

Ключевые слова: инновационный светодиодный светофор, безопасность движения, умный город, Иммануил Кант.

Олег Зотин | o_zotin@mail.ru

Об автодорожных светофорах будущего. Часть 4.

К 300-летию Иммануила Канта

Руководствуйся теми высокими принципами, которые желаешь видеть в основании всеобщего закона.
И. Кант [1].

В трех предыдущих статьях цикла [2–4] основное внимание было уделено формированию работоспособной концепции светофорной модернизации с показом вариантов ее воплощения на примерах различных светофоров. Выбранный жанр перспективно-ретроспективного расследования позволяет нам в очередной раз окунуться в инновации, принадлежащие другим авторам и направленные на повышение информативности светофора и улучшение восприятия его сигналов, а уже затем перейти к собственным измышлениям. На этот раз сделана попытка, не предаваясь «шатаниям и беспринципности», довести решение ряда рассмотренных ранее частных, но важных вопросов до логического завершения, а в каких-то аспектах попытаться приблизиться к возможному совершенству.

Анонсированные же в [4] результаты исследования системного построения светофорных объектов, касающиеся их управления, электропитания и конструктивного исполнения, отложены для отдельной публикации.



Фото Лукаса Циммерманна
(Lucas Zimmermann)

Некоторые общие соображения и современные нововведения

Есть такие заблуждения, которые нельзя опровергнуть. Надо сообщить заблуждающемуся уму такие знания, которые его просветят. Тогда заблуждения исчезнут сами собой.
И. Кант

Трансформация знаков и сигналов дорожного движения общепринятой круглой формы в изображения символического и иконического вида, то есть такие, которые могли бы, как правило, однозначно восприниматься людьми практически с любым культурным кодом, началась еще с середины прошлого века. Такого рода вопросы, согласно определению Ю. М. Лотмана [5], находятся в компетенции семиотики — науки о коммуникативных системах и знаках.

По большому счету и сам «классический» трехсекционный красно – желто – зеленый светофор воспринимается, как привычный динамически меняющийся символ, осуществляющий трансляцию водителям указаний для безопасного проезда перекрестка. Изобретен же трехсекционный светофор был чуть более ста лет назад в Детройте (считавшемся тогда автомобильной столицей мира) путем простого добавления промежуточного желтого сигнала к заимствованному у железнодорожников двухсекционному светофору. Это удачное решение привело к существенному сокращению числа аварий на перекрестках благодаря возможности завершить движение на желтый сигнал без того, чтобы сделать нелегкий выбор между рискованной попыткой проскочить на только что включенный красный или все же более благоразумного, но экстренного торможения перед светофором¹. Скорее всего, именно из-за своего «канонизированного» статуса этот, уже давно общепризнанный девайс так сопротивляется возможным дальнейшим изменениям, имея огромное число применений в самых разных странах. Тем не менее количество предлагаемых и даже внедряемых модернизаций светофоров

¹ В действительности же ввод дополнительного промежуточного желтого сигнала в некоторых регионах встречал активное противодействие аж до 1950-х годов. К примеру, в Нью-Йорке в качестве промежуточного сигнала после зеленого перед красным использовалось совместное горение этих двух сигналов, а в качестве промежуточного после красного перед зеленым кратковременно гасли оба сигнала [6].

с каждым годом все увеличивается, причем тенденция использования сигналов символического и иконичного вида проявляется все отчетливее, чаще всего в виде красивых дизайнерских решений, реже — в виде вынужденных модернизаций, выдаваемых за некие прозрения и не являющихся результатом глубокого анализа и осмысления проблемы в целом. Множество подобных нововведений приведено в [2–4], там же они были подвергнуты критическому анализу. После проведения исследования возможностей современной светотехники и анализа процесса восприятия сигналов была выдвинута оригинальная концепция инновационного светофоростроения. Она позволила предложить ряд возможных вариантов инновационных светофоров для автомобилей и трамваев, для пешеходов, велосипедов и средств индивидуальной мобильности.

Важнейшим стимулом к революционным трансформациям в этой области стало в свое время появление ярких (и энергоэффективных) точечных источников направленного светоизлучения — разноцветных светодиодов с пластиковыми линзами. Они обеспечили возможность не только превратить светофорные сигналы в знаки-символы и иконические знаки (что частично было возможно и раньше, например, путем наклеивания стрелочек из черного скотча на защитное стекло (рис. 1)), но и легко совмещать несколько попеременно появляющихся сигналов в одной секции². Поскольку наклеенные стрелочки отличаются не самой хорошей различимостью (особенно для людей с нарушениями зрения) и недолговечностью (как в центральной секции на рис. 1 в сравнении с рис. 2), все более популярным становится именно «вырисовывание» светодиодами понятных символов (например, там же, но в боковой секции).

При таком подходе, безусловно, следует применять высококачественные светодиоды, не искажающие сигнал своими отказами (так, в светофоре на рис. 2 видно 10 неисправных светодиодов в центральной секции и два — в боковой).

Если не считать горящих надписей «СТОЙТЕ» и «ИДИТЕ» пешеходных светофоров, внедряемых в 1960-х годах, то первым примером читаемого изображения можно признать семисегментный таймер обратного отсчета времени (ТОО) для основных сигналов автомобильного светофора. Вначале его выполняли в виде

отдельной секции с белыми цифрами [2], а затем сделали двухцветным (красный + зеленый) и встроили в среднюю секцию светофора (рис. 3). То же самое произошло и с двухсекционным пешеходным светофором, в котором семисегментные изображения цифр ТОО появились первоначально также в виде отдельной (третьей) белой секции, а затем его разбили на две

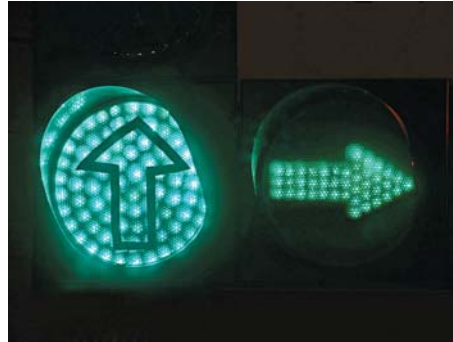


Рис. 1. Светофор с наклеенной стрелочкой в центральной секции

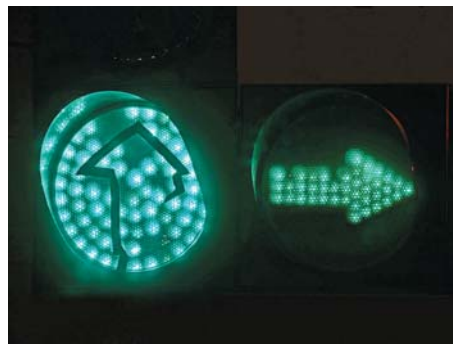


Рис. 2. Вид светофора с частично отклеенной стрелочкой и неисправными светодиодами



Рис. 3. Светофор со светодиодной стрелкой в центральной секции

части (двух цветов) и начали включать на месте погашенных изображений человечков противоположного цвета [4]. Важно отметить, что первая попытка создания ТОО относится к далекому 1925 году, когда инноваторы американской компании Attica Traffic Signal добавили в двухсекционный светофор четыре зеленых и четыре красных малых огня, информирующих водителей и пешеходов о времени горения основных сигналов. Такая индикация в то время могла составить конкуренцию промежуточному желтому сигналу. Вся история поэтапной модернизации ТОО показывает безусловную важность точного информирования участников движения не только относительно чтения сигналов непосредственных указаний и рекомендаций по вариантам движения (включая запреты и разрешения), но и относительно времени, остающегося до выключения зажженной основной фазы светофора. Некоторые сомнения вызывает лишь необходимость именно чтения сигналов, а не их непосредственное восприятие.

Сигналы в виде стрелок, обозначенных светодиодами, стали появляться и в основных секциях светофоров (рис. 3), впрочем, если присмотреться, то видно, что в этом девайсе пошли по пути закрытия «лишних» светодиодов стандартного круглого сигнала непрозрачной маской, сделанной, вероятно, из черного скотча, причем как в центральной, так и в боковой секциях. К этому конкретному светофору есть еще ряд вопросов, на которые постараемся ответить в конце статьи.

