

Олег Зотин | o_zotin@mail.ru

к 80-летию Потсдамской конференции,
установившей правила
послевоенного мироустройства

Анализ эпохи становления и эволюционного развития светофорного регулирования движения на дорогах различных континентов, проведенный в [1–5] показал, что несмотря на отчетливые тенденции по выстраиванию нового миропорядка, не наблюдается единого подхода в таком, казалось бы, не самом сложном вопросе, как международная унификация правил дорожного движения (ПДД). В предлагаемой статье, завершающей гексалогию «Об автодорожных светофорах будущего», рассматривается более узкий вопрос модернизации светофоров с возможностью стандартизации в мировом масштабе. Предложено очередное улучшение внешнего вида инновационных светодиодных светофорных сигналов. Добавлено рассмотрение системных вопросов построения будущих светофоров и светофорных объектов (СО), представляющих собой совокупность синхронно работающих светофоров. Попутно затронуты аспекты функционирования СО в составе автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД).



Советская регулировщица на Липовом бульваре (нем. Unter den Linden)
у Берлинского кафедрального собора. 4 июня 1945 года.
Фото Кинеловский В. Колоризация Klimbim. Редактирование OZ

Только тому будет дано создавать новое,
кто посмеет отрицать устоявшееся¹.

В качестве наиболее весомого и всеми признанного документа в исследуемой нами области можно рассматривать Глобальный план (второго) десятилетия действий по обеспечению безопасности дорожного движения на 2021–2030 годы [6]. Он разработан Сотрудничеством Организации Объединенных Наций по безопасности дорожного движения (United Nations Road Safety Collaboration, UNRSC) с привлечением Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). План содержит выверенные тезисы, направленные на уменьшение травматизма и смертности на дорогах, однако совершенно игнорирует необходимость всеобщей стандартизации ПДД, включая дорожные знаки и сигналы.

В то же время многочисленные и раз-
нонаправленные попытки модернизации
светофорного регулирования, участвовавшие
в разных странах в последние годы, говорят
по крайней мере об актуальности очередной
корректировки существующей Конвенции
о дорожных знаках и сигналах [7]. Однако
эта Конвенция, увидевшая свет в 1968 году
и шесть лет спустя ратифицированная
в нашей стране, так и не принята в целом
ряде развитых стран, включая мировых
экономических лидеров. Такая ситуация
существенно затрудняет взаимное при-
знание водительских удостоверений, что
не позволяет профессиональным водителям,
автотуристам и простым автолюбителям
свободно перемещаться по дорогам раз-
ных стран и континентов. С учетом же
возможности аренды авто, которая стала
доступной в тысячах городов по всей
планете, отсутствие подходов к решению
данного вопроса вызывает недоумение.
Стандартизация ПДД не менее важна также
и для людей, передвигающихся пешком,
на велосипедах и на разнообразных средствах
индивидуальной мобильности (СИМ).

Появление сверхъярких цветных светодиодов позволило светофорам существенно улучшить предоставление водителям необходимой им информации о безопасном движении на перекрестках. Мировому сообществу предстоит переосмыслить опыт светосигнального управления на дорогах

¹ Произнесено (согласно легенде) в теологической дискуссии за завтраком с мессиром W.

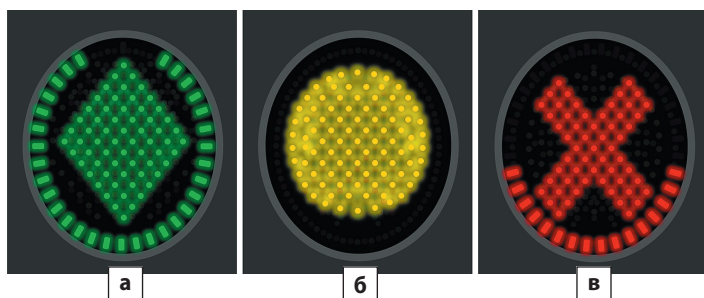


Рис. 1. Односекционный инновационный светофор, зеленая и красная основные фазы, а также промежуточная желтая

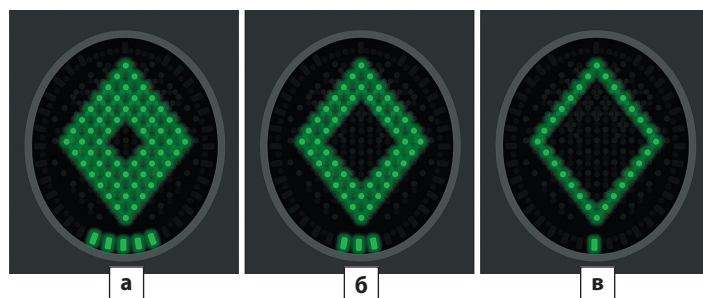


Рис. 2. Односекционный инновационный светофор, такты зеленого сигнала перед переходом на желтый

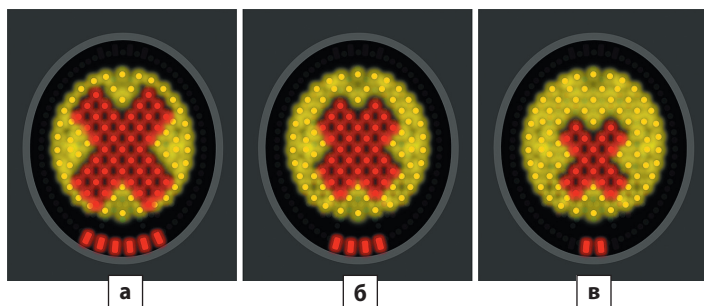


Рис. 3. Односекционный инновационный светофор, такты красно-желтого промежуточного сигнала перед переходом на зеленый

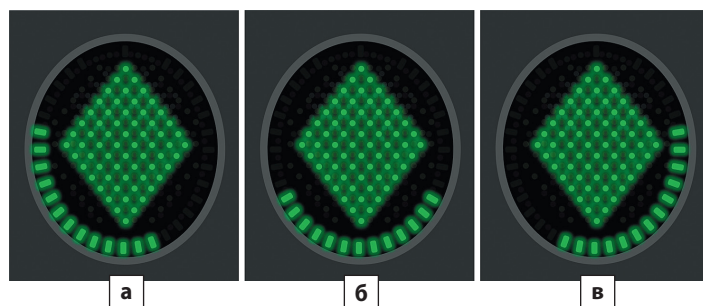


Рис. 4. Такты зеленой фазы инновационного светофора при внешнем или адаптивном управлении

и поставить задачу перехода от пестроты национальных и региональных особенностей к единым правилам светофорного регулирования и ПДД в целом.

Суть предлагаемой инновации

Все революции... влекут за собой отказ от обобщений, сила которых покоилась ...на тавтологиях.

Томас Кун [8]

В качестве резюме шестилетнего исследования развития и предстоящего преобразования светофоров предлагается ознакомиться с видом последней версии инновационного односекционного автомобильного светодиодного светофора. Его возможные фазы и такты представлены на рис. 1–4. Для упрощения рассмотрения временно оставим за скобками возможные виды светофоров для других участников дорожного движения, а также решения по боковым секциям автодорожных светофоров [4, 5].

Предлагаемый вид сигналов был сформирован после корректировки некото-

рых положений светофорной концепции в [5]. В результате получено более полное соответствие основным принципам семиотики (науки о знаках). Это позволит водителям лучше воспринимать указания светофоров и точнее им следовать.

