

### ТЕМА 3. ПРОГНОЗУВАННЯ ВАНТАЖНИХ І ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ НА ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

#### 1. Основные показатели перевозочной работы

[22, с. 99-142]

Каждый вид транспорта пользуется системой показателей, отражающих его специфику. Вместе с тем используется группа показателей, единая для всех видов транспорта. К ней относятся:

- перевозка грузов в тоннах (т);
- грузооборот в тонно-километрах (ткм);
- перевозка пассажиров (число человек);
- пассажирооборот в пассажирокилометрах (пасс-км).

Различают железнодорожный грузооборот трех видов:

- грузооборот нетто эксплуатационный – это показатель работы транспорта по перевозкам грузов с учетом фактического расстояния (нетто – только груз);
- тарифный грузооборот – рассчитывается как сумма произведений массы отдельных отправок в тоннах на кратчайшее расстояние их перевозки;
- грузооборот брутто – рассчитывается как произведение массы поезда брутто (без массы локомотива) на пройденное расстояние.

Учет этих показателей ведется нарастающим итогом за каждые сутки, декаду, месяц, квартал и год.

Показатель «объем перевозок» учитывает массу перевезенного груза (т) и определяется как

$$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (1.1)$$

где  $q_i$  – количество отправленного груза с  $i$ -го пункта сети,

$n$  – число пунктов сети.

Показатель «грузооборот» учитывает массу и расстояние транспортировки и равен, ткм:

$$\sum Ql = \sum_{i=1}^n q_i l_i, \quad (1.2)$$

где  $l_i$  – расстояние перевозки, км.

Объем перевозок пассажиров рассчитывают следующим образом, пасс:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n a_i, \quad (1.3)$$

где  $a_i$  – число пассажиров, отправленных с  $i$ -го пункта сети.

Пассажирооборот представляет собой произведение числа перевезенных пассажиров на расстояние их перевозки, пасс-км:

$$\sum Al = \sum_{i=1}^n a_i l_i. \quad (1.4)$$

Важный показатель – **средняя дальность перевозки груза:**

$$l_{\bar{n}\delta} = \sum Ql / Q_{\Sigma} \quad (1.5)$$

Интенсивность грузовых перевозок характеризуется показателем «средняя грузонапряженность», ткм/км сети:

$$\varepsilon_{\bar{a}\delta} = \sum Ql / L_{\Sigma} \quad (1.6)$$

где  $L_{\Sigma}$  – эксплуатационная длина сети, км.

Средняя дальность поездки пассажира:

$$l_a = \sum Al / A_{\Sigma} \quad (1.7)$$

Пассажиронапряженность, пасс-км/км сети:

$$\varepsilon_{\bar{a}} = \sum Al / l_{\Sigma} \quad (1.8)$$

Так как большинство видов транспорта выполняют и грузовые, и пассажирские перевозки, то их суммарную работу определяют как приведенный грузооборот по зависимости, ткм:

$$P_{\Sigma}^{\bar{i}\delta\bar{a}\bar{a}} = \sum Ql + k \sum Al, \quad (1.9)$$

где  $k$  – коэффициент перевода пассажирокилометров в тонно-километры. В расчетах приведенного грузооборота на железных дорогах и воздушном транспорте 1 пасс-км приравнивается к 1 ткм и  $k=1$ , а на автомобильном транспорте  $k = 0,25$ ; на авиационном транспорте  $k = 0,085$ .

Общая интенсивность перевозок сети измеряется приведенной грузонапряженностью, ткм/км:

$$\varepsilon_{\bar{a}\delta} = P_{\Sigma}^{\bar{i}\delta\bar{a}\bar{a}} / L_{\Sigma} \quad (1.10)$$

*Скорость доставки или скорость сообщения* - средняя скорость движения грузов или пассажиров от места отправки к месту назначения, с учетом всех промежуточных простоев и остановок.

*Техническая скорость* - средняя скорость подвижного состава за время движения.

*Эксплуатационная скорость* (коммерческая) - скорость подвижного состава с учетом промежуточных и конечных остановок.

Отношение эксплуатационной скорости к технической называется *коэффициентом скорости* (коэффициентом участковой скорости на железнодорожном транспорте):

$$\beta = v_{\Sigma} / v_m, \quad (1.26)$$

*Эксплуатационные расходы* – представляют собой совокупность издержек перевозчика (материальных затрат, заработной платы, амортизация основных фондов, прочие расходы), непосредственно связанных с продвижением грузопотоков

*Себестоимость перевозок* – представляет собой величину эксплуатационных расходов транспортного предприятия, приходящихся в среднем на единицу продукции транспорта (на 10 тонно-километров грузооборота).

*Производительность средства транспорта* – это сводный обобщающий показатель, который отражает объем работы, выполняемый транспортным средством в единицу времени (ч., сутки, месяц ...).