Наиболее заметным решением в ряду символических модернизаций стал реверсивный (магистральный) светофор с совмещением в одной секции четырех сигналов трех разных цветов [2, 4]. На рис. 4 показана одна из «бюджетных» версий такого светофора с уменьшенным количеством светодиодов. Первоначально в магистральном светофоре отображались только два сигнала: разрешающий (зеленая стрелка) и запрещающий (красный крест), причем в первых образцах они размещались в двух секциях. Затем сигналы совместили в единой секции с добавлением туда же одной, а затем и второй желтой стрелки, указывающих направления съезда из запрещаемого ряда. Правда,

² Одним из первых «революционных», правда, не до конца осознанных примеров двухсигнальной секции был вынужденный ввод красного колечка в боковую секцию автомобильного светофора, когда выяснилось, что погашенного состояния этой секции недостаточно для обозначения запрета движения.

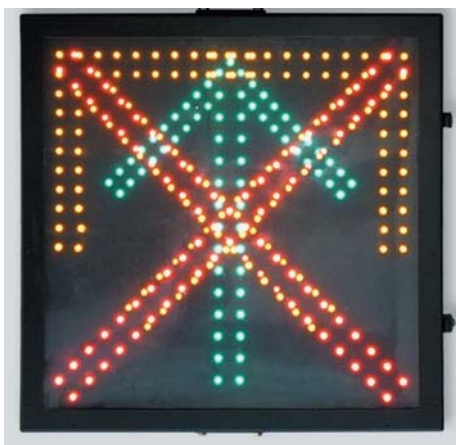


Рис. 4. Вариант односекционного магистрального (реверсивного) светофора, повернутый на 180°

в соответствии с авторской концепцией сигналы этого светофора воспринимались бы лучше, если его перевернуть. При этом стрелки будут указывать вверх, как это изображено на рис. 4, а не вниз, как принято в настоящее время.

После некоторых довольно успешных и даже полезных внедрений последних лет был зажжен зеленый свет и другим инновациям. Так, были не только опробованы, но и нашли отражение в правилах дорожного движения (ПДД) дополнительные секции с бело-лунными человечками и Г-образными стрелочками [3], предупреждающие о наличии за поворотом пешеходного перехода с включенным разрешающим (зеленым) сигналом (так называемая совмещенная фаза). Однако многие водители восприняли эту информацию как излишнюю, поскольку, согласно ПДД, пешеходов и так надо пропускать. Отдельные остроумцы даже утверждали, что этот знак уведомляет пешеходов о некоем остром препятствии. Тем не менее после первых экспериментов в Москве количество перекрестков с дополнительными бело-лунными секциями светофоров было увеличено со 100 более чем до 250, поскольку было признано, что они не только увеличивают пропускную способность улиц и снижают расход топлива, но и существенно уменьшают время ожидания для пешеходов. Аналогичные белые секции стали массово внедрять и в других городах. По результатам эксплуатации была предложена уже следующая модернизация этого бело-лунного сигнала: для уменьшения количества секций светофора этот сигнал был втиснут в его среднюю, желтую секцию (рис. 5). Однако шансы прижиться у тако-



Рис. 5. Вариант автодорожного светофора с «бело-лунным» сигналом предупреждения

го варианта вряд ли высоки, и не только потому, что на некоторых перекрестках придется чередовать направления стрелок в зависимости от расположения перехода (за левым или за правым поворотом, или же за обоими) и не потому, что место в этой фазе занято ТОО с семисегментными цифрами, и, наконец, не потому, что использованная в этой реализации светофора многоцветная матрица выдает не бело-лунный, а скорее розовый цвет сигнала. Представляется, что следует взглянуть на проблему шире, ведь руководствуясь описанной в [3, 4] концепцией, можно получить более эффективные решения, которые позволят втрое уменьшить количество основных секций автодорожного светофора с одновременным увеличением информативности и улучшением различимости сигналов.

Тем временем инноваторы не унимаются и продолжают наращивать в светофорных сигналах количество элементов, важных и полезных с их точки зрения. В продолжении их предыдущих рассуждений совершенно логичной выглядит и следующая инновация (на рис. 6 показан один из ее вариантов), касающаяся уже информирования пешеходов о том, что несмотря на подаваемый им разрешающий сигнал, автомобили могут «просачиваться» через плотный поток,

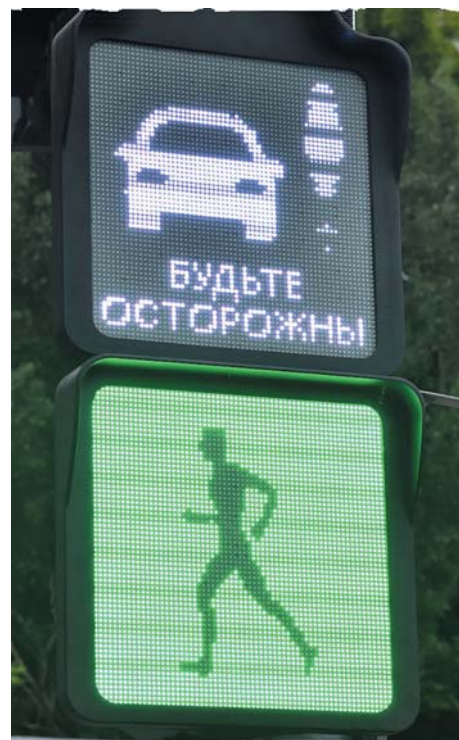


Рис. 6. Вариант пешеходного светофора с бело-лунным сигналом предупреждения

поскольку в этой «совмещенной» фазе для них также горит зеленый. Несмотря на очевидное стремление «иконизировать» данный светофор, приходится констатировать, что изображение бегуна в зеленой секции может даже дезориентировать как обычных пешеходов, так и пешеходов с малой мобильностью, а изображение белого авто заставляет бдительных пешеходов посматривать при переходе улицы во все стороны, поскольку сигнал не показывает, откуда собственно может грозить реальная опасность. При включении в верхней секции красного сигнала нижняя секция отводится для индикации анимированного уведомления, предлагающего нажать вызывную кнопку [7], однако с противоположной стороны улицы понять его смысл весьма затруднительно. Кроме того, в этом светофоре нет места ни для зеленого, ни для красного ТОО.

Стоит отметить, что ряд проектов модернизации светофоров, включая два последних, вызывают определенные сомнения в части получения необходимой направленности излучения, оговоренной в ГОСТ Р 33385–2015. Так, типичный угол половинной яркости применяемых в этих проектах светодиодных матриц на органических светодиодах составляет около 120° [8], а согласно таблицам В.5 и В.6

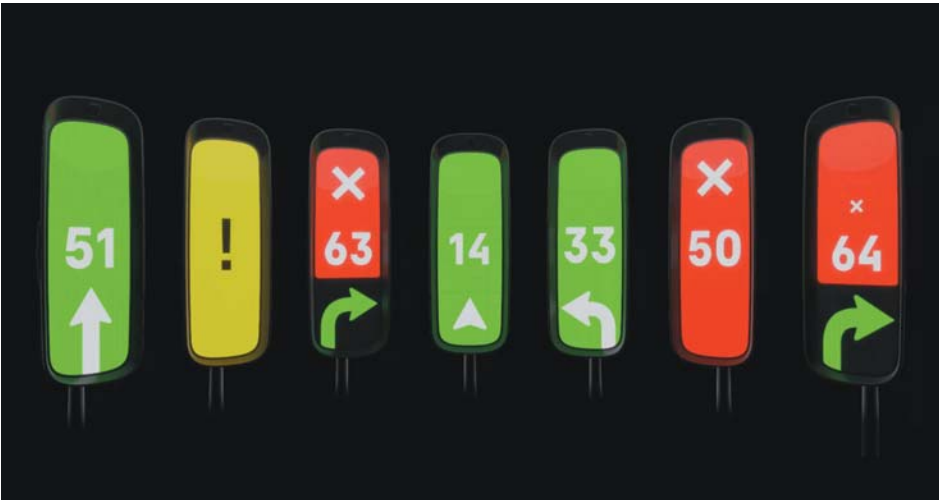


Рис. 7. Проект автодорожного односекционного светофора со встроенным цифровым ТОО



Рис. 8. Вариант автодорожного светофора со светящимся контуром



Рис. 9. Вариант автодорожного светофора со светящейся опорой



Рис. 10. Вариант «повторителя» пешеходного светофора для гаджетоманов

ГОСТа, для светофора требуется порядка 10° в вертикальной плоскости и порядка 20° в горизонтальной. Таким образом эти решения существенно проигрывают конкурентам. Среди разработок, в которых используются такие матрицы, можно увидеть весьма внешне привлекательные «светофоры будущего» (рис. 7) студии Артемия Лебедева [9], а также известный светофорный проект дизайнера Евгения Аринина [2], проект Екатеринбургского центра промышленного дизайна [10], проект студии Yanko Design [11] и ряд аналогичных отечественных и зарубежных проектов.

