

Немецкий опыт внедрения системы приоритетного движения трамваев и автобусов на регулируемых перекрестках по методу «зеленой волны»

Христоф ДОЛЬ, Герхард ЛИСТЛЬ, Gevas Humberg & Partner.

Инженерное бюро по проектированию, организации движения транспорта и техническим средствам регулирования

В Германии одинаково распространены две точки зрения на организацию движения. С одной стороны, водители автомобилей хотят двигаться на регулируемых перекрестках при «зеленой волне» без задержек, с другой стороны, пассажиры общественного транспорта желают совершать поездки быстрее и в соответствии с расписанием. Как можно совместить предпочтения обеих групп? Немецкий опыт предлагает один из путей решения данной проблемы.

Введение

Разработкой системы «зеленой волны» немецкие инженеры-транспортники занимаются с начала XX столетия. В Германии первые светофоры начали устанавливать и с успехом использовать еще в 1924 году в Берлине, а к концу 1920-х годов на некоторых магистральных улицах столицы впервые заработала система «зеленая волна». Первая публикация об опыте ее проектирования появилась в 1933 году [1]. Сегодня автомобильное движение в городах Германии без использования «зеленой волны» было бы практически невозможно.

С конца 70-х — начала 80-х годов прошлого столетия внимание специалистов приковано к ускорению движе-

ния общественного пассажирского транспорта. Применение микропроцессорных технологий позволило внедрить в практику уже давно разработанные инженерные идеи.

Лимитирующие условия при разработке «зеленой волны»

В указаниях по проектированию светофорных устройств RiLSA [2] для системы «зеленой волны» отмечено следующее: «Сетевая, или последовательная, «зеленая волна» необходима для того, чтобы сократить сумму времени передви-

жения всех личных автомобилей, повысить комфортность перемещения, снизить потребление топлива, а также по возможности уменьшить негативное шумовое воздействие и загрязнение вредными веществами окружающей среды. При этом — для повышения безопасности движения — необходимо стремиться по мере возможности сокращать разброс скоростей движения отдельных автомобилей, а также число остановок всех движущихся транспортных средств».

«Зеленая волна» является методом управления, призванным эффективно организовывать автомобильное движе-

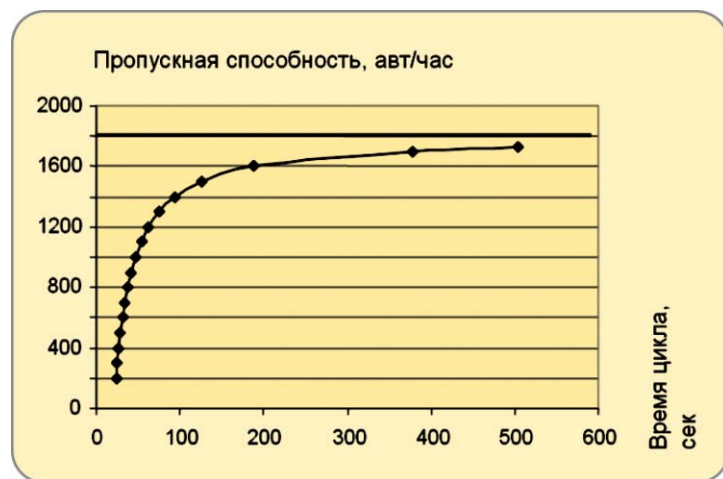


Рис. 1. Пропускная способность светофорного устройства в зависимости от продолжительности рабочего цикла (источник: Dunker, Gleue [3])