Производительность грузовых автомобилей измеряется количеством тонно-километров (тонн) в среднем на 1 тонну грузоподъемности.

Производительность грузового вагона – измеряется в эксплуатационных тонно-километрах нетто за одни вагоно-сутки.

Производительность морского судна – измеряется количеством тонно-миль, приходящихся на одну тонну грузоподъемности в среднем в сутки.

Производительность речного судна – рассчитывается как отношение общего количества выполненных тонно-километров к общему количеству тонно-суток на перевозках.

## **2. Методы прогнозирования объемов перевозок грузов и пассажиров [16, с. 160]**

Прогнозирование объемов перевозок служит основой для расчётов необходимых пропускных и провозных способностей видов транспорта.

Методы прогнозирования объемов перевозок грузов пассажиров:

1. Балансовый метод
2. Метод прямого учёта
3. Метод нормативных показателей
4. Метод экспертных оценок
5. Метод аналогии
6. Экономико-математические методы

**Балансовый метод планирования** заключается в обеспечении увязки имеющихся ресурсов и потребностей.

Транспортно-экономический баланс состоит из 3-х взаимосвязанных частей:

- 1) определение  $Q$  производства и отправления грузов;
- 2) определение  $Q$  потребления и прибытия грузов;
- 3) определение транспортно-экономических связей.

На основании расчетов первой части выявляются объемы отправления грузов, во второй части объемы собственного потребления и объемы, подлежащие перевозке.

В третьей части определяют, куда необходимо перевести грузы (в какой регион) и каким транспортом.

Таким образом – объем производства равен объему потребления.

Эти балансы имеют исключительную ценность для транспортных предприятий, но процесс их получения трудоемкий, поэтому используются очень редко.

**Метод прямого учета** – заключается в том, что сведения о грузообороте получают непосредственно на объектах – промышленных, торговых, коммунальных и др. Для этого на все грузополучающие и грузообразующие объекты исследуемого района рассылаются специальные «карточки грузооборота объекта»

Обработка результатов осуществляется с помощью ЭВМ. Данный метод позволяет определить объем грузоперевозок на перспективу с распределением этих перевозок по категориям и отдельным видам грузов.

**Метод нормативных показателей** При отсутствии необходимых данных для детальной разработки плана перевозок грузов расчёты ведут по укрупнённым нормативам в тоннах на единицу продукции или работ.

Например, нормативы перевозок строительных грузов (либо других грузов) определяют на основе ведомственных норм расхода строительных материалов на 1 млн. грн. строительно-монтажных работ. При этом частный отраслевой норматив перевозок того или иного вида строительного груза  $Q_{ч.о}$  на 1 млн. грн. строительно-монтажных работ:

$$Q_{ч.о} = Q_{н.р} * K_{пов} * K_{кл} \text{ (т/1 млн. грн.)}$$

где  $Q_{н.р}$  - норматив расхода того или иного строительного материала на 1 млн. грн. строительно-монтажных работ;

$K_{пов}$  - коэффициент, учитывающий повторность перевозок строительных грузов;

$K_{кл}$  - коэффициент, учитывающий класс перевозимых грузов.

Плановый объём перевозок по отраслям строительства определяют умножением отраслевых объёмов строительно-монтажных работ на отраслевой норматив перевозок.

**Метод экспертных оценок** - основан на использовании свойств динамического ряда. Сущность его состоит в том, что на основе имеющихся темпов роста за прошлые периоды исчисляются объёмы грузовых перевозок и грузооборот АТП на перспективу.