Еще одна попытка улучшения видимости сигналов светофора представлена на рис. 8. Такая окантовка светофора с цветом, соответствующим его сигналам, во многом повторяет уже опробованное подсвечивание опор (рис. 9), которое считалось полезным в основном для водителей легковушек, которым крупногабаритные фуры заслоняют привычные «классические» светофоры. Оба решения, скорее всего, не получат широкого распространения, ибо затраты на их реализацию и обслуживание вряд ли могут быть оправданы. Известны и аналогичные предложения по высвечиванию стоп-линии из красной и зеленой линеек светодиодов на пешеходном переходе (один из вариантов показан на рис. 10). Эти светящиеся линии направлены на информирование (а вообще

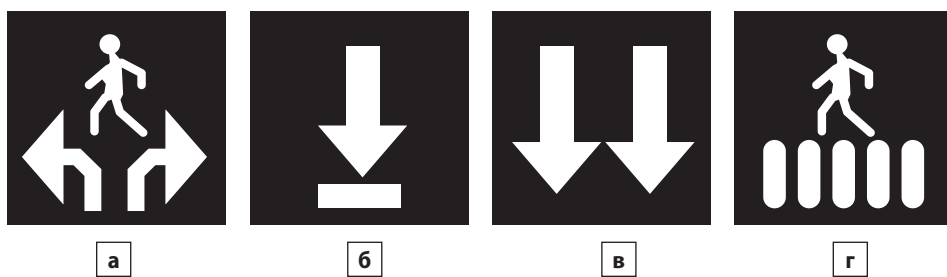


Рис. 11. Фазы дополнительной белой секции новосибирского инновационного светофора

говоря, на поощрение) зомбированных гаджетоманов, смотрящих в ожидании разрешения перехода улицы исключительно вниз, а не вперед и по сторонам.

Интересная попытка дальнейшего увеличения информативности светофора была предпринята в начале этого года новосибирскими дизайнерами. Установив многофазную белую информационную секцию ниже основного светофора, они попытались донести до водителя информацию не только о совмещенной с пешеходами фазе (рис. 11а), но и об остановке движения по встречке (на горящий им красный сигнал) при разрешенном левом повороте (рис. 11б), а также о необходимости пропускать встречку (для которой горит зеленый) при том же левом повороте (рис. 11в). Когда же на светофоре горит красный, то на табло высвечивается сигнал, дублирующий знак пешеходного перехода (рис. 11г). Кроме этого, модернизация коснулась основной зеленой секции и пешеходного светофора. Такая



Рис. 12. Фазы «автономного» светофора, питающегося от солнечной батареи

перенасыщенность светофорного объекта разнесенной и разнородной информацией вызвала у автоэкспертов большое сомнение в возможности не напряженного восприятия всех этих указаний. К этому решению относится и предыдущее замечание по вопросу получения необходимой направленности излучения.

Несмотря на некоторое снижение аварийности на перекрестке, где установлен этот светофор, было вынесено постановление о его снятии из-за несоответствия ГОСТу.

Оригинально выглядит светофор китайской фирмы Linkone Power Co., получающий автономное электропитание от встроенного аккумулятора, который подзаряжается от солнечной батареи, размещаемой на защитном козырьке. Авторы отмеченной еще в [2] инновации довольно изящно реализовали свою идею (рис. 12). Похожая концепция была реализована китайской фирмой Electro Techs в экспериментальном светодиодном светофоре Unilight IC-12, в котором зеленый сигнал отображался в виде круга, желтый сигнал в виде треугольника (вершиной вниз), а красный — в виде восьмигранника с мигающим белым контуром. Однако оба эти варианта не получили дальнейшего развития в сторону улучшения воспринимаемости сигналов и расширения области их применения.

Интересны и многочисленные примеры двухфазных односекционных светофоров, применяемых там, где промежуточная желтая фаза не востребована ввиду малой скорости передвижения. Подобные девайсы используются на платных стоянках, на пунктах пропуска погранпереходов и платных дорог, в местах сужения проезжей части дороги с попеременным движением по одной полосе, на автомобильках, на пассажирских эскалаторах и травалаторах, на территориях предприятий и во многих других случаях, зачастую с применением шлагбаумов и других

механических заградителей. На рис.13 представлен вариант такого светофора, схожий с одной из первых реализаций магистрального светофора. В его единой секции располагаются два попеременно включаемых сигнала: разрешающий (зеленая стрелка) и запрещающий (красный крест) с узнаваемой с первого взгляда формой. Такой простейший светофор с мгновенно понятными сигналами во многом соответствует выдвигаемой инновационной концепции.

Как успешные, так и не очень удачные изыскания напоминают подход известного всему миру американского изобретателя Томаса Эдисона, который провел многочисленные эксперименты, где методом проб и ошибок искал и находил вполне удачные решения. При переборе небольшого количества примерно равноценных вариантов такой подход более-менее эффективен. Однако в сложных случаях, требующих углубленного анализа, проявляется его довольно очевидная ущербность. Так, после опробования сотен материалов для нити лампы накаливания, названной его именем, Эдисону в конце концов удалось найти замену угольным стерженькам и нитям, используемым до этого другими изобретателями для излучения света. Протестированные им волокна из бамбука при приемлемой (на то время) эффективности преобразования позволяли выдерживать несколько десятков часов нагрева до температуры «белого каления» в вакуумной колбе. Революцию же в этой области в те стародавние времена, как известно, совершили отечественные, европейские и американские ученые, которые создали и усовершенствовали технологию вытягивания вольфрамовых нитей с сечением тоньше человеческого волоса. Это решение долго лидировало в отрасли, поскольку вольфрамовые нити можно было нагревать до высочайших температур в колбах, заполненных нейтральным газом, получая яркое и энер-

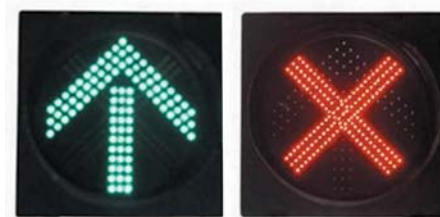


Рис. 13. Вариант односекционного двухфазного светофора

гоэффективное решение с приемлемой продолжительностью горения.

Подводя итоги мини-обзора современных попыток модернизации сигналов светофоров, можно констатировать, что метод проб и ошибок не в состоянии привести нас к созданию концепции светофоростроения, которая могла бы стать альтернативой традиционным решениям, закрепленным в Венской конвенции о знаках и сигналах 1968 года [12], с тех пор неоднократно подвергавшейся корректировкам, в том числе в XXI веке. Следует отметить, что эта конвенция распространяется не на все типы светофоров и, как ни странно, не является общепризнанной не только среди стран группы БРИКС, но даже и в G7 [4], что принципиально держит открытыми двери для ее возможной модернизации и даже коренной переработки в рамках предстоящей неизбежной реглобализации.

В действительности свершившаяся светодиодная революция несет опасность затягивания нас в череду периодически внедряемых модернизаций без кардинального улучшения ситуации, при этом будут постоянно требоваться усилия на внедрение и сопровождение разнообразных частных и недолго живущих решений. Что, собственно говоря, уже и происходит.

