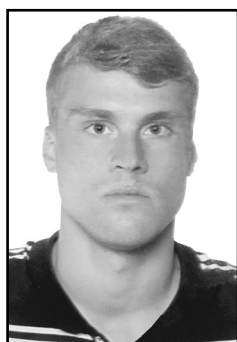


# Анализ методов определения оптимального количества автомобилей-такси в мегаполисах



Дмитрий МОРОЗ



Данила ДОЛЕНКО



Александр ПРОКОПЕНКОВ

*Мороз Дмитрий Геннадьевич* – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.

*Доленко Данила Викторович* – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.

*Прокопенков Александр Владимирович* – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия\*.

В современных крупных городах весомой составной частью городской транспортной системы является таксомоторный парк. Степень развитости и влияния таксомоторных перевозок на качество транспортного обслуживания жителей и находящихся в городе проезде пользователей зависит от множества факторов. Но одним из базовых является оптимальное соотношение количества автомобилей-такси и спроса на перевозки ими.

Целью статьи стал аналитический обзор научно-исследовательских и практических работ в области методов решения задач организации и функционирования таксомоторных перевозок, в первую очередь, определения существующего спроса населения на таксомоторные перевозки и необходимого количества легковых автомобилей-такси. Использовался метод контент-анализа работ авторов ряда стран, в том числе и российских.

Приведённый анализ существующих подходов к определению спроса населения на таксомоторные перевозки и расчёта необходимого количества автомобилей-такси показал, что в настоящее время для этого не существует единого универсально признанного метода.

Используемые методики базируются на различных методах – статистических, социологических (опросах, наблюдениях), математических, все шире используется анализ больших данных, полученных с помощью информационных систем мегаполисов.

Делается вывод, что назрела объективная необходимость исследований в области разработки универсальной методики определения необходимого (предельного) количества автомобилей-такси в агломерациях.

**Ключевые слова:** городской транспорт, спрос населения на таксомоторные перевозки, определение необходимого количества легковых автомобилей-такси, таксомоторные перевозки.

\*Информация об авторах:

**Мороз Дмитрий Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, [dgm1984@mail.ru](mailto:dgm1984@mail.ru).

**Доленко Данила Викторович** – соискатель кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, [dolenko66@yandex.ru](mailto:dolenko66@yandex.ru).

**Прокопенков Александр Владимирович** – магистрант кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, [prokopenkovaleksandr@gmail.com](mailto:prokopenkovaleksandr@gmail.com).

Статья поступила в редакцию 28.02.2019, принята к публикации 30.08.2019.

For the English text of the article please see p. 202.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, насколько мы можем судить на основе анализа изученных научных источников ряда стран, не существует единого подхода к решению проблемы оптимального соотношения между спросом населения на таксомоторные перевозки легковым автомобильным транспортом и предложением, представляющим собой необходимое число легковых автомобилей-такси.

Главная проблема в том, что спрос в мегаполисах не является статичным, он постоянно меняется, следовательно, необходимо постоянно корректировать количество автомобилей-такси для его полного удовлетворения [1]. Необходимо также отметить, что в существующих условиях организации таксомоторной деятельности достичь оптимального расчётного соотношения практически невозможно без использования математического моделирования с помощью ЭВМ, без учёта множества факторов, например, неравномерной нагрузки по дням недели, времени суток, пунктам посадки, в том числе с учётом проведения массовых мероприятий, выявления множества той части неудовлетворённого (предъявленного) спроса населения на таксомоторные перевозки, которая удовлетворяется путём использования других видов транспорта, каршеринга, арендованных автомобилей, а в некоторых случаях — посредством нелегальных перевозчиков, работающих без разрешений.

В настоящее время назрела объективная необходимость проведения исследований, направленных на решение основных задач организации таксомоторных перевозок в условиях развития рынка агрегаторов, основанных на определении спроса населения на перевозки легковыми автомобилями-такси и предложения (предельного количества автомобилей-такси), а также достижения их баланса [2].

Первым шагом на этом пути и целью исследования является представленный аналитический обзор научно-исследовательских и практических работ в области методов решения задач организации и функционирования таксомоторных перевозок, в первую очередь, определения существующего спроса населения на таксомоторные перевозки и необходимого количества легковых автомобилей-такси.

Использовался метод контент-анализа работ авторов ряда стран, в том числе и российских.

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МЕТОДЫ: ОБЩЕЕ И ОСОБЕННОЕ В ПОДХОДАХ

Анализ используемых в мире методов определения необходимого количества автомобилей-такси свидетельствует, что подавляющее большинство исследователей применяет многокритериальный подход к определению их численности.

