

Таран И.А., Литвин В.В.
Національний горний університет

СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ Г. ПАВЛОГРАД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PTV VISION VISUM.

В работе доказано, что транспортное моделирование является мощным инструментом при решении задач транспортного планирования и организации дорожного движения и позволяет качественно и количественно оценить последствия реализации тех или иных сценариев развития транспортных систем городов и регионов. Описан алгоритм и основные этапы создания транспортной модели г. Павлоград в программном комплексе PTV VISION VISUM. Представлены результаты моделирования МТС города, которые позволят сформулировать и обосновать управленческие решения по повышению эффективности работы городского пассажирского транспорта г. Павлоград.

Ключевые слова: транспортная модель города, матрица пассажирских корреспонденций, имитационное моделирование, автобусный маршрут, программный комплекс PTV VISION VISUM.

Постановка проблемы. В настоящее время большинство крупных и средних городов Украины испытывают проблемы, связанные с ростом транспортных издержек населения вследствие несбалансированного развития транспортных систем и их несоответствия существующим потребностям городского сообщества и экономики. В связи с этим в число актуальных задач устойчивого развития городов входят задачи совершенствования методов и технологий транспортного планирования.

Отсутствие системы координат, ограничений, показателей (критериев) оценки эффективности функционирования транспортных систем городов, учитывающих их мультимодальность, объясняется отсутствием адекватных методов количественной оценки спроса на услуги транспорта. При наличии транспортной модели города становится возможным проведение исследований по сопоставлению эффекта от функционирования транспортной системы и затрат на это функционирование, а также потребностей общества и степени их удовлетворения.

Качественное решение таких задач невозможно без применения современных методик и технологий. Прежде всего, к таким технологиям относятся инструменты и технологии компьютерного моделирования. Создание транспортных моделей позволяет качественно и количественно оценить последствия реализации тех или иных сценариев развития транспортных систем городов и регионов. Моделирование позволяет учесть различные гипотезы развития транспортных систем и является довольно гибким инструментом при решении задач транспортного планирования и организации дорожного движения.

Одним из лидеров в мире среди разработчиков программного обеспечения является немецкая компания PTV AG. Программный комплекс PTV Vision включает средства для создания транспортных моделей как макроуровня (прогнозных моделей), так и микроуровня (имитационных моделей).

Цель работы. Отсутствие утвержденных методик разработки рациональных маршрутных транспортных сетей (МТС), прекращение разработок в данном направлении, потеря интеллектуальной и научной базы, необходимой для исследований городских транспортных процессов, в особенности в области исследования городского пассажирского транспорта (ГПТ), и необходимость внедрения современных технологий проектирования, определяет актуальность и своевременность исследования данной работы. Целью работы является изучение возможностей и практического использования программного комплекса PTV Vision VISUM при создании транспортной модели г. Павлоград для повышения эффективности работы ГПТ и улучшения качества обслуживания пассажиров.

Материал и результаты исследований. Кризисные явления проявляющиеся в системе городского пассажирского транспорта Украины на протяжении последних 25 лет, свидетельствуют о системном характере. Уменьшение дотации из государственного бюджета, остановка воспроизводства основных фондов, решения по предоставлению права бесплатного проезда значительной части населения, запаздывание с внедрением рыночных отношений (по сравнению с другими сферами экономики) определило полную или частичную деградацию системы ГПТ. Также следует отметить, что большинство действующих систем маршрутного пассажирского транспорта в

украинских городах были спроектированы в 60-80 г.г. прошлого столетия и на сегодняшний день фактически не учитывают экономические и социальные преобразования, которые произошли в нашей стране. Данная ситуация характерна в первую очередь для малых городов Украины, которые составляют 86% от общего их количества. Не исключением является и третий по значимости город Днепропетровской области – г.Павлоград. Градообразующей базой г. Павлоград является сосредоточение предприятий горнодобывающей, машиностроительной и химической отраслей области. Вокруг них формировалась маршрутная сеть, задачей которой было в полной мере и в срок обеспечивать все предприятия города трудовыми ресурсами. В связи с закрытием части предприятий и сокращения рабочих, пассажиропотоки претерпели значительных изменений, что в свою очередь повлияло на эффективность действующей МТС. В последний раз маршрутная транспортная сеть общественного пассажирского транспорта г.Павлоград подвергалась полному анализу и оптимизации в 1989 году. В связи с этим, большинство из заложенных в то время критериев при проектировании МТС полностью потеряли свою актуальность.