Немного в стороне от вышеприведенных инноваций лежат весьма специфические предложения по модернизации светофорного регулирования, направленные на улучшение движения беспилотных автомобилей (connected automated vehicles, CAVs), а также обычных авто, у которых есть возможность подключения к внешнему управлению (connected human-driven vehicles, CHVs) [13].

Ученые мужи и дамы из Университета Северной Каролины (University of North Carolina, UNC) под руководством доктора наук Али Хаджббаи (Dr. Ali Hajbabaie, an Associate Professor in the Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering) посчитали, что принципы адаптивного круиз-контроля при уплотненном караванном движении (с минимальной дистанцией между управляемыми авто), успешно опробованные на магистралях, можно применить в модернизированном варианте и во внутригородском движении. Для реализации этой гипотезы предложено ввести в «классический» красно-желто-зеленый светофор четвертую верхнюю белую секцию (или левую в горизонтальной модификации светофора на рис. 14).

Во время горения этого сигнала будет разрешаться только движение караванов, причем каждое авто будет получать «полетное задание» от распределенного искусственного интеллекта (ИИ) управляющих светофорами дорожных контроллеров (ДК), координируемых центром организации дорожного движения (ЦОДД). Важно отметить, что по концепции UNC караваны в этой совмещенной фазе будут попеременно пропускаться ИИ в обоих пересекающихся направлениях с минимальными интервалами как между авто в караване, так и между караванами. Считается, что за счет создания таких «белых волн» (продолжающих и развивающих идею известной «зеленой волны») можно существенно (при наличии достаточно большого числа CAVs & CHVs) увеличить предельную пропускную способность городской магистрали, имеющей такие переоборудованные перекрестки, сэкономять топливо и заряд аккумуляторов у электромобилей. При этом по умолчанию предполагается, что оба типа авто должны иметь постоянную надежную связь с ИИ и адекватно им управляться. Представляется, что наибольшей сложностью в управлении станет контроль длины каравана, получающего право преимущественного проезда. Действительно, отдельные лихие водители будут пытаться цепляться за хвост каравана, пользуясь исключительно своими навыками вожде-

ния, не вникая в тонкости регулирования на таких перекрестках. В результате у ИИ будут возникать сложности в попеременном пропуске караванов с минимальными интервалами в пересекающихся направлениях. Наиболее критичным представляется момент принятия ИИ решения по активации режима «белой волны» в час пик при формировании первого каравана CAVs & CHVs с первым включением белой секции светофора. Как разводить такие караваны на перекрестках и что тут будет считаться нарушением ПДД — эти вопросы пока остаются открытыми.

Вряд ли следует ожидать в ближайшем будущем реализации концепции такого «умного» управления со сведением до минимума аварийных ситуаций, последствия которых могут носить весьма неприятный характер. Неясными остаются вопросы юридической ответственности при возникновении дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на такой «белой волне», проблемным выглядит и обеспечение корректного взаимодействия ИИ с естественным интеллектом сотрудников ЦОДД.

Кроме этого очевидно, что новая бело-красно-желто-зеленая реальность регулирования поставит в затруднительное положение всех участников движения, как только (и если) она начнет вводиться на отдельных выделяемых под «белую волну» городских магистралях.

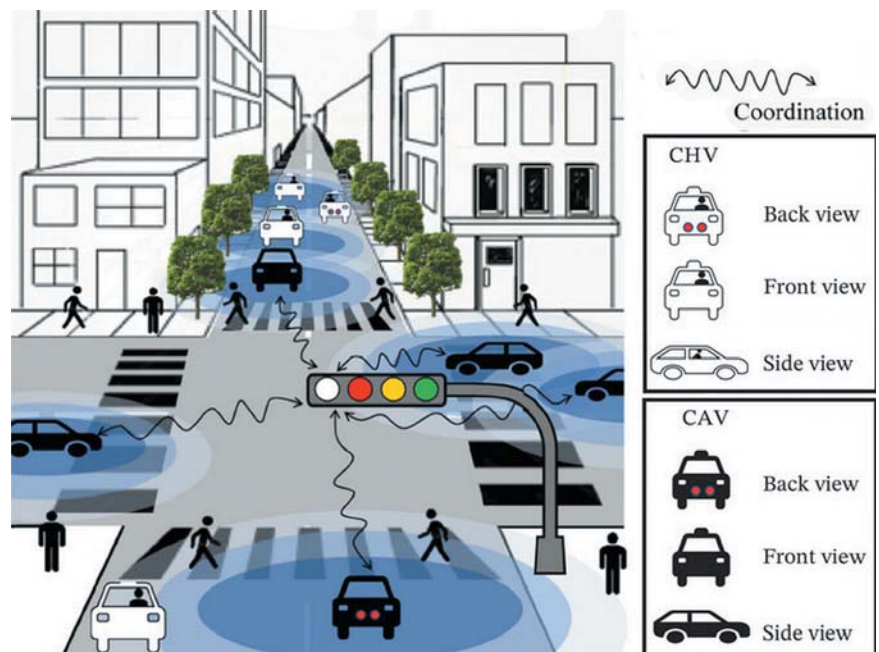


Рис. 14. Иллюстрация предложения UNC по регулированию совместного движения обычных и беспилотных автомобилей (CHVs и CAVs)

Предложение UNC вызвало весьма оживленную дискуссию как среди опытных водителей, так и в автоэкспертном сообществе и получило довольно неоднозначную оценку.

Все приведенные примеры только укрепили уверенность автора в собственной концепции, ключевым элементом которой является совмещение в одной секции автомобильного светофора как трех основных, так и нескольких информационных сигналов (включая ТОО), сменяющих друг друга в каждой фазе регулирования. При этом каждая секция светофора предназначается сугубо для одного направления движения: прямо (центральная), направо или налево (боковые). Наряду с определенным функциональным усложнением светофоров такой подход сулит упрощение их обслуживания и улучшение различимости сигналов для водителей и всех участников движения. Кроме того, стоимость этих светофорных объектов и эксплуатационные расходы по их содержанию могут быть даже снижены за счет современных системных решений, о чем пойдет речь в отдельной публикации.

Стоит ли нам наяву ожидать революционный толчок в светофоростроении в ближайшее время, покажет лишь дальнейший ход событий. А пока рассмотрим последние вариации авторских предложений.

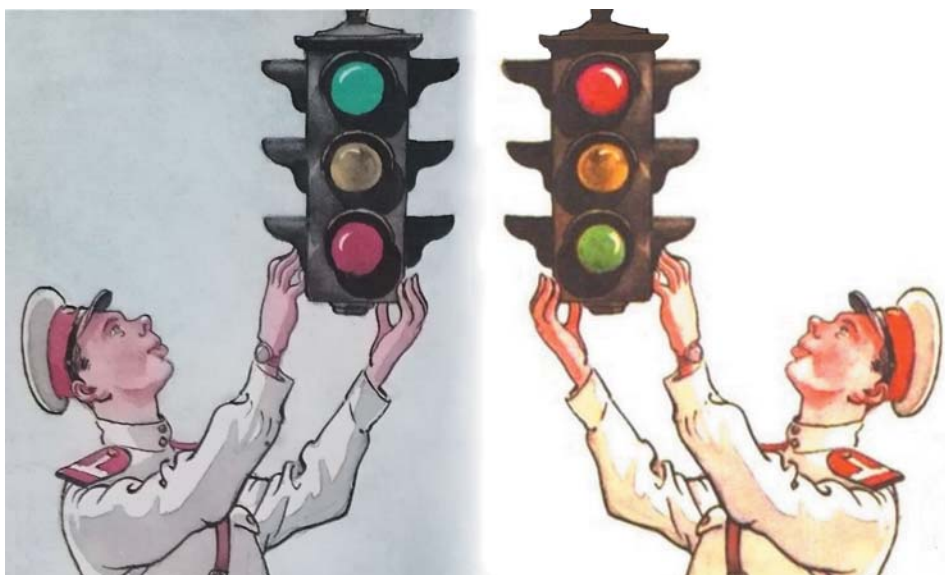


Рис. 15. Дядя Степа — Светофор. Коллаж из рисунков Г. Мазурина к книгам С. Михалкова 1954-го и 1959-го годов.