На рис. 1 представлены две основные (а, в) и одна промежуточная (б) фазы односекционного инновационного светофора². Сигналы отличаются друг от друга не только цветом, но и формой, что позволяет хорошо их распознавать на дистанциях, превышающих расстояние принятия решения [1]. Зеленый и красный сигналы дополнены кольцевыми таймерами обратного отсчета времени (ТООВ), расположенными на периферии секции и функционирующими аналогично древнейшим песочным (или водяным) часам.

На рис. 2 показаны такты последних секунд горения зеленого сигнала (а–в), отличающиеся в лучшую сторону от мигающих тактов сигнала существующих светофоров. Они могут перемежаться короткими всплесками зеленого сигнала более отчетливо указывая водителям на то, что сигнал скоро сменится на желтый. Если зеленый сигнал имеет форму стрелки, то его последние такты угасают (мерцают) аналогично виду на рис. 20 в [4]).

На рис. 3 представлены последовательно изменяющиеся (а–в) такты промежуточного

красно-желтого сигнала (перед зеленым). Аналогичный сигнал классического светофора не имеет тактов и занимает две секции. Красно-желтые инновационные такты также могут перемежаться короткими всплесками красного сигнала, указывая водителю на скорое снятие запрета движения и переключение на зеленый.

На рис. 4 показан зеленый сигнал с индикацией на ТООВ режима внешнего (или адаптивного) управления СО³, когда, в отличие от локального (программного) управления, в точности неизвестно время, остающееся до конца горения основного сигнала. Такой динамически изменяющийся вид ТООВ может ассоциироваться, к примеру, с переливанием жидкости (от «а» к «в» и обратно) в наклоняемом (или вращаемом) сосуде водяных часов. Для обеспечения более привычного для водителя вида сигналов следует обеспечить «стандартную» (для инновационного светофора) индикацию последних 4–5 с горения светодиодов ТООВ. При этом угасающий зеленый ТООВ, как и при локальном управлении совмещается с потухающим зеленым сигналом (рис. 2), а угасающий красный ТООВ — с тактами промежуточного красно-желтого сигнала (рис. 3). Очевидно, что для реализации такой работы дорожный контроллер (ДК), управляющий всеми светофорами, должен

² Не показан вариант зеленого сигнала при разрешении движения только вперед, который имеет форму стрелки, направленной вверх. Это относится также к центральной секции инновационного светофора, имеющего дополнительные боковые секции, на которые возлагается управление поворотами [4].

³ При красном сигнале индикация внешнего управления на инновационном ТООВ происходит аналогично.

все-таки получать внешнюю команду о переходе на эти последние секунды, как это было предложено в [5]. Возможен также и более простой (но менее эффективный) вариант — введение в ДК задержки переключения основных сигналов светофора, с сохранением вышеописанного порядка индикации.

Таким образом, предлагаемые инновационные сигналы светофора в сравнении с предыдущим вариантом, описанным в [5], получили следующие дополнительные усовершенствования:

1. ТООВ имеет лучше различаемые прямоугольные светодиоды увеличенного размера;
2. Введен более понятный тайминг тактов зеленого угасающего сигнала перед переходом на желтый (рис. 2).
3. Усовершенствована форма тактов промежуточного красно-желтого сигнала (рис. 3), которые в «классических» светофорах вообще отсутствуют, а красные цифры таймера при включении желтого сигнала в них вообще невозможно различить.
4. Улучшена индикация режима внешнего управления СО (рис. 4), что позволяет водителю адекватно реагировать на режим, отличный от «обычного» автономного (программного). Это достигнуто как за счет специфической графики таймера, так и за счет его перехода на стандартную индикацию последних оставшихся секунд⁴.

Для выработки окончательного вида сигналов будущего светофора потребуются создание компетентной комиссии профессионалов из Госавтоинспекции, Минтранса, автоэкспертного и дизайнерского сообществ, светотехников, электронщиков и ряда других специалистов.

Для управления такими непростыми светодиодными сигналами потребуются

встроить в светофор специализированный светофорный контроллер (СК)⁵.

Отметим также, что СК, устанавливаемый в пешеходном светофоре, должен иметь возможность управления встраиваемым в светофор устройством голосового сопровождения для плохо видящих пешеходов. Усложнение работы инновационных светофоров и СО в сравнении с существующими потребует также повышения уровня их надежности, на чем остановимся ниже.

Особенности управления инновационными светофорами

...нет дела, коего устройство было бы труднее, ведение опаснее, а успех сомнительнее, нежели замена старых порядков новыми.
Никколо Макиавелли [9]

Настоящий труд претендует на коренную модернизацию светофорного регулирования, которая, не отрицая ряда основополагающих его смыслов, во многих других противоречит существующим ГОСТам, в которых оговорены характеристики светофоров [10–12]. Отвергаются также методические рекомендации по проектированию СО [13]. Ввиду этого постараемся осветить данную проблему комплексно и всеобъемлюще. При первом же осмотре подсистемы светофорного управления (ПСУ) [14] взгляд любого специалиста спотыкается о ДК (рис. 5). Это весьма громоздкое устройство по старинке переключает провода, питающие секции



Рис. 5. Шкаф с ДК на Тайване

всех существующих отечественных и зарубежных светофоров.

Для эффективного управления инновационными светофорами всех типов (включая пешеходные, трамвайные, велосипедные и прочие) нам потребуется заменить эти провода на надежную связь между ДК и СК. Все другие элементы СО следует также оснастить встроенными контроллерами с такой же надежной связью. Среди этих возможных элементов можно назвать датчики обнаружения транспортных средств и пешеходов различного принципа действия, кнопки вызова (табло вызывные пешеходные, ТВП), а также стационарные и подключаемые пульты ручного управления и пульты диагностики, которые должны претерпеть коренную модернизацию для взаимодействия с инновационным СО.

С таким «умным» СО могут дополнительно сопрягаться и другие полезные для него (и для АСУДД) устройства — например, знаки переменной информации (ЗПИ) [15], а также многие другие устройства различного функционального назначения и разной сложности, на которых остановимся ниже.

Нельзя также забывать об инженерных пультах контроля, которые также следует подключать к общей сети связи при необходимости настройки и загрузки данных и программного обеспечения (ПО) в ДК, СК и в контроллеры других подключаемых устройств. Впрочем, в отличие от АСУДД предыдущих поколений, в которых такие операции осуществляются, как правило, непосредственно на ДК и вручную (как на рис. 6⁶) [16], необходимо предусмотреть дистанционную загрузку как



Рис. 6. Обновление ПО ДК инженером по системам сигнализации департамента транспорта штата Индиана (США)

⁴ В современных отечественных светофорах «внешние» режимы управления (операторский, ручной и адаптивный) высвечиваются в виде зеленых/красных двухбуквенных сокращений «ОУ», «РУ», «АУ» или даже «—» на месте цифр двухцветного семисегментного ТООВ, располагаемого в центральной (желтой) секции. Все эти варианты индикации говорят водителю только о том, что ТООВ не располагает достоверными сведениями об оставшемся времени горения основного сигнала.

⁵ Для более сложного варианта светофора с боковыми секциями будет достаточно подключить эти секции к СК через относительно простой драйвер, поскольку в них имеются только два основных сигнала: красный косой крест и зеленая горизонтальная стрелка (+ возможные дополнительные мигающие белые сигналы, предписывающие необходимость пропуска пешеходов или авто при совершении поворотов [5]).

⁶ На заднем плане рис. 6 — управляемые этим ДК светофоры, в том числе в форме «собачьей будки», довольно распространенные в Северной Америке.



Рис. 7. Автоматический пункт пропуска на парковку



Рис. 8. Прокладка кабелей питания и связи при строительстве пункта пропуска

ПО, так и данных из центра организации дорожного движения (ЦОДД), причем штатная работа СО во время этих действий не должна приостанавливаться ни на секунду.