Например, учитываются такие факторы, как численность населения, входящий и исходящий пассажиропоток аэропортов, число семей, владеющих транспортным средством, и другие.

Трудность моделирования заключается в том, что система непостоянна и зависит от многих внешних переменных. На спрос услуги могут повлиять неявные факторы, например, время ожидания подачи такси, надёжность перевозки и впечатления от предыдущих поездок, изменение тарифов на парковку в ключевых местах города, стоимость поездки, зависимость от времени суток и действия часа пик, сезонность и даже погодные условия, а также проведение культурных и социальных мероприятий [3–5]. Можно заметить, что решить такую задачу с множеством переменных возможно только с применением имитационного моделирования (методов и моделей прогнозирования).

Исследования, опубликованные прошлым летом в журнале *Nature* группой исследователей, координируемой Карло Ратти, директором Senseable City Lab из Массачусетского технологического института [6], предложили эффективный метод оптимального управления городским такси, являющийся модификацией алгоритма Хопкрофта—Карпа для ориентированного ациклического графа. В исследовании описывается сетевое решение минимизации парка городского такси в мегаполисе, учитывая набор поездок (с указанием пункта отправления и назначения, а также времени начала), которое необходимо для их обслуживания без увеличения времени ожидания для пассажиров. Данный метод впервые по-



зволил решить задачу расчёта минимального парка такси таким образом, что он:

- масштабируется на сотни тысяч и даже миллионы ежедневных поездок (предыдущие алгоритмы позволяли делать это лишь для нескольких тысяч поездок);
- позволяет управлять всеми поездками в реальном времени из единого центра управления;
- обеспечивает близкое к оптимальному решение задачи;
- не требует ничего менять (законы, привычки водителей и пассажиров и т.д.), кроме перевода на единую диспетчерскую службу всех такси и оснащения всех водителей единым приложением для смартфонов.

Алгоритм представляет парк такси в виде графика, математической абстракции, состоящей из узлов (или окружностей) и рёбер (линий между узлами). В этом случае узлы представляют поездки, а рёбра представляют тот факт, что одно конкретное транспортное средство может обслуживать две конкретные поездки. Используя данный график, алгоритм смог найти лучшее решение для совместного использования автопарка.

Команда, в которую также входили Мо Вазифе, первый автор статьи и бывший ведущий научный сотрудник Senseable City Lab, Джованни Реста, научный сотрудник Института информатики и телематики CNR, и Стивен Строгац, профессор математики в Корнеллском университете, проверила решение на наборе данных из 150 миллионов поездок на такси, совершённых в Нью-Йорке в течение одного года.

Они рассчитали время в пути, используя фактическую дорожную сеть Манхэттена и оценки на основе GPS, полученные из набора данных поездки на такси.

Они обнаружили, что реализация метода в режиме реального времени с почти оптимальными уровнями обслуживания позволила сократить размер парка на 30 %.

Решение не предполагает, что какие-либо люди должны разделить поездку. Вместо этого просто включает реорганизацию операции диспетчеризации такси, которая может быть выполнена с помощью простого приложения для смартфона [6].

## ГЕНЕЗИС РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ В РОССИИ

Анализируя российские научные и практические работы, можно сделать вывод о том, что количество современных научных исследований в области решения основных задач организации работы легковых автомобилей-такси, таких как определение существующего спроса населения на таксомоторные перевозки и определение необходимого количества легковых автомобилей-такси, достаточно невелико. Большинство из них рассматривают методики расчёта, которые были предложены ещё в 70–80-е годы прошлого века. В основном, это работы П. П. Абояна, М. Д. Блатнова, Л. А. Бронштейна, В. Д. Герами, Т. В. Лазаренко, А. Ю. Турукина и т.д.

В настоящее время существуют некоторые исследования [7–12], посвящённые расчёту необходимого количества легковых автомобилей-такси в городе. Основным недостатком этих работ является то, что в качестве исходной информации предлагается использовать *статистические данные* о количестве поездок за предыдущие периоды, вследствие чего получаются весьма приближённые результаты.

При этом, напротив, практическую ценность представляют данные о реально существующем спросе населения города на таксомоторные перевозки, так как только они могут обеспечить более точные результаты расчёта необходимого количества легковых автомобилей-такси в городе. Используемые в вышеперечисленных работах методы расчёта не позволяют получить достоверные данные в этом отношении.

Важное значение имеет именно объективная информация, которая может быть получена в результате различных *методов транспортных обследований*, к которым относятся *анкетный, статистический, табличный, учётный, визуальный*.