Для повышения эффективности функционирования ГПТ наиболее действенным методом является рациональная маршрутизация перевозок, которая заключается в проектировании маршрутных транспортных систем, максимально учитывающих интересы пассажиров и перевозчиков. Оптимальные решения этих задач позволяют существенно повысить производительность общественного транспорта и улучшить качество обслуживания пассажиров. К сожалению, органы управления транспортным комплексом в крупных городах Украины, как правило, не располагают ни достоверной и достаточно подробной информацией о спросе на перевозки, ни инструментами для планирования и организации перевозок. К тому же не существует официально утвержденной методики рационального управления и планирования системы ГПТ, так же не существует методики прогнозирования спроса на транспортные услуги [1]. Таким образом, современные реалии и развитие технологий требуют внедрение новых средств планирования. Одним из таких средств является транспортное моделирование[2].

Транспортное моделирование использует методы математического моделирования для анализа транспортной сети и разработки предложений для решения транспортных проблем: оптимизация движения транспортных и пешеходных потоков, работы общественного транспорта, организация дорожного движения, оптимизация работы светофорных объектов, а также обоснования инвестиций в строительство транспортной инфраструктуры. Транспортная модель представляет собой комплекс, состоящий из информационных и расчетных блоков. Информационные блоки составляют единую базу данных, предназначенную для хранения и обработки информации, необходимой для прогноза транспортных потоков. Расчетные блоки реализуют алгоритмы решения задач математического программирования, ориентированных на прогноз потребности в передвижениях. Схематично структура основных элементов транспортной модели представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура основных составляющих транспортной модели

Одним из лидеров в мире среди разработчиков программного обеспечения, позволяющего создавать транспортные модели, является немецкая компания PTV AG. Один из его комплексов PTV VISION VISUM представляет собой обширную, гибкую программу для моделирования транспортных потоков, расчета спроса на транспорт (матрицы корреспонденций для общественного и индивидуального транспорта), анализа транспортной сети, расчет себестоимости общественного транспорта и прогноза запланированных мероприятий и их последствий. Следует также отметить, что данный продукт обладает широкими возможностями по визуализации полученных результатов, что в значительной степени упрощает восприятие информации при проведении калибровки модели или демонстрации результатов выполненной работы широкой общественности.

Программный комплекс PTV VISUM 12.5 является коммерческим продуктом, поэтому для его использования необходимо приобрести лицензионное соглашение, которое в зависимости от стоимости накладывает различные эксплуатационные ограничения. Лицензионная версия, которую приобрел ДВНЗ «НГУ» в апреле 2012 г., дает возможность разрабатывать транспортные модели городов со следующими ограничениями: количество районов – 100, отрезков – 1200, узлов – 500. Учитывая эти ограничения и имея в своем распоряжении значения базовых характеристик МТС г. Павлоград, был сделан вывод о реальности ее исследования на основании разработанной транспортной модели города.

Транспортная модель (ТМ) состоит, как правило, из модели спроса на транспорт и модели сети, создаваемой на основе VISUM, и различных моделей воздействия:

- *Модель спроса* на транспорт содержит данные о спросе на транспорт. Знание спроса на транспорт в той области, для которой осуществляется транспортное планирование, является незаменимой основой для оценки транспортных сетей. Определить матрицы корреспонденций на транспорте путем сбора данных можно лишь частично. Поэтому для отображения реального состояний спроса используются математические модели, которые рассчитывают транспортные потоки между районами области планирования на основе структурных данных и данных о том, как население пользуется транспортом.
- *Модель сети* содержит данные транспортного предложения. Она состоит из транспортных районов, узлов, остановок, отрезков автомобильных дорог УДС и маршрутов общественного транспорта с расписанием движения.
- Данные модели сети и модели спроса на транспорт представляют собой исходные данные для *модели воздействия*.

