

УДК 656.11

А.А.КУСТЕНКО

Белорусский национальный технический университет, г.Минск

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ В ТРАМВАЙНЫХ УЗЛАХ

Описаны различные способы пересечения трамвайных линий и способы перевода стрелок. Приведена методика расчета потерь в трамвайном узле и проанализированы основные факторы, оказывающие влияние на задержки трамваев.

Описано різні способи перетинання трамвайних ліній і способи переведення стрілок. Наведено методику розрахунку втрат у трамвайному вузлі й проаналізовано основні фактори, що впливають на затримки трамваїв.

In article are described various ways of crossing of tram lines and ways of switching . The design procedure of losses in tram knot is presented and are analysed major factors influencing delays of trams.

Ключевые слова: трамвай, автомобиль, остановочный пункт, светофорный объект, трамвайный узел, стрелочный перевод, задержки, потери.

В процессе эксплуатации трамваи вынуждены совершать маневры (повороты, развороты), с целью обеспечения подобных перестроений трамвайные линии образуют узлы. Узлом трамвайных путей называют слияние, разветвление или пересечение трамвайных линий. Узлы могут быть простыми, средней сложности и сложными. Наиболее простым узлом является ответвление одной колеи от другой или пересечение одним путем другого (рис.1, а). Узел средней сложности, весьма часто встречающийся на трамвайной сети, — двухколейный треугольник (рис.1, б). На пересечениях двухколейных трамвайных путей с ответвлениями более чем в трех направлениях образуются сложные трамвайные узлы (рис.1, в).

Пересечения бывают прямые, косые, одиночной и двойной кривизны. Сочетанием различных спецчастей можно получить трамвайный узел любой конфигурации, обеспечивающий движение во всех нужных направлениях.

Для обеспечения движения трамвая в разных направлениях пересечения трамвайных путей оборудованы стрелочными переводами, которые бывают таких видов: а) одиночные стрелочные переводы, состоящие из одной пары стрелок и одной крестовины; б) однокольные ответвления – из одной пары стрелок, одной крестовины и пересечения из четырех крестовин; в) двухколейные ответвления – из двух пар стрелок, двух крестовин и пересечения из четырех крестовин; г) тройные стрелочные переводы – из двух пар стрелок и трех крестовин; д) двойные стрелочные переводы (соединение параллельных путей) – из двух пар стрелок и двух крестовин.

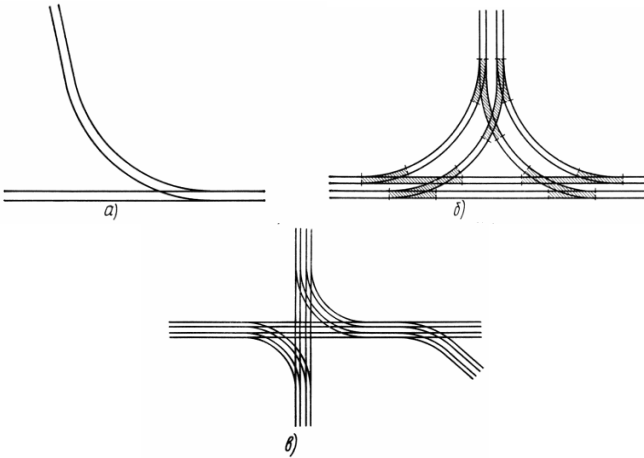


Рис.1 – Трамвайные узлы

По способу перевода различают стрелки ручные и автоматические [5].

Автоматический перевод стрелок имеет электрифицированную систему управления с электромагнитным приводом, которая работает следующим образом.

Если трамваю надо проследовать направо, то водитель проводит его под сериесными воздушными контактами накатом, с выключенными двигателями. Поэтому стрелка остаётся в правом положении, так как сериесная цепь оказывается разомкнутой (рис.2).

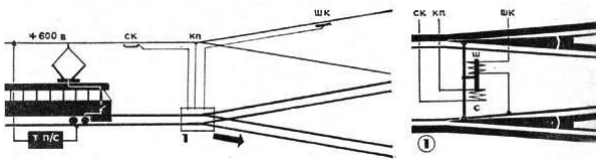


Рис.2 – Работа стрелки при повороте трамвая направо

Если трамваю надо повернуть налево, то водитель с помощью контроллера включает двигатели. Когда поезд проходит под сериесными контактами с включенными двигателями, то возникает электрическая цепь: контактный провод – сериесный электропривод – сериесные воздушные контакты – двигатели вагона – рельсы – тяговая подстанция. При этом сериесный соленоидный привод втягивает сердечник и переводит стрелку для левого направления движения (рис.3).