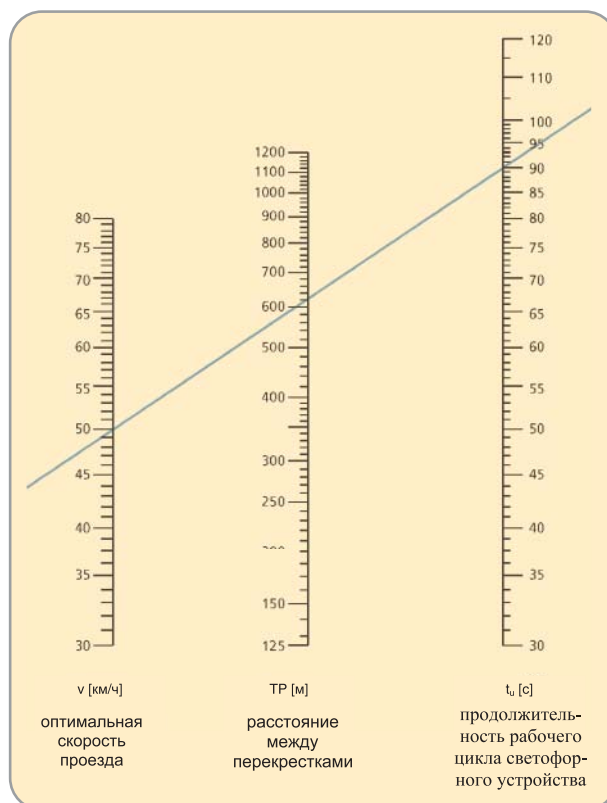


Рис. 2. Номограмма к диаграмме время-путь «зеленой волны» (источник: Winfried Humberg, Gevas Humberg & Partner [4])

ние. При этом существуют физические ограничения, которые следует принимать во внимание, например продолжительность рабочего цикла светофорных устройств, расстояние между перекрестками, допустимые скорости и предпочитаемые водителями скорости движения, а также срабатывание отдельных светофоров. Для успешного решения такой комплексной задачи требуются опытные инженеры-транспортники.

Обычно продолжительность рабочего цикла светофорного объекта в Германии составляет от 60 до 120 секунд, а во время «пиковых» нагрузок — от 80 до 95 секунд. Именно в этих временных рамках, как правило, достигается наиболее оптимальное соотношение между движением транспорта и временем ожидания пешеходов и велосипедистов. Общая зависимость между пропускной способностью и продолжительностью рабочего цикла светофорного устройства в общем виде наглядно показана на *рис. 1*, при этом данная зависимость в каждом конкретном случае требует детального уточнения.

Несмотря на то, что при проектировании и эксплуатации «зеленой волны» используется современная техника, не в каждом случае достигается удовлетворительный результат, поскольку первоначально предоставленные данные не всегда согласуются друг с другом. Ключевым вспомогательным графическим средством к пониманию конструкции «зеленой волны» является представленная на *рис. 2* номограмма [4].

С помощью этой номограммы можно, например, определить, что «зеленая волна» работает оптимально при продолжительности рабочего цикла светофорного устройства в 90 секунд, среднем расстоянии между перекрестками 625 метров и максимальной скорости транспортного средства 50 км/ч.

Следует отметить, что для регулирования отдельных перекрестков иногда применяются весьма сложные, масштабные методы управления транспортным потоком. Примерно 90% всех светофорных объектов в Германии оборудованы такими современными программами управления. При комплексном проектировании не возникает расхождения между более жестким методом управления «зеленая волна» и гибким методом управления в зависимости от интенсивности движения транспорта на отдельном перекрестке. Напротив, при умелом применении обоих методов может быть достигнут синергический эффект.

Лимитирующие условия для увеличения скорости движения общественного транспорта

Прежние попытки достижения приоритета общественного транспорта путем постоянного учета транспортных средств, например, с помощью включения координации движения общественного транспорта в «зеленую волну» автомобильного потока или путем оптимизации и учета размещения остановок, оказались недостаточными.

Внутри «зеленой волны» характер движения общественного транспорта весьма четко отличается от движения автомобилей. Из-за различия в моментах начала движения на предыдущих светофорах, колебаний времени стоянки на остановках и времени движения между остановками, из-за возникающих транспортных помех во время движения и дополнительных потерь времени при торможении и разгоне возникает непрогнозируемость распределения времени подъезда общественного транспорта к светофорным устройствам [5]. Основные потери времени регистрируются у светофоров, и именно здесь следует сконцентрировать усилия по дальнейшему улучшению условий движения транспорта.

Ниже на *рис. 3* показано типичное для Германии распределение потерь времени на примере трамвая до проведения мероприятий по приоритетному пропуску общественного транспорта.

Идея ускорения движения общественного транспорта путем лишь выделения для него собственной полосы движения без дополнительных мероприятий также не привела к успеху. При рассмотрении соотношения затраты результат точечные инвестиции в светофорные устройства оказываются выгоднее, чем капитальные вложения в полосу, специально отводимые обще-

ственному транспорту. Оптимум, разумеется, достигается за счет комбинации обоих видов мероприятий.

