямыми улицами.

Конфигурация проектируемой первой линии метрополитена Лос Анжелеса определена планировочной структурой города, где ломаная линия точно копирует прямоугольную структуру жилых кварталов центра города.

В зависимости от конкретной градостроительной ситуации конфигурация линий метрополитена может быть идеально прямой, ломанной или криволинейной. Она может совпадать и не совпадать с направлением главной улицы или сетки улиц, что в первую очередь определяют геологические и гидрогеологические условия города. Так, например, линии **глубокого заложения** сооружаются, в основном, в районах с плотной исторической застройкой при неблагоприятных гидрогеологических условиях. Линии **мелкого заложения** прокладываются под поверхностью улиц по направлению их главных пассажиропотоков. Близость к поверхности земли резко сокращает затраты времени на подход к остановочным платформам. **Эстакадные (наземные) линии** экономически допускаются, как правило, на коротких участках в сопряжении с речными переходами и транспортными развязками в нескольких уровнях, проходят по основным магистралям, совпадая с их направлениями. **Наземные линии** сооружаются в том случае, если для них может быть выделена обособленная полоса, отдаленная от жилой застройки не менее чем на 60 м. Такие участки строятся по широким магистралям в новых жилых районах или на вылетных линиях в пригородную зону города.

Радиальный тип сети метрополитена

С вводом в действие второй линии образуется радиальный тип сети метрополитена, составленный двумя взаимопересекающимися линиями, формирующими пересадочный узел в центре города у железнодорожного вокзала. Как самостоятельно функционирующий тип сети встречается крайне редко, в основном, в случае регионального экспресс – метрополитена, как например, в Сан-Франциско, где он служит для связи центра города с Оклендом, откуда линии по четырём направлениям расходятся вглубь агломерации. Такой радиальный тип экспресс – метрополитена протяженностью 22,4 км связывает штат Нью-Йорка с Нью-Джерси, проектируется в Белу Оризонти и Ресифи (рис. 2).

Как промежуточная стадия развития более сложных типов сети (сложно-разветвлённого, радиально-кольцевого и т.д.) в настоящее время строится в Баку, Тбилиси; действует в Киото, Роттердаме; планируется в Багдаде – исторически сложившихся городах для связи периферийных жилых районов с центром города.

Гипотетически возможен случай пересечения в одном узле более двух линий метрополитена, однако как самостоятельная система практически не встречается, становясь в этом случае частью другого типа сети.

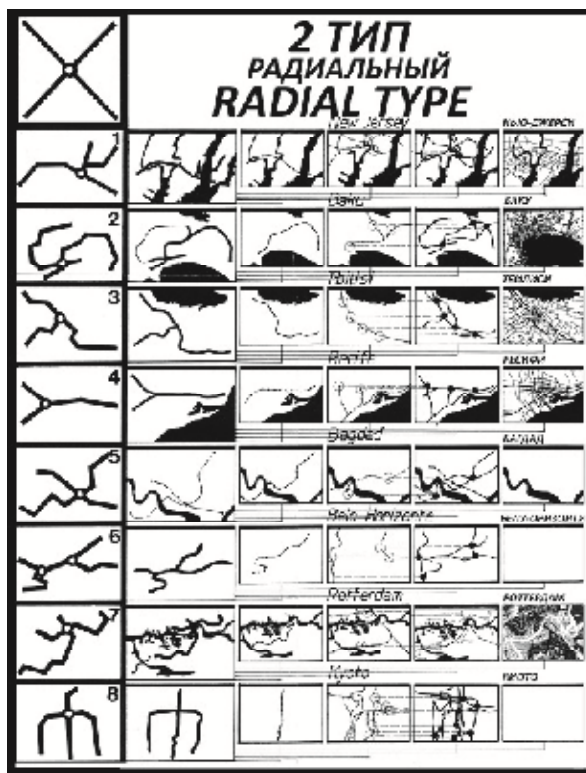


Рис. 2. Радиальный тип сети метрополитена

Сложно-разветвлённый тип сети метрополитена

Сложно-разветвлённый тип сети составляют три и более линий метрополитена, образующие сложный центральный узел – целый куст пересадочных станций, в которых происходит ветвление системы от центра к периферии, где линии снова разветвляются. Характерен для городов со свободной естественно-сложившейся в сложных ландшафтных условиях планировочной структурой, для которых специфична отдалённость жилых районов от центра и их разобщённость. Сходясь в одном тоннеле в главных планировочных узлах, линии затем разветвляются в периферийных зонах, где территорию прорезает множество рек и густая сеть каналов (рис. 3).

Это можно наблюдать в Осло, Стокгольме, Бостоне, наконец, в Рио-де-Жанейро, где сеть метрополитена простирается по узкой прибрежной полосе и склонам гор, окаймляющих бухту Гаунабара [2].