Отметим, что решение, аналогичное инновационному СО, напрашивается и для замены таких широко распространенных систем, как автоматические пункты пропуска различного назначения с простейшими двухсигнальными светофорами, автоматическими шлагбаумами и различным контрольно-пропускным оборудованием. Подобные системы применяются на погранпереходах, въездах на охраняемые территории, в различных паркингах, пунктах оплаты проезда платных дорог, корпоративных и платных стоянках (рис. 7), автосалонах, автомойках и т. п. Все они, как правило, имеют разветвленную кабельную сеть с большим количеством проводов (рис. 8).

Учитывая как насущные, так и перспективные нужды, представляется, что в подобных системах следует переходить на современные технологии связи и управления.

Такой подход к проектированию СО и аналогичных систем позволит не только сэкономить материальные ресурсы, сократить трудоемкость обслуживания, повысить функциональную надежность, но и обеспечит возможность простого подключения вновь разрабатываемых устройств.

Многие из этих вопросов были объединены в концепцию по созданию ДК 4-го поколения, изложенную в [17], внедрение которой по мнению ее авторов

смогло бы решить насущные задачи, стоящие перед СО. Однако в этой концепции предполагается использование независимого (от ДК) питания каждого из светофоров СО от любого доступного источника электроэнергии. Кроме того, было предложено применение беспроводной связи между ДК и СК. Этот замысел представляется довольно интересным, но весьма спорным.

Так, если запитать светофоры от нескольких независимых источников, не дублирующих друг друга, то и вероятность появления отказа, связанного с электропитанием (а это означает и отказ СО в целом), для такого случая пропорциональна (в первом приближении) количеству источников. Вопрос организации электропитания и предстоит нам рассмотреть в первую очередь, а затем уже перейти к вопросам связи.

Электропитание элементов инновационного СО

Самая сложная вещь в этом мире — не убедить людей принять новые идеи, а заставить их забыть старые.

Дж. М. Кейнс

К выбору электропитания светофоров следует подходить исходя из компромисса между критерием электробезопасности и критерием минимальных потерь электроэнергии в сети при приемлемом расходе меди на провода, не забывая о минимизации общих затрат на такое комплексное решение.

Каждое электронное устройство в предлагаемом СО в конечном итоге питается постоянным напряжением, которое,

по некоторым оценкам, почти вдвое безопаснее, чем переменное промышленной частоты [18]. Очевидно, что и сеть предпочтительнее строить именно на постоянном напряжении.

Ярким примером безопасности постоянного напряжения является медицинская процедура электрофореза конечностей. Она проходит при типовом значении напряжения до 80 В и токе до 30 мА. Пациент при этом ощущает лишь слабое покалывание и незначительный нагрев кожи под электродом [19]. Воздействие на кисти рук напряжения такой же величины, но промышленной частоты, согласно [18], может приводить даже к временной парализации рук, которые невозможно оторвать от электродов, в итоге возникают довольно сильные боли, сопровождаемые затруднением дыхания.

Сеть питания светофоров имеет протяженность до нескольких сотен метров. Учитывая электробезопасность, следует остановиться на одном из напряжений 48, 60, 72, 96 и 110 В, находящемся в середине диапазона предпочтительных значений для распределительных сетей (ГОСТ 2932-2014).

Известно, что на производстве для сетей управления, сигнализации, автоматизации, а также местного освещения рекомендовано напряжение 60 В.

Для более протяженных сетей уличного освещения в конце XIX века использовалось напряжение номиналом 110 В, первоначально переменное (П. Н. Яблочков и Д. А. Лачинов [20]), а затем уже постоянное (Т. Эдисон). В настоящее время этот номинал постоянного напряжения (а также его удвоенное значение 220 В) применяется в энергетике и в системах электроснабжения промышленных предприятий для устройств релейной защиты и ряда других видов автоматики, работающих от резервных источников электропитания.

Бóльшие значения номиналов постоянного напряжения в настоящее время применяют для серверных центров и для коммерческих зданий (350 В), для протяженных сетей наружного освещения (± 350 В) [21], а также для других целей [22].

Ряд аспектов построения такого рода электросетей с упором на вопросы управления и защиты рассмотрены в обзоре по микроэнергосистемам постоянного тока, вышедшем в журнале IEEE Electrification

Magazine [23]. По мнению авторов, эти системы имеют свои преимущества перед системами переменного тока, особенно в части интеграции современных источников распределенной генерации. Большое внимание в этом обзоре уделено энергосистемам для центров обработки данных, для роботизированных, аддитивных и высокоточных производств, а также энергоустановкам морских судов (где применяется постоянное напряжение до 1000 В). Отмечен также ряд проблемных вопросов в части защиты от перегрузок и управления распределенной генерацией. В целом происходящие события в этой области энергетики уже вполне обоснованно можно называть возрождением постоянного тока [22].

Следует также рассмотреть величину назначаемых допусков на номинальное напряжение световой электросети. Падение напряжения в сетях общего назначения на уровне 5–10% (и требование к разбросу номинала напряжения) оговаривалось в свое время исходя из-за того, что многие потребители были к этому весьма чувствительны. Так, для лампы накаливания (самого распространенного электрического устройства XX века) увеличение напряжения питания всего на 5% снижает срок ее службы в 2 (!) раза, а уменьшение напряжения на те же 5% приводит к падению светового потока на 16%. Параметры же современных светодиодных источников света, как правило, не зависят от изменения напряжения сети в весьма широком диапазоне, так как чаще всего они содержат специализированные драйверы, стабилизирующие ток, потребляемый светодиодами⁷. Поскольку рассматриваемая нами сеть не является сетью общего назначения, то в этом вопросе вполне допустим и более свободный подход к обсуждаемым параметрам. Тем не менее важно установить точные допуски на величину напряжения, чтобы каждое подключаемое устройство могло гарантированно функционировать во вновь создаваемой сети.

Учитывая все высказанные соображения, для пилотного проекта инновационного СО предлагается остановиться на компромиссном варианте — биполярном питании ± 48 В, обеспечивающем при приемлемом уровне потерь достаточно приличную электробезопасность. В то же время и расход меди на провода получается вполне умеренный. Прикидочный расчет для самого известного в Санкт-Петербурге перекрестка Невского и Литейного про-

спектов, где 95 лет назад был установлен первый отечественный светофор, дает следующие результаты. При наличии 12 транспортных и восьми пешеходных светодиодных светофоров использование пары питающих проводов сечением всего в 1 мм² создает в конце линии в 100 м (на самом удаленном светофоре) падение напряжения, не превышающее 5 В. Это дает хороший запас для дальнейшего наращивания такого «умного» перекрестка дополнительным оборудованием без каких-либо модернизаций сети. Что касается допуска на номинал напряжения, его предельные значения (с учетом потерь в линии) можно расширить вплоть до ± 10 –20%.

Для повышения надежности работы СО на наиболее ответственных перекрестках стоит предусмотреть один из вариантов дублирования электроснабжения, легко реализуемый при работе сети на постоянном напряжении. Это уменьшит число возможных аварийных отключений СО.

Одна из аварий, ставшая довольно широко известной [24], произошла на знаковом для нашего исследования перекрестке (рис. 9). Она была вызвана отключением питания (по всей видимости) из-за короткого замыкания в щитке домовой сети, к которому был подключен СО. Согласно сообщениям различных СМИ, отключения светофоров на этом же перекрестке фиксировались также 17 декабря 2017 года, 20 октября 2023 года, 26 апреля 2024 года и 9 октября 2024 года.

Связь в инновационном СО

Развитым является тот, кто умеет использовать связь между ощущением и разумом наиболее эффективным образом.