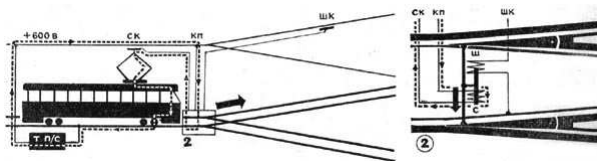


Рис.3 – Работа стрелки при повороте трамвая налево

Таким образом, контроллер трамвайного поезда и служит ру-
бильником, замыкающим серийную электрическую цепь стрелки.

Недостатком данного способа являются:

- наличие воздушных контактов, требующих обслуживания, свя-
занного с работой на высоте и в зоне высокого напряжения;
- необходимость повышенного внимания водителя в зоне стре-
лочного перевода.

На сегодняшний день разработаны более современные системы
автоматического переключения стрелки с дистанционным управлени-
ем. Во многих странах используется устройство для приведения в
действие трамвайной стрелки с поезда, выпускаемое немецкой фирмой
«Banning & Kahl». В свою очередь российскими учеными были разра-
ботаны схемы дистанционного управления трамвайной стрелкой, ис-
пользующие расположенные перед и позади переводимой стрелки дат-
чики, которые принимают сигналы с поезда и приводят в действие
стрелку. В качестве источника сигнала могут выступать:

- полуавтоматические – отдельно смонтированное на трамвае уст-
ройство, требующее внимания со стороны водителя при приближе-
нии к трамвайной стрелке;
- автоматические – встроенные в трамвайную электрическую систе-
му и связанные с сигналами поворота трамвая ;
- автоматические – встроенные в трамвайную электрическую систе-
му и работающие независимо от трамвая по заданной программе,
обеспечивающие перевод стрелки по номеру маршрута трамвая .

Применяемые в этих устройствах датчики отличаются универ-
сальностью и могут быть использованы, например, для управление
трамвайным движением, связывая датчики со светофорами.

Вручную стрелки переводятся при помощи специального ломика,
которым оборудован каждый трамвайный вагон, работающий на ли-
нии. Водитель устанавливает ломик между рамным рельсом и пером,
либо между контррельсом и пером, и к нему прикладывает силу в на-
правлении «от себя» или «на себя».

Вручную стрелки переводятся по следующим причинам [6]:

- 1) не все стрелки автоматические;
- 2) привод автоматической стрелки неисправен;
- 3) произошло неправильное (ложное) срабатывание стрелки;
- 4) дорожные условия не позволили стрелке сработать.

Даже не проводя исследований, очевидно, что ручное переключение стрелок менее эффективно, чем автоматическое. Однако остается ответить на вопрос, насколько ручной способ перевода стрелки уступает автоматическому. С этой целью были проведены исследования скорости и времени прохождения трамваем стрелочной развязки как при ручном способе перевода стрелок, так и при автоматическом. На рис.4 показана динамика изменения скорости на участке со стрелочным переводом.

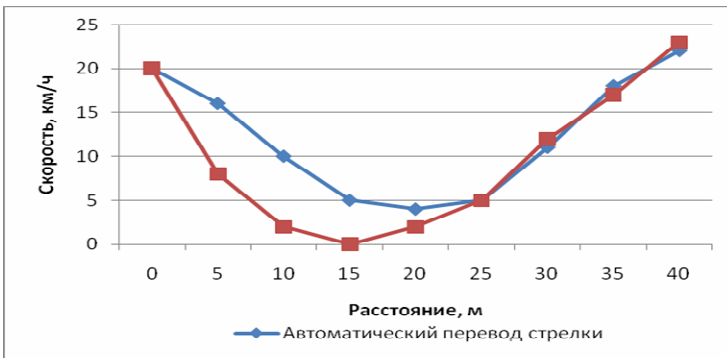


Рис.4 – График изменения скорости на участке со стрелочным переводом

Из этого графика можно отметить более раннее и резкое торможение трамвая при ручном переводе стрелки, обусловлено это тем, что водитель трамвая заранее не знает есть ли необходимость в переводе стрелки или необходимость в переводе стрелки вручную. По данному графику возможно определить мгновенную скорость движения трамвая на участке со стрелочным переводом, однако это не дает представления о средней скорости. Для решения задачи определения средней скорости построены графики зависимости скорости от времени прохождения стрелочного перевода (рис.5, 6).