Эффективное установление приоритетных условий движения для общественного транспорта прежде всего может достигаться путем вмешательства в работу светофорных устройств. При этом следует обращать внимание на следующее:

- для регулирования движения в пользу общественного транспорта каждая его единица должна быть оснащена необходимыми техническими средствами, и ее движение по трассе должно отслеживаться;
- в процессе управления движением транспорта в зависимости от интенсивности движения на каждом перекрестке должны учитываться вид и эффективность ускорения движения общественного транспорта, а также возможные необходимые компенсации кратковременных помех автомобильному движению;
- на наиболее важных для автомобильного движения светофорных объектах должно также предлагаться управление в зависимости от интенсивности движения транспорта, чтобы достичь, таким образом, лучшего распределения времени рабочего цикла светофора в соответствии с потребностью.

Отклонения в движении общественного транспорта должны фиксироваться путем своевременной передачи информации с наблюдательных (регистрационных) пунктов общественного пассажирского транспорта.

Можно обобщить лимитирующие параметры для оптимального приоритета движения общественного транспорта (см. также [5]):

Транспортному средству общественного пассажирского транспорта для пересечения светофора необходимо

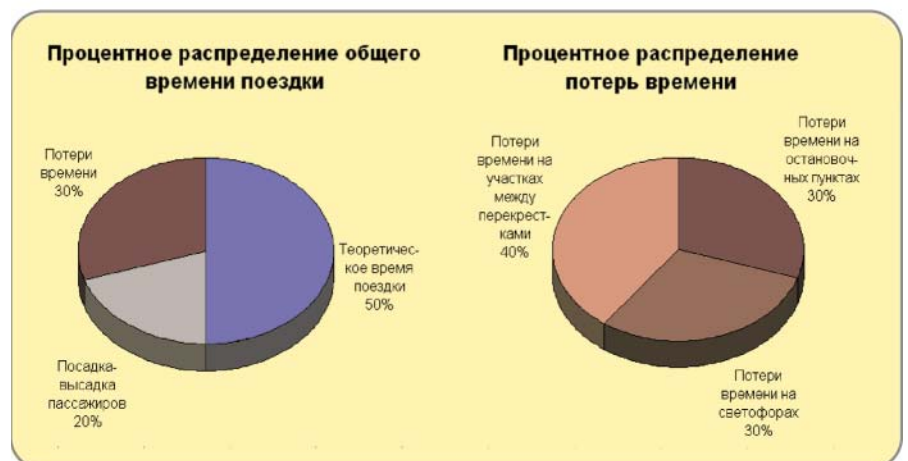


Рис. 3. Типичное распределение времени передвижения и потерь времени для трамвая до проведения мероприятий по приоритетному пропуску общественного транспорта

5 секунд, но в точно определенное время.

Наибольшее ускорения удастся достичь, если в общем времени рабочих циклов светофоров предусмотрены фазы для движения общественного транспорта.

Чем точнее произойдет проезд светофорного устройства общественным транспортным средством, тем меньше будет помех для остальных участников движения.

Методы ускорения движения общественного транспорта при «зеленой волне»

Задача инженеров-транспортников — обеспечить успех общественного транспорта за счет применения прозрачных и контролируемых методов регулирования движения.

Принципиально на светофорах можно установить устройство только для приоритетного движения общественного транспорта без какого-либо учета «зеленой волны» и интересов других участников движения. В этом случае речь будет идти об абсолютном приоритете, который, однако, постоянно приводит к проблемам с другими участниками движения.

Успешной и достойной рекомендацией альтернативой такому подходу может стать условный приоритет общественного транспорта, при котором за счет «зеленой волны» можно достигнуть взвешенного управления движением. Связанные с этим значительные проектные затраты, безусловно, являются обоснованными по причине большой общественной выгоды.

Многokrратно апробированный метод управления движением с приоритетом для общественного транспорта в системе «зеленой волны» действует по принципу «Сигнальная программа с нециклической последовательностью фаз и с постоянной продолжительностью рабочего цикла светофорного устройства» и уже свыше 20 лет успешно используется в Германии.

Методы управления построены по принципу иерархии с различными уровнями приоритетов для случая, когда должны учитываться как трамваи, так и автобусы:

Уровень 1: Приоритетное движение трамваев.

Уровень 2: Приоритетное движение автобусов.

