

**Рисунок 10 – Процедура расчёта времени пробега**

*Окончательно поступила 15 февраля 2018 г.*

**УДК 656.022**

## **Требования к составлению расписаний движения наземного общественного транспорта в России**

**Г.В. Таубкин**

*Статья посвящена анализу подходов к составлению расписаний. Рекомендуется комплексный подход, включающий в себя оптимизацию маршрутной сети (кустовое планирование перевозок) с выходом на составление расписаний, максимально ориентированных на удовлетворение потребности в перевозках и учитывающее ограничения действующего законодательства.*

*The article is devoted to the analysis of approaches to scheduling. An integrated approach is recommended, which includes optimization of the route network (custom planning of transportation) with access to scheduling, as much as possible focused on meeting the need for transportation and taking into account the limitations of current legislation.*

Составление расписания движения общественного транспорта является одной из серьезных задач, которые приходится решать

каждому транспортному предприятию города. Расписание является основой организации движения транспорта, которое должно быть обязательным для выполнения всеми линейными работниками пассажирского автотранспорта. В конечном счёте именно расписание закладывает фундамент как экономического состояния транспортного предприятия, так и качества обслуживания населения.

При составлении расписания движения стремятся создать условия безопасности работы, удобства проезда, минимум затрат времени на поездку, высокую регулярность движения и производительность, а также возможность выполнения плана по объёмным, финансовым и экономическим показателям. Поэтому именно качественное транспортное обслуживание населения является одной из важнейших составляющих уровня жизни населения и приоритетной задачей социально-экономического развития муниципального образования.

Можно сформулировать следующие задачи составления расписания:

- довести до конечного потребителя (пассажира) качество транспортного обслуживания, заложенное на предварительных этапах планирования;
- максимально эффективно использовать парк подвижного состава и водительский состав;
- обеспечить безопасность перевозок, для чего организовать работу водителей в соответствии с нормами труда и отдыха, определёнными государственными стандартами и правилами/регламентом данного ПАТП;
- обеспечить требуемый законодательством баланс рабочего времени и продолжительность смен.

Таким образом, качество расписания может быть оценено именно степенью достижения вышеобозначенных целей/задач – что и определяет методику его анализа.

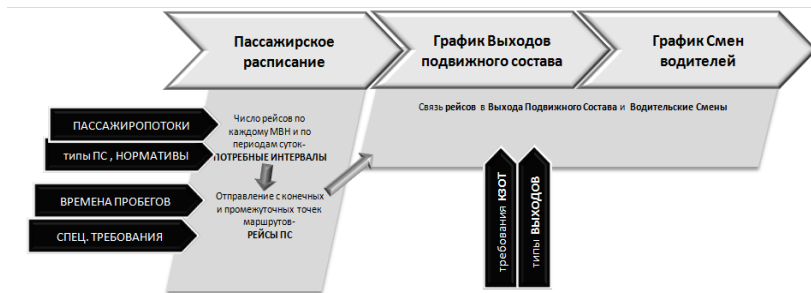
### **Основные понятия Расписания Движения**

Для формирования процедуры анализа расписания необходимо определить это понятие. Под общим термином «**Расписание**» следует понимать (рисунок 1):

- пассажирское расписание – отправления (рейсы) по конечным/контрольным точкам маршрутов;

– график Выходов подвижного состава – последовательности отправлений (рейсов), выполняемых одним виртуальным Графиком в течение дня;

– график Смен водителей – последовательности отправлений (рейсов), выполняемых одним виртуальным водителем в течение дня.



**Рисунок 1 – Структура Расписания**

### **Потребные интервалы движения**

Потребные интервалы движения определяются по каждому МВН (Маршрут–Вариант–Направление) дифференцировано по:

- типам дней и сезона (Будни, Выходные, Зима, Лето...);
- периодам суток (типичные, часы суток...)

Определение количества потребных рейсов осуществляется на базе анализа пассажиропотоков и с учётом используемого вида Подвижного Состава. Количество рейсов должно обеспечивать на любом сегменте маршрута (особенно на максимально загруженном) плотность заполнения салона не более установленного норматива

$$P_i = (Q_i - S_{eats}) / S_{square},$$

где  $p_i$  – плотность заполнения салона (число стоящих пассажиров на кв. метр);

$q_i$  – заполнения салона (число пассажиров на перегоне  $\langle i \rangle$ );

$S_{eats}$  – кол-во сидений в ПС;

$S_{square}$  – площадь пола салона, предназначенная для стоящих пассажиров.