Из всех вышеперечисленных методов наибольшую информативность несёт в себе анкетный метод. Способы определения спроса населения на перевозки легковыми автомобилями-такси рассмотрены в работах [7; 13–16], в которых авторы стараются разработать методику таких обследований. Однако основным недостатком этих работ является то, что предложенные в них методики определяют лишь *реализованный спрос*, в то время

как *полной потребности* населения в перевозках не определяется.

Следует также отметить, что методы определения спроса населения для маршрутизированных видов транспорта не могут быть применимы по отношению к таксомоторным перевозкам, так как на формирование спроса на перевозки легковыми автомобилями-такси значительное влияние оказывают факторы случайного порядка, поэтому для них невозможно применить детерминированную модель. Следовательно, для решения основных задач организации таксомоторных перевозок необходимо воспользоваться математическими методами теории вероятностей.

*Математические методы* использованы в работах [17; 18], посвящённых исследованию функционирования таксомоторных стоянок. Основным недостатком данных работ является отсутствие в них методов определения потребности населения в таксомоторных перевозках.

Одним из трудов, посвящённых определению спроса населения на таксомоторные перевозки, является методика Минавтотранса РСФСР [19]. В данной работе спрос населения на таксомоторные перевозки определяется на основе выявления неудовлетворённого (предъявленного) спроса с помощью специальной методики обследования, которая заключается в *анкетном опросе населения города по месту жительства*. Однако такое анкетирование не позволяет получить необходимую информацию, так как предложенный метод обследования содержит элементы субъективности. Следует также отметить, что методика предусматривает возможность расчёта потребности в таксомоторных перевозках и без проведения обследования, путём определения коэффициента неудовлетворённого спроса. Впрочем, его значения приводятся без каких-либо обоснований, вследствие чего снижается ценность методики и ограничивается возможность её применения.

Попытка выявления полной потребности была предпринята в работе П. П. Абояна [20], в которой фактический спрос определялся по результатам *транспортного обследования*, состоящего из *анкетного опроса пассажиров легковых автомобилей-такси и визуального наблюдения* на таксомоторных стоянках. Основные недостатки работы заключаются в трудоёмкости и значительной затрате

средств и времени на организацию, проведение и обработку результатов обследования.

Примерная форма анкет, заполняемых водителями или пассажирами, представлена в работах [16; 21; 20–24]. Основным недостатком предлагаемых анкет являлись их объёмность и отсутствие условного буквенно-цифрового заполнения, которое позволило бы значительно сократить время на заполнение и обработку внесённых в анкету данных.

В работах В. Д. Герами [25–27], посвящённых совершенствованию организации работы легковых автомобилей-такси, была разработана методика на основе математической модели с использованием программы комплексного подхода, благодаря которой стало возможным определение неудовлетворённого (предъявленного) спроса населения, что в свою очередь позволило выявить полную потребность населения в таксомоторных перевозках, а также рассчитать необходимое число легковых автомобилей-такси со значительно меньшими затратами времени на организацию, проведение обследования и обработку результатов. Однако есть необходимость проверки соответствия данной методики современным условиям эксплуатации такси путём использования новых компьютерных технологий.

Попытка подтвердить адекватность методики В. Д. Герами была предпринята в работе А. Ю. Турукина [28], в которой разработана и на практике применена программа *автоматизированной обработки данных обследования* работы легковых автомобилей-такси и функционирования таксомоторных стоянок (на примере г. Москвы), базирующаяся на адаптированных к новым условиям эксплуатации существующих формах обследования, алгоритмах их систематизации и расчёта. Произведена по данной методике статистическая обработка результатов проведённого обследования, разработан и применён на практике с помощью ЭВМ оптимизационный метод определения необходимого количества легковых автомобилей-такси с учётом спроса населения на базе *математического моделирования*, в основе которого лежит *имитационная модель с элементами статистического моделирования* процесса функционирования таксомоторного транспорта.

Особый интерес к рассмотрению проблемы обоснования и установления оптимального числа автомобилей-такси в мегаполисе представляет статья Н. О. Блудяна



и Д. Г. Мороза [29]. В статье авторы в результате анализа существующих подходов к определению количества автомобилей-такси и современной практики пришли к выводу, что в настоящее время не существует единого универсального метода их определения, а также указывают на необходимость разработки методики, которая будет учитывать все существующие методы в совокупности и иметь возможность адаптироваться к постоянно меняющимся потребностям рынка таксомоторных перевозок в рассматриваемом регионе.

