

II Международная научно-практическая конференция
«Транспортное планирование и моделирование»

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯМИ

Белов Александр Владимирович
доцент каф. транспортных систем СПбГАСУ,
канд.техн.наук



Санкт-Петербургский
научный центр РАН



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Минтранс России

Тенденции автоматизации управления автомобилем

1st European Conference on 'Connected and Automated Driving'



**Готовятся изменения в
Женевскую и Венскую
Конвенции о ДД**

**К 2019-2020г. на дорогах
Европейских стран будет
разрешено движение
автомобилей управляемых без
участия человека**

**За основу терминологии
выбран документ
SAE J3016 «Taxonomy and Definitions for
Terms Related to Driving Automation
Systems for On-Road Motor Vehicles»**

Терминология

Часто встречаются в РФ:

- «Беспилотный» автомобиль (транспортное ср-во);
- «Автономный» автомобиль (транспортное ср-во).

Часто встречаются в зарубежных публикациях:

- driverless car – дословно «безводительный» автомобиль;
- self-driving car – самоуправляемый или самодвижущийся автомобиль;
- robotic car – роботизированный автомобиль;
- autonomous car (vehicle) – автономный автомобиль.

Появляются в зарубежных официальных документах:

- «automated driving»;
- «driving automation systems»;
- 5 levels of driving task automation (SAE J3016).

Очевидно более корректными будут:

- «Автомобиль с автоматизированным управлением» (уровни 2-4);
- «Автоматическое транспортное ср-во» (как предельный случай, уровень 5).

Самое слабое звено системы ВАДС

Человек водитель:

- подвержен утомляемости,
- обладает ограниченной способностью к приему и обработке информации,
- имеет существенное время реакции,
- может отвлекаться,
- склонен намеренно нарушать установленные ПДД режимы движения.

Задачи методов ОДД на этапах выполнения задачи управления человеком

- выделение источника информации, методы ОДД призваны оптимизировать поток входящей информации, а именно минимизировать объем информации и повысить ее качество, т.е. отсеять нерелевантную информацию
- оценка ситуации, методы ОДД могут лишь способствовать более точной и быстрой оценке ограниченного набора информации путем ее предварительной обработки.
- принятие решения, методы ОДД на данном этапе призваны рекомендовать или предписывать некоторое решение, как правило, далеко не оптимальное для конкретной ситуации, но стремящееся обеспечить безопасность в расчете на худший сценарий
- реализация решения (управляющие воздействия на автомобиль).

Задачи методов ОДД в процессе совершения поездки

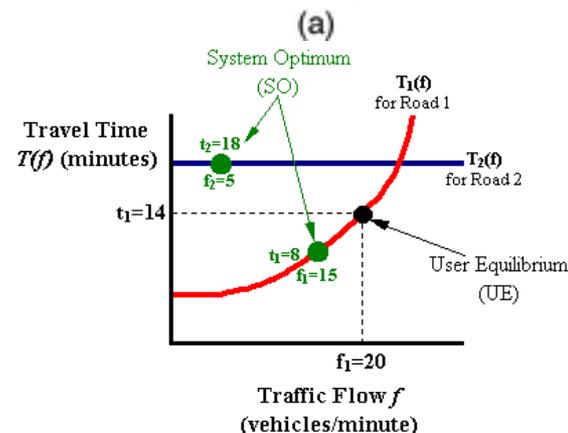
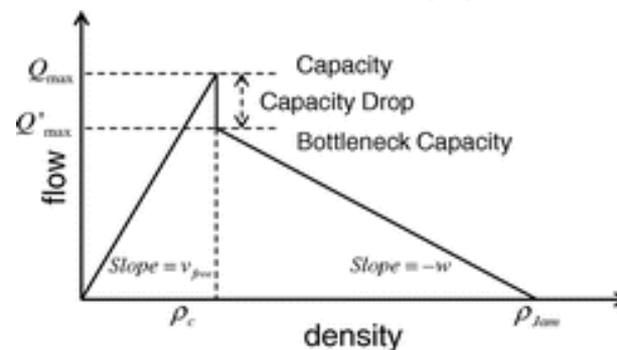
В процессе совершения поездки водитель должен:

- выбрать пункт назначения,
- выбрать маршрут движения,
- выбрать время выезда,
- при необходимости корректировать маршрут во время движения.