Количество рейсов заданного подвижного состава должны обеспечить загрузку не более норматива – принято 3.5 пасс./кв.м. С дру-

гой стороны, количество рейсов должно обеспечивать максимально разрешённый интервал. Например, некий район не формирует значимый пассажиропоток и исходя из этого требуется не более 2-х рейсов в час. Однако по политике муниципалитета или по утверждённому стандарту интервал в данный тип дня и периода суток не должен превышать 15 минут. Тогда выбирается 4 рейса в час. То есть выбирается максимальное из двух критериев число рейсов (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Выбор потребного интервала**

Напоминаем, что траектории маршрутов и тип ПС были выбраны на предшествующих этапах планирования.

### **Плановые рейсы**

Рейс – это проезд ПС от первой до последней остановки данного МВН при отправлении в назначенное время. Количество рейсов по периодам суток определяется в соответствии с правилами предыдущего абзаца, а времена отправления с начального пункта назначаются из следующих соображений:

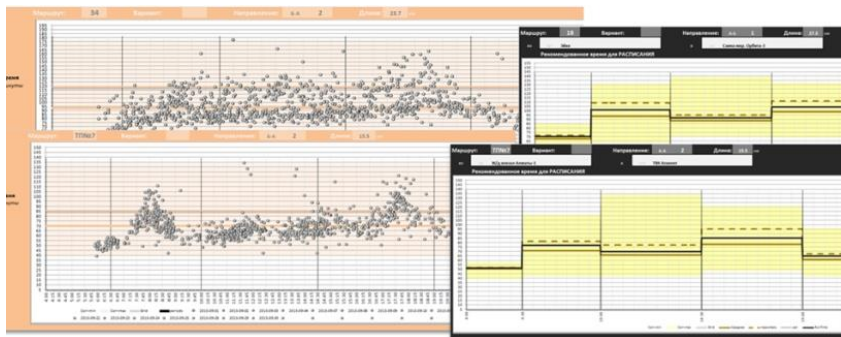
- интервалы между рейсами должны быть по возможности равномерными;
- должны быть взяты в расчёт требования межмаршрутной координации;
- координация между маршрутами в общем коридоре (общий равномерный интервал);
- подвозо-отвозочная координация (один маршрут подвозит к другому);
- должны учитываться такие специальные требования, как пребывание в определённую точку в определённое время (например к концу смены завода).

Учёт вышеприведённых требований не может быть выполнен без детального планирования времён пробегов между остановочными пунктами по каждому МВН в разрезе типов дней и периодов суток.

**Времена пробегов ПС** по маршрутам – один из базовых параметров, формирующих как экономику, так и качество перевозок.

В настоящее время – когда Подвижной Состав работает под контролем AVL – необходимо разработать и внедрить автоматические процедуры анализа данных навигации (AVL) и сформировать компетенцию по определению требуемых рациональных/оптимальных времён пробегов по каждому маршруту в вышеуказанных разрезах.

**Выход ПС и Выход водителей ПС** – последовательность рейсов, выполняемым одним ПС в течение дня. Обычно водители привязаны к ПС, и поэтому графики выходов ПС и водителей строятся параллельно. При построении Выходов необходимо учитывать следующие факторы: времена отстоев между рейсами; работа ПС на только одном или нескольких маршрутах (моно или поли планирование); типы приемлемых Выходов.



**Рисунок 3 – Определение времён пробегов по данным ГЛОНАС**

Заложенные в расписание времена межрейсовых отстоев являются наиважнейшим фактором, влияющим на эффективность и безопасность перевозок. Времена между рейсами даются не только для отдыха водителей (безопасность), но и для буфера, позволяющего обеспечить вхождение ПС в расписание даже при опоздании предыдущего рейса (качество-регулярность).

С другой стороны увеличение отстоев повлечёт за собой увеличение времени оборота, а значит и потребности в ПС (эффективность). Поэтому необходимо придерживаться определённого процента времени отстоев от общего времени оборота (по крайней мере 10 %).