Инновационный светофор для автомобилей

*...в одинаковой мере свои понятия
необходимо делать чувственными,
присоединяя к ним
созерцаемый предмет,
а свои созерцания
постигать рассудком,
подводя их под понятия.*

И. Кант. Критика чистого разума.

*Рассуждать Степан не стал —
Светофор рукой достал,
В серединку заглянул,
Что-то где-то подвернул...*
С. Михалков

В свое время в СССР понадобилось десять лет для осознания необходимости присоединения к Женевскому протоколу 1949 года о знаках и сигналах [14], (предшественнику Венской конвенции). Это привело к довольно серьезным, но относительно малозаметным (для непосвященных) переделкам. Так, пришлось переставить местами красный и зеленый сигналы светофора (рис. 15), поскольку в «свободном мире» приоритетным (верхним) было решено назначить красный запрещающий сигнал³. Таким, довольно неожиданным образом, раскрывается перед нами символизм рисунков Г. Мазурина

к ключевой части знакомой многим с детства поэтической пенталогии С. Михалкова.

Регулировкой движения на дорогах СССР (еще до внедрения светофоров в 1930 году) занималось отдельное подразделение рабоче-крестьянской милиции — отдел регулирования уличного движения (ОРУД). В 1936 году ОРУД получил ныне восстановленное название Госавтоинспекция [15], где, собственно, и служил в звании старшины дядя Степа-Светофор.

Как уже отмечалось, рассмотренные в [2–4] положения новой светофорной концепции иллюстрировались примерами реализации различных автодорожных

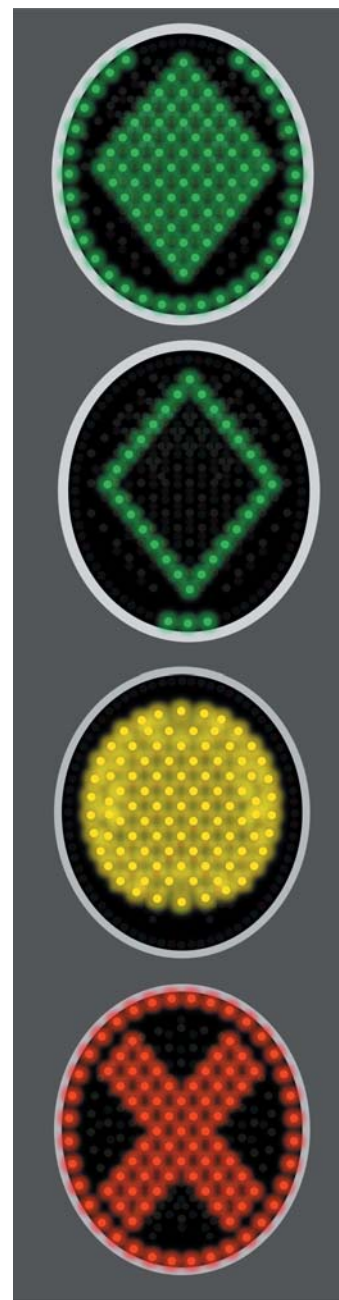


Рис. 16. Основные сигналы односекционного инновационного светофора

³ На всей планете остался единственный светофор с зеленой секцией наверху — в городе Сиракьюс (США), в районе Типперэри-Хилл. Этот район населен преимущественно выходцами из Ирландии, которые не смирились с тем, что их национальный зеленый цвет находится ниже введенного еще при Кромвеле красного цвета британской военной униформы (замененной, правда, на хаки после начала массового использования дальнобойных нарезных винтовок).

светофоров. Был также получен патент на транспортный светофор [16].

На рис. 16 представлены основные сигналы обновленной версии инновационного односекционного варианта светофора (без боковых секций) для установки на перекрестках с простой схемой движения. Отличием этой версии от предыдущей [2, 3] является уменьшенное количество светодиодов, одноточечный кольцевой ТОО и овальная форма секций, вытянутая в направлении предлагаемого движения. Эти и другие усовершенствования направлены на упрощение светофора при сохранении уверенного идентифицирования водителями сигналов и временных интервалов.

Наряду с уже презентованными формами зеленого и красного сигналов в виде ромба и косоугольного креста удалось отобразить желтый сигнал традиционной круглой формы.

В последние 2–3 с горения зеленого сигнала введено его мерцание, то есть в двух-трех мелькающих тактах горит его контур, что правильнее воспринимается водителем и помогает ему в принятии более точного и уверенного решения по плавной остановке, либо по проезду перекрестка. В первом таком мерцании (рис. 17) будет полезно показать удвоенный контур горящих светодиодов, что (за счет постепенного гашения) дает водителю дополнительную информацию о времени, оставшемся до перехода на желтый.

Поскольку наиболее важно отслеживать последние секунды перед переключением основных сигналов, то в ТОО можно предусмотреть переменный временной интервал в последовательном выключении светодиодов. В верхней трети кольца ТОО на гашение каждого светодиода может быть отведено 2 с, в средней — 1 с, в нижней — 0,5 с. В результате суммарное время работы ТОО до переключения сигнала составит около 40 с, чего вполне достаточно водителю для восприятия и адекватного реагирования. Таким образом, на рис. 16 и 17 показаны мигающие такты с контурами зеленого сигнала за 1,5 и за 2,5 с до переключения на желтый соответственно. Дополнительно полезно задействовать мигание группы верхних (6–8 шт.) светодиодов ТОО при его включении для обозначения времени горения, превышающего 40 с. Это позволит водителю, остановившемуся на светофоре, ненадолго отвлечься от кон-

троля дорожной обстановки и, например, свернуться с навигатором. В тоже время, такое отчетливое мигание показывает, что и ТОО, и светофор в целом исправны. Для улучшения восприятия последних горящих светодиодов можно также увеличить их количество, расположив их змейкой, как это было сделано в [2, 3]. Таким образом, вместо считывания и идентификации показаний двух- или даже трехзначного цифрового ТОО в дополнительной секции предложено комфортное наблюдение за уменьшающимся числом горящих светодиодов инновационного ТОО в основной секции вплоть до начала мерцания (а не мигания) зеленого сигнала. Немаловажно, что ежесекундные изменения графики зеленого сигнала и ТОО показывают водителю, что светофорный объект штатно управляется ДК с уверенным прогнозированием момента появления желтого, а затем и красного сигнала. В таком ТОО возможна реализация и других вариантов коммутации светодиодов.

В современных отечественных светофорах предусматривается переключение ТОО на малопонятную и отвлекающую водителя индикацию двухбуквенных символов, раскрывающих источник управления ДК: «АУ» (адаптивное), «ОУ» (операторское)

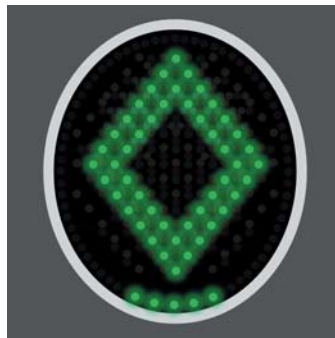


Рис. 17. Первый такт мерцания зеленой фазы

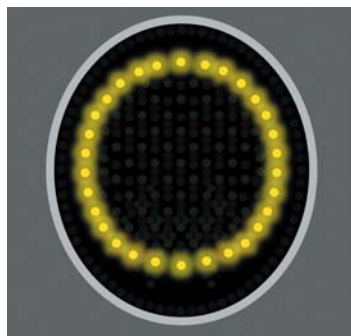


Рис. 18. Такт мерцающей желтой фазы нерегулируемого перекрестка

и «РУ» (ручное). Ранее вместо этих символов высвечивался совсем непонятный знак «--». Очевидно, что эта информация для водителя избыточна, поэтому в инновационном ТОО следует оставить нужную ему индикацию светодиодов, отвечающих за несколько последних секунд (которые обязаны быть предсказуемыми при любом типе управления). Факт же переключения светофорного объекта со штатной работы по графику на внешнее (или адаптивное) управление логичнее всего показать специальным режимом мигания тех светодиодов, которые отвечают за предшествующие