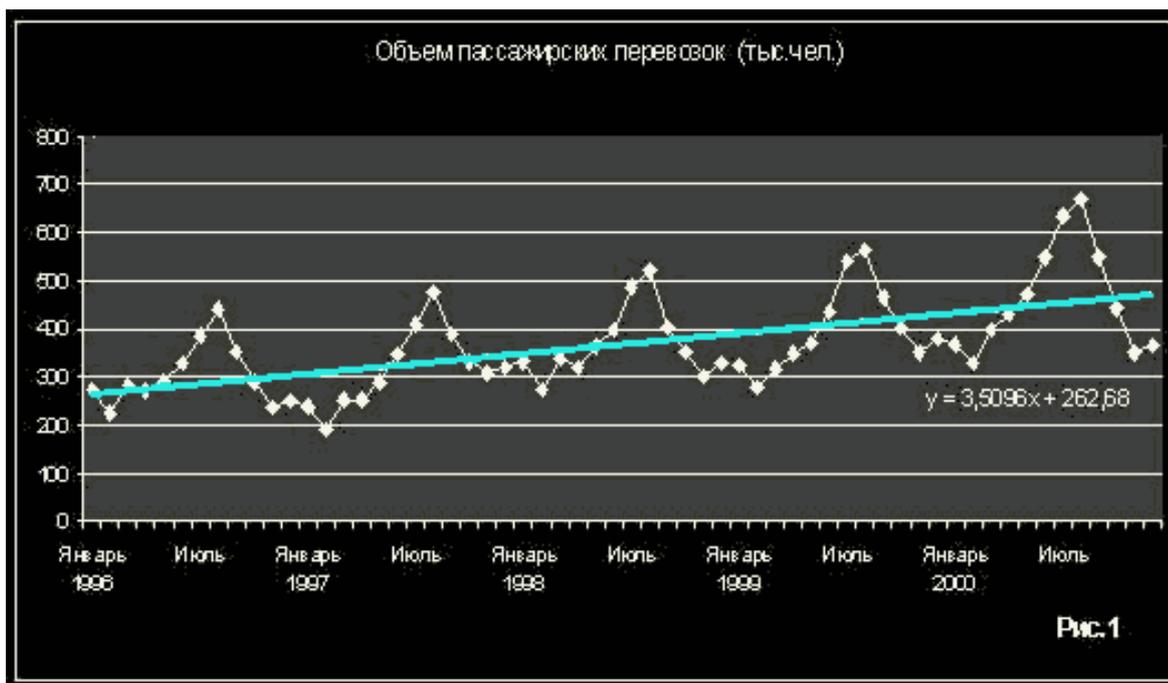
Группу экспертов формируют из работников АТП (от 5-7 до 20-30 человек). В неё следует включить людей, обладающих большим опытом, умеющих непредвзято подходить к рассматриваемой проблеме и искренне высказывать своё мнение. Эксперт должен уметь отстаивать своё мнение или изменять его под влиянием новой, неизвестной информации.

**Метод аналогии** заключается в том, что объем перевозок грузов АТР в районе анализируется аналогично с ранее определёнными объемами перевозок

другого района, похожего в экономическом отношении на исследуемый район. Равные по объемам производства, структуре районы, одинаковый товарооборот двух городов и т. д., позволяют предложить, что и объем перевозок соответствующих грузов будет одинаков в этих районах и городах.

Метод аналогии является самым неточным из перечисленных методов и применяется для предварительной оценки объемов перевозок грузов АТП.

**Экономико-математические методы** - позволяют решать неопределённые задачи путём моделирования процессов. При этом используют корреляционно-регрессионный, факторный, кластерный и др. методы.



Приложение № 2  
к Транспортной стратегии  
Российской Федерации на  
период до 2030 года

Прогноз перевозок грузов и пассажиров, грузо- и пассажирооборота на период до 2030 года

	2007 год	2010 год	2011 год	2012 год (оценка)	2015 год	2018 год	2020 год	2024 год	2030 год
Прогноз перевозок грузов и грузооборота по консервативному (энерго-сырьевому) варианту развития транспортной системы России до 2030 года									
Перевозки грузов - всего, млн.т	12164,4	9854,7	10405,4	11085,9	11973,3	13083,6	13880,6	15199,7	17148,2
из них транспорт общего пользования	2170,2	1844,4	1937,6	1983,7	2124,7	2270,1	2384,6	2526,5	2746,6
в том числе по видам транспорта:									
автомобильный	6861,4	5236,4	5663,1	6206,8	6663,3	7306,5	7769,4	8446,1	9568,7
из них общего пользования	642,8	498,3	533,4	546,4	571,8	598,5	628,8	675,0	741,8
железнодорожный общего пользования	1345,0	1205,8	1241,5	1274,7	1380,0	1484,4	1558,3	1632,6	1750,6
железнодорожный промышленный	3775,6	3272,2	3338,1	3441,8	3757,1	4105,4	4355,5	4902,1	5574,7
морской *	28,0	37,0	33,9	30,0	28,1	30,1	31,6	34,6	40,2
внутренний водный	153,4	102,4	127,8	131,6	143,7	155,9	164,5	182,8	212,2
воздушный	1,0	0,93	0,98	1,02	1,14	1,26	1,34	1,52	1,83
Грузооборот - всего, млрд. т.км	2483,1	2477,7	2591,4	2666,3	2880,4	3120,7	3293,2	3493,5	3822,2
из них транспорт общего пользования	2307,2	2241,5	2354,9	2408,0	2600,6	2803,7	2952,0	3119,1	3384,8
в том числе по видам транспорта:									
автомобильный	205,9	199,3	222,8	247,1	264,9	301,6	328,8	360,7	411,5
из них общего пользования	62,5	71,2	84,2	89,7	97,1	108,4	120,0	136,5	161,4
железнодорожный общего	2090,3	2011,3	2127,2	2188,5	2357,2	2545,9	2680,0	2811,0	3020,6

