

## ОТЗЫВ

на автореферат и диссертацию Кленова С. Л.

«Стохастические математические модели транспортного потока в рамках теории трех фаз», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

В диссертации Кленова С. Л. созданы новые стохастические математические модели транспортного потока в рамках теории трех фаз, разработан комплекс программ, включающий эти модели, на основе разработанного комплекса программ проведены численные эксперименты по моделированию интеллектуальных транспортных технологий.

В диссертации впервые разработаны математические модели в рамках теории трех фаз, основанной Б.С. Кернером на анализе эмпирических пространственно-временных свойств автотранспортного потока, выясненных в конце 90-х годов в Германии. В диссертации разработан комплекс программ, который позволяет моделировать метастабильную природу перехода от свободного к плотному синхронизованному транспортному потоку, как это наблюдается в эмпирических данных. По этой причине эти модели могут применяться для исследований поведения автомобилей в сложном гетерогенном транспортном потоке, включающем транспортные средства разных типов, а также автоматические и полуавтоматические машины. Актуальность моделей, представленных в диссертации, связана с тем, что при разработках интеллектуальных транспортных технологий представляется необходимым предварительное тестирование таких технологий с использованием численных моделей, которые способны воспроизводить наблюдаемые в реальных данных свойства автотранспортного потока.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней впервые созданы стохастические математические модели транспортных потоков, описывающие эмпирический фазовый переход от свободного к плотному транспортному потоку, найдены свойства сложных пространственно-временных структур в плотном транспортном потоке и диаграмма этих структур, которые описывают всю известную совокупность пространственно-временных структур, наблюдаемых в реальных данных измерений транспортного потока.

Практическую ценность представляют разработанные алгоритмы и комплекс программ для математического моделирования различных интеллектуальных транспортных технологий, включая коммуникацию между машинами с целью предотвращения образования пробок, плотного транспортного потока, возникающего за медленно движущимися машинами, сложного гетерогенного транспортного потока, генерацию предупреждения водителей о пробках, перехода к перенасыщенному режиму транспортного потока на светофоре. Результаты диссертации и комплекс программ были также использованы в компании "Даймлер" для проведения численных экспериментов по целому ряду интеллектуальных транспортных технологий, а именно, для управления потоком машин, въезжающих на скоростную автодорогу, для управления скоростным режимом, для распределения трафика по транспортной сети, для экономии расхода топлива в транспортных сетях, для оценки системы адаптивного круиз-контроля.

Актуальность таких исследований обусловлена тем, что важнейшими задачами для разработки перспективных интеллектуальных транспортных систем являются задачи

обмена информацией между автомашинами по различным каналам связи (радиосвязь, мобильный интернет, и т.п.), в том числе и в условиях плотной городской застройки, с одновременным выполнением различных сценариев изменения поведения автомашины в потоке на основе полученной информации. Это особенно относится к активно разрабатываемым в настоящее время беспилотным транспортным средствам.

Автором внесен значительный вклад в разработку математических моделей транспортных потоков и моделирование перспективных интеллектуальных транспортных технологий. Работа отвечает критериям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Кленов С. Л. несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор

Бугаев Александр Степанович,

Заведующий лабораторией

Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

