

Аспекты управления процессом моделирования дорожного движения для муниципалитетов небольшого города

С.А. Ярков

Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Актуальным методом для поиска оптимальных решений по организации дорожного движения в городах является моделирование, в том числе микромоделирование дорожного движения. Под микромоделированием понимается имитационное моделирование участка улично-дорожной сети с детализацией до одного автомобиля в специализированном программном обеспечении. В статье рассматривается проблема управления процессом организации дорожного движения с использованием микромоделирования на уровне муниципалитетов в небольших городах в условиях дефицита узких специалистов по моделированию. В настоящей статье формализованы подходы при выполнении научно-исследовательских работ по микромоделированию организации дорожного движения на участках улично-дорожной сети. Также формализованы методы управления процессом организации моделирования дорожного движения на уровне муниципалитета. В качестве решения рассматриваемой проблемы предлагается применять механизм организационно-административного метода управления «кросс-контроль» с взаимной проверкой одного исполнителя другим в рамках контрактных отношений между муниципалитетом и подрядчиками.

Ключевые слова: муниципалитет, моделирование, микромоделирование, организация дорожного движения, кросс-контроль.

Органы исполнительной власти в городах РФ стремятся к тому, чтобы проекты развития дорожно-транспортной инфраструктуры были экономически эффективными и привлекали инвестиции [1]. Однако, и в настоящее время, одной из основных нерешенных проблем современных городов является наличие дорожно-транспортных заторов [2, 3]. Поэтому управление процессом совершенствования дорожного движения является важной задачей городского значения. Для решения проблемы дорожно-транспортных заторов важным инструментом в современной урбанистике и дорожном планировании является имитационное моделирование (например, микромоделирование организации дорожного движения с детализацией до одного автомобиля) которое позволяет анализировать и прогнозировать поведение транспортных потоков в различных условиях организации дорожного движения [4, 5]. Микромоделирование обычно осуществляют

в специализированном программном обеспечении (ПО), например: PTV Vissim, Aimsun, Sumo, AnyLogic. Ввиду узкой специализации инструмент моделирования может использоваться не в полной мере эффективно для муниципалитетов [6, 7]. Например, могут быть ситуации, когда при совершенствовании организации дорожного движения на участке улично-дорожной сети (УДС) дорожно-транспортный затор перемещается с этого участка на другой [8, 9], который не входил в зону моделирования [10].

В крупнейших городах существуют специализированные учреждения, которые комплексно решают обозначенную выше проблему, например: ГАУ города Москвы «Научно-исследовательский и проектный институт генерального плана города Москвы», Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Дирекция по организации дорожного движения Санкт-Петербурга».

В крупных областных центрах, например, таких как Екатеринбург, Челябинск, Пермь, Тюмень, эту роль выполняют муниципальные учреждения в коллаборации с вузами и подрядчиками.

В небольших городах РФ с численностью жителей около 100 тыс. чел. и менее организационная структура органов исполнительной власти по дорожно-транспортной инфраструктуре обычно имеет не разветвленную структуру в части организации дорожного движения (ОДД), например, г. Тобольск, г. Новый Уренгой, г. Надым, г. Салехард, г. Ишим, г. Заводоуковск. В такой ситуации существует большая вероятность дефицита узких специалистов, например, которые являются экспертами в моделировании дорожного движения [7, 11]. Этот факт не должен отражаться на качестве работ, связанных с разработкой технических заданий (особенно в оперативных ситуациях, связанных с безопасностью движения), согласованием и приемкой проектов по строительству и реконструкции объектов дорожно-транспортной инфраструктуры в части ОДД.

В настоящей статье предлагается компенсировать указанный выше дефицит совершенствованием методов управления, используемых для осуществления моделирования ОДД на уровне муниципалитета.

Объект исследования – методы управления процессом моделирования дорожного движения. Предмет исследования – методы управления процессом микромоделирования организации дорожного движения в небольших городах на уровне муниципалитета. Цель исследования – разработать метод для управления процессом решения оперативных задач микромоделирования ОДД в городах, с численностью жителей около 100 тыс. человек и менее.

Задачи исследования представлены ниже.

1. Формализовать применяемые на практике подходы при выполнении микромоделирования для проектных и исследовательских работ по ОДД.
2. Формализовать применяемые на практике методы управления процессом моделирования ОДД.
3. Предложить практический метод для эффективного управления процессом моделирования ОДД муниципалитетами.

Метод исследования: системный подход. Ограничение: тема рассматривается с позиции микромоделирования участков улично-дорожной сети (УДС) автомобильного транспорта.