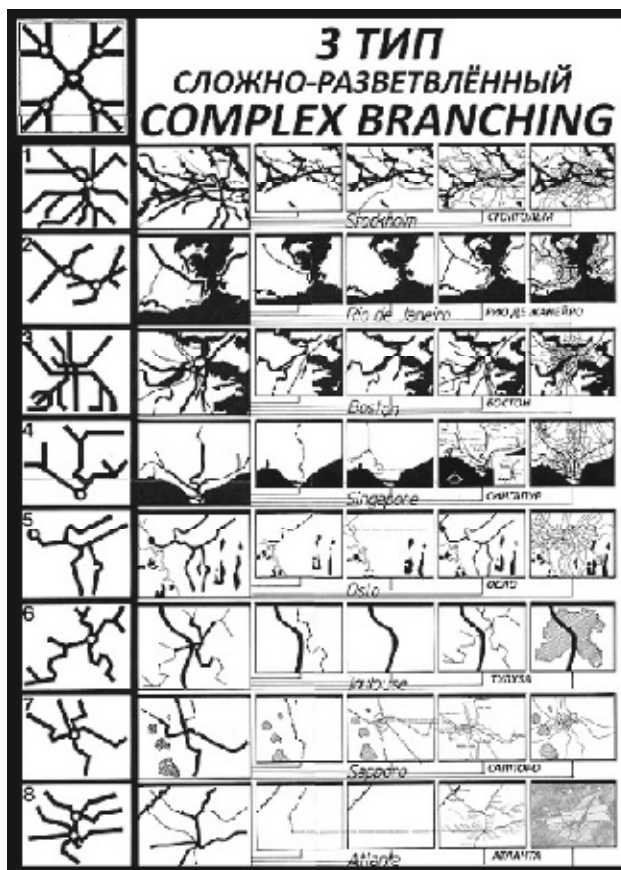


Рис. 3. Сложно-разветвлённый тип сети метрополитена

Свободная планировочная структура Осло, с центром, расположенном на берегу Фиорда, эксцентричная по отношению к основному пятну города, допускала применение только разветвлено-сложного типа сети метрополитена, многочисленные линии которого соединялись в одном тоннеле – в пересадочном узле городского центра. Сеть железнодорожных линий Осло представляет собой зеркальное отражение сети метрополитена. Это привело к тому, что в Осло сформировался уникальный пересадочный узел, взявший на себя функцию связи всех направлений рельсового транспорта города.

Разветвлённо-замкнутый тип сети метрополитена

Разветвлённо-замкнутый тип сети представляет собой развитие многолинейного типа сети метрополитена и служит своеобразной альтернативой сложно-разветвлённому типу, когда многократное разветвление линий заменяется вводом самостоятельной линии, а вместо центрального, порой весьма сложного узла (см. пример Осло) образуется треугольная структура в центральной части города, объединяющая от 6 и более пересадочных узлов-станций и чаще всего большое количество линейных станций между ними.

Гибкость этой наиболее распространённой в настоящее время в проектной действующей практике структуры позволяет использовать её в городах с радиальной (Каир, Прага, Брюссель), радиально-кольцевой (Киев, Минск, Бухарест, Новосибирск), свободно-разобщенной (Гон-Конг, Хельсинки), прямоугольной планировкой центра (Каракас, Пусан и др.), а также в различных геологических, ландшафтных и градостроительных условиях, где чётко прослеживается тенденция изменения глубины заложения тоннелей от центра к периферии (в центральной части города – линии глубокого заложения, не совпадающие со структурой уличной сети; в серединной зоне – мелкого заложения; в периферийной – наземные участки). Во всех этих случаях, в зависимости от количества сходящихся к центру линий образуется одна, две и несколько треугольных структур метрополитена, составляющих основу центрального узла. Так,

одна треугольная структура метрополитена составляет основу центрального узла Праги, Нюрнберга, Минска, Ташкента, Киева, Софии и др.; две – Алжира, Новосибирска и др.; более двух – Брюсселя, Ганновера, Гон-Конга, Хельсинки и др.

В Каире, расположенном на правом берегу Нила и имеющем исторически сложившуюся радиальную планировку, первая ломанная линия метро прошла вдоль реки, а две другие пересекли её так, что образовались две треугольные структуры, вписанные в конфигурацию узких и кривых улиц центра города.