Анализируя приведенные выше графики, можно отметить, что при ручном переводе стрелки водитель трамвая вынужден останавливаться для перевода стрелки. Отсюда средняя скорость при ручном переводе стрелки будет значительно меньше (3 км/ч), чем при автома-

тическом переводе (12 км/ч). Подобная остановка вызывает ряд негативных последствий:

- снижение средней скорости движения на маршруте;
- нарушение координированного регулирования трамвайного движения;
- повышенная опасность для водителя трамвая при выходе на проезжую часть.

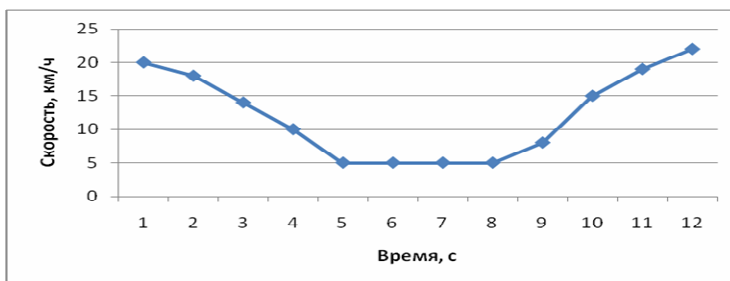


Рис.5 – График изменения скорости от времени на участке с автоматическим стрелочным переводом

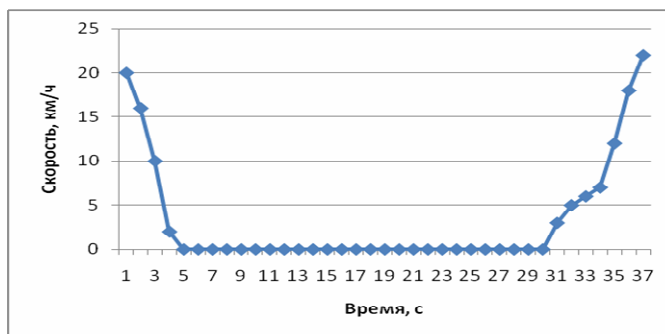


Рис.6 – График изменения скорости от времени на участке с ручным стрелочным переводом

Для определения продолжительности перевода стрелок вручную были проведены исследования и построен график (рис.7).

Обработав полученные данные, определили, что среднее время перевода стрелки водителем трамвая вручную составляет $t_n = 26$ с.

Рассмотрев, как влияют различные способы перевода стрелки на скорость и время движения трамвая, необходимо установить, каким образом наличие стрелочного перевода с ручным управлением сказыв-

вается на работе трамвая. Для этого необходимо знать вероятность возникновения ситуации, при которой будет необходим перевод стрелки.

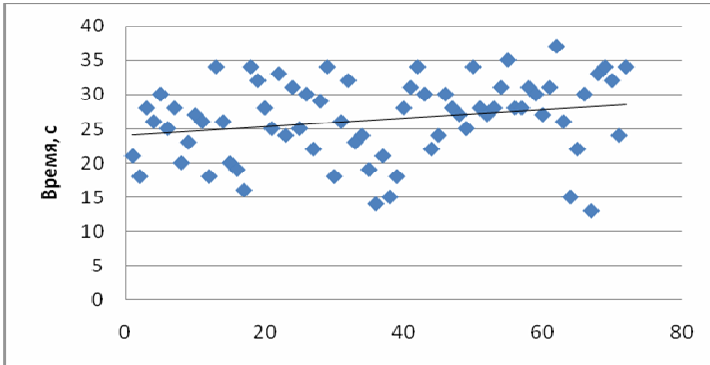


Рис.7 – Продолжительность перевода стрелок вручную

Вероятность задержек у трамвайной стрелки состоит из:

- вероятности необходимости перевода стрелок;
- вероятности необходимости перевода стрелок вручную.