Для учета влияния этих факторов методы ОДД должны быть способны создать условия для движения преобладающих потоков (распределение движения по полосам, запрет определенных маневров, организация одностороннего движения, направления главной дороги и т.д.).

Негативные проявления коллективного поведения

- снижение фактической пропускной способности дороги при образовании затора («capacity drop»).
- неоптимальное распределение потоков по маршрутам движения (известное различие между равновесным и системно-оптимальным распределением).



Для минимизации негативных проявления коллективного поведения водителей, методы ОДД призваны оптимизировать распределение автомобилей во времени и пространстве.

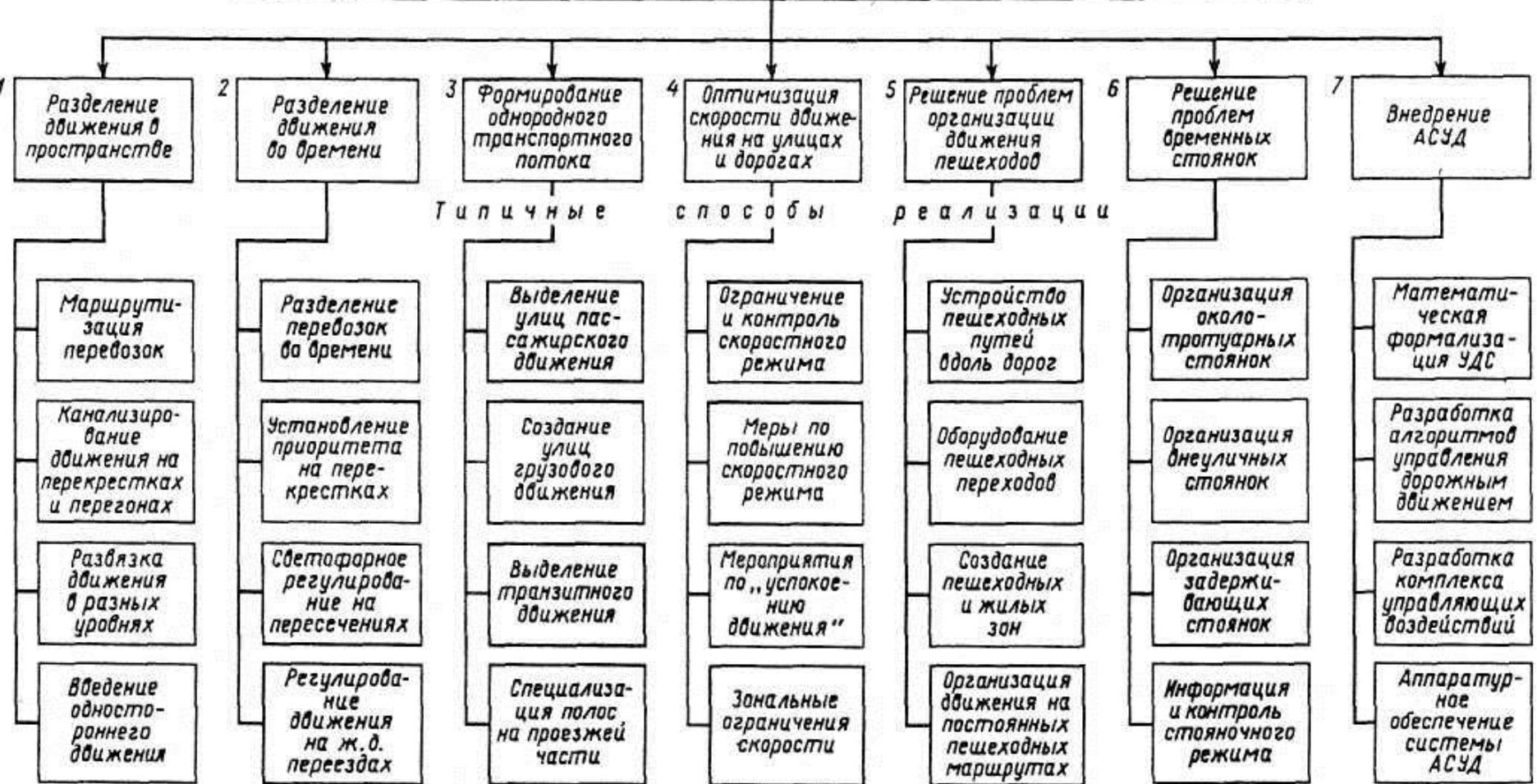
Традиционные методы организации и управления движением имеют очень слабую степень влияния.