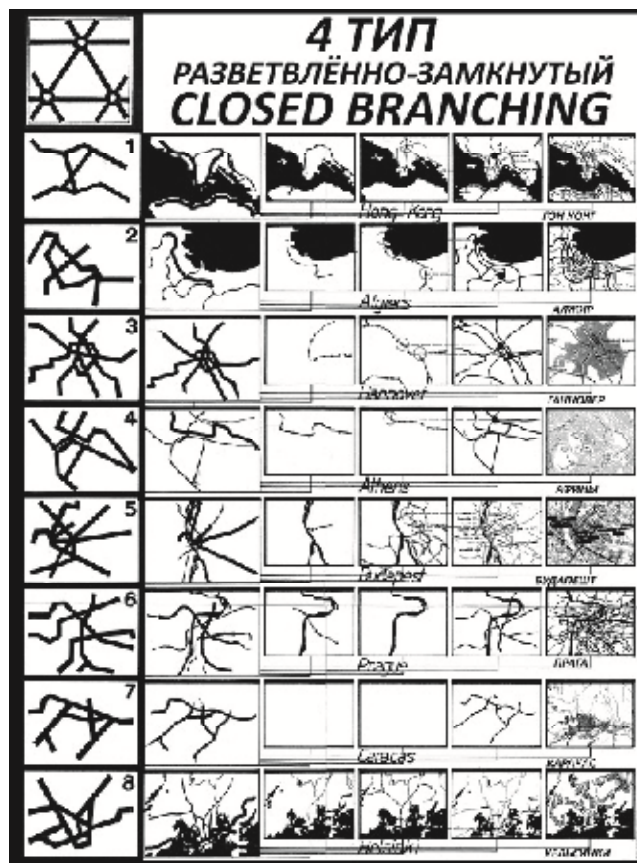


Рис. 4. Разветвлённо-замкнутый тип сети метрополитена

В центре Праги наличие исторически ценной застройки по обеим берегам Влтавы потребовало глубокого заложения тоннелей, образовавших здесь один треугольник станций метрополитена. На окраинах города характер современной застройки позволил прокладывать линии на сравнительно небольшой глубине под основными магистралями.

Сочетание разветвлено-замкнутого типа сети с радиально-кольцевой планировкой города встречается в Нюрнберге, Бухаресте, Киеве, Минске, Новосибирске – где сложная историческая планировка центра ведёт к созданию треугольной структуры станций метрополитена.

В случае Каракаса, расположенного в горной долине Береговых Анд, и в Пусане на юге корейского полуострова мы встречаем применение этого типа сети к условиям прямоугольной планировки.

В Хельсинки, занявшем целый архипелаг островов и полуостровов, с его свободным и сильно расчленённым планом линии метрополитена разветвлено-замкнутого типа проходят глубоко под центром старого города, не всегда совпадая с основными направлениями улиц и вылетают на мосты и виадуки в периферийных районах (рис. 4).

Радиально-кольцевой тип сети метрополитена

Радиально-кольцевой тип сети включает две подсистемы метрополитена – радиальную и кольцевую (одной кольцевой линией представлен метрополитен Глазго). Чаще всего имеет

сложный пересадочный узел в центре города и ряд двух и более линейных пересадочных узлов на пересечении радиусов с кольцом. Специфика этого типа сети метрополитена состоит в возможности его использования не только в городах с радиальной (Петербург, Баку, Марсель, Мюнхен) и радиально-кольцевой (Париж, Москва, Вена, Амстердам, Лондон, Мадрид, Дамаск, Рим, Лиссабон) структурой, но также и в исторически сложившихся городах с правильной прямоугольной планировкой центра (Нагоя, Сеул, Пекин).

В разработке перспективной сети метрополитена Марселя, Баку, Петербурга мы встречаем случай совмещения радиально-кольцевого типа метрополитена с радиальным планом города.

Взаимосвязь радиально-кольцевой планировочной структуры города и типа метрополитена можно проследить на примере проектных предложений генплана Москвы 1930 г., когда решалась важнейшая проблема выбора для города определённого типа сети метрополитена.