	2007 год	2010 год	2011 год	2012 год (оценка)	2015 год	2018 год	2020 год	2024 год	2030 год
пользования									
железнодорожный	32,5	108,1	97,9	100,9	112,0	123,8	132,4	150,2	187,2
промышленный									
морской *	65,0	100,3	77,5	62,0	72,0	68,1	65,6	74,4	88,2
внутренний водный	86,0	54,0	61,0	62,5	68,6	74,9	79,4	89,2	104,9
воздушный	3,4	4,72	4,95	5,25	5,8	6,5	7,0	8,1	9,8
Прогноз перевозок пассажиров и пассажирооборота по консервативному (энерго-сырьевому) варианту развития транспортной системы России до 2030 года									
Перевозки пассажиров - всего, млн. человек	38814,2	38898,4	39640,1	40540,8	43548,2	46553,4	48675,0	52676,2	59856,5
из них транспорт общего пользования	25306,9	21980,4	21783,0	21830,9	22755,5	23827,4	24571,8	25956,9	28200,1
в том числе по видам транспорта:									
железнодорожный	1282,0	947,7	993,0	1059,2	1098,2	1131,5	1154,2	1201,1	1290,9
автомобильный **	28302,3	30295,8	31058,6	31871,8	34416,9	36954,83	38749,9	42191,5	48454,6
из них общего пользования	14795,0	13377,8	13201,5	13161,9	13624,18	14228,83	14646,8	15472,2	16798,3
внутренний водный	21,5	16,0	14,2	13,2	13,8	14,3	14,6	15,3	16,3
морской *	1,4	1,5	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
воздушный	47,0	59,0	66,0	76,5	86,5	97,3	105,3	123,1	152,8
городской наземный электрический	5632,0	4284,7	4155,7	4100,5	4219,4	4379,9	4490,4	4719,8	5086,0
метрополитен	3528,0	3293,7	3351,3	3418,3	3713,4	3975,5	4160,5	4425,4	4855,9
Пассажирооборот, млрд. пасс.км	858,7	937,8	989,0	1054,3	1156,9	1304,5	1414,6	1595,7	1908,8
из них транспорт общего пользования	491,8	483,6	500,7	534,2	566,9	627,3	673,1	740,4	852,4
в том числе по видам транспорта:									
железнодорожный	174,1	138,9	139,8	144,0	146,9	152,4	156,2	164,8	176,6
автомобильный **	511,5	594,8	625,2	656,6	734,1	828,0	897,2	1020,2	1236,2
в том числе общего	144,6	140,6	136,9	136,5	144,0	150,9	155,6	164,9	179,8

	2007 год	2010 год	2011 год	2012 год (оценка)	2015 год	2018 год	2020 год	2024 год	2030 год
пользования									
внутренний водный	0,96	0,77	0,68	0,63	0,70	0,71	0,72	0,75	0,79
морской *	0,07	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
воздушный	111,0	147,1	166,8	195,8	213,8	257,5	291,6	336,3	413,8
городской наземный электрический	18,5	13,8	13,3	13,2	13,6	14,1	14,5	15,3	16,8
метрополитен	42,6	42,4	43,2	44,1	47,9	51,7	54,5	58,4	64,7
Прогноз перевозок грузов и грузооборота по инновационному варианту развития транспортной системы России до 2030 года									
Перевозки грузов - всего, млн.т	12164,4	9854,7	10405,4	11085,9	12629,1	14231,1	15338,5	17080,5	19920,5
из них транспорт общего пользования	2170,2	1844,4	1937,6	1983,7	2224,8	2457,6	2634,8	2873,2	3235,0
в том числе по видам транспорта:									
автомобильный	6861,4	5236,4	5663,1	6206,8	7139,7	8141,1	8822,3	10247,6	12594,1
из них общего пользования	642,8	498,3	533,4	546,4	598,3	638,0	684,3	778,5	917,7
железнодорожный общего пользования	1345	1205,8	1241,5	1274,7	1447,0	1621,4	1737,7	1846,6	2010,0
железнодорожный промышленный	3775,6	3272,2	3338,1	3441,8	3862,9	4270,4	4565,7	4738,2	5009,1
морской *	28	37	33,9	30	32,8	35,8	38,7	46,9	62,9
внутренний водный	153,4	102,4	127,8	131,6	145,5	161,1	172,6	199,5	242,2
воздушный	1	0,93	0,98	1,02	1,16	1,34	1,46	1,74	2,24
Грузооборот - всего, млрд. т.км	2483,1	2477,7	2591,4	2666,3	3055,6	3394,5	3641,2	3876,9	4267,3
из них транспорт общего пользования	2307,2	2241,5	2354,9	2408,0	2758,3	3055,5	3277,8	3462,2	3762,9
в том числе по видам транспорта:									
автомобильный	205,9	199,3	222,8	247,1	292,2	329,6	355,4	411,1	509,6
из них общего пользования	62,5	71,2	84,2	89,7	108,4	118,0	129,8	157,3	204,1
железнодорожный общего	2090,3	2011,3	2127,2	2188,5	2507,0	2779,8	2978,0	3102,9	3300,0

### 3. Класична методологія прогнозування (моделювання) міського руху

Методологія моделювання міського руху була запропонована на початку сімдесятих і складається з чотирьох послідовних стадій (рис. 3.2).