Структура транспортной модели в VISUM представлена на рисунке 2.

Модель сети города должна отображать пространственную структуру предложения транспортных услуг. Модель сети состоит из большого количества объектов, которые содержат все релевантные данные данной сети транспортных путей, маршрутов, расписаний, транспортных районов. Каждый из этих объектов сети описывается входными (выходными) атрибутами. Методика моделирования УДС базируется на постепенном нанесении на карту узлов и сообщения их отрезками. Таким образом, формируется транспортная сеть города. На следующем этапе моделируются элементы городского пассажирского транспорта общего пользования, который в транспортных моделях представляет собой единую систему, формально не разделяемую на транспортные средства и транспортную инфраструктуру [3].

В рамках разработки транспортной модели г. Павлоград была создана *модель транспортного предложения* (рисунок 3), которая состоит из 440 узлов; 1200 отрезков; 13 районов; 74 остановочных пунктов; 23 маршрутов общественного транспорта (для которых было введено расписание движения).

Для создания *модели транспортного спроса* была принята матрица причин перемещения, состоящая из 5-ти элементов (таблица 1): «Дом – Работа», «Дом – Прочее», «Работа – Дом» и т.д.

Таблица 1 – Принятая при создании модели МТС г. Павлоград матрица причин перемещения

из \ в	Дом	Работа	Прочее
Дом	-	ДР	ДП
Работа	РД	РР	РП
Прочее	ПД	ПР	ПП

На основании подготовленных статистических данных (численность населения, количество трудящихся, мест приложения труда и т.д.), был произведен расчет степеней создания и предложения

для каждого i -го слоя спроса (таблица 2). Как показали выполненные расчеты, наибольшее количество передвижений совершается по слою спроса «Дом-Работа» - 29801 пассажиров.

Для осуществления моделирования был создан следующий набор матриц корреспонденций:

- для модели «Распределение транспорта» – одна общая для каждого слоя спроса (8 матриц);
- для модели «Выбор режима» – для каждого слоя спроса по сегментам спроса (16 матриц);
- для модели «Перераспределение» – для каждого сегмента спроса (2 матрицы корреспонденций).