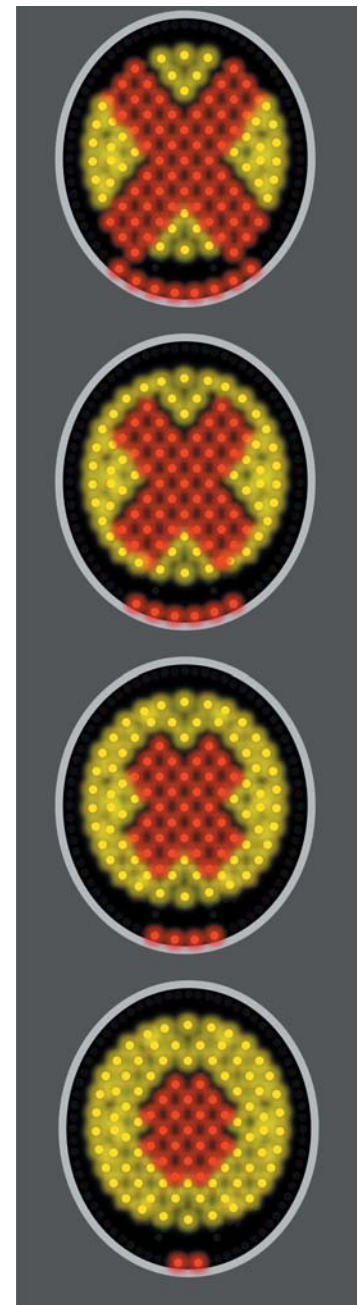


Рис. 19. Такты промежуточной красно-желтой фазы односекционного инновационного светофора

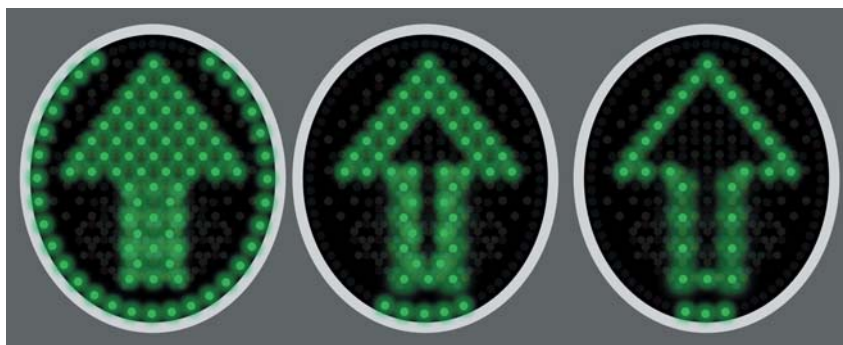


Рис. 20. Возможные такты зеленой фазы инновационного светофора при разрешении движения только вперед

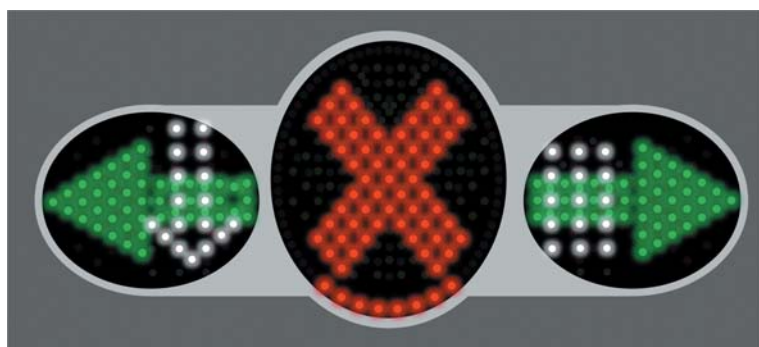


Рис. 21. Инновационный светофор с боковыми секциями, фаза с разрешением движения направо и налево

секунды ТОО. При этом должен быть задействован и режим мерцания основного зеленого сигнала.

На перекрестках, где предусматривается отключение управления (например, ночью, при уменьшении интенсивности движения) вместо мигания желтого сигнала логично предусмотреть его мерцание (рис. 18), что также удобнее для восприятия.

На рис. 19 показаны такты промежуточной фазы, которая в «классическом» варианте светофора отображается одновременно непродолжительным горением красной и желтой секций. Удастся не только высветить одновременно два сигнала в одной секции, но и показать определенную динамику, позволяющую водителю более точно оценить время, остающееся до включения разрешающего зеленого сигнала как стоя на светофоре, так и на ходу с довольно большого расстояния. При этом не требуется разглядывать менее заметные в этой промежуточной фазе продолжающие гореть последние светодиоды ТОО. Этот вариант индикации улучшает восприятие сигналов

для обеспечения своевременного старта на зеленый. Кстати, в «классическом» светофоре в этой промежуточной фазе горящие светодиоды ТОО вообще невозможно увидеть из-за включенного желтого сигнала.

На тех перекрестках, где движение разрешено только вперед (или же есть боковые секции), зеленый сигнал следует отображать в виде стрелки в основной секции, как это и принято в современных светофорах. Основной и мерцающие такты с зеленой стрелкой показаны на рис. 20.

На светофорных объектах Зеленограда в октябре 2023 года ЦОДД запустил эксперимент с отменой тактов зеленого мигающего сигнала, изъятием обратного отсчета времени и введением «успокаивающей» трехсекундной красной паузы для всех направлений. Главным мотивом эксперимента послужило желание снизить число серьезных ДТП (в том числе и с летальным исходом) до уровня некоторых западных стран, в которых этому якобы способствует именно такой порядок чередования сигналов.

Представляется, однако, что предлагаемый вариант реализации инновационной концепции с мерцающим зеленым, кольцевым ТОО и тактированной красно-желтой промежуточной фазой выглядит предпочтительнее ввиду точного и наглядного информирования о времени, оставшемся до переключения сигналов, что удобно для большинства грамотных законопослушных водителей. В тоже время очевидно, что попытка предостеречь отечественных недисциплинированных водителей от нарушения ПДД внезапным включением запрещающего сигнала с дальнейшей «успокаивающей» красной паузой не может снизить количество ДТП.

Эксперимент в Зеленограде был завершен 17 июня 2024 года возвратом к прежнему порядку регулирования с проведением дальнейшего анализа добытых данных с целью получения научно обоснованной оценки.

По всей видимости эксперименты такого рода лучше начинать с предварительной разработки критериев оценки нововведений, с четко поставленными задачами, целями, сроками и ожидаемыми результатами согласно п. 4.5 ГОСТ Р 52289-2019 и первоначально проводить его на симуляторах с возможностью сравнения с альтернативными вариантами, что позволило бы квалифицированным экспертам более оперативно и точно оценить его результаты⁴.

На рис. 21 представлен светофор с основной и боковыми секциями (для движения, соответственно, прямо, налево и направо), в котором вся информация по каждому из направлений, согласно выдвинутой концепции, индицируется в своей секции. В том числе в правой боковой секции наряду с зеленой стрелкой отображен белый сигнал предупреждения, говорящий о том, что в этой фазе (так называемой совмещенной) пешеходам на переходе справа горит зеленый. В левой боковой секции на рис. 21 к основному разрешающему сигналу дополнительно показана белая стрелка, предупреждающая о наличии разрешения движения авто

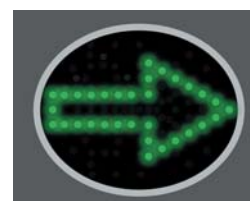


Рис. 22. Зеленая мерцающая стрелка

⁴ Поскольку зеленоградский эксперимент начали проводить без какой-либо публичной огласки, то информацию о нем удалось получить только из отдельных публикаций в сети Интернет, в которых содержались в основном отзывы рядовых водителей.

по встречной полосе, которые следует пропускать при совершении левого поворота. Погашение белой стрелки означает, что для авто на встречной полосе включился красный.