Ці чотири методологічні стадії часто критикувалися за їх послідовний характер. Наприклад, вибір між автомобілем і автобусом для поїздки може залежати від рівня завантаження транспортом вулично-дорожньої мережі, що не відомий до закінчення четвертої стадії. Високий рівень завантаження окремих ділянок ВДМ може привести до того, що в загалі можуть припинитися кореспонденції між певними транспортними районами міста, наприклад, люди змінять місця праці.

Узагалі говорячи, чотири послідовні стадії часто інтегруються і, практично, взаємозалежні.

#### ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ У МІСТІ

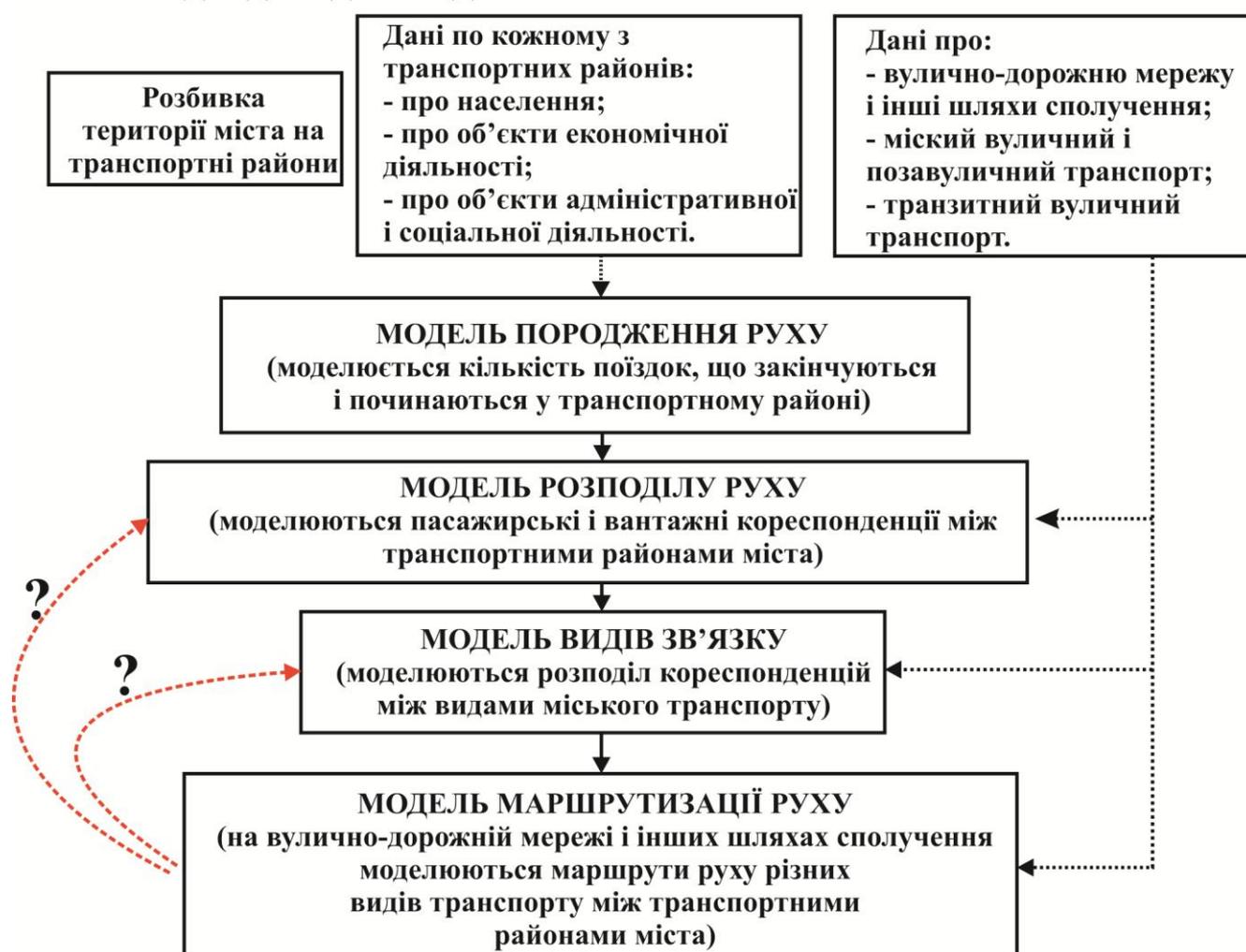
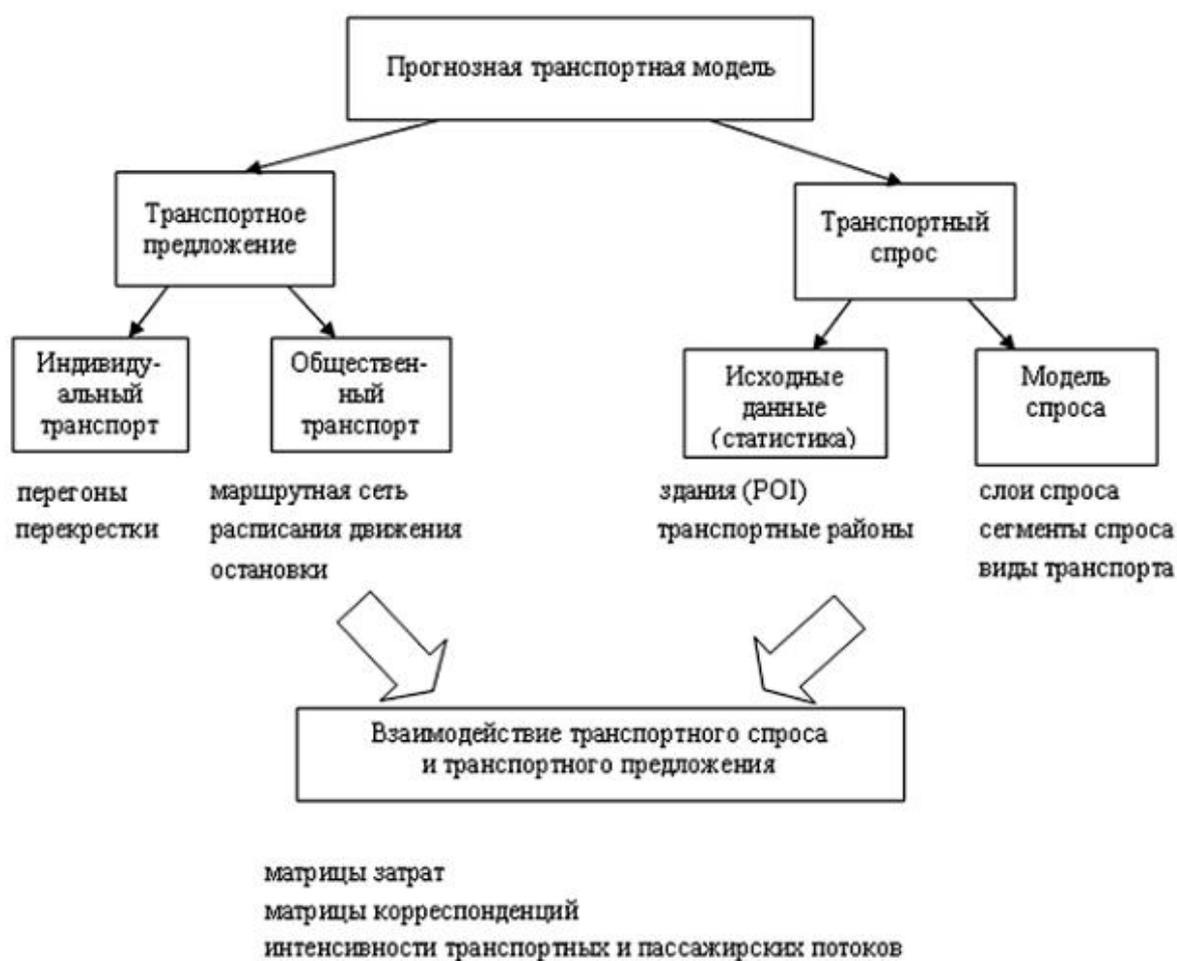