В основном стрелочная развязка обеспечивает разделение одного трамвайного потока на два, отсюда интенсивность движения трамваев можно записать как:

$$q_{mp} = q_{mp1} + q_{mp2},$$

где q_{mp1} и q_{mp2} – среднесуточная интенсивность трамвайных поворотных потоков в одном и в другом направлениях, тр/с.

При этом $q_{mp1} \geq q_{mp2}$.

Количества переведенных стрелок в час определяется по формуле

$$n_{cm} = 2 \cdot q_{mp2} \cdot 3600.$$

Вероятность необходимости перевода стрелок вручную зависит от технического состояния стрелочной развязки и определяется отношением количества перевода стрелок вручную к общему количеству пройденных трамваев:

$$\delta = \frac{n_{cm} - n_{авсм}}{n_{cm}},$$

где $n_{авсм}$ – количество раз автоматически переведенных стрелок в час, ед.; n_{cm} – общее количество раз переведенных стрелок в час, ед.

Данные по количеству переведенных стрелок определяются экспериментальным путем для каждой конкретной стрелочной развязки.

Удельная задержка на стрелочной развязке определяется следующим образом:

$$e_{icn} = \frac{2 \cdot t_{cm}^* \cdot \delta_{cm} \cdot q_{mp2}}{q_{mp}}, \text{ с/тр},$$

где t_{cm}^* – расчетное значение времени, затраченного на перевод стрелок вручную, с:

– теоретический способ (учитывающий среднее время прибытия трамвая к стрелочной развязке и продолжительность светофорных фаз)

$$t_{cm}^* = \begin{cases} \frac{t_{cm}(3C - t_{cm} - C \cdot \lambda)}{2C} & \text{для } C(1 - \lambda) > t_{cm} < C \cdot \lambda, \\ \frac{5C^2(1 - \lambda)^2 + t_{cm}(6C \cdot \lambda - 4C + t_{cm})}{2C} & \text{для } C(1 - \lambda) \leq t_{cm} > 0, \\ t_{cm} & \text{для } C \cdot \lambda \leq t_{cm}; \end{cases}$$

– практический способ (основанный на экспериментальных значениях времени прибытия трамвая к стрелочному переводу)

$$t_{cm}^* = t_{cm} + t_{np} - t_{до} - t_{nc}, \text{ с},$$

где t_{np} – среднее время прибытия трамвая к стрелочному переводу относительно времени включения зеленого сигнала светофора, с (значение может быть как положительное, при прибытии трамвая на зеленый сигнал светофора и отрицательное, при прибытии на красный сигнал светофора); $t_{до}$ – время зеленого сигнала прошедшее до прибытия трамвая, $t_{до} = t_{np} \geq 0$ с; t_{nc} – время зеленого сигнала, оставшееся на движение трамвая после перевода стрелки, $t_{nc} = t_{cm} + t_{до} - t_z \geq 0$.

Удельные остановки трамвая:

$$e_{ocm} = \frac{n_{cm} - n_{авсм}}{3600 \cdot q_{mp}}, \text{ ост./тр}.$$

Рассчитав потери, можно определить оптимальное время прибытия трамвая к стрелочному переводу, при котором потери трамвая будут минимальные (т.е. прибытие будет происходить во время горения красного сигнала светофора): $t_{np} = 0 - t_{cm}$, с.

Однако не всем трамваям необходим перевод стрелок, а значит, прибыв на красный сигнал светофора, они будут терять время. Для

того чтобы определить, скольким трамваям необходим перевод стрелок, был введен следующий коэффициент: $K_{cm} = \frac{2q_{mp2}}{q_{mp}}$. Можно за-

метить, что при коэффициенте, равном единице, трамвайный поток будет разделяться равномерно $q_{mp1} = q_{mp2}$ и практически всем трамваям будет необходим перевод стрелок, соответственно, чем ближе коэффициент к нулю, тем меньшему количеству трамваев будет необходим перевод стрелки. С целью определения оптимального времени прибытия трамвая к стрелочному переводу были проанализированы потери трамваев, вызванные переводом стрелок вручную и потери трамвая от задержки на красный сигнал светофора (рис.8).