Михаэль Лайтман

Предложенный в [17] вариант радиосвязи между ДК и светофорами вызывает определенные опасения в части возможного внешнего вмешательства хакеров-лихачей, желающих, например, устроить себе безостановочный проезд перекрестка или даже «зеленую волну». Не стоит исключать и другие недружественные акты, возможные при управлении по радиоканалу.

Поскольку инновационные светофоры получают единую сеть питания, логично исключить из рассмотрения связь по радиоканалу и ряд других вариантов, а оставить для сравнения следующие два:

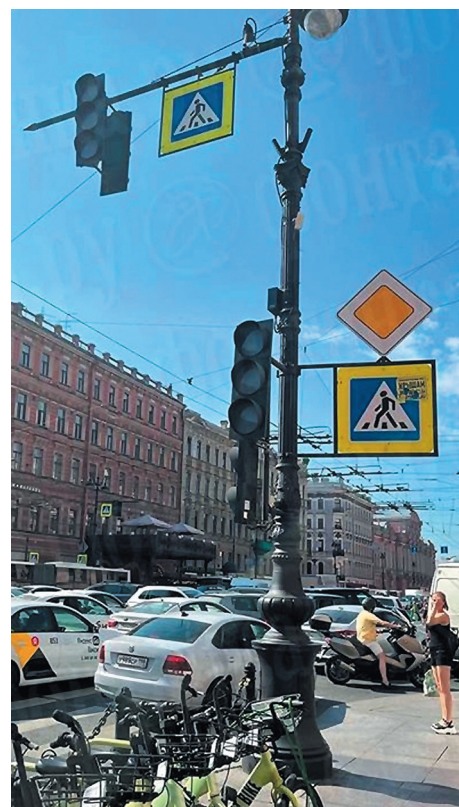


Рис. 9. Отключение светофоров на перекрестке Невского и Литейного проспектов 19 августа 2022 года

- связь по выделенной линии проводного управления;
- связь непосредственно по сети электропитания с использованием наложения высокочастотного сигнала (Power over Data Line, PoDL).

В рассматриваемом нами случае (при обособленном питании всех светофоров от сети постоянного напряжения СО) предпочтение, очевидно, следует отдать второму варианту, в котором за счет сравнительно небольшого, по нынешним временам, усложнения удастся существенно уменьшить количество прокладываемых проводов, сокращая также число контактов в соединениях.

Такой принцип связи успешно используется в модернизированном варианте технологии Power over Ethernet (PoE) с числом витых пар, сокращенных с четырех до одной [25]. Эта концепция, получившая наименование «однопарный Ethernet» (Single Pair Ethernet, SPE) [26], многими считается базовой для бортовых информационных систем

⁷ Многие другие потребители электроэнергии также имеют на входе стабилизирующие преобразователи.

современных автомобилей, а также для «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT). Технические характеристики SPE оговорены в ряде стандартов IEEE 802.3. Однако в нашем случае даже повышенная (в одном из вариантов SPE) суммарная мощность подключаемых устройств до 90 Вт (при постоянном напряжении до 60 В) с увеличением максимальной длины линии связи с нескольких десятков метров до 1 км (стандарт IEEE 802.3cg) позволит применить это решение только для самых простых СО, насчитывающих три-четыре светофора.

Вряд ли в ближайшее время мы дождемся выхода в свет более «мощного» варианта SPE. Поэтому придется довольствоваться одной из активно развивающихся в последние десятилетия технологий связи по силовой сети (Power Line Communication, PLC). Изначально PLC предназначалась для командного управления и передачи информации по существующим силовым сетям (правда переменного напряжения) и поэтому имеет соответствующие защищенные протоколы связи с коррекцией ошибок. Для СО такое решение не только существенно уменьшает количество проводных соединений, но и избавляет от каскадирования ДК при наличии большого числа светофоров.

Лидерами этого направления часто называют стандарты так называемой низкочастотной связи по силовой сети (narrowband PLC, NB-PLC), причем наиболее успешными считаются технологии PRIME и G3-PLC [27]. Эти варианты PLC поддерживаются альянсами международных корпораций и наиболее широко применяются в счетчиках электроэнергии. Они могут обеспечить скорость передачи данных до 100 кбит/с, что для нашего варианта вполне достаточно. При этом возможен также мониторинг PLC сети в режиме реального времени. Дальность связи (без ретрансляции) в распределительных сетях общего назначения может достигать до 400 м.

Ратуя за применение NB-PLC, следует учитывать, что довольно серьезной проблемой является существенное затухание сигнала и большой уровень помех при работе в сетях общего назначения, где, как

правило, отсутствует нормирование характеристик такого рода. Это подтверждается рядом тематических публикаций, например [28], а также не самым простым опытом внедрения NB-PLC в автоматизированной системе управления наружным освещением (АСУНО) «Аврора» в Санкт-Петербурге.

В рассматриваемом нами случае при создании специализированной сети электропитания с PLC для СО необходимо установить достаточно жесткие требования по перечисленным показателям, чтобы обеспечить стабильную и надежную работу СО с возможностью добавления новых компонентов. Такой подход позволит спокойно работать в сети сертифицированным (в том числе по уровню генерируемых помех и по внесению затухания сигнала) приборам, при этом важно обеспечить периодическую и оперативную проверку характеристик сети и функциональной готовности составляющих. Саму же управляюще-питающую сеть по аналогии с последней версией SPE рационально прокладывать специальной витой и даже экранированной парой проводов, что обеспечит минимальное затухание сигнала, увеличит дальность связи, а также исключит внешнее излучение.

Схема инновационного СО

Реализация крупных проектов предусматривает совместный труд огромных коллективов, состоящих из людей различных профессий...

Г. Н. Бабакин

Учитывая все вышесказанное предлагается следующий вариант СО с инновационной ПСУ (рис. 10), имеющей PLC связь со всеми элементами непосредственно по единой сети постоянного напряжения. За основу взята схема движения на знаковом для нашего исследования перекрестке Невского и Литейного (и его продолжения — Владимирского) проспектов. Представлены также возможности по подключению дополнительных элементов для более сложных вариантов СО.

В качестве основных элементов СО, имеющих встроенные контроллеры и управляемых от ДК по единой питающей-связной линии, показаны:

- односекционные автомобильные светофоры СА1 без боковых секций (рассмотренные выше),
- односекционные сдвоенные (двусторонние) автомобильные светофоры

(СА1дв); которые устанавливаются на главной дороге (Невском) выше дублирующих их СА1 (аналогично тому, как это сделано в существующем СО на рис. 9), а на Литейном (и Владимирском) — ниже СА1⁸;

- односекционные пешеходные светофоры типа СП (рассмотренные в [4]);
- односекционные пешеходные светофоры типа СПа с индикацией совмещенной с авто фазой (рассмотренные также в [4]);
- преобразователь ППН, запитывающий все элементы СО постоянным биполярным напряжением, питающийся, в свою очередь, от сети переменного напряжения.

В части электропитания СО с целью повышения функциональной отказоустойчивости может быть дополнен следующими элементами:

- второй независимый ввод питания основного ППН;
- дополнительный (резервный) преобразователь ППНрез, который может быть подключен к той же или к другой питающей трехфазной сети;
- аккумулятор электроэнергии Акк;
- возобновляемый источник электроэнергии ВИЭ (солнечная батарея, ветрогенератор и другие).

Совместное использование ВИЭ и Акк может обеспечить полностью автономную работу СО, например, на перекрестках, к которым далеко и/или дорого тянуть линии электропитания.