Таким образом, традиционные методы ОДД направлены на минимизацию влияния следующих трех групп факторов, связанных с поведением человека-водителя:

- психо-физиологические особенности водителя при непосредственно управлении автомобилем,
- особенности поведения при совершении конкретной поездки (выбор пункта назначения и маршрута движения, спешка при возможности опоздания в зависимости от цели поездки),
- факторы коллективного поведения (взаимовлияние выбора маршрутов движения и времени начала поездки).

При автоматизации управления все они в той или иной степени теряют свою актуальность.

Основные методические направления организации дорожного движения



№	Направление и методы ОДД	10 Влияние полной автоматизации управления автомобилем
1	Разделение потоков в пространстве (канализирование, маршрутизация, одностороннее движение, развязки в разных уровнях)	Отсутствие необходимости в физическом разделении потоков. Оптимальное распределение по маршрутам. Повышение пропускной способности перекрестков снижает необходимость в строительстве развязок.
2	Разделение потоков во времени (приоритет, светофорное регулирование)	Проезд конфликтных точек не зависит от водителя и осуществляется с минимальными интервалами, Отсутствие необходимости в традиционном светофорном регулировании. Автомобили используют существующую инфраструктуру максимально эффективно.
3	Оптимизация скоростного режима (ограничение максимальной скорости, «успокоение» движения, повышение средней скорости)	За счет снижения времени реакции системы и исключения ошибок управления, вероятность ДТП резко снижается. Снижение зависимости динамического габарита от скорости повысит пропускную способность. Максимальная скорость будет определяться системой управления с учетом таких факторов как комфорт пассажиров, шумовое воздействие, наличие пешеходов.
4	Формирование однородных потоков (выделение улиц грузового движения, специализация полос, выделение транзитного движения)	При автоматическом управлении внутренние конфликты исключаются. Габариты ТС не влияют на условия движения.
5	Организация движения пешеходов (пешеходные пути, переходы, зоны)	Особое значение физического разделения транспортных и пешеходных потоков вследствие повышения скоростей движения транспорта. Более надежное обнаружение пешеходов.
6	Решение проблем временных стоянок (околотротуарные стоянки, внеуличные стоянки, информирование)	Беспилотный автомобиль может самостоятельно припарковаться в специально отведенных местах, где отсутствует его влияние на условия движения.
7	АСУДД и ИТС	Интеграция систем управления автомобилем и систем управления движением меняет существующую методологию управления, объектом управления уже становится не транспортный поток в совокупности, а отдельные ТС.

Транспортный поток как объект управления

Исключение человека водителя из контура управления автомобилем существенно меняет **свойства транспортного потока как объекта управления**:

- **Стохастичность** потока будет уменьшаться с повышением степени автоматизации управления автомобилем и доли автоматических автомобилей в потоке.
- Снижение времени реакции, а также кооперативные технологии управления приведут к существенному снижению **инерционности** потока, позволяя быстрее изменять его параметры.

Автоматические транспортные средства двигаясь в общем потоке ведут себя как своего рода фильтр возмущений потока, что меняет внутренние зависимости между параметрами потока и позволяют сделать движение более плавным.