Как функционально, так и по различности этот вариант светофора существенно превосходит описанные выше и в [3] инновации, включая опробованную во Франции дополнительную секцию с красным прямым крестом, показывающую (по задумке), что авто на встречной полосе не будут мешать левому повороту, поскольку для них в это время горит красный свет. Характерно, что в ряде провинций Канады для такого случая предусмотрено мигание зеленого сигнала, что, как минимум, нелогично (и противоречит Венской конвенции), особенно учитывая то, что в некоторых других местах этой страны (а именно в Британской Колумбии) мигающий зеленый эквивалентен нашему мигающему желтому.

Для облегчения распознавания сигналов боковых секций их овалы вытянуты в направлении предлагаемого движения. В последние 2–3 с горения зеленой боковой стрелки также предусматривается ее мерцание (рис. 22). Существует также возможность встраивания в боковую секцию промежуточного желтого сигнала, но это требует отдельного обсуждения.

На рис. 23 показан пример возможного воплощения светофора на Т-образном перекрестке в виде двух боковых секций (без центральной) с дополнительной индикацией совмещенных фаз для обоих пешеходных переходов. Такому светофору не требуется центральная секция, поскольку здесь для авто доступны только поворот направо и налево, что и показывают формы боковых секций. Такой светофор заранее и более понятно обозначает доступные водителю направления движения. При необходимости индицирования оставшегося времени горения одного из сигналов этого светофора (например, в направлении, имеющим приоритет главной дороги) в дополнение к мерцанию можно рассмотреть введение ТОО. Возможен и ввод желтого сигнала, что, вообще говоря, эквивалентно установке описанной центральной секции, но развернутой на 90°. Очевидно, что четырехсекционный светофор на рис. 7, который в действительности регулирует движение на Т-образном перекрестке, может быть заменен на последний вариант рассмотренного двухсекционного

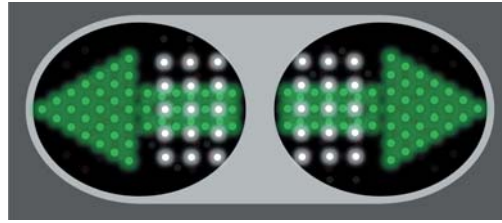


Рис. 23. Зеленая фаза инновационного светофора для Т-образного перекрестка

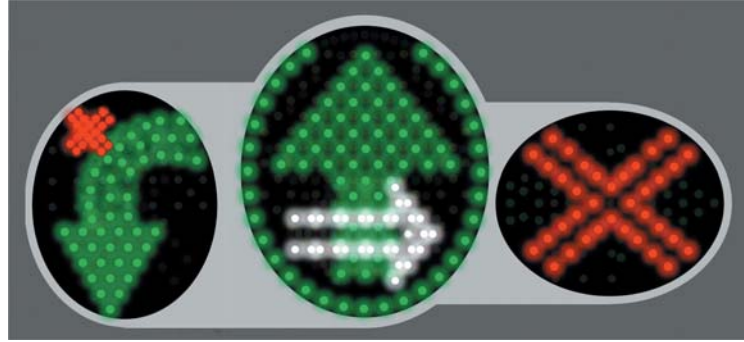


Рис. 24. Инновационный светофор с разрешением движения вперед (с белым сигналом предупреждения) и разворота

девайса с получением дополнительных возможностей индикации.

На рис. 24 дан пример реализации трехсекционного (с двумя боковыми секциями) инновационного светофора для перекрестка с довольно непростой схемой движения. Сигнал в центральной секции разрешает движение вперед, но с необходимостью пропуска авто, едущих слева, что показывает белая стрелка, говорящая о пересечении с дорогой, имеющей приоритет движения. Сигнал в левой боковой секции разрешает разворот и запрещает поворот (такие варианты изредка встречаются, как, например, показано в [17]), поскольку он представляет собой зеленую изогнутую стрелку, совмещенную с красным крестиком, причем секция также развернута по направлению предлагаемого движения⁵. Существуют экспериментальные светофоры с аналогичными левыми боковыми секциями, но круглой формы и без красного креста. Поскольку они противоречат действующим ПДД, дальнейшая их судьба остается неопределенной. Для секции, разрешающей только поворот и запрещающей разворот, логичным будет сигнал зеленой стрелки, указывающей налево с красным крестиком под ней. Вполне возможно совмещение этих красных

крестиков с предупреждающими белыми сигналами за счет их чередования.

Для стран с левосторонним движением (а это всего 28% всех дорог мира — Великобритания с заморскими территориями, ее бывшие колонии, а также Япония) боковые секции на рис. 24 пришлось бы поменять местами с зеркальным отражением расположения светодиодов, что вряд ли можно признать целесообразным. Вероятно переход на новые светофоры в этих странах имеет смысл проводить уже в рамках окончательной глобализации одновременно с более революционным переходом на правостороннее движение (с перестановкой, в том числе, светофоров с левой части дорог на правую). Революция такого рода была относительно спокойно проделана в Швеции 3 сентября 1967 года, а в Исландии 26 мая 1968 года. Еще раньше переход на правостороннее движение произошел в трех частях бывшей Австро-Венгерской империи: в Австрии в сентябре 1938 года, в Чехии в марте 1939 года и в Венгрии в ноябре 1941 года в рамках известных событий. Есть и обратные примеры, так на Окинаве 30 июля 1978 года вернулись к левостороннему движению после возврата контроля Японии над этим островом.

⁵ Боковая секция с разрешением как поворота, так и разворота по изложенной логике должна бы иметь круглую форму и содержать двойную стрелку (на поворот и разворот), однако вряд ли такой вариант будет восприниматься водителями позитивно.



Рис. 25. Такты зеленой фазы инновационного пешеходного односекционного светофора

Как должен был бы выглядеть «классический» вариант светофора аналогичный инновационному (рис. 24), предлагается пофантазировать читателю, поскольку возможность создания чего-либо равнозначного в рамках действующих ПДД автору представляется почти невозможной⁶.

Отображение всех трех основных сигналов в одной секции светофора с формой, понятной любому водителю, выгодно отличает предлагаемый вариант автомобильного светофора от того, что мы наблюдаем на наших дорогах, а также от приведенных выше примеров инноваторства⁷. Следует отметить, что белые сигналы будут лучше восприниматься, если их сделать не мигающими, а с имитацией движения авто и пешеходов перемещающейся волной погашаемых и загорающихся светодиодов. Такой вариант индикации поможет водителям более точно и оперативно реагировать на выключение белых сигналов.

Эрудированные читатели и искушенные путешественники наверняка заметили отсутствие анализа построения североамериканских автомобильных светофоров, которые нередко снабжаются текстовыми табличками и зачастую имеют многосекционную структуру (до пяти и более секций в виде вертикальной конструкции или в форме так называемой собачей будки). Множество таких светофоров можно наблюдать на сложных перекрестках в США. Очевидно, что североамериканский подход к светофорному регулированию идейно разошелся с европейским еще до создания Женевского протокола. Выдвигаемая же инновационная концепция отталкивается от положений отечественных ПДД (базирующихся на Венской конвенции) с предложениями по существенной модернизации ряда светофорных уложений.

Инновационный светофор для пешеходов

Принципы... представляют собой не только умозрительное правило, но и осознанное чувство.

И. Кант

Главное, не перейти улицу на тот свет.

М. Жванецкий

В гораздо меньшей степени стандартизация коснулась пешеходных светофоров в основном потому, что они начали активно разрабатываться и внедряться уже после подписания Женевского протокола. Тем не менее общепринятыми считаются изображения разрешающего зеленого сигнала в виде шагающей, а запрещающего красного — в виде стоящей мужской фигуры, хотя в большом количестве уже начали появляться разнообразные гендерно-альтернативные фигурки [4]. В некоторых последних реализациях зеленый человечек активно перебирает ногами и машет руками, а красный даже показывает угрожающие жесты, призывающие остановиться, однако многим пешеходам, особенно близоруким и на широких улицах такая анимация мало что дает.