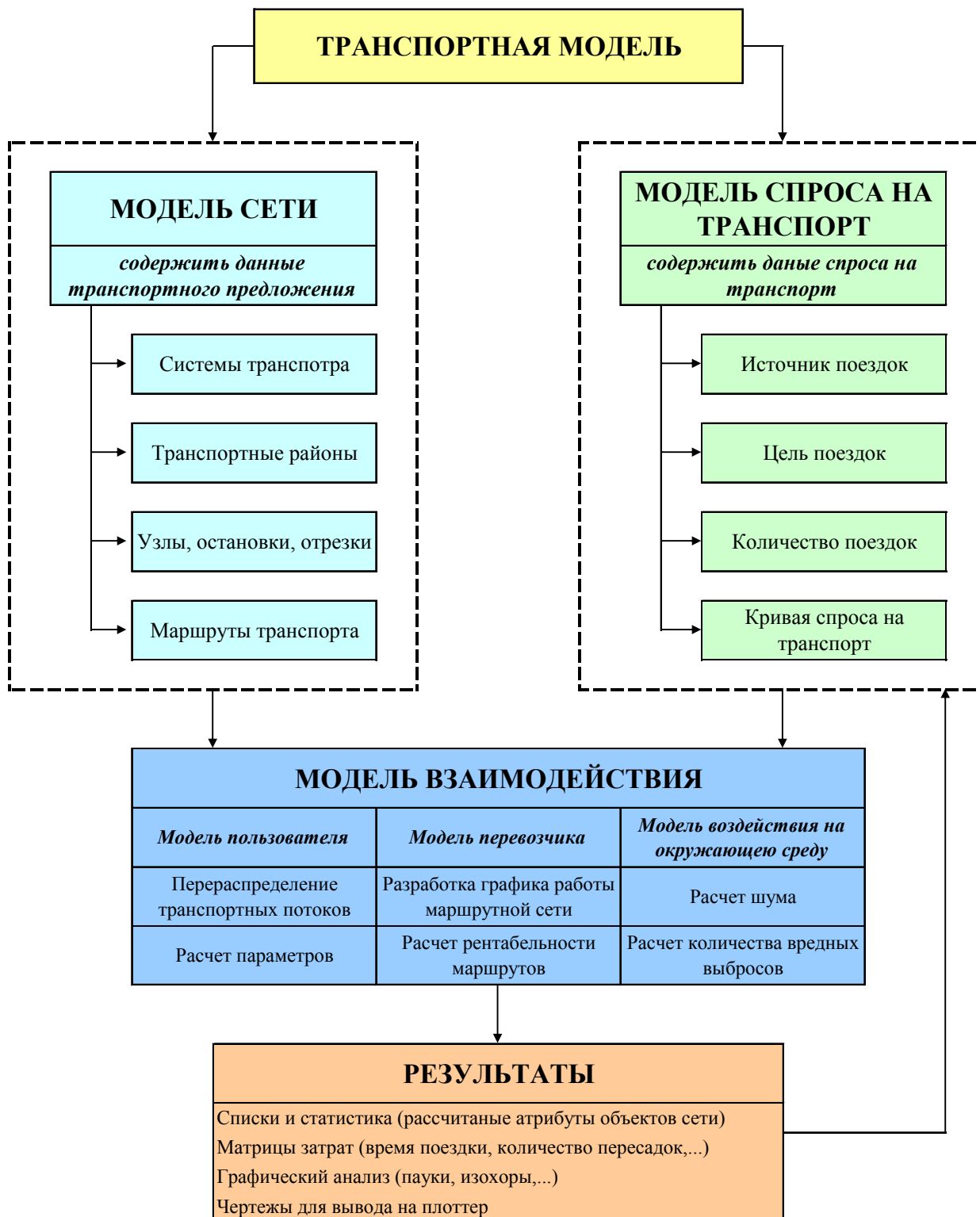


Рисунок 2 – Схема транспортной модели в среде VISUM

Таблица 2 — Результаты расчетов коэффициентов подвижности

№	Слои спроса	Деятельность		Количество перемещений	Референтное лицо		Степень создания	Степень притяжения
		Источник	Цель		Из источника	В цель		
1	ДР	Дом	Работа	29 801	Трудящиеся	Рабочие места	0,72	0,86
2	РД	Работа	Дом	23 325	Рабочие места	Трудящиеся	0,67	0,56
3	ДП	Дом	Прочее	18 601	Население	Рабочие места в сфере услуг	0,17	0,48
						+Население		0,09
4	ПД	Прочее	Дом	24 749	Рабочие места в сфере услуг	Население	0,37	0,23
					+Население		0,16	
5	РП	Работа	Прочее	3 481	Рабочие места	Рабочие места в сфере услуг	0,10	0,09
						+Население		0,02
6	ПР	Прочее	Работа	1 048	Рабочие места в сфере услуг	Рабочие места	0,02	0,03
					+Население		0,006	
7	РР	Работа	Работа	3 829	Рабочие места	Рабочие места	0,11	0,11
8	ПП	Прочее	Прочее	4 848	Рабочие места в сфере услуг	Рабочие места в сфере услуг	0,08	0,08
					+Население	+Население	0,03	0,03



Рисунок 3 – Модель транспортного предложения г. Павлоград

Для расчета основных параметров транспортной модели г. Павлоград было создано 14 вычислительных процедур. Проведено моделирование перевозочного процесса действующей модели МТС г. Павлоград и проанализированы ее основные показатели ее эффективности (рисунки 4-5).