На основе 14-летнего опыта ТИУ по имитационному микромоделированию укрупненно можно выделить четыре подхода при выполнении научно-исследовательских работ (НИР) по ОДД, которые представлены ниже.

- 1) Микромоделирование отдельных перекрестков [10].
 - 2) Микромоделирование участков улично-дорожной сети с двумя и более перекрестками [10].
 - 3) Микромоделирование транспортного района [11,12].
-

4) Микромоделирование с учетом связей транспортных районов [11,12].

Первый подход – самый простой с точки зрения реализации, его недостатком является отсутствие связи с другими перекрестками [10]. Решаемая проблема по организации движения может перейти на другой перекресток.

Второй подход – позволяет решить проблему организации движения на магистральной улице, но не учитывает перенос проблемы на второстепенные улицы.

Третий подход – позволяет комплексно решить проблему в пределах транспортного района с применением статического или динамического метода перераспределения транспортных потоков. Этот подход отличает большая трудоемкость и стоимость работ, повышенные требования к вычислительным мощностям компьютеров и возможностям специализированного ПО.

Четвертый подход – включает в себя все особенности третьего подхода, а также требует привлечения эксперта по макромоделированию. Полученные в результате микромоделирования параметры транспортных потоков переносятся в актуализированную макро модель города, макро модель пересчитывает параметры с учетом предлагаемых изменений. Затем дается заключение о решении проблемы или указывается участок улично-дорожной сети, на который решаемая проблема перераспределится.

При использовании любого из вышеперечисленных подходов для принятия оптимального решения, количество итераций должно быть не менее трех. Вероятность получения комплексных и эффективных решений может снижаться в случаях, когда в муниципалитетах, при составлении технических заданий (ТЗ) в части организации дорожного движения (ОДД) не указываются чёткие условия, учитывающие вышеупомянутые подходы. В

результате добросовестные исполнители закладывают в стоимость работ подход, который является целесообразным для рассматриваемой проблемы, а недобросовестные исполнители выбирают наименее затратный подход, что дает им конкурентное преимущество. Особенно ответственно следует подходить к выбору подхода для моделирования ОДД в центральной части городов, где находятся деловые, исторические, культурные и другие объекты массового притяжения, а также активно функционирует общественный транспорт [13]. В центральной части городов возможности рационализации архитектурно-планировочных решений для расширения улично-дорожной сети в большинстве случаев уже исчерпаны или могут привести к утере идентичности города [10, 11]. В сложившихся условиях муниципалитетам необходимы эффективные методы для управления процессом моделирования ОДД. Ниже рассмотрим существующие методы.

В обычной практике в небольших городах заказ услуг на моделирование ОДД осуществляется в ТЗ контрактов на проектирование УДС. Проблемой для управления в этом случае может быть отсутствие у исполнителя полных версий специализированного ПО для микромоделирования, а также стремление исполнителя не к поиску оптимальных решений, а к снижению трудоемкости и стоимости работ по моделированию. Схема взаимодействия участников процесса совершенствования ОДД представлена на рис. 1.



Рис. 1. – Схема взаимодействия участников в обычной практике

Во втором случае исполнитель может привлекать к осуществлению услуг по моделированию дорожного движения специализирующуюся на этом организацию. Проблемой такого управления является то, что постановка задач и предлагаемые решения в большой степени зависят от описанных выше интересов исполнителя, который оплачивает услуги субподрядчика, рис. 2.

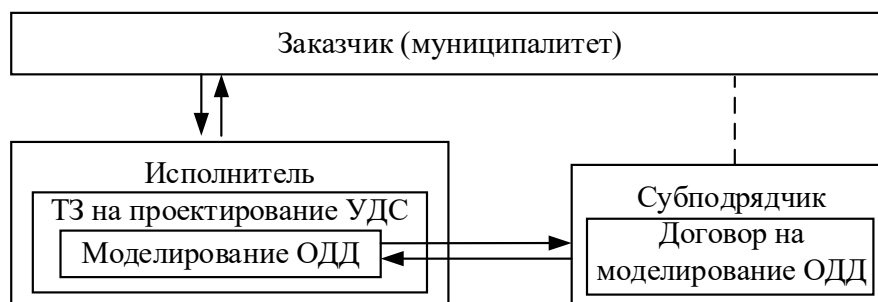


Рис. 2. – Схема взаимодействия участников с привлечением субподрядчика

В третьем случае имеет место укрупнение заказов на услуги в части моделирования организации дорожного движения (в основном применяется для разработки документов транспортного планирования). Достоинства: наличие узких специалистов по моделированию в областных и региональных структурах органов исполнительной власти, большая вероятность выбора опытного исполнителя, комплексное рассмотрение задач исполнителем. Проблемой такого управления могут быть значительные временные затраты на сбор данных и формирование ТЗ, рис.3.