При создании пешеходного светофора необходимо учитывать, что «степень иконичности» его сигналов должна быть на самом высоком уровне, поскольку ими должны руководствоваться самые разные пешеходы: от легкомысленных юнцов и ветреных барышень до бодрых (и не очень) старичков и старушек, от цивилизованных горожан до сельчан, впервые лицезреющих регулируемый перекресток. Необходимо также учитывать, что по нашим улицам ходят иностранцы, которым сигналы отечественных светофоров будут в новинку, а чтение надписей, например, на ящичке с вызывной кнопкой (вызывном пешеходном табло, ТВП) вообще недоступно.

Руководствуясь такого рода соображениями, в третьей части настоящего исследования [4] мы предложили реализацию односекционного пешеходного светофора с разрешающей секцией в виде шагающего зеленого ботинка и запрещающей — в виде останавливающейся красной руки. Однако направление движения ботинка вправо (вместо правильного направления вперед) вызвало у специалистов по семиотике законные



Рис. 26. Такты зеленой фазы пешеходного односекционного светофора в последние секунды горения

вопросы. Ссылки на общепринятую мировую практику хождения изображений мужских светофорных фигурок налево (как на рис. 6) или направо (как в [4]), были признаны неубедительными. В качестве дальнейшей модернизации пришлось предложить более совершенную реализацию этой же идеи (рис. 25), в которой сохранился лишь кольцевой ТОО, а правильное направление перемещения по пешеходному переходу задано переступанием изображений стоп, при этом секция светофора своей формой напоминает экран смартфона⁸.

Верхняя часть инновационного пешеходного светофора отведена под белый сигнал предупреждения о возможном появлении автомобилей, которые могут просачиваться через поток пешеходов в совмещенной фазе, причем стрелка указывает направление (в отличие от рис. 5) откуда следует ждать появления авто (в данном случае — слева). Если же совмещенная фаза отсутствует, то белая стрелка и изображение авто не должны включаться. На перекрестках, где нет и не планируется ввод совмещенной фазы, рационально будет устанавливать светофор с усеченной (белой) верхней частью. Так же, как в автомобильном светофоре, полезно предусмотреть переменный интервал гашения светодиодов

⁶ Отдельно стоит отметить, что инновационному светофору в отличие от классического, имеющего вертикальную и горизонтальную модификации, необходима и вполне достаточно одна единственная модификация, что также более удобно для восприятия.

⁷ Если возникнет необходимость в реализации концепции UNC по организации совместного движения беспилотных и обычных авто, в чем есть определенные сомнения, то описанный вариант односекционного светофора позволит создать белые сигналы оригинальной формы. Например, в одном направлении это может быть белая стрелка, разрешающая движение каравана для проезда перекрестка, а в другом — мерцающий белый крест, показывающий запрет.

⁸ Ряд фирм производит пешеходные светофоры, в которых две «классические» квадратные секции соединены в единую вертикальную, смартфоноподобную секцию, при этом вид сигналов и ТОО остается неизменным.



Рис. 27. Такты красной фазы пешеходного односекционного светофора

ТОО в 2, 1 и 0,5 с в верхней, средней и нижней трети кольца соответственно, при этом суммарный индицируемый интервал может превышать 40 с. При большем времени следует так же, как в автомобильном светофоре, сделать мигающими 6–8 верхних светодиодов ТОО. Как только ТОО подойдет к последним секундам горения, звуковое объявление «заканчивайте переход» (успешно применяемое в современных светофорах для оповещения невнимательных или слабовидящих пешеходов) следует визуализировать изображением остановленных стоп (рис. 26), с возможным перемигиванием изображений белых авто, что отчетливо укажет на опасность дальнейшего перехода и будет хорошо воспринято уже плохо слышащими. Отметим, что в одном из последних вариантов отечественного светофора зеленый человечек в последние секунды своей ходьбы начинает быстро перебирать ножками, что может провоцировать нарушение ПДД отдельными торопыгами.

Красная останавливающая рука (рис. 27) теперь представлена в виде, напоминающем представителям компьютеризированного поколения экранный курсор, особенно в такте, подсказывающим пешеходу, что надо нажать вызывную кнопку (рис. 27 справа)⁹. Этот такт может иметь опциональный характер в зависимости от времени суток или от интенсивности движения или даже вообще не индицироваться при отсутствии, неиспользовании либо неисправности вызывной кнопки¹⁰.

Такт с вызывной кнопкой также может дублироваться соответствующим звуковым объявлением, раздающимся, например, из динамика, расположенного в ТВП, при этом не потребуются разъясняющие надписи типа «НАЖМИТЕ»

и «ЖДИТЕ», принятые в настоящее время. Будет достаточно выполнить ТВП в графическом дизайне, аналогичном светофору, применив высоконадежную и вандалоустойчивую сенсорную кнопку (в месте ее белого изображения) и расположив его в удобном для пешеходов месте. Впрочем, вполне понятным, достаточным и бюджетным будет ТВП с обычной электромеханической вызывной кнопкой и мигающим (или даже нарисованным) изображением указующего на нее красного перста.

Вместо заключения

Смерть догмы является рождением реальности.

И. Кант

Представлены новые реализации двух типов инновационных светофоров: автомобильного и пешеходного. Они являются финальной частью пятилетнего исследования, ход которого был подробно описан в предыдущих трех статьях. Важно отметить, что изложенная концепция предлагает каждому участнику движения руководствоваться выделяемой для него единственной секцией светофора, в которой концентрированно и в символическо-иконической форме даются указания (в красно-желто-зеленых тонах) и предостережения (в белом цвете) по дальнейшему движению. Немаловажно и то, что концепция обладает большим потенциалом модернизации по возможным вариантам дополнительной индикации, не требуя при этом введения новых секций светофоров. Это позволит при необходимости проводить обоснованные и не очень затратные видоизменения в течение многих лет и даже десятилетий.

Предлагаемые авторские инновации, с одной стороны, базируются на принципах, ряд которых уже использован другими инноваторами, а с другой — носят революционный характер в сравнении с изменениями, реализованными за всю вековую историю существования светофоров, поэтому любые, даже частичные попытки внедрения инновационной светофорной концепции

потребуют ощутимых усилий на многих уровнях. Причем малозаметными «партизанскими» или косметическими изменениями (аналогичными зеленоградскому эксперименту) тут обойтись вряд ли удастся.

Так или иначе, рано или поздно, но все существующие в мире светофоры будут полностью заменены светодиодными. В настоящее время отсутствует общепринятая стратегия проведения такой замены с преобразованием вида светофоров в целях улучшения их восприятия всеми участниками дорожного движения. Это показывает недостаточную организованность и отсутствие системного подхода в области светофоростроения, где вопросы безопасности дорожного движения тесно смыкаются с вопросами визуального восприятия знаков и сигналов.

Поскольку такую работу предстоит проводить на самом высоком международном уровне, то, после обкатки на симуляторах и тренажерах в виртуальной реальности, а затем на полигонах, дальнейшего успешного опробования в отечественных пилотных и национальных проектах потребуются, по всей видимости, провести слушания в компетентном международном органе, скорее всего, в одной из Комиссий Экспертного Совета Высокого Уровня (ЭСВУ) БРИКС по стандартизации, по инженерно-технологическому сотрудничеству и/или по транспорту [18], которые в настоящее время формируются под председательством Российской Федерации в 2024 году.

В целом еще сохраняется надежда, что высказанные идеи смогут поспособствовать пересмотру существующей светофорной догмы и рождению новой, более сообразной светосигнальной реальности, ибо описанные преимущества представляются достаточно очевидными и весомыми. По крайней мере пока никому еще не удалось доказать обратного, хотя различные альтернативные модернистские идеи и выдвигались в большом количестве.

Предыдущее упорядочивание дорожных знаков и сигналов происходило после глобальной перестройки миропорядка в два крупных этапа в течение 23 послевоенных лет с целым рядом дальнейших мелких

⁹ Рис. 16–27 приведены в качестве демонстрации возможностей графики инновационных светофоров без претензий на возможные изменения пунктов ПДД в части проезда и прохода перекрестков, для чего при необходимости может потребоваться отдельное рассмотрение.

¹⁰ При создании изображений инновационных светофоров, а также при переводах с немецкого и английского языков автор смог обойтись естественным интеллектом, не задействуя ни ИИ, ни модные нынче нейросети.