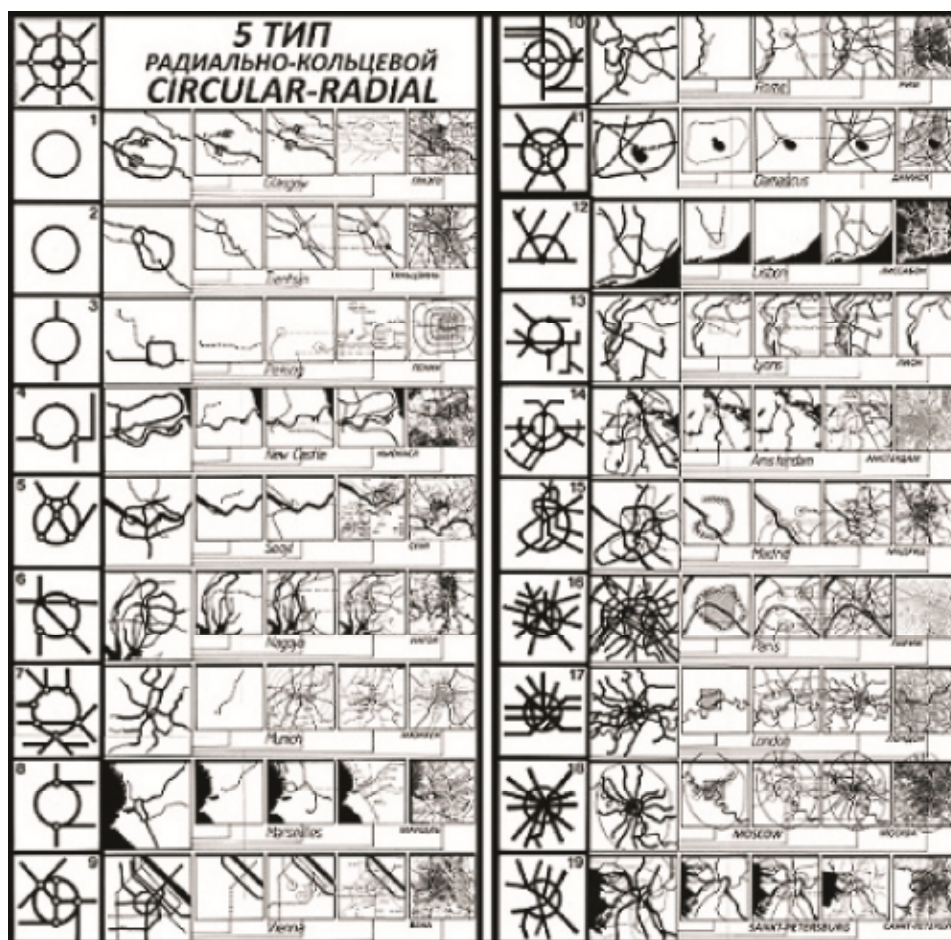


Рис. 5. Радиально-кольцевой тип сети метрополитена

В своём проекте перепланировки Москвы С.С.Шестаков разрабатывает радиально-кольцевую сеть метрополитена, в которой полностью отразились черты, предлагаемой им планировочной структуры: интенсификация застройки в пределах окружной дороги, формирование еще нескольких колец более редкой застройки, периферийное размещение огромных жилых образований, разобщение между собой промышленно-деловых районов. Следуя этому плану радиально-кольцевой метрополитен получает вид «рыхлой» размашистой сети.

Г.Б. Красин, учитывая специфику планировочной структуры города и в целом сохраняя поэтому радиально-кольцевую систему метрополитена, вносит в нее свои коррективы, связанные с приоритетным направлением развития города. Его схема основана на пересечении двух вылетных диаметров (юго-восток – северо-запад; юго-

запад – северо-восток) протяженностью более 50 км каждый и двух разомкнутых колец, на которые опирается своя система радиальных линий.

Важным для современного градостроительства является его теоретическое положение о том, что доступность в современных городах нужно измерять не расстоянием, а количеством затраченного времени на его преодоление. В этом положении ясно звучит мысль о дифференциации метрополитена по скоростям движения, сегодня положенное в основу многообразия видов метрополитена (РЭМ, претметрополитен, метрополитен облегченного типа и т.д.) [3].

Курт Майер предусматривает создание радиально-кольцевой системы метро на принципе обслуживания метрополитенов всех районов Москвы. Берёт за основу исторически-сложившуюся радиально-кольцевую структуру города, исправляя её рядом новых кольцевых магистралей, радиальных и, главным образом, тангенциальных направлений. Сокращает число пересечений линий метрополитена в центре города за счёт выпрямления двух диаметров, проходящих с севера на юг. Кроме этого проектирует кольцевое движение по бульварному кольцу и ломанную, разомкнутую, полукольцевую линию метро, охватывающую восточную часть города.

В.В. Кратюк, сохраняя радиально-кольцевую структуру Москвы только в центральной части города, разрывает исторические кольца в серединной зоне, таким образом, намечая развитие города в нескольких направлениях, в приоритетом – восточного. Преимущественное развитие на восток получила и сеть метрополитена протяженностью 57,2 км, сохраняя при этом свою радиально-кольцевую структуру.

В проекте Ганнес Майера предлагалось значительное территориальное расширение Москвы при сохранении общей радиально-кольцевой структуры города. Построенная на этом же принципе радиально-кольцевая сеть метрополитена, состоящая из трёх колец (внешнего скоростного движения) протяженностью более 65 км и целый веер радиусов, обслуживает спутники в восточном секторе агломерации.

В Лондоне, имеющем радиально-кольцевую планировочную структуру города с узкими и кривыми улочками центра сеть метро состоит из 9 разветвляющихся радиальных линий, охватывающих центральную часть города. Направления основных линий соответствует главным магистралям: Оксфорд-стрит, Пикадилли, Холборн, Ридженс и др.; более 120 пересадочных узлов расположенных под главными площадями, транспортными развязками, общественными и деловыми центрами.