В качестве дополнительных устройств на некоторых СО могут быть использованы:

- вызывные пешеходные табло (ТВП);
- датчики транспорта ДТ радиолокационного, электромагнитного, ультразвукового, оптического или иного принципа действия;
- датчики пешеходов ДП;
- знаки переменной информации ЗПИ [15];
- видеокамеры ВК для фиксации нарушений ПДД и для наружного наблюдения;
- другие устройства (не показанные на рис. 10), способные поспособствовать повышению безопасности дорожного движения (датчики метео- и экологического мониторинга, управляемые светильники для подсветки пешеходных переходов, табло отображения информации) и не только (к примеру, громкоговорители оповещения о чрезвычайной ситуации).

При отказе ДК возможен перевод СО на автономное управление от одного из СК (который предварительно был назначен

⁸ Зеленый сигнал всех автомобильных светофоров на Литейном и Владимирском проспектах Санкт-Петербурга имеет вид вертикальных стрелок (как это было показано на рис. 20 в [4]), поскольку на этом перекрестке поворот на Невский проспект запрещен.

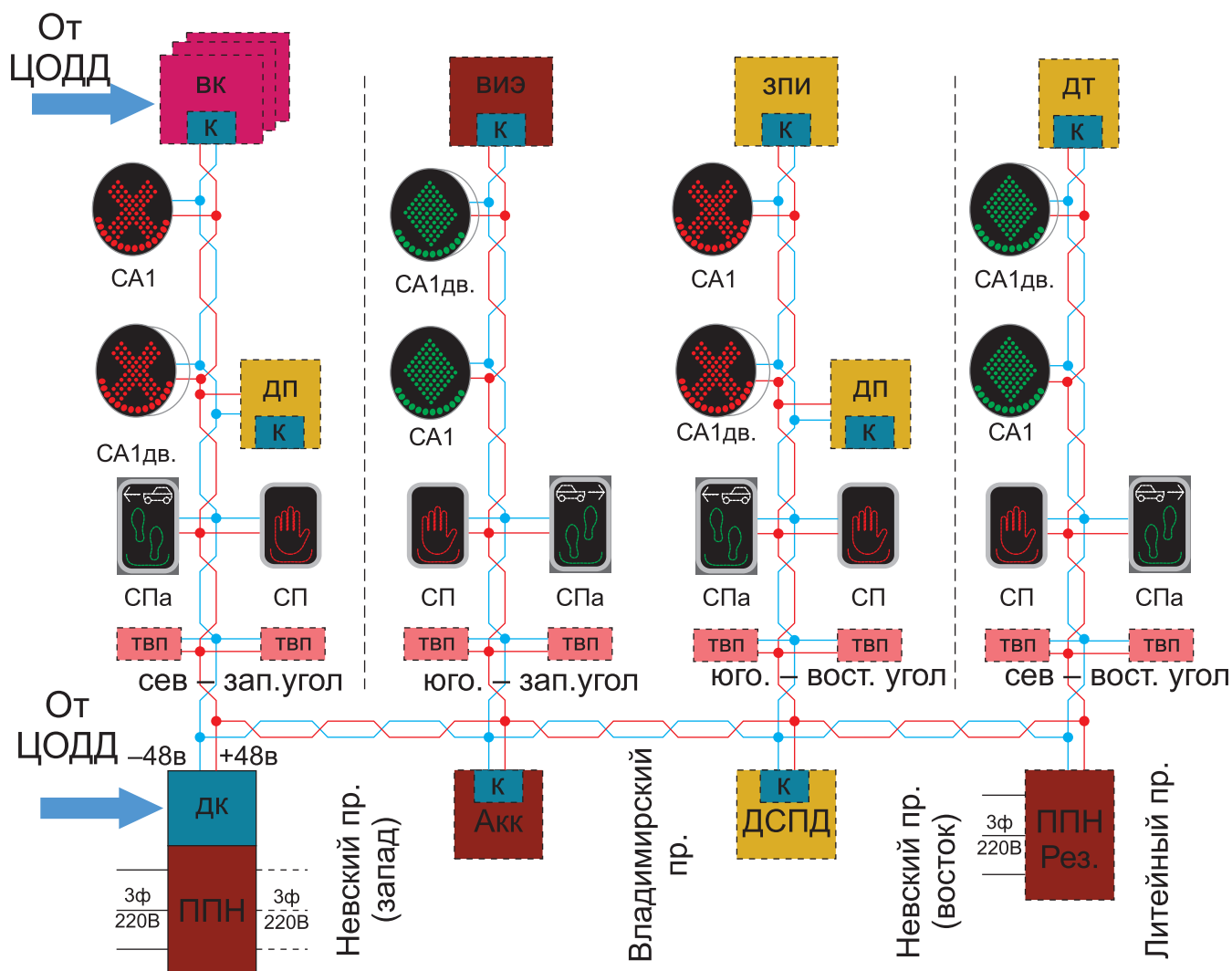


Рис. 10. Функциональная схема инновационного СО с инновационной PCS

«главным» с загрузкой соответствующего ПО) либо переход всех СК на режим желтого мигания. В особо ответственных (либо удаленных) СО возможно также установить резервный ДК, включение в работу которого осуществляется либо по команде из ЦОДД, либо автоматически, по результату тестирования работы основного ДК.

Отдельно стоит упомянуть устройства связи ДК с так называемыми подключенными автомобилями [4]. Для обеспечения их беспрепятственного и безопасного приоритетного проезда [14] необходим защищенный канала связи непосредственно с такими авто; возможен также вариант связи через ЦОДД. Это поможет кардинально решить проблему пропуска спецтранспорта с включенными спецсигналами, по которой Минтранс 16 июля сего года добился выпуска специального Постановления Правительства с изменениями в ПДД [29]. По статистике, только

в Москве и области за год наблюдается до 50 тыс. случаев таких нарушений ПДД, причем больше половины приходится на непропуск скорой помощи.

Описанный СО, являющийся составной частью «умного города», уже может претендовать на названия «умный перекресток» (УП) и даже «умная микроэнергетическая система постоянного напряжения». Управление УП может осуществляться от ЦОДД по защищенному каналу соевой или оптоволоконной линии связи. Внедрение любого нового устройства в таком УП предельно упрощается и сводится к его установке с подключением к питающе-управляющему двухжильному кабелю. При этом не требуется внесения изменений в функционирующее оборудование и существующую кабельную сеть. Включение в работу нового устройства осуществляется загрузкой фрагмента обслуживающего ПО в ДК (при необходимости) и подачей команды из ЦОДД

после проведения его проверки. Если же потребуется установить вновь внедряемое устройство на удалении от перекрестка, то к нему будет достаточно протянуть питающе-связную (PoDL) витую пару.

Некоторые сопутствующие, но важные аспекты проектирования инновационного СО

Не стоит искать в жизни легких путей — они никогда не приведут вас к вершинам
Р. Е. Алексеев

Возможности управления светодиодными светофорами, активно внедряемыми в последние годы, еще не реализованы в полной мере. Многие светодиодные светофоры управляются по старинке, так же, как их лампочные собратья, — переключением напряжений, питающих их секции. Представляется, что револю-

ционные изменения появятся с внедрением СК в инновационных светофорах, которые будут управляться от ДК по PLC. При этом в односекционном светофоре электронные компоненты СК можно смонтировать на тыльной стороне печатной платы со светодиодами, образуя с ней единый блок. Светодиоды при этом следует устанавливать методом поверхностного монтажа на лицевой стороне платы. Модификация же двустороннего светофора (такого, как СА1дв на рис. 10) может быть выполнена в виде единой двусторонней (и многослойной) светодиодной платы со смонтированным на ней же СК, уменьшая в таком исполнении количество секций в сравнении с «классическим» светофором с шести односторонних (как на рис. 9 вверху) до одной (!) двусторонней.