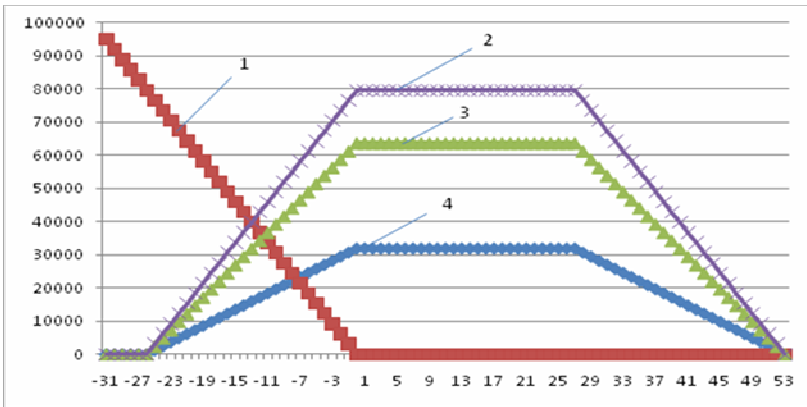


Рис.8 – Характеристика изменения потерь трамвая в зависимости от времени его прибытия к стрелочной развязке со светофорным объектом: график 1 – потери трамвая на регулируемом перекрестке (нет необходимости в переводе стрелок); график 2 – потери трамвая, вызванные переводом стрелки (необходим перевод стрелок и $K_{cm}=1$); график 3 – потери трамвая, вызванные переводом стрелки (необходим перевод стрелок и $K_{cm}=0,8$); график 4 – потери трамвая, вызванные переводом стрелки (необходим перевод стрелок и $K_{cm}=0,4$).

Как можно заметить из рис.8, при $K_{cm}=1$ (график 2) потери будут одинаково максимальными независимо от времени прибытия трамвая. В других случаях оптимальное время прибытия трамвая к регулируемому объекту со стрелочным переводом будет находиться в точке пересечения графика 1 и графиков 3, 4. Отсюда оптимальное время прибытия трамвая можно найти из равенства $e_{lcn} = e_{tr}$:

$$t_{np} = 0,25 \frac{n_o(1 - \lambda)}{\delta_{cm} \cdot q_{mp2}} - t_{cm}, \text{ с.}$$

Анализируя зависимость потерь в трамвайном движении от времени прибытия трамвая к регулируемому объекту со стрелочным переводом, можно сделать вывод, что при ручном переводе стрелок потери неизбежны, однако при определенном времени прибытия эти потери могут быть минимальные.

1. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В 2-х ч. Ч.2. – Минск: Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 306 с.

2. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В 2-х ч. Ч.1. – Минск: Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 328 с.

3. Врубель Ю.А., Капский Д.В., Кот Е.Н. Определение потерь в дорожном движении. – Минск: БНТУ, 2006. – 240 с.

4. Врубель Ю.А. Потери в дорожном движении. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.

5. Кустенко А.А. Задержки на трамвайной стрелке // Автомобильные дороги и безопасность движения: Междунар. сб. науч. тр. – Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-т, 2008. – №8. – С.295-298.

6. Кустенко А.А. Влияние способа перевода трамвайной стрелки на эффективность трамвайного движения // Автомобильные дороги и безопасность движения: Междунар. сб. науч. тр. – Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-т, 2009. – №9. – С.197-199.

Получено 27.04.2010

УДК 656.027

К.В.ДОЛЯ

Управління Головної державної інспекції на автомобільному транспорті в Харківській області

ЩОДО ТАРИФООУТВОРЕННЯ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянуто існуючу систему організації пасажирських перевезень на міських автобусних маршрутах. Виявлено, що діюча система єдиного тарифу не забезпечена механізмом введення тарифів на перевезення з урахуванням фактично отриманої пасажиром послуги. Запропоновано підхід до введення єдиного тарифу на спільних ділянках маршрутів, що буде як враховувати інтереси пасажирів, так і надасть можливості стимулювання перевізників в оновленні транспортних засобів для роботи на маршрутах.

Рассмотрено существующую систему организации пассажирских перевозок на городских автобусных маршрутах. Определено, что действующая система единого тарифа не обеспечена механизмом введения тарифов на перевозку с учетом фактически полученной пассажиром услуги. Предложен подход к введению единого тарифа на общих участках маршрутов, который будет как учитывать интересы пассажиров, так и даст возможность стимулирования перевозчиков в обновлении транспортных средств.

The existent system organization of passenger transportations is considered on city buses routes. It is certain that the operating system of single tariff not is provided with the mechanism of introduction of tariffs on transportation taking into account the favors actually got a