Перечисленные примеры приводят к выводу, что радиально-кольцевому типу планировочной структуры города чаще всего соответствует и радиально-кольцевой тип сети метрополитена. При частичном изменении структуры уличной сети города и возникновением новых жилых районов изменяется и конфигурация линий метрополитена, но общая структура сети метрополитена остается постоянной.

Так, метрополитен Вены, повторяя в целом радиально-кольцевую систему города, одновременно развивает в то же время два касательных направления к центру города. При сохранении компактности и насыщенности исторически сложившегося центра это создаёт условия линейного развития центра и формирования пешеходных зон Кертнер, Штрассе, Стефанплац, Грабен. Таким образом, при сохранении преемственности исторически сложившейся структуры города преодолевается её замкнутость, план центра приобретает современный открытый характер (рис. 5).

При ортогональной сети улиц в центре городов также может применяться радиально-кольцевой тип сети метрополитена.

Центральный район Нагои – Нака (старинное ядро города), имеющий прямоугольную планировку, окружен линией метрополитена. То же самое мы видим в Сеуле и Пекине.

Диагонально-решётчатый тип сети метрополитена

Представлен, как правило, ортогональной сетью метрополитена, дублирующей (под или над землёй) сетку городских улиц. Наибольшее распространение этот тип получил в высоко урбанизированных городах США и Японии [4, 5].

В Чикаго наземные линии метрополитена (начала века), проходящие вдоль побережья, естественно дублируют прямоугольную сетку улиц. Новые диагональные

трассы метрополитена (также наземные) совпадают с существующей сетью внутригородских железных дорог и сопутствующих им улиц (рис. 6).

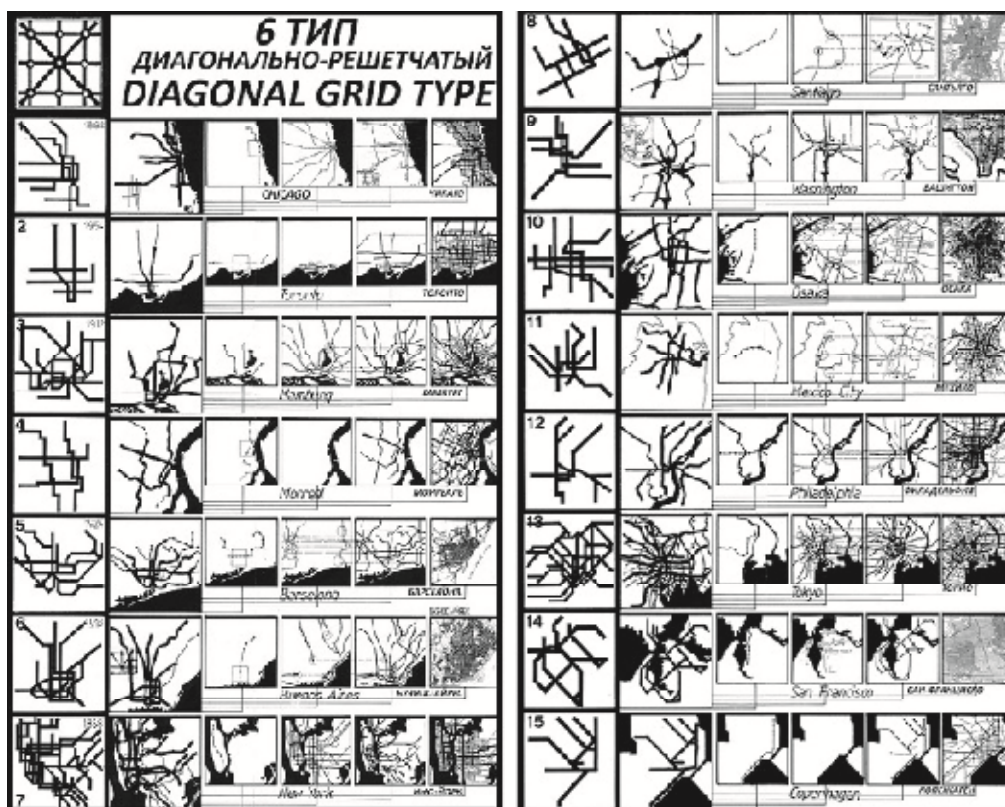


Рис. 6. Диагонально-решетчатый тип сети метрополитена

Тот же диагонально-решётчатый тип сети наложен на прямоугольно-диагональную сетку улиц Вашингтона и Филадельфии. Эти примеры можно проследить также в Нью-Йорке, Токио, Осака, где прямоугольно-диагональная сеть метрополитена также находится в полном соответствии с их планировочной структурой [6, 7, 8].