Представленная концепция построения инновационного СО предполагает наряду с модернизацией светофоров и уменьшением размеров ДК почти до габаритов смартфона, установку рядом с ним источника электропитания (преобразователя) постоянного напряжения (ППН), запитывающего все составные части СО.

Для установки таких малогабаритных устройств следует отказаться от использования уличных шкафов типа тех, в которых установлены современные ДК (рис. 5, 6).

Наиболее удачным местом размещения ППН представляется полость в светофорной опоре, а миниатюрный ДК вполне можно поместить в едином с ППН блоке, сокращая заодно количество межсоединений и обеспечивая гарантируемую электромагнитную совместимость, легко проверяемую в заводских условиях. Обслуживание таких устройств будет заключаться в основном в дистанционном контроле и корректировке данных, а также в обновлении версий ПО (при необходимости). Ремонт же можно проводить методом простой замены на идентичный малогабаритный блок с заранее загруженным ПО. Для

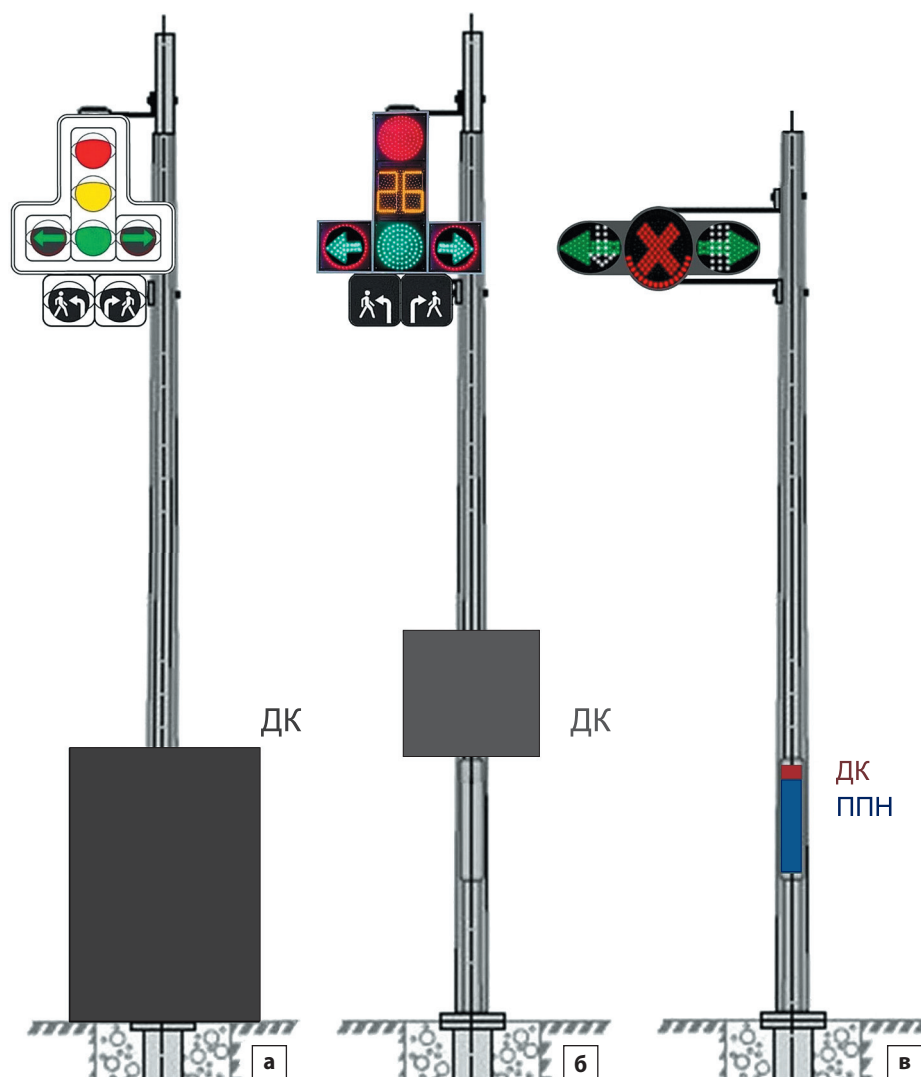


Рис. 11. Элементы СО на опоре светофора:

а) СО с ламповыми светофорами; б) существующий СО со светодиодными светофорами; в) инновационный СО (показана фаза с запретом движения прямо и разрешением поворотов)

сокращения времени нештатной (или аварийной) работы СО ремонтники могут передвигаться (с объездом неизбежных при таких авариях пробок) на индивидуальном двухколесном транспорте (например, на электромотоцикле) по аналогии с недавно появившимся вариантом двухколесной скорой помощи.

На рис. 11 показано размещение на светофорных опорах элементов существующих СО с наиболее сложными вариантами семисекционных светофоров, а также инновационного СО с трехсекционным светофором, выполняющим такие же информационно-указующие функции и даже более. Например, в левой боковой секции инновационного светофора в дополнение к разрешающей зеленой может отображаться мигающая белая стрелка, указывающая на необходимость при левом повороте про-

пустить встречный транспорт⁹. Там же может отображаться белое мигающее изображение пешеходного перехода (как в правой секции рис. 11в), что заменяет известное решение с дополнительными белыми секциями, показанными на рис. 11а, б. В целом же все белые сигналы во всех реализациях инновационного светофора указывают на возможные варианты совмещенного движения.

Важно отметить, что водитель до, во время и после выбора одного из трех направлений движения перед перекрестком (вперед, налево или направо) получает всю нужную ему «указующую» и «предупреждающую» информацию по выбранному им направлению, бросив взгляд на одну-единственную секцию инновационного светофора. В сравнении с ним современные светофоры, претерпевшие в свое время

⁹ Такой предупреждающий сигнала более понятен водителю, чем «парижский» вариант с красным крестом, указывающим на то, что встречке горит красный (размещаемый к тому же на тыльной стороне «встречного» светофора), что подробно было разобрано в [3]. Альтернативный вариант был недавно предложен московским ООО «СПЕЦДОРПРОЕКТ» [30]. Он представляет собой белый косой крест, включающийся на месте погасшего красного сигнала, что воспринимается значительно лучше и не требует введения дополнительной секции. Однако, привлекая к рассмотрению этого вопроса положения семиотики, можно легко убедиться в преимуществе инновационного светофора перед «парижским» и «московским» вариантами. Действительно, белая мигающая стрелка в левой боковой секции на рис. 11в указывает не только на возможную опасность, но и на то, откуда, кому именно и при каком маневре она может грозить [5].

целый ряд модернизаций, выглядят (с точки зрения семиотики) запутанной и неоднозначной многосигнальной системой информирования водителей.

Изложенный футуристический замысел своим системным подходом родственен инновационной концепции построения управляемых линий наружного освещения, изложенной в [31], концепции светосигнального освещения взлетно-посадочных полос аэродромов [32] и концепции построения умной охраны протяженных объектов с умным освещением [33]. Перечисленные работы получили в свое время высокую оценку жюри евразийской премии «Золотой фотон» [34].

Внимательный и заинтересованный читатель наверняка заметил, что вопросы формирования исходных данных к алгоритмам работы СО и требований к ПО для СК и ДК, а также весьма актуальные вопросы привлечения искусственного интеллекта (ИИ) пока были оставлены автором вне рассмотрения. Безусловно эти направления достойны отдельного и серьезного исследования, на которые необходимо будет выделить соответствующие силы.