Рис. 3. – Схема с укрупнением заказов на моделирование

В настоящем исследовании для сложных объектов транспортной инфраструктуры, по которым требуется оперативное решение для

управления процессом моделирования ОДД муниципалитетами, автором предлагается использовать механизм организационно-административного метода управления «кросс-контроль» с взаимной проверкой одного исполнителя другим в рамках контрактных отношений между муниципалитетом и подрядчиками (далее, метод «кросс-контроль»), рис. 4.

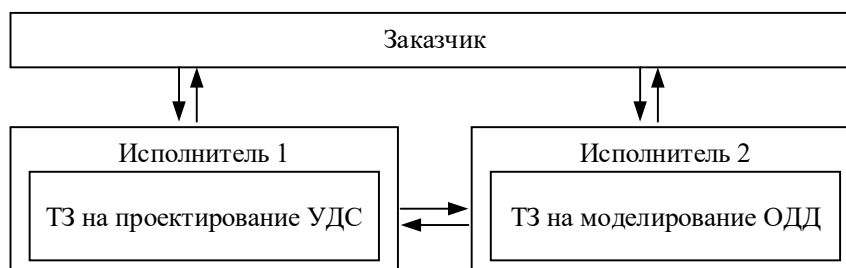


Рис. 4. – Схема взаимодействия участников в методе «кросс-контроль»

В предлагаемом методе «кросс-контроль» уже на этапе предпроектной подготовки первым исполнителем определяются границы проектирования и возможные технологические ограничения, а второй исполнитель предлагает наиболее оптимальные из технологически возможных вариантов сценариев моделирования организации дорожного движения на участке УДС. Для обеспечения дополнительного уровня проверки и соблюдения баланса интересов сторон в ТЗ предусматривается обоюдная оценка оптимальности предлагаемых друг другу решений исполнителями, для минимизации риска ошибок и снижения стоимости реализации проекта. Ниже представлены аспекты для реализации метода «кросс-контроль» при работе муниципалитетов с исполнителями.

1. Разделение ответственности: за моделирование дорожного движения и за проектирование строительства или реконструкцию объекта УДС. Это снизит вероятность ошибок и злоупотреблений так каждый участник процесса отвечает за свой результат.

2. Двойная проверка, где результаты одного исполнителя проверяются другим под общим контролем муниципалитета. Это способствует обратной связи исполнителей, что помогает выявить ошибки на более ранней стадии.

3. Стоимость конкретных оперативных работ по проектированию и моделированию в небольших городах обычно относительно невысока, что позволяет быстро подготовить контракт с исполнителями, например, по процедуре «закупка у единственного поставщика» на сумму, не превышающую установленной в соответствии с п. 4 ч. 1 ст. 93 №44-ФЗ.

4. Обеспечение прозрачности процессов и результатов, что способствует доверию и пониманию среди всех участников.

Укрупненный алгоритм действий для решения задач управления при использовании метода «кросс-контроль» представлен на рис. 5.