Таким образом, как и всякий другой тип диагонально-решётчатый вызван к жизни соответствующей ему планировочной структурой города.

Накопленный в мире опыт строительства метрополитена отрицает умозрительное положение Ле Корбюзье о том, что «линии метрополитена ни в какой мере не связаны с сетью существующих улиц», что «основной принцип для метрополитена – проходить насквозь по прямой линии..., ибо устроенный под землю или, пройдя по трубам, по воздуху, он избегаем влияния земли». (Ле Корбюзье, проект реконструкции Москвы, 1931 г.).

Именно поэтому диссонансом звучат предложения, в которых сеть метрополитена не отвечает планировочной структуре города. Так бригадой ВОПРА (В.В. Бабуров, А.А. Карпов, Кычаков) в проекте 1931-1932 гг. была сделана попытка изменить радиально-кольцевую планировочную структуру города. Прорезая Москву ортогонально-замкнутой сетью метрополитена (протяженностью 77,2 км почти прямоугольной формы, не выходя за пределы Окружной железной дороги и новыми 8 диаметрами), бригада попыталась превратить его планировку в прямоугольную. Однако изменить структуру города с помощью сети метрополитена невозможно: тип сети метрополитена проектируется в зависимости от планировочной структуры города, а не наоборот.

Эрнст Май, проектируя Москву как город-коллектив, связанный со своими спутниками – сателлитами сложно-разветвлённой сетью метрополитена, полностью исключает из неё кольцевые связи, тем самым, игнорируя радиально-кольцевую планировку сложившегося городского ядра. Это могло привести лишь к одному – беспрецедентной перегрузке центрального пересадочного узла, с которой он не в состоянии был бы справиться.

Заключение

Каждый из типов сети может представлять собой самостоятельную систему, соответствующую особенностям планировочной структуры города. Рассмотрение типа сети конкретного города, его последовательного усложнения демонстрирует реальную картину эволюции данной системы (рис. 7).