Рисунок 3.2 – Методологія моделювання просторових зв'язків у місті

Привести пример КСТ Иркутска.



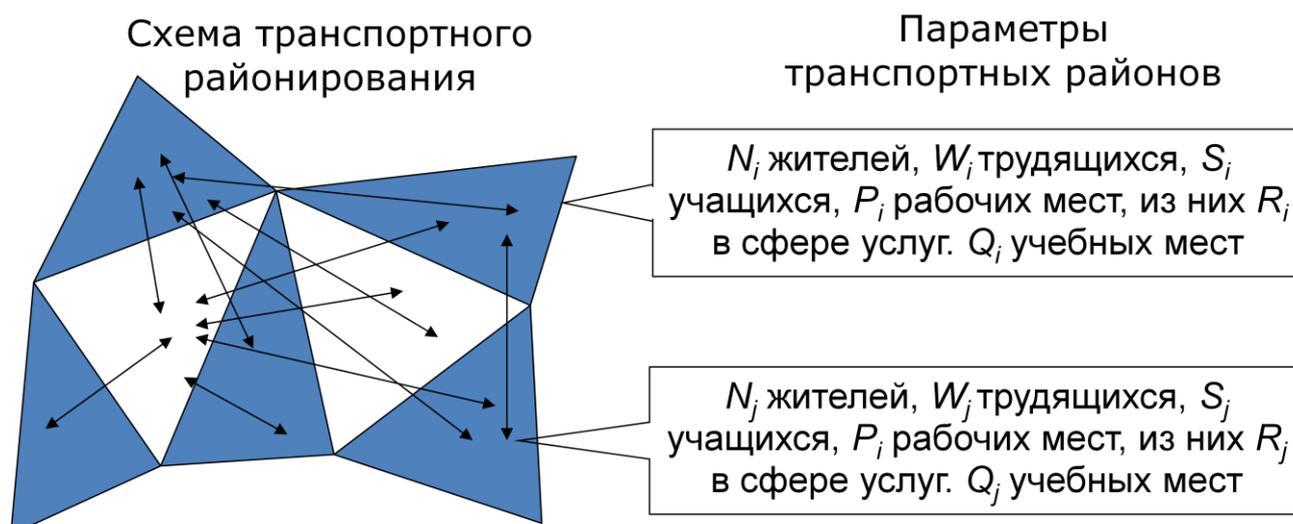
**Рис. 1.6.** Структура основных составляющих прогнозной транспортной модели