В работе [30] приводится методика расчёта необходимого количества автомобилей-такси *в городах курортных зон*. Расчёт численности автомобилей-такси в часы максимального спроса осуществляется *по специальной формуле*, учитывающей следующие показатели: среднесуточный пробег автомобиля-такси; коэффициент неравномерности перевозок по часам суток, дням недели и по месяцам курортного сезона; среднее количество перевозимых пассажиров за одну поездку; средний оплаченный пробег на автомобиле-такси; коэффициент использования пробега. Основным недостатком данной методики является то, что в формуле, например, не учитывается такой важный показатель, как время ожидания подачи автомобиля-такси, который в свою очередь, как отмечалось выше, в современных условиях таксомоторного обслуживания напрямую зависит от количества автомобилей-такси в регионе. Также следует отметить, что формула не может быть использована для расчёта количества автомобилей в мегаполисе, так как в ней не учитывается множество важных параметров свойственных мегаполису, например, количество населения, владеющего личным автотранспортом, количество массовых мероприятий в городе и т.д.

## МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ТАКСИ

Хотя тема регулирования численности автомобилей-такси является обособленной и требует отдельного анализа, тем не менее она тесно связана с общей поставленной проблемой их оптимального числа и поэтому заслуживает хотя бы краткого обзора.

Все перечисленные факторы и многие другие необходимо учитывать и создавать

«гибкую» систему, способную реагировать на изменения внешней среды [31; 32].

По опыту регулирования численности автомобилей-такси в различных городах мира можно отметить, что основным инструментом воздействия на их число является использование лицензирования перевозочной деятельности автомобилями-такси.

Для обеспечения доступности такси по всему городу проводятся регулярные оценки числа выданных лицензий. В противном случае можно получить переизбыток или напротив — дефицит автомобилей-такси, что скажется на качестве оказываемых услуг и тарифах. При работе слишком малого числа такси возникает дефицит предложения, что порождает долгое время ожидания или отказ на запрос перевозки, что снижает качество оказываемых услуг. Работа чрезмерного количества автомобилей-такси приводит к устареванию и неправильному использованию подвижного состава, высокой «текучке» среди мало оплачиваемых и слабо квалифицированных водителей такси, что опять же ухудшает качество перевозок.

При этом существуют различные подходы к числу выдаваемых лицензий — от либерального, заявительного характера, до достаточно жёсткого регулирования (при этом в подавляющем большинстве случаев, и при том, и при другом варианте есть подлежащие обязательному выполнению технические требования).

Стоит отметить, что проведённые исследования многих городов мира указывают на то, что в городах со схожей демографией эффективность работы системы такси, тем не менее различается. Брюс Шаллер в своей книге пишет, что в городах, где есть контроль над количеством такси, наблюдается более эффективное и качественное оказание услуг, а также существенно ограничены риски коррупционной составляющей. Предметом регулирования являются правила входа на рынок новых операторов перевозок, дальнейший контроль за ними, влияние на количество выданных лицензий и их видов, отзыв лицензий [31; 32]. В Москве, например, эффективным методом стало установление срока действия лицензии, что исключило её передачу и перепродажу между перевозчика-