Вопросы надежности

*Бросая в воду камешки,
смотри на круги, ими образуемые;
иначе такое бросание будет
пустой забавой.*
Козьма Прутков [35]

Приведенные выше случаи аварий СО на знаковом перекрестке Северной столицы показывают принципиальную необходимость существенного повышения надежности как СО в целом, так и каждой его составной части. Так, довольно существенный вклад в частоту аварий СО вносит невысокая надежность ДК. Паспортное значение наработки на отказ серийных образцов ДК в настоящее время находится на уровне порядка 10 000 ч, что примерно и соответствует наблюдаемой частоте отказов.

Внедрение предлагаемой концепции требует кардинально пересмотреть не только системные вопросы построения СО, но и отношение к характеристикам надежности и методам ее достижения. Предстоит, например, сместить акценты в расчете надежности в сторону оценки суммарных затрат на функционирования СО за все время его жизненного цикла. В частности, при проектировании инновационного СО весьма важно обеспечить минимизацию

стоимости владения с учетом изготовления, обслуживания, ремонта и даже утилизации всех его составных частей, принимая во внимание и возможный ущерб от неизбежно возникающих аварий, как это предложено в [33]. Такой подход существенно разнится с существующей практикой расчетов надежности не только для сложных электронных изделий, но и для изделий специальной и космической техники.

Достижение высокой надежности СО требует серьезного к себе отношения в процессе проектирования, изготовления и отладки, а также при опытной эксплуатации. Так, придется особо заняться повышением устойчивости СО к изменению погодных условий. По заявлению пресс-службы СПб ГКУ «ДОДД» (государственное казенное учреждение «Дирекция по организации дорожного движения» Санкт-Петербурга), большое число аварий в существующих СО происходит из-за воздействия дождя, таяния снега и резкой смены температуры [36]. В подобных условиях эксплуатации необходимо обеспечивать герметизацию устанавливаемых блоков аппаратуры и их термостабилизацию. Такой комплексный подход заставляет по-новому взглянуть на характеристики каждой составной части СО, что позволит более точно ставить и решать задачу создания инновационного СО имеющего также и повышенные характеристики надежности.

Выводы

и возможные перспективы

*Было много трудных дней,
Будет много трудных дней,
Значит, рано подводить итоги...*

Михаил Матусовский

1. Предлагаемая концепция инновационного светофорного регулирования предполагает получение следующих основных преимуществ:

- уменьшение количества секций светофоров с обеспечением более понятной водителям сигнальной информации;
- многократное уменьшение размеров ДК;
- многократное уменьшение количества проводов связи между ДК и светофорами;
- повышение надежности СО, уменьшение трудоемкости внедрения и обслуживания, улучшение ремонтпригодности, снижение стоимости владения СО и АСУДД в целом;

- возможность введения нейросетевого управления с ИИ, распределенным по ряду ДК, при этом за ЦОДД остаются функции надзора и контроля.
- большие перспективы стандартизации светофорного регулирования в глобальных масштабах.

Важнейшей задачей экспертного сообщества и уполномоченных властных структур станет выход на единое комплексное решение. При этом важно не впадать в соблазн частных модернизаций с решением отдельных проблемных моментов, которые в действительности только ставят палки в колеса локомотиву, который может привести к качественно новому светофорному регулированию¹⁰.

2. Первому пилотному проекту инновационного СО будет суждено возвести место его внедрения в ранг знаковых. Вполне вероятно, что эта судьба будет дарована одному из отечественных символических мест (это может быть Сколково, Калининградская область или даже Мариуполь); не стоит исключать и возможность внедрения первого проекта в инновационном белорусском городе Иннополис (Октябрьский район Минска) или даже где-нибудь в быстро развивающихся странах Юго-Западной Азии.

Стоит также присмотреться к известному району на российско-китайской границе, а именно к городам-побратимам Благовещенску и Хэйхэ (кит. 黑河), соединенных недавно построенным мостом через Амур (рис. 12). В 2019 году для этого знакового места был даже анонсирован проект первой в мире трансграничной канатной дороги (cross-border cable car), соединяющей берега Амура. Проект представлен датской дизайнерской фирмой UNStudio [37], с началом пандемии он был заморожен, а затем и вовсе заброшен.

Пока же Благовещенск стал первым городом в России запретившем езду на всех разновидностях СИМ.

Если же в рамках происходящих активных процессов движения к новому укладу межгосударственных отношений исходить из интересов мирового большинства, то по большому счету не так уж и важно, где появится первый инновационный пилотный светофорный проект, а важно

¹⁰ Именно такие как бы инновационные, а по сути деструктивные процессы пока и преобладают, чему имеется множество примеров, два из них разобраны в примечании 8, а целый ряд других — в предыдущих публикациях [1–5].



Рис. 12. Открытие моста Благовещенск — Хэйхэ, 10 июня 2022 года

прийти к соглашению, которое устроило бы все высокие договаривающиеся стороны. Судьбоносной площадкой для обсуждения и дальнейшего продвижения концепции на международном уровне могла бы послужить, как это уже было отмечено в [4], Комиссия по транспорту Экспертного Совета Высокого Уровня БРИКС.

3. Не оспаривая необходимости применения ИИ в сложных вопросах нейросетевого управления ДД (что было рассмотрено в целом ряде работ, включая [38, 39]), автор в то же время полагает, что при выработке концептуально нового подхода к светофорному регулированию решающую роль предстоит сыграть хорошо организованному естественному интеллекту экспертного сообщества, что должно поспособствовать решению этой многосторонней проблемы в мировом масштабе. При существенном продвижении инновации возможен даже выход на обсуждение высказанных идей при разработке следующего (третьего) Глобального Плана действий по обеспечению безопасности дорожного

движения (2031–2040). Есть, однако, большая вероятность попадания этого вопроса в разряд застарелых и нерешаемых мировых проблем таких, как всеобщий переход на правостороннее движение [4], завершение перехода на метрическую систему мер (*système métrique*), установление единой ширины железнодорожного полотна¹¹, внедрение единой частоты и напряжения в промышленных и бытовых электросетях во всем мире [22], принятие единого Всемирного календаря¹² или создание искусственного языка международного общения. Ряд «висящих» вопросов такого рода, имеющих по большей части сложную религиозно-политическую подоплеку, могут быть сдвинуты с мертвой точки лишь параллельно с серьезными основополагающими изменениями и, скорее всего, не в глобальном масштабе и не в ближайшем будущем.

4. Ничтоже сумняшеся публикуя результаты своих изысканий, автор надеется, что они вызовут не только заинтересованность в узких профессиональных кругах и у широкой отечественной, а также международной общественности, но и желание у отдельных пассионарных личностей поучаствовать в предлагаемом инновационном проекте.

Р. С. Возвращаясь к сути предлагаемой инновации стоит еще раз вспомнить немецкого философа Людвиг Фейербаха, заявлявшего, что путь к утверждению истины включает в себя и сокрушение заблуждений.

¹¹ Характерно, что для обеспечения снабжения войск, участвующих в заключительной Берлинской операции Великой Отечественной войны, железнодорожный путь до Берлина был переложен с европейской ширины 1435 мм на отечественную 1524 мм. Именно по этому ж/д пути поезд с делегацией СССР в июле 1945 года проследовал на Потсдамскую конференцию.

¹² Вопрос перехода на единый Всемирный календарь рассматривался в 1962 году по инициативе Экономического и Социального Совета ООН [40]. Проект, одобренный большим количеством стран, не удалось осуществить ввиду его блокировки по религиозным соображениям со стороны США и Великобритании. В современных реалиях основной трудностью перехода на новый счет времени считается необходимость переписывания большого количества компьютерных программ и возможные сбои в их работе, подобные тем, которые прогнозировались в известной проблеме 2000 года (Y2K problem).