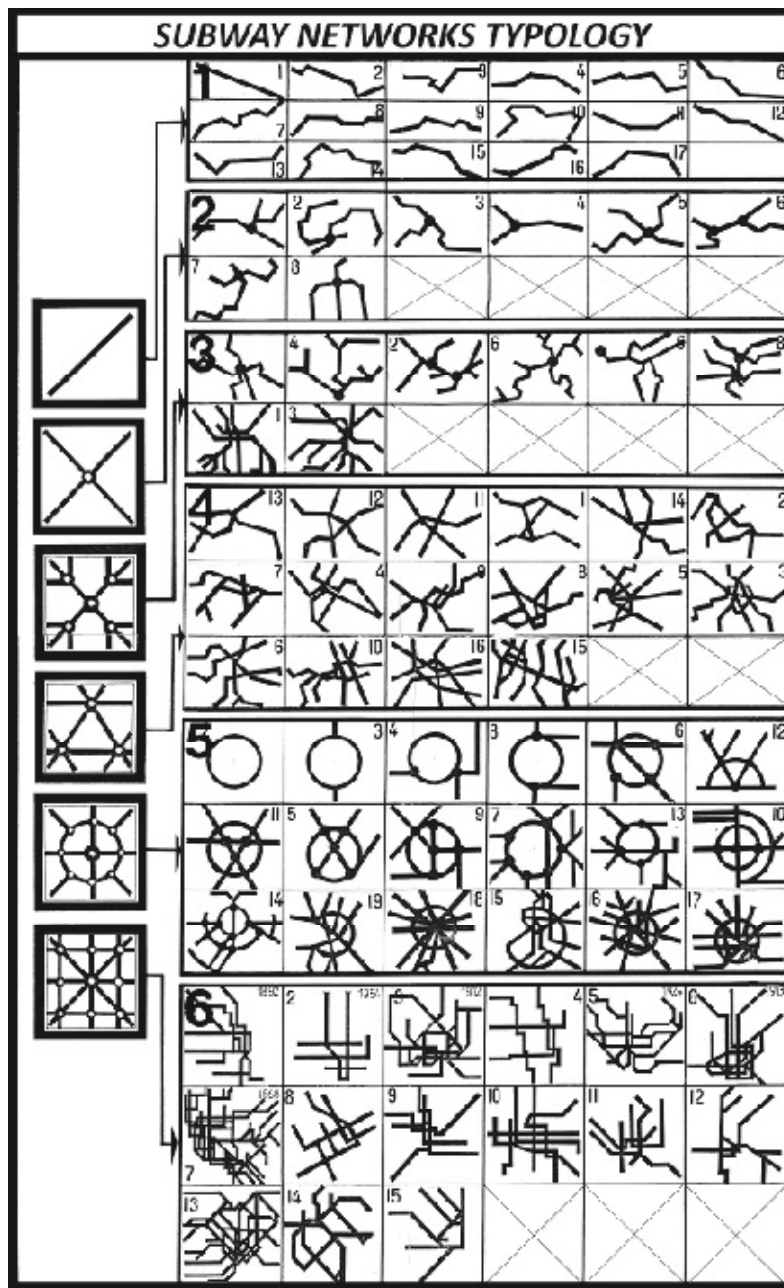


Рис. 7. Типология сетей метрополитена

В процессе своего развития от простой к более сложной (что характерно для абсолютного большинства крупнейших городов с метрополитеном) система достигает пределов возможного применения, после чего дополняется новыми элементами, что ведёт к её перерождению в другой тип системы. В результате формируется «КОМПОЗИТНАЯ СИСТЕМА» содержащая в себе элементы тех или других типов, что определяется спецификой плана города. С такой системой мы встречались фактически в тех ранее описанных случаях, где метрополитен, сохраняя приоритет одного из типов, дополняется чертами другой системы (радиально-кольцевой метрополитен Москвы – разветвлено-замкнутой; радиально-кольцевая сеть Парижа и Лондона – разветвлено-

замкнутым и сложно-разветвлённым типами; диагонально-решётчатая сеть Нью-Йорка – сложно-разветвлённой сетью и т.п.) [9, 10, 11].

С усложнением сети в процессе своего развития метрополитен всё больше приспособливается, теснее связывается, отчётливее отражает специфику планировочной структуры города, наследуя вместе с этим её уникальные черты (рис. 7).

Выявление соответствия типа метрополитена типу планировочной структуры города открывает возможность целенаправленного выбора оптимального решения сети и сокращения рассматриваемых вариантов развития метрополитена. Естественно, что решая эту задачу, необходимо рассматривать метрополитен как неотъемлемую часть транспортной инфраструктуры города в целом (рис. 8).

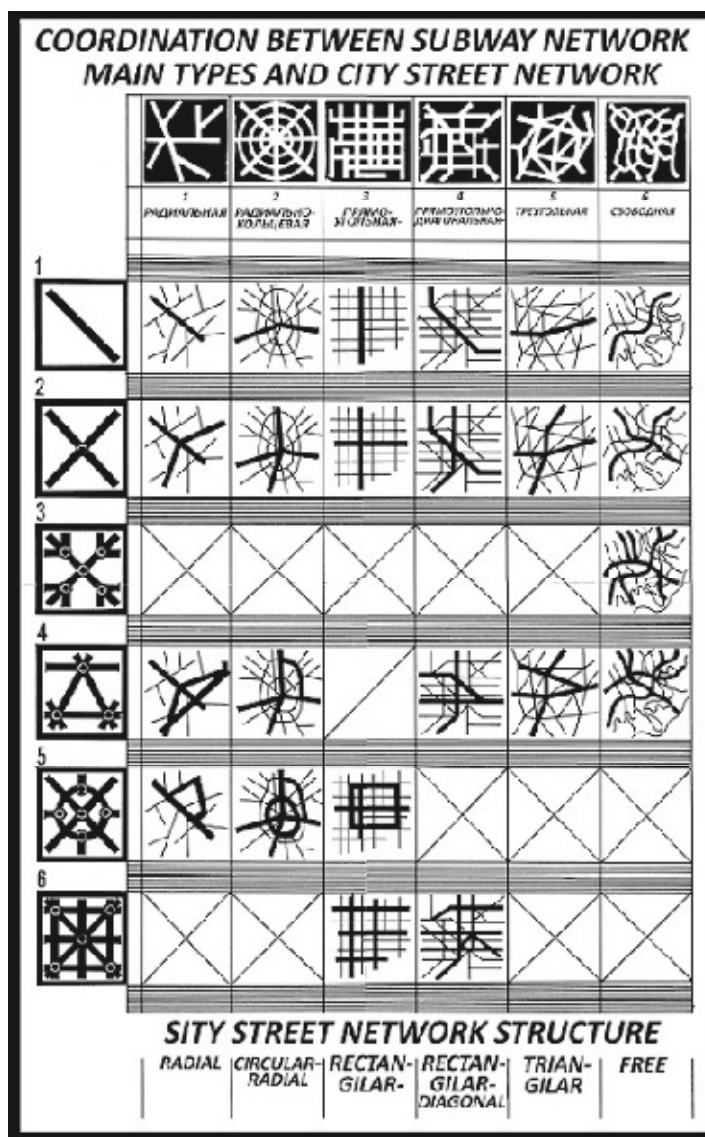


Рис. 8. Взаимосвязь сети метрополитена с планировочной структурой города

Список библиографических ссылок

1. Метрополитены мира // stroi.mos.ru : сайт «Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы». URL: <http://stroi.mos.ru/metro/metropoliteny-mira> (дата обращения: 03.07.2017).
2. Проектирование подземных сооружений и подземное строительство // портал «Подземный эксперт». URL: <http://www.undergroundexpert.info> (дата обращения: 03.07.2017).