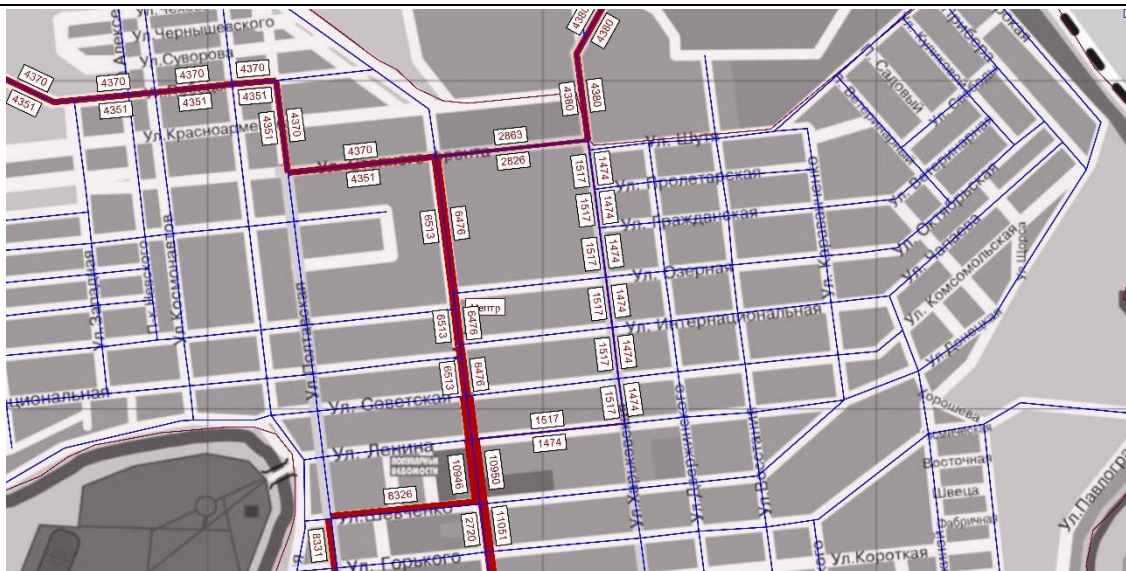


Рисунок 4 – Паук корреспонденций для фрагмента УДС транспортной модели г. Павлоград

PTV VISUM обладает широкими возможностями по систематизации и визуализации результатов моделирования [4]. Данные об основных элементах системы и показателях их работы представлены в матрицах затрат и вкладке «Списки» (рисунок 6). Интерес исследователя, занимающегося прогнозированием параметров функционирования транспортной системы крупного города, обычно вызывают следующие элементы системы и показатели их работы: *Отрезки*: нагрузка индивидуального транспорта, пассажиропоток на общественном транспорте, время движения в пустой и нагруженной сети, коэффициент загрузки; *Маршруты ОТ*: пассажиропоток, время движения между остановками; *Остановки*: количество пассажиров – входящих, выходящих, транзитных.

PTV Visum 12.52-07 - Сети: Транспортная модель, реальная маршрутная сеть, по интервалам 1.вер* - [Список (Варианты маршрута)]

Файл Редактор Вид Списки Фильтр Расчет Графика Сеть Спрос Дополнения Скрипты Окно ? Список (Варианты маршрута)

Список (Варианты маршрута)