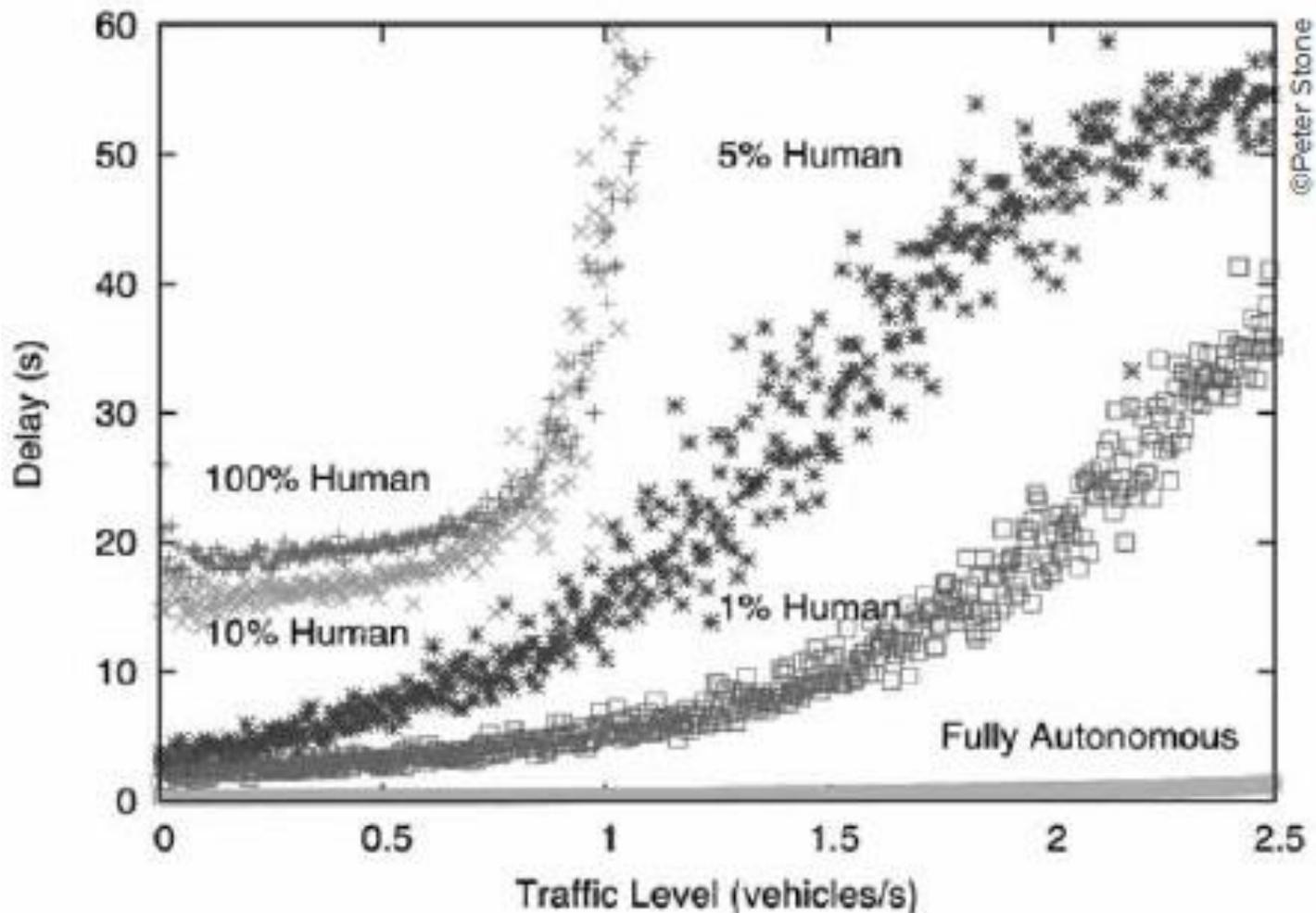
- Наличие автоматических транспортных средств в потоке предполагает **более высокую степень управляемости** в зависимости от степени автоматизации и состава потока вплоть до 100 % при полном исключении человека из контура управления.