**Транспортный спрос** количественно и качественно определяет потребность жителей города в перемещении.

Весь объем необходимых к формализации *исходных* данных для создания прогнозной транспортной модели состоит из большого числа составляющих:

### Источники и цели по слоям спроса

Слой спроса	Источник ( $PL_{\text{ист}})$	Цель ( $PL_{\text{цел}})$
Дом – Работа	Трудящееся население	Места приложения труда
Работа – Дом	Места приложения труда	Трудящееся население
Дом – Прочее	Трудящееся население	Места приложения труда в сфере услуг
Прочее – Дом	Места приложения труда в сфере услуг	Трудящееся население
Работа – Прочее	Места приложения труда	Места приложения труда в сфере услуг
Прочее – Работа	Места приложения труда в сфере услуг	Места приложения труда
Работа – Работа	Места приложения труда	Места приложения труда
Прочее – Прочее	Места приложения труда в сфере услуг	Места приложения труда в сфере услуг
Дом – Учеба	Студенты	Учебные места
Учеба – Дом	Учебные места	Студенты
Работа – Учеба	Места приложения труда	Учебные места
Учеба – Работа	Учебные места	Места приложения труда
Учеба – Прочее	Учебные места	Места приложения труда в сфере услуг
Прочее – Учеба	Места приложения труда в сфере услуг	Учебные места
Учеба – Учеба	Учебные места	Учебные места



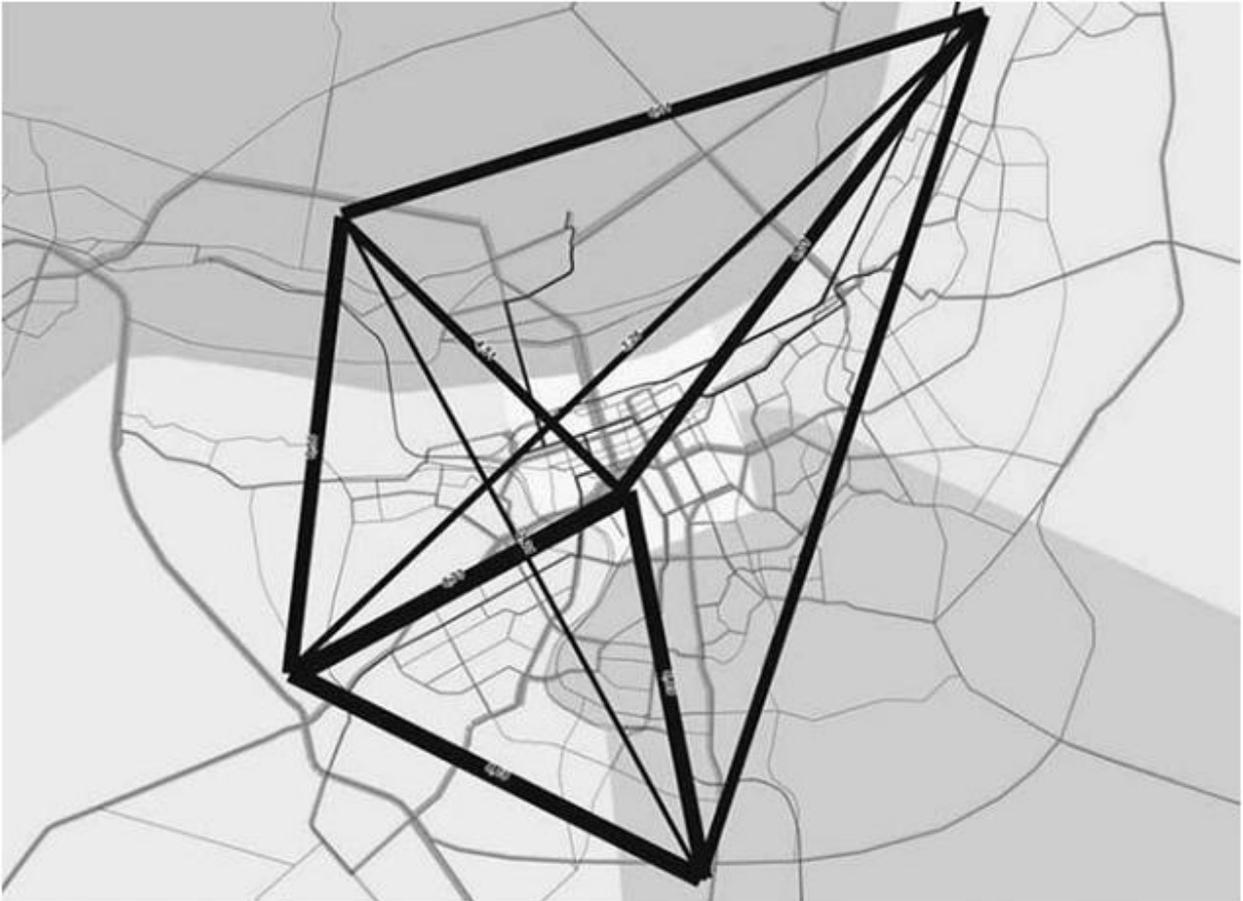
$$x_{ij} = A_i \underbrace{\frac{W_i P_j}{D_{ij}^2}}_{x_{ij}^{(H-W)}} + A_j \underbrace{\frac{W_j P_i}{D_{ij}^2}}_{x_{ij}^{(W-H)}} + B_i \underbrace{\frac{S_i Q_j}{D_{ij}^2}}_{x_{ij}^{(H-S)}} + B_j \underbrace{\frac{S_j Q_i}{D_{ij}^2}}_{x_{ij}^{(H-S)}} + C_i \underbrace{\frac{N_i R_j}{D_{ij}^2}}_{x_{ij}^{(H-R)}} + C_j \underbrace{\frac{N_j R_i}{D_{ij}^2}}_{x_{ij}^{(R-H)}}$$