Сеть

Выбр. оформление для

Число: 46	ИмяМарш	Имя	КодНапр	Длина	ВрПоездкиОтр	ПоездокБезС	ОбсКм(Г)	ОбсКм(ПА)	ПассКм(Г)	ПассКм(ПА)
1	Маршрут №1	з-д ПИТМАШ - ул. Ст. Фронта	>	9.010km	27min 6s	97	319005.632km	873.988km	14965.743km	41.002km
2	Маршрут №1	ул. Ст. Фронта - з-д ПИТМАШ	<	9.696km	29min 8s	97	343279.641km	940.492km	8520.588km	23.344km
3	Маршрут №10	ул. Пугановская - ул. Ст. Фронта	<	5.039km	15min 9s	33	60692.459km	166.281km	5992.376km	16.417km
4	Маршрут №10	ул. Ст. Фронта - ул. Пугановская	>	4.991km	14min 59s	33	60112.339km	164.691km	5451.002km	14.934km
5	Маршрут №12	з-д ПИТМАШ - пос. Шахтостроителей	<	9.291km	27min 55s	49	166166.742km	455.251km	10136.649km	27.772km
6	Маршрут №12	пос. Шахтостроителей - з-д ПИТМАШ	>	9.291km	27min 55s	49	166166.742km	455.251km	11178.709km	30.627km
7	Маршрут №13	ул. Комарова - ул. Ст. Фронта	<	8.121km	24min 21s	97	287517.844km	787.720km	11001.812km	30.142km
8	Маршрут №13	ул. Ст. Фронта - ул. Комарова	>	8.809km	26min 23s	97	311791.852km	854.224km	8647.838km	23.693km
9	Маршрут №13А	Ж/д вокзал - ул. Комарова	>	10.079km	30min 11s	33	121349.650km	334.469km	5914.529km	16.204km
10	Маршрут №13А	ул. Комарова - Ж/д вокзал	<	9.389km	28min 9s	33	113091.482km	309.840km	1977.190km	5.417km
11	Маршрут №14	ул. Почтовая - ул. Ст. Фронта	<	9.159km	27min 30s	33	110303.053km	302.200km	2449.214km	6.710km
12	Маршрут №14	ул. Ст. Фронта - ул. Почтовая	>	9.843km	29min 32s	33	118561.221km	324.825km	618.309km	1.694km
13	Маршрут №15	з-д ПИТМАШ - пос. Южный	<	12.926km	38min 52s	33	155688.150km	426.543km	4545.583km	12.454km
14	Маршрут №15	пос. Южный - з-д ПИТМАШ	>	13.611km	40min 54s	33	163946.318km	449.168km	20044.102km	54.915km
15	Маршрут №16	з-д ПИТМАШ - пос. Химмаш	<	10.633km	32min	33	128079.850km	350.904km	11283.588km	30.914km
16	Маршрут №16	пос. Химмаш - з-д ПИТМАШ	>	11.319km	34min 2s	33	136338.018km	373.529km	12907.624km	35.363km
17	Маршрут №17	ул. Куйбишева - ул. Шевченко	<	4.955km	14min 52s	33	59688.121km	163.529km	12.249km	0.034km
18	Маршрут №17	ул. Шевченко - ул. Куйбишева	>	5.641km	16min 54s	33	67946.289km	186.154km	0.762km	0.002km
19	Маршрут №18	ул. Плеханова - ул. Шевченко	<	3.913km	11min 46s	33	47196.256km	129.310km	282.929km	0.779km
20	Маршрут №18	ул. Шевченко - ул. Плеханова	>	4.604km	13min 48s	33	55456.424km	151.938km	994.567km	2.729km
21	Маршрут №1А	Ж/д вокзал - Стойбаза	>	12.989km	39min 8s	33	156530.504km	428.851km	9639.748km	26.410km
22	Маршрут №1А	Стойбаза - Ж/д вокзал	<	12.310km	37min 6s	33	148272.399km	406.228km	3686.212km	10.099km
23	Маршрут №1Б	Стойбаза - ул. Ст. Фронта	<	10.479km	31min 33s	97	307890.531km	1016.138km	14910.040km	40.849km
24	Маршрут №1Б	ул. Ст. Фронта - Стойбаза	>	11.161km	33min 35s	97	395164.540km	1082.643km	8206.384km	22.483km
25	Маршрут №2	Автостанция - пос. Южный	<	6.053km	18min 12s	97	214315.034km	587.164km	16909.769km	46.328km
26	Маршрут №2	пос. Южный - Автостанция	>	6.053km	18min 12s	97	214315.034km	587.164km	5800.279km	15.891km
27	Маршрут №2А	пос. Шахтостроителей - пос. Южное	<	7.738km	23min 15s	65	183584.377km	502.971km	4427.783km	12.131km
28	Маршрут №2А	пос. Южное - пос. Шахтостроителей	>	7.738km	23min 15s	65	183584.377km	502.971km	9249.060km	25.340km
29	Маршрут №3	ул. Калинина - ул. Ст. Фронта	<	5.081km	15min 17s	97	179885.137km	492.836km	1336.242km	3.461km
30	Маршрут №3	ул. Ст. Фронта - ул. Калинина	>	5.081km	15min 17s	97	179885.137km	492.836km	1263.282km	3.461km
31	Маршрут №4	пос. Сосновка - ул. Ст. Фронта	<	10.524km	31min 33s	97	372597.474km	1020.819km	8863.041km	24.282km
32	Маршрут №4	ул. Ст. Фронта - пос. Сосновка	>	10.039km	30min 4s	97	355282.224km	973.376km	12150.124km	33.288km