Транспортный поток как объект управления

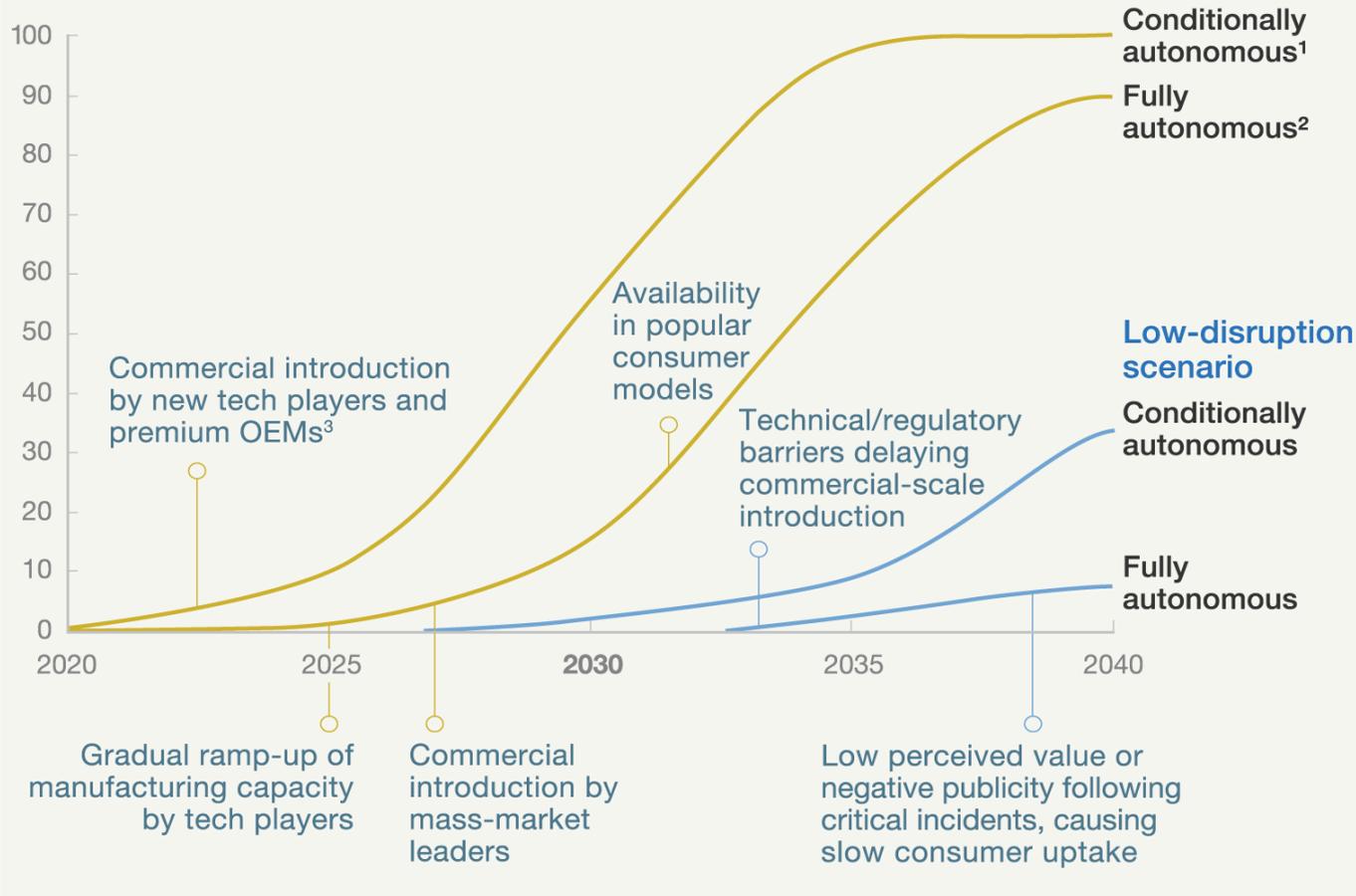
Исключение человека водителя из контура управления автомобилем существенно меняет **свойства транспортного потока как объекта управления**:

- **Стохастичность** потока будет уменьшаться с повышением степени автоматизации управления автомобилем и доли автоматических автомобилей в потоке.
- Снижение времени реакции, а также кооперативные технологии управления приведут к существенному снижению **инерционности** потока, позволяя быстрее изменять его параметры.
- Наличие автоматических транспортных средств в потоке предполагает **более высокую степень управляемости**.