Пояснения и благодарности

Переход от следования одной парадигме к признанию другой есть акт «обращения», в котором не должно быть места принуждению.
Томас Кун [8]

Настоящий труд первоначально представлял собой скромную попытку понять, каким образом можно усовершенствовать светодиодные светофорные сигналы для улучшения их восприятия водителями.

При более пристальном рассмотрении вопрос создания светофоров будущего приобрел комплексный и системный характер. В попытке достичь (не)возможного совершенства автору приходилось прислушиваться к мнению профессионалов и корректировать отдельные утверждения создаваемой инновационной концепции, иногда даже опровергая собственные наработки, что, надеюсь, позитивно сказалось на результатах исследования.

Выработке творческого подхода к светофорной проблеме и формулировке ряда положений с учетом постулатов семиотики (науки о коммуникативных системах и знаках) во многом поспособствовал кандидат социологических наук Александр Пивоваров.

Ряд весьма важных замечаний, высказанных автоэкспертом Дмитрием Поповым, заставил автора внимательнейшим образом отнестись к отработке целого ряда деталей.

Довольно высокую оценку проекту дал дизайнер Артемий Лебедев, что утвердило автора в правильном подходе к внешнему виду сигналов.

Опытный водитель и IT-специалист Алексей Сидоров подтолкнул к разработке наиболее сложных вариантов светофоров с предупреждающими белыми сигналами, что позволило доказать возможность применения концепции для любого перекрестка с самой непростой организацией движения.

Отдельная благодарность — разработчикам интеллектуальной нейросети для исследователей, которая довольно убедительно продемонстрировала свои способности по созданию и редактированию наукоподобных текстов, имеющих все признаки научной публикации, не претендуя при этом на инновационность. Вполне вероятно, что закладыва-

емые в нейросети возможности самообучения, саморазвития и самокритики приведут через некоторое время к ситуации, подобной той, что сложилась, например, в шахматах. А может, и не приведут.

Особые надежды автор питает в отношении личностей, не боящихся в современных непростых условиях брать на себя ответственность за принятие судьбоносных решений. ●

Литература

1. Зотин О. Об автодорожных светофорах будущего. Часть I // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 2.
2. Зотин О. Об автодорожных светофорах будущего. Часть II // Полупроводниковая светотехника. 2023. № 1.
3. Зотин О. Об автодорожных светофорах будущего. Часть III // Полупроводниковая светотехника. 2023. № 4.
4. Зотин О. Об автодорожных светофорах будущего. Часть IV // Полупроводниковая светотехника. 2024. № 1, 2.
5. Зотин О. Об автодорожных светофорах будущего. Часть V // Полупроводниковая светотехника. 2025. № 1.
6. Глобальный План десятилетия действий по обеспечению безопасности дорожного движения 2021–2030. www.cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/21321-russian-global-plan-for-road-safety.pdf?sfvrsn=65cf34c8_35&download=true
7. Конвенция о дорожных знаках и сигналах. www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/road_signs.pdf
8. Kuhn T. S. The Structure of Scientific Revolutions. Chicago, University of Chicago Press, 1962.
9. Макиавелли Н. Государь. Рассуждения на первые три книги Тита Ливия. Перевод Курочкин Н. СПб. Типография Тиблина и К°. 1869.
10. ГОСТ 33385-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Светофоры дорожные. Технические требования.
11. ГОСТ Р 52282-2004. Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний.
12. ГОСТ Р 52289-2019. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.
13. ОДМ 218.6.003-2011. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. М.: Росавтодор, 2013.
14. ГОСТ Р 71096-2023. Интеллектуальные транспортные системы. Подсистема светофорного управления. Общие требования. www.meganorm.ru/Data/818/81815.pdf
15. ГОСТ 32865-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Знаки переменной информации. Технические требования.
16. www.csengineermag.com/invention-addresses-the-problems-of-running-a-red-light-at-traffic-intersections/
17. Поляков А. С., Трескинский Д. В. Дорожные контроллеры — прошлое, настоящее, будущее // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14, № 1.
18. Влияние частоты, напряжения и силы тока на человека. Поражение электрическим током. www.dpva.ru/Guide/Engineers/HumanBeing/ElectricalCurrentDamage/?ysclid=m7bdijisr103122462
19. Сорокин С. А. Использование электрических токов и электромагнитных полей в терапии: практ. рук. к занятиям по курсу «Медицинские приборы, аппараты и системы». Владимир, Изд-во ВГУ, 2006.
20. Успехи электрического освещения и заслуги П. Н. Яблочкова // Наука и жизнь. 1890. № 39.
21. Зотин О. Сети освещения на постоянном напряжении в Нидерландах // Полупроводниковая светотехника. 2015. № 4.
22. Зотин О. В преддверии возрождения постоянного тока. Часть 3 // Силовая электроника. 2013. № 6.
23. Bidham A., Reno M., Abadi K., Aparicio J., Bauer D. Trends in dc Microgrids: From the control and protection perspective // IEEE Electrification Magazine. 2024. Vol. 12, Iss. 2.
24. На углу Невского и Литейного — анархия из-за зашедших светофоров // Фонтанка.ру. 19 августа 2022 г. www.fontanka.ru/2022/08/19/71584286/
25. www.single-pair-ethernet.com/en/technology
26. Воробьев С. Ethernet при помощи единой витой пары — уже реальность // СТА. 2019. № 4.
27. Llano A., Angulo I., de la Vega D., Laura Marron L. Virtual PLC Lab Enabled Physical Layer Improvement Proposals for PRIME and G3-PLC Standards // Applied Sciences. 2020. No. 10.
28. Yigit, M., Gungor, V. C., Tuna, G., Rangoussi, M. & Fadel, E., Power line communication technologies for smart grid applications: a review of advances and challenges. Computer Networks, 2014.
29. Постановление Правительства РФ от 16.07.2025 № 1071. <https://www.avtospravochnaya.com/Files/2025/0001202507180039.pdf>
30. www.ya.ru/video/preview/2649687035449518771
31. Зотин О. «Умный свет» в «умном» городе // Полупроводниковая светотехника. 2017. № 4–6, 2018. № 1.
32. Зотин О. Некоторые особенности системного подхода к проектированию умного освещения // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 1.
33. Зотин О. Системные вопросы построения «умной» охраны с «умным» освещением // Полупроводниковая светотехника. 2022. № 5, 6.
34. www.smartcity-award.com/companies/72?ysclid=m6sa2ho948588915944, www.smartcity-award.com/nominations?nomination=32&id=31
35. Полное собрание сочинений Козьмы Прутков с портретом, fac-simile и биографическими сведениями. 1-е изд. СПб.: Типография М. М. Стасюлевича, 1884.
36. www.78.ru/news/2024-01-25/svetofori-v-centre-peterburga-vishli-iz-stroya-izza-dozhdya
37. The world's first cross-border cable car will travel from Russia to China in under 8 minutes. www.edition.cnn.com/travel/article/russia-china-cable-car-scli/index.html
38. Тимофеева О. Палицына С. Обучение нейронной сети интеллектуальной системы управления городскими светофорами. 2016. www.cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-neyronnoy-seti-intellektualnoy-sistemy-upravleniya-gorodskimi-svetoforami/viewer
39. Лекун Ян. Как учится машина. Революция в области нейронных сетей и глубокого обучения. Альпина PRO. 2021. <https://elcomdesign.ru/wp-content/uploads/2020/09/49.pdf?ysclid=m5wvym40qn602231433>
40. Селешников С. История календаря и его предстоящая реформа. Лениздат. 1962.