Сеть × Матрицы Редактор сети Последовательность процедур Список (Статистика (размер сети)) Список (Статистика перераспределения ОТ) Список (Маршруты) Список (Варианты маршрута)

1:31944 1317.1004 6461.0681

Рисунок 5 – Статистика перераспределения общественного транспорта г. Павлоград

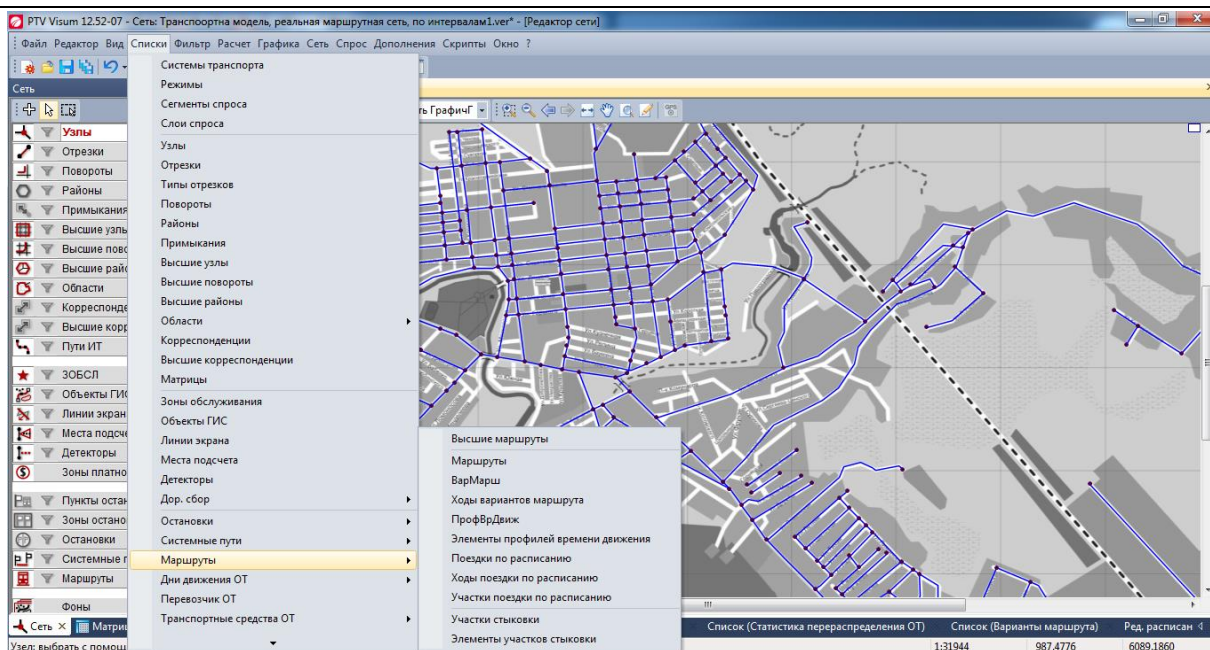


Рисунок 6 – Вкладка основного меню «Списки» в PTV VISUM

Выводы. В работе доказано, что создание транспортных моделей позволяет качественно и количественно оценить последствия реализации тех или иных сценариев развития транспортных систем городов и регионов. Моделирование позволяет учесть различные гипотезы развития транспортных систем и является довольно гибким инструментом при решении задач транспортного планирования и организации дорожного движения.