Уровень 3: Управление движением индивидуального транспорта по методу «зеленой волны» без включения в систему управления общественного транспорта (в основном).

Данная система наиболее успешно работает в системе «зеленой волны», согласованной с автотранспортом и интересами пешеходов и велосипедистов (уровень 3). С дополненной системой управления движения индивидуального автотранспорта можно добиться улучшений в пропускной способности перекрестков, особенно в часы пик.

На уровень управления движения индивидуального автотранспорта накладывается ускорение движения общественного транспорта (уровни 2 и 3). При этом высший приоритет занимает движение общественного пассажирского

транспорта, так что трамваи и/или автобусы по возможности без потерь времени могут пересекать перекресток.

Непрогнозируемые потери времени общественного транспорта могут происходить в результате помех от встречного движения. Это происходит в случаях, когда 2 состава общественного транспорта подъезжают к перекрестку одновременно или один за другим, так что только один может без потери времени проехать перекресток. При этом приоритетность движения трамваев, как правило, выше, чем автобусов. Также выше приоритет трамваев, подъезжающих к перекрестку без остановки, по сравнению с теми, которые вынуждены останавливаться непосредственно перед перекрестком.

Успешные результаты практического применения на примере Мюнхена

Описанные методы были научно изучены [6] и отмечены Федеральным министерством науки (*Bundesforschungsministerium*) как пример, заслуживающий внимания.

Результаты практического применения методов можно представить на примере одной из главных магистралей в Мюнхене со средней интенсивностью движения около 50 тыс. автомобилей в день. Там использование метода «зеленой волны» на двух маршрутах трамваев позволило получить эффект абсолютного ускорения. Одновременно были разработаны предложения по оптимизации «зеленой волны», которые применены в данных проектах.

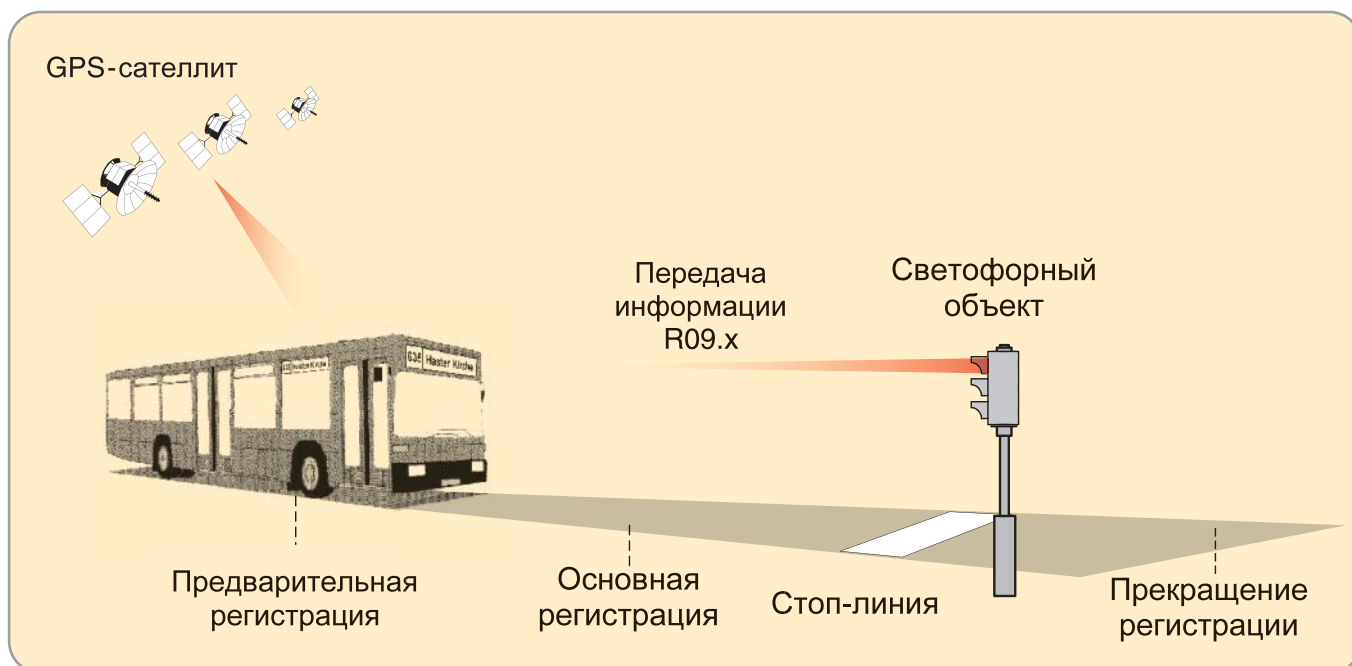


Рис. 4. Стандартное расположение регистрационного пункта общественного пассажирского транспорта при подъезде к светофорному объекту (источник: [5])