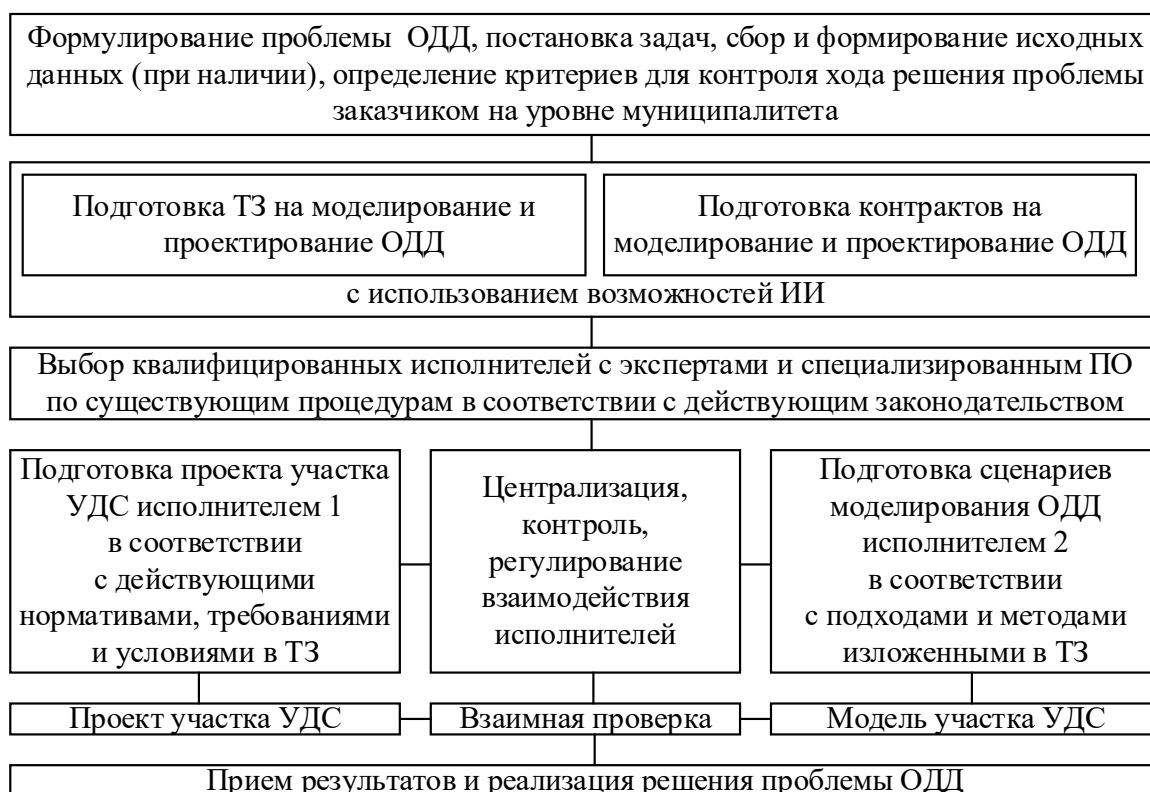


Рис. 5. – Укрупненный алгоритм действий для решения задач управления на уровне муниципалитета при использовании метода «кросс-контроль»

Для снижения временных и финансовых затрат (снижения стоимости контрактов) предлагается заблаговременно организовать сбор и хранение данных [14], например, о транспортных потоках с городских систем видеонаблюдения и последующее предоставление этой информации по

запросам исполнителям, а для подготовки и проверки документов использовать инструменты искусственного интеллекта (ИИ).

В качестве выводов и рекомендаций можно отметить нижеследующее.

1. Для получения качественного результата от выполнения НИР по ОДД, при составлении ТЗ на моделировании ОДД необходимо четко определить подход, по которому будет использоваться инструмент микромоделирования: для отдельного перекрестка; для несколько конкретных перекрестков; для конкретного района или с учетом связей между районами. Для более качественного решения предпочтительно выбирать подход с учетом связей между транспортными районами.

2. Исходя из административного ресурса муниципалитета необходимо выбрать метод управления процессом организации моделирования дорожного движения. В плановом порядке предпочтительно выбирать метод с укрупнением заказов на моделирование.

3. Для решения оперативных задач в сфере ОДД для небольших городов численностью жителей около 100 тыс. чел. и менее автором предлагается использовать метод «кросс-контроль», который позволяет управлять процессом организации моделирования дорожного движения в условиях дефицита узких специалистов по моделированию в муниципалитетах.

4. Результаты исследования могут быть использованы: органами исполнительной власти и научными организациями для написания технических заданий для научно-исследовательских и проектных работ по разработке документов ОДД и транспортного планирования.

Литература

1. Шеина С.Г., Сухинин С.А., Зильберов Р.Д. Организационные аспекты комплексного развития дорожно-транспортной инфраструктуры в

городской агломерации // Инженерный вестник Дона, 2024, №10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7806.

2. Morozov V., Iarkov S. Formation of the traffic flow rate under the influence of traffic flow concentration in time at controlled intersections in Tyumen, Russian federation. Sustainability. 2021. V. 13, 15. URL: mdpi.com/2071-1050/13/15/8324.

3. Бояршинов М.Г., Вавилин А.С. Закономерности показателя транспортного затора на некоторых пересечениях улично-дорожной сети // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2024. № 1. С. 95-115.

4. Силкина, О.Ю., Зарипова Р.С. Оптимизация управления транспортными системами с использованием имитационного моделирования // Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование». Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 571-577.

5. Соловьев, Н.А., Кирилин А.М., Мокшин В.В. Моделирование дорожного движения в различных передовых программах имитационного моделирования // Международный форум «KAZAN DIGITAL WEEK – 2023». Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2023. С. 80-86.