3. Гарбер В. А. Метрополитены мира: Тенденции развития // Транспортное строительство. 2011. № 4. С. 35–36.
4. Бахирев И. Японское чудо. Опыт страны восходящего солнца по развитию улично-дорожной сети крупнейших городов // Инженерные сооружения. 2014. № 1 (3). С. 18–25.
5. Гарбер В. А. Метрополитены мира: Тенденции развития // Транспортное строительство. 2011. № 5. С. 28–30.
6. Метрополитены городов мира // novate.ru : электронный журнал. URL: <http://www.novate.ru/blogs/241207/8082> (дата обращения: 03.07.2017).
7. Urbanrail.net // электронный журнал о метрополитенах мира. URL: <http://urbanrail.net> (дата обращения: 03.07.2017).
8. Метро городов мира в цифрах и фактах // Газета «АиФ». 2013. 9 янв. URL: <http://www.aif.ru/society/39400> (дата обращения: 03.07.2017).
9. Стрелкова Е. «Лучшему метро в мире» исполнилось 80! Московский метрополитен: от первых идей до современных достижений // Инженерные сооружения. 2015. № 3-4 (8-9). С. 27–30.
10. Шляхтина О. Подземный драйвер развития мегаполиса. Самые масштабные программы расширения сетей метрополитена в XXI веке // Инженерные сооружения. 2015. № 3-4 (8-9). С. 57–63.
11. Степанова Е. Инвестиционная гавань поднебесной. Гонконгская модель устойчивого финансирования городского транспорта // Инженерные сооружения. 2014. № 3 (5). С. 19–21.

Smolova M.V. – candidate of architecture

E-mail: smolova5@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Typological variety of subway networks as the reflection of spatial and layout city structure

Abstract

Problem statement. The analysis of operational, constructed and projected subway systems in the previously considered cities and in over 100 other world cities showed that their type depended upon the city street network structure which is the principal component of the city lay-out in general. There is no doubt that the same dependence of the subway system upon another component – the way functions are distributed and concentrated in the city, which is proved by the above considered experience of projecting and building subway in London, New York, Paris, Tokyo, Moscow.

Results. The main types of subway networks result from the analysis of their development in various world cities, they are as follows: linear, radial, complex branching, closed branching, circular-radial, diagonal grid (lattice).

Conclusions. Revealing the correspondence of the subway the to the city lay-out provides the opportunity of purposeful selection of an optimum network design and reduction of subway development options considered.

Keywords: the subway underground network, city street network structure, transfer stations, subway type.

References

1. Subways of the world // stroi.mos.ru: the website «The Complex of urban policy and construction of Moscow». URL: <http://stroim.mos.ru/metro/metropoliteny-mira> (reference date: 03.07.2017).
2. Underground structure planning and underground construction // portal «Underground expert». URL: www.undergroundexpert.info (reference date: 03.07.2017).

3. Garber V. A. Subways of the world: The development tendency. // *Transportnoye stroitel'stvo*, 2011. № 4. P. 35–36.
4. Bahirev I. Japanese miracle. Experience of the rising sun country on the development of the street-road network of the largest cities // *Inzhenernyye sooruzheniya*. 2014. № 1 (3). P. 18–25.
5. Garber V. A. Subways of the world: The development tendency // *Transportnoye stroitel'stvo*. 2011. № 5. P. 28–30.
6. Subways of world cities // *novate.ru: electronic journal*. URL: <http://www.novate.ru/blogs/241207/8082> (reference date: 03.07.2017).
7. «Urbanrail.net» // *electronic journal about the metros in the world*. URL: <http://urbanrail.net> (reference date: 03.07.2017).
8. Metro cities in the world in facts and figures // *The Newspaper «Arguments and facts»*, 2013. 9 Jan. URL : <http://www.aif.ru/society/39400> (reference date: 03.07.2017).
9. Strelkova E. «The best subway in the world» turned 80! Moscow subway: from the first ideas to modern achievements // *Inzhenernyye sooruzheniya*. 2015. № 3-4 (8-9). P. 27–30.
10. Shlyahina O. Underground driver of the metropolis development. The largest-scale programs of the subway networks expansion in the 21st century // *Inzhenernyye sooruzheniya*. 2015. № 3-4 (8-9). P. 57–63.
11. Stepanova E. Under heavenly investment harbor. The Hong Kong model of sustainable urban transport financing // *Inzhenernyye sooruzheniya*. 2014, № 3 (5). P. 19–21.