Влияние на пропускную способность перекрестка



New-vehicle market share of autonomous vehicles, %



Factors in disruption scenarios

Regulatory challenges
 Safe, reliable technical solutions
 Consumer acceptance, willingness to pay

High disruption

Fast
 Comprehensive
 Enthusiastic

Low disruption

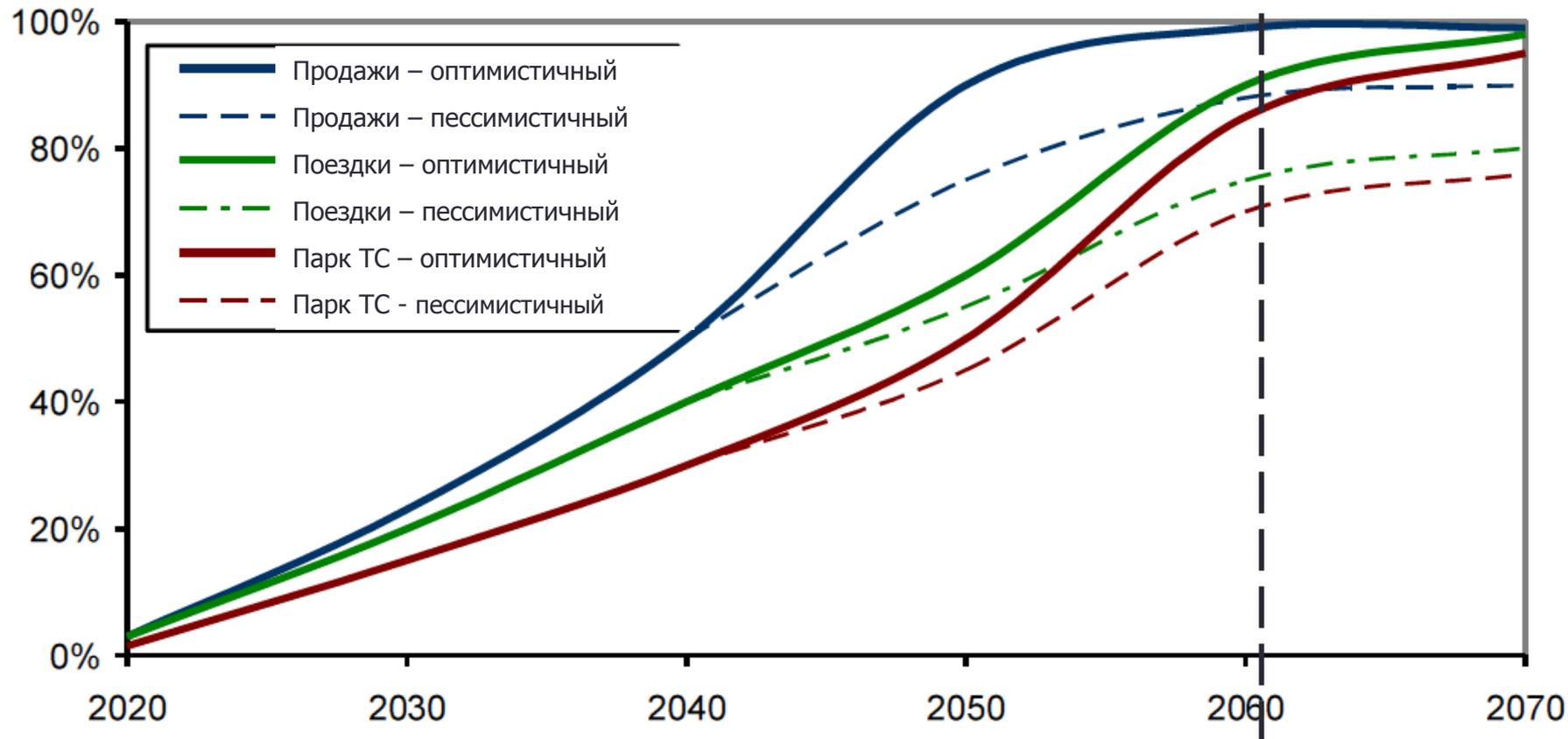
Gradual
 Incomplete
 Limited

¹Conditionally autonomous car: the driver may take occasional control.

²Fully autonomous car: the vehicle is in full control.

³Original-equipment manufacturers.

Прогноз распространения ТС с автоматическим управлением



Источник: Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning. Todd Litman. Victoria Transport Policy Institute, 24 August 2015

Проблемы движения смешанных потоков

- разница во времени реакций,
- непредсказуемость поведения водителей,
- агрессивное вождение,
- ограниченность перечня ситуаций, которые могут обработать системы автоматического управления,
- особенно будут проявляться в условиях высокой загрузки.