6. Шаршеева К.Т., Тультемирова Г.У., Алымкулова М.С. и др. Использование метода имитационного моделирования для определения оптимальных режимов работы светофоров на исследуемых перекрестках // Бюллетень науки и практики. 2023. Т.9, № 1. С. 229-237.

7. Черкашина-Святынюк, Т.Г. Проблемы эффективности управления государственными унитарными предприятиями // Теория и практика мировой науки. 2022. № 2. С. 14-17.

8. Басков В.Н., Игнатов А.В. Зависимость риска возникновения транспортного затора от параметров транспортного потока // Научно-методический электронный журнал "Концепт", 2015. № Т35. С. 1-5.

9. Бояршинов М.Г., Вавилин А.С. Влияние транспортного затора на продолжительность движения автомобилей по ограниченному участку дороги // Международная научно-практическая конференция «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». Пермь, 2022. Т.1. С. 216-220.

10. Ярков С.А., Морозов В.В. Повышение эффективности организации дорожного движения в городах. Тюмень: ТИУ, 2020.161 с.

11. Якимов М.Р., Нестерова А.С., Попова Ю.А. Транспортное планирование и транспорт общего пользования. Москва: Агентство РАДАР, 2024. 458 с.

12. Захаров Д.А. Пространственная неравномерность распределения по районам города Тюмени транспортного спроса на передвижение индивидуальным и общественным транспортом // Вестник гражданских инженеров. 2023. № 3(98). С. 114-122.

13. Zakharov, D., Fadyushin A. Changes in the structure of urban mobility with the development of infrastructure for public transport and cyclists in cities. WIT Transactions on The Built Environment. 2020. V. 200. pp.49-60.

14. Жолмырза Б.Н., Смайыл А.М. Моделирование городского трафика на микросервисах // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. 2024. №1(13). С.11-15.

References

1. Sheina S.G., Sukhinin S.A., Zil'berov R.D. Inzhenernyj vestnikDona, 2024, № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2024/9539.

2. Morozov V., Iarkov S. Formation of the traffic flow rate under the influence of traffic flow concentration in time at controlled intersections in Tyumen, Russian federation. Sustainability. 2021. V. 13, 15. URL: mdpi.com/2071-1050/13/15/8324.

3. Boyarshinov M.G., Vavilin A.S. Intellect. Innovatsii. Investitsii, 2024. № 1. pp. 95-115.

4. Silkina, O. YU. Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya “Energetika, infokommunikatsionnyye tekhnologii i vyssheye obrazovaniye”: trudy (Proc. International Scientific and Technical Conference “Energy, information and communication technologies and higher education”). Kazan', 2023, pp. 571-577.

5. Solov'yev, N.A., Kirilin A.M., Mokshin V.V. Mezhdunarodnyy forum “KAZAN DIGITAL WEEK – 2023”. (International Forum “KAZAN DIGITAL WEEK – 2023”). Kazan', 2023. pp. 80-86.

6. Sharsheyeva K.T., Tul'temirova G.U., Alymkulova M.S. i dr. Byulleten' nauki i praktiki. 2023. T.9, № 1. pp. 229-237.

7. Cherkashina-Svyatynyuk, T.G. Teoriya i praktika mirovoy nauki. 2022. № 2. pp. 14-17.

8. Baskov V.N., Ignatov A.V. Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal “Kontsept”, 2015. № T35. С. 1-5.

9. Boyarshinov M.G., Vavilin A.S. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse»: trudy (Proc. International Scientific and Practical Conference “Modernization and scientific research in the transport sector”). Perm', 2022. V.1. pp. 216-220.

10. Iarkov S.A., Morozov V.V. Povysheniye effektivnosti organizatsii dorozhnogo dvizheniya v gorodakh [Improving the efficiency of traffic management in cities]. Tyumen': TIU, 2020.161 p.

11. Yakimov M.R., Nesterova A.S., Popova YU.A. Transportnoye planirovaniye i transport obshchego pol'zovaniya [Transport planning and public transport]. Moskva: Agentstvo RADAR, 2024. 458 с.



12. Zakharov D.A. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2023. № 3(98). pp. 114-122.

13. Zakharov, D., Fadyushin A. Changes in the structure of urban mobility with the development of infrastructure for public transport and cyclists in cities. WIT Transactions on The Built Environment. 2020. V. 200. pp..49-60.

14. Zholmyrza B.N., Smayyl A.M. Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskkiye nauki. 2024. №1(13). С.11-15.

Дата поступления: 12.04.2025

Дата публикации: 3.06.2025