Программный комплекс PTV VISION VISUM представляет собой обширную, гибкую программу для моделирования транспортных потоков, расчета спроса на транспорт, анализа транспортной сети, расчета себестоимости общественного транспорта и прогноза запланированных мероприятий и их последствий. Следует также отметить, что данный продукт обладает широкими возможностями по визуализации полученных результатов, что в значительной степени упрощает восприятие информации при проведении калибровки модели или демонстрации результатов широкой общественности.

Описан алгоритм и основные этапы создания транспортной модели г. Павлоград PTV VISION VISUM. Представлены результаты моделирования МТС города, которые позволяют сформулировать и обосновать управленческие решения по повышению эффективности работы ГПТ г. Павлоград.

1. Математические методы в управлении городскими транспортными системами. – Ленинград.: Наука, 1979. – 151 с.
2. Беспалов Д.А. PTV VISION: планирование транспортных систем городов. [Электронный ресурс]. URL: <https://bepalov.me>.
3. VISUM 11.5 – Основы. Русскоязычное руководство пользователя.
4. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM: монография / М.Р. Якимов, Ю.А. Попов. – М.: Логос, 2014. – 200 с.

REFERENCES

1. (1979). Mathematical methods in the management of urban transport systems [Matematicheskie metodyi v upravlenii gorodskimi transportnyimi sistemami]. Leningrad, Science Publ. 151 p.
2. Bepalov DA PTV VISION: planning urban transport systems [Bepalov D.A. PTV VISION: planirovanie transportnyih sistem gorodov (Elektron. resurs)] / Sposob dostupa: URL: <http://bepalov.me>.
3. VISUM 11.5 – Fundamentals. Russian User manual [VISUM 11.5 – Osnovy. Russkoyazyichnoe rukovodstvo polzovately].
4. Yakimov M, Popov U. (2014). Transport planning: practical recommendations for the creation of transport models of cities in the software package PTV Vision® VISUM [Transportnoe planirovanie: prakticheskie rekomendatsii po sozdaniyu transportnyih modeley gorodov v programmnom komplekse PTV Vision® VISUM]. Moscow, Logos Publ. 200 p

Таран І.О., Литвин В.В. Створення транспортної моделі м. Павлоград з використанням програмного комплексу PTV VISION VISUM.

У роботі доведено, що транспортне моделювання є потужним інструментом при вирішенні задач транспортного планування та організації дорожнього руху і дозволяє якісно і кількісно оцінити наслідки реалізації тих чи інших сценаріїв розвитку транспортних систем міст і регіонів. Описано алгоритм і основні етапи створення транспортної моделі м. Павлоград в програмному комплексі PTV VISION VISUM. Представлені результати моделювання МТС міста, які дозволять сформулювати і обґрунтувати управлінські рішення щодо підвищення ефективності роботи міського пасажирського транспорту м Павлоград.

Ключові слова: транспортна модель міста, матриця пасажирських кореспонденцій, імітаційне моделювання, автобусний маршрут, програмний комплекс PTV VISION VISUM.

I. Taran, V. Litvin. Creating transport model Pavlograd by program complex PTV VISION VISUM.

It is proved that the transport modeling is a powerful tool in solving problems of transport planning and traffic management, and allows you to qualitatively and quantitatively assess the impact of the implementation of various development scenarios of the transport systems of cities and regions. The algorithm and the basic steps of creating a transport model Pavlograd in the software package PTV VISION VISUM. The results of the simulation MTS city that will formulate and justify management decisions to improve the efficiency of the urban passenger transport Pavlograd.

Keywords: transport model of the city, passenger correspondence matrix, simulation, bus service, software system PTV VISION VISUM.

АВТОРИ:

ТАРАН Ігор Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: taran_70@mail.ru.

ЛИТВИН Вадим Вікторович, старший викладач кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: piligrimm_2007@mail.ru.

AUTHORS:

Igor TARAN, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: taran_70@mail.ru;

Vadim LITVIN, senior lecturer of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: piligrimm_2007@mail.ru.

Стаття надійшла в редакцію 12.10.2016 р