$x_{ij}$  – число поездок из района  $i$  в район  $j$ ;

$D_{ij}$  – кратчайшее расстояние между районами  $i$  и  $j$  по маршрутной сети [км].



Рис. 8.8. Пример «паука» транспортных корреспонденций



**Рис. 8.9.** Пример «паука» транспортных корреспонденций для агрегированных районов города



### 3.4. Прогнозирование грузопотоков через транспортно-терминальную систему

Очевидно, что важнейшим этапом технико-экономического обоснования развития ТТС является определение расчетного грузопотока. Решение этой задачи непосредственно связано с прогнозами и государственными планами развития экономики и торговли, точность которых в долговременной перспективе весьма относительна и содержит в себе значительный процент неопределенности. Поэтому определение и выбор расчетного грузопотока сопряжено с определенным риском, к которому весьма чувствительны показатели капитальных вложений в строительство и развитие ТТС.

Для уменьшения степени риска требуется разрабатывать «максимальный», «средний» и «минимальный» прогноз грузопотока (то есть оптимальный, реальный и пессимистический). С этой целью предусматриваются такие проектные решения, которые обеспечивают гибкость капитальных вложений в зависимости от различных вариантов прогнозируемых грузопотоков. Таким образом, далее при моделировании используется теория игр.

В этом случае основные этапы определения расчетного грузопотока будут следующими:

1. Ретроспективный анализ грузопотоков с оценкой их тенденций, причин и сезонных неравномерностей.

2. Изучение влияния рынка и тенденций развития техники и технологии на грузопотоки. Для этого подлежат сбору сведения о клиентуре и ее возможностях, а также оценка способности ТТС оказывать влияние на рынок путем определения возможности привлечения дополнительных грузопотоков.

3. Оценка темпов роста перевозок в будущем, исходя из объемов грузов национальной экономики в целом, а также с учетом тенденций развития регионов и районов тяготения. При этом следует учитывать двойственность влияния: темпы роста зависят от экономического положения региона, однако ТТС с недостаточно развитой материально-технической базой не сможет обеспечить потребность региона в перевозках.

4. Исследование возможных воздействий на грузопотоки планов развития промышленности, сельского хозяйства, смежных видов транспорта и транзита, политических решений государственных органов и других факторов.

5. Исследование транзитных перевозок. Учет тенденций к более рациональному выбору маршрутов перевозок.

6. Исследование возможных тенденций развития технологий перевозок и переработки грузов на терминале.

7. Обобщение полученных данных и разработка вариантов для различных сценариев развития.

8. Разработка прогноза объемов груза и количества обрабатываемых транспортных средств, сезонной неравномерности для каждого варианта и сценария.

Обязательно на каждом этапе учитывать работу конкурирующих ТТС (как отечественных, так и зарубежных).