**Результаты внедрения**

Средняя скорость движения	= 20,2 км/ч
Прирост скорости движения	= 22%
Улучшение соблюдения графика движения	= 38%
Экономическая эффективность	= 15%
Экономия эксплуатационных затрат	= 4,2 млн. EUR/год
Увеличение числа пассажиров	= 7–16% маршрут

Рис. 5. Эффективность ускорения движения трамваев в Мюнхене (источник: MVG [7])

В заключение следует привести еще один пример практических результатов внедрения ускорения движения общественного транспорта на всей территории Мюнхена. С 1994 года увеличилась скорость движения всех 10 мюнхенских трамвайных и 4 автобусных маршрутов. В настоящее время в Мюнхене около 240 светофорных устройств оборудовано компонентами ускорения для общественного транспорта. Данные рис. 5 наглядно отражают значительный успех, достигнутый в рамках проектов по ускорению движения трамваев.

На основании успешно выполненных проектов предусматривается разработка программы ускорения движения для следующих 10 автобусных маршрутов.

Выводы и перспективы

Представленный метод дает возможность совместить и оптимизировать ускорение движения общественного пассажирского транспорта и систему «зеленой волны».

В будущем целесообразно умело использовать еще имеющийся потенциал в управлении движением транспортом. В настоящее время авторы работают над дальнейшим расширением методов управления движением.

С разработкой «Динамического приоритета общественного транспорта» дополняются и совершенствуются методы учета информации на протяжении всей сети маршрутов общественного пассажирского транспорта.

Кроме того, для улучшения автомобильного движения в настоящее время осуществляются исследования по динамизации «зеленой волны» путем соединения смежных светофорных устройств Online и оптимизации Online на основе складывающейся транспортной ситуации.

Авторы выражают благодарность Александру Перчику за перевод и доктору Дмитрию Питерскому за редактирование данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hamburger (1933): Die zweckmassige Lichtfolge bei selbsttatiger Verkehrsregelung. Verkehrstechnik 14, S. 476 478, Berlin/Wien 1933.
2. Forschungsgesellschaft fur Strassen- und Verkehrswesen FGSV: Richtlinien fur Lichtsignalanlagen RiLSA 1992 (Ausgabe 2005), Koln 2005.
3. Dunker, Gleue: Strassenverkehrsanlagen Entwurf, Bemessung, Betrieb. Dr. Ludecke-Verlagsgesellschaft, Heidelberg 1975.
4. Humberg: Nomogramm zur Planung Gruner Wellen. Munchen.
5. Humberg, Bosserhoff: Steuerungsverfahren zur Priorisierung von Strassenbahn und Bus an Lichtsignalanlagen in Gruner Welle. In: Tagungsbericht HEUREKA 93 Optimierung in Transport und Verkehr, Koln 1993.
6. Grund, Lindner, Masak, Bosserhoff: OPNV-Technologieerprobung Krefeld. Sonderdruck Verkehr und Technik, Heft 7 und 8 / 1991.
7. Konig: Problem oder Problemlöser? Die Rolle des OPNV in der aktuellen Umweltdebatte. In: Der Nahverkehr, Heft 10 / 2005, S. 8x12.

ЖУРНАЛ «ТРАНСПОРТ РФ». ПОДПИСКА НА 2007 ГОД

Стоимость подписки на год 1200 руб.

Название компании

ФИО директора

ФИО и должность контактного лица

Адрес доставки (фактический)

Тел./факс

Юридический адрес

КПП

Вид деятельности компании

Заполните купон и отправьте его в отдел подписки по тел./факсу (812) 310-4097.

Тел. 570-5024. E-mail: trfpodpiska@mail.ru; transportrf@mail.ru

Со II полугодия 2007 г. Вы можете подписаться на наше издание в объединенном каталоге «Пресса России» и почтовых каталогах стран СНГ. Подписной индекс – 15094.