Минимизация возможных помех и непредвиденных ситуаций



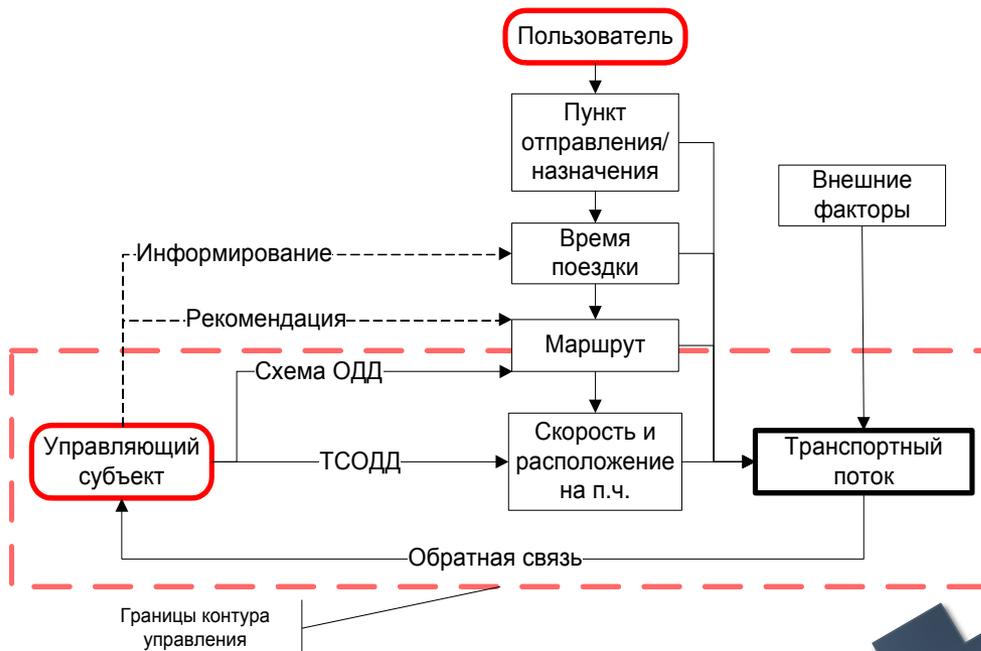
Физическое отделение потоков автоматических ТС

Возможность передачи данных имеет особую роль (connectivity, V2V, V2I, V2X, IoT)

- Наличие двусторонней системы связи в каждом автомобиле открывает колоссальные возможности для повышения эффективности ДД, даже без автоматизации управления ТС.
- Водитель будет непрерывно получать всю необходимую информацию об окружающей ситуации в обработанном виде, а также в виде рекомендаций или предписаний.
- Задачей водителя останется только выдавать управляющие воздействия на автомобиль.



Если мы можем передавать управляющее воздействие в каждый автомобиль...



Управление
формированием
транспортных потоков



Управление формированием транспортных потоков

...формировать такие потоки, которые могут быть оптимально обслужены инфраструктурой, а не продолжать борьбу с негативными проявлениями последствий индивидуального поведения водителей.

Составляющие системы УФТП:

- управление скоростью движения отдельных автомобилей,
- формирование плотных колонн на магистралях,
- сортировка ТС по направлению движения на следующем перекрестке,
- оптимальное распределение по маршрутам,
- контроль доступа для предотвращения перегрузки.

Выводы

- Автоматизация управления автомобилем несет колоссальные выгоды, но порядка 80-90% (эффективности) будут получены только при 100% доле в потоке.
- Обеспечение системой связи всех ТС также несет значительные выгоды.
- Для ускорения перехода необходимо:
 - Обеспечить наличие системы связи в каждом ТС,
 - Постепенно подготавливать, а затем выделять инфраструктуру (полосы, магистрали, участки УДС),
 - Поддерживать на законодательном уровне (приоритет проезда, меньшие налоги и т.д.),
- Организация и управление движением проактивные и на уровне отдельных ТС.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Белов Александр Владимирович

belov_trans@mail.ru

8 (911) 910-06-97