ми, как это было при неограниченном сроке действительности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих подходов к определению спроса населения на таксомоторные перевозки и расчёту необходимого количества автомобилей-такси показал, что в настоящее время не существует единого универсального метода, который бы учитывал все возможные факторы, влияющие на спрос населения на таксомоторное обслуживание и работу легковых автомобилей-такси. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку единой методики расчёта, которая будет основываться на совокупности рассматриваемых методов, а также способной адаптироваться к постоянно меняющимся потребностям рынка перевозок исследуемого региона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Хейфиц П. И. Проблемы государственного регулирования и организации таксомоторных перевозок в московской агломерации // В мире научных открытий. — 2015. — № 6. — С. 243–251.
2. Блудян Н. О. К концепции развития транспортного обслуживания населения в московском регионе // Автотранспортное предприятие. — 2009. — № 2. — С. 11–13.
3. Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Хейфиц П. И. Территориально-транспортное прогнозирование и планирование в московской агломерации // Автотранспортное предприятие. — 2014. — № 2. — С. 18–21.
4. Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Хейфиц П. И. Территориальное планирование таксомоторных перевозок в городской агломерации // Автоматизация и управление в технических системах. — 2014. — № 1. — С. 62–73.
5. Пистун Е. И., Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Хейфиц П. И. Агломерационные проблемы организации эффективной транспортной системы // Автоматизация и управление в технических системах. — 2014. — № 2. — С. 3–13.
6. Vazifeh M. M., Santi P., Resta G., Strogatz S. H., Ratti C. Addressing the minimum fleet problem in on-demand urban mobility. — Nature. — New York. — 2018. — 25 p.
7. Данилов М. Ф. Автомобильные перевозки: Учебно-методическое пособие по изучению темы «Таксомоторные перевозки». — Горький, 1962. — 47 с.
8. Блатнов М. Д. Исследование эксплуатации таксомоторного пассажирского транспорта / Дис... канд. техн. наук. — М.: АКХ, 1950. — 320 с.
9. Блатнов М. Д. Пассажирские автомобильные перевозки. — М.: Транспорт, 1973. — 304 с.
10. Блатнов М. Д., Будрин Б. Н. Эксплуатация таксомоторного транспорта. — М.: МКХ, 1953. — 176 с.
11. Зильберталь А. Х. Проблемы городского пассажирского транспорта. — М.: Гострансиздат, 1937. — 277 с.
12. Таранов А. Т. Перевозки пассажиров автомобильным транспортом. — М.: Транспорт, 1972. — 216 с.
13. Васильев Н. М. Зарубежный пассажирский автомобильный транспорт и организация его работы. — М.: Международные отношения, 1970. — 260 с.
14. Гранков В. П. Выборочное обследование. — М.: Госстатиздат, 1963. — 154 с.
15. Давидович В. Я., Лахман И. Л. Методы прогнозирования спроса. — М.: Экономика, 1972. — 86 с.
16. Методика изучения спроса на таксомоторные перевозки. — Алма-Ата, 1974. — 34с.
17. Сыртанов С. К. Эксплуатационно-экономические вопросы организации таксомоторных перевозок (на примере Казахской ССР) / Автореф. дис... канд. экон. наук / АН Каз. ССР. Ин-т экономики. — Алма-Ата, 1967. — 24 с.
18. Устинова Э. И. Исследование вопросов расчёта ёмкости и размещения стоянок легковых автомобилей-такси в крупных городах / Автореф. дис... канд. техн. наук. Киев: Киев. инж.-строит. ин-т. — 1972. — 15 с.
19. Инструкция по изучению спроса населения на легковой автотранспорт. — М.: Минавтотранс РСФСР, 1965. — 20 с.
20. Абоян П. П. Исследование некоторых вопросов организации работы таксомоторного транспорта / Дис... канд. техн. наук. — М.: МАДИ, 1975. — 168 с.
21. Володин Е. П., Громов Н. Н. Организация и планирование перевозок пассажиров автомобильным транспортом. — М.: Транспорт, 1981. — С. 160–176.
22. Мун Э. Е. Определение потребностей населения города в легковых таксомоторных перевозках. — М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1974. — 28 с.
23. Разработка предложений по улучшению обслуживания населения г. Москвы легковыми автомобилями-такси на базе материалов обследования пассажиропотоков на легковом таксомоторном транспорте. Научно-исследовательский отчёт. — М.: НИПИ Генплана, 1973. — 36 с.
24. Совершенствование организации таксомоторных перевозок пассажиров в г. Хабаровске. — Хабаровск, 1977. — 66 с.
25. Герами В. Д. Легковые пассажирские автомобильные перевозки / Методические указания к лабораторным работам по курсу «Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками». — М.: МАДИ, 1989. — 32 с.
26. Герами В. Д. Методические указания по совершенствованию организации таксомоторных перевозок в городах. — М.: МАДИ, 1989. — 48 с.
27. Герами В. Д. Совершенствование организации работы легковых автомобилей-такси // Дис... на соиск. учён. ст. канд. техн. наук. — М.: МАДИ, 1984. — 110 с.
28. Турукин А. Ю. Совершенствование организации работы легковых автомобилей-такси // Дис... канд. техн. наук. — М.: МАДИ, 1999. — 176 с.
29. Блудян Н. О., Мороз Д. Г. К проблеме обоснования и установления оптимального количества автомобилей-такси в мегаполисе // Автотранспортное предприятие. — 2013. — № 10. — С. 5–8.
30. Омарова З. К., Данилов С. В., Рябов И. М. Методика расчёта необходимого количества автомобилей-такси и оптимального количества таксомоторных стоянок в городах курортных зон // Интернет-журнал «Науковедение». — 2016. — № 6. — 7 с.
31. Sasnett C., Cypriano C. Taxicab Policy in New Orleans. — Loyola University New Orleans. — New Orleans, Louisiana. — 2009. — 15 p.
32. Shaller B. Taxicab fact book. — Shaller Consulting. — New York. — 2006. — 68 p.