Если запланированные времена отстоев на конечных пунктах относительно малы – это влияет на планируемое снижение парка требуемого подвижного состава, но приводит к большой вероятности **НЕРЕГУЛЯРНОСТИ** движения автобусов. Это особенно актуально при не совсем точном определении времён на пробег. Как норма для времени пробега по маршруту на данный период суток берётся некая средняя величина замеров – но это означает, что почти половина рейсов запланировано придут с опозданием. При малых временах отстоев на конечных – нерегулярность планируется при составлении расписания – а экономия подвижного состава остаётся только на бумаге.

**Мультимаршрутное планирование** – то есть составление расписания для группы маршрутов с возможностью переключения транспортного средства между маршрутами – является мощным инструментом сокращения непроизводительных расходов, позволяет составлять расписания с дифференцированными по направлениям интервалами (в более мощном направлении – интервалы меньше). Малый отстой говорит о малой вероятности того, что кустовое планирование принесет пользу (зачем менять маршрут, если надо ехать по тому же маршруту через пару-тройку минут). Но может быть этот следующий рейс запланирован как следствие технологии Расписания, а не исходя из потребностей в перевозках? Может на этом направлении можно снизить частоту движения и перевести ресурсы в более необходимую точку?

Тогда интервал вырастет-повысится технологический отстой – увеличится полезность кустового планирования и регулярность движения. *Сепаратная разработка расписаний для каждого маршрута приводит к практически невозможности межмаршрутной координации – вместо того, чтобы организовывать равномерные интервалы на поли-маршрутном коридоре – зачастую подвижной состав с разных маршрутов проходит такой коридор почти одновременно.*

**Методы построения Выходов** можно проклассифицировать по принципу двух привязок (рисунок 4):

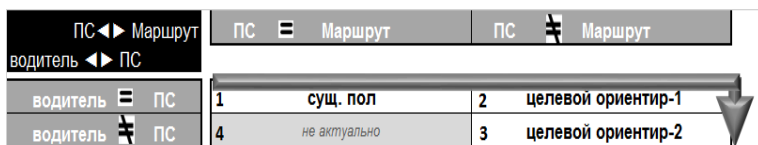
- привязка водителя к ПС;

– привязка ПС к маршруту.

На рисунке 4 приведена матрица привязок, образующая теоретически 4 возможных методических подходов построения расписания:

(1) Первый подход практикуется сегодня в городах России и всего постсоветского пространства.

*Водитель и ПС образуют неразрывный тандем в течение дня и работают в рамках только определённого маршрута.*



**Рисунок 4 – Методы формирования выходов**

(2) Второй подход – мультимаршрутное расписание – пока практически не используется в постсоветском пространстве, но были опробированы ряд маршрутных кустов.

*Водитель и ПС образуют неразрывный тандем в течение дня и работают на различных маршрутах (когда это обусловлено эффективностью).*

(3) Третий подход – мультимаршрутное расписание со сменой водителем подвижного состава (переход водителя с одного транспортного средства на другое). Не практикуется в постсоветском пространстве. Были отдельные попытки – в основном на рельсовом транспорте.

*Водитель и ПС работают отдельно друг от друга на различных маршрутах (когда это обусловлено эффективностью).*

(4) Четвёртый подход – мономаршрутное расписание со сменой водителем подвижного состава теоритически возможен – особенно при планировании обедов или при смене водителя на конечных станциях (как в метро)

*Водитель и ПС работают отдельно друг от друга на одном маршруте (когда это обусловлено эффективностью)*

### **Основные направления совершенствования разработки расписаний в России**

Первая проблема – отсутствие серьёзного программного обеспечения по разработке расписаний. В мире сейчас существует множе-

ство компьютерных пакетов по разработке расписаний (TRAPEZE, HASTUS, GOALBUS, OPTIBUS, PTV, INIT...). Все они ориентированы на мультимаршрутные расписания, имеют ГИС – платформу, различные оптимизационные модули. Однако они достаточно дороги и не всегда учитывают специфику Российского рынка. Особняком от них стоит литовский пакет PIKAS, ориентированный на мономаршрутные расписания (с возможностью ручной отправки ПС на другой маршрут и ручного механизма координации коридорных расписаний). Каждое ПАТП или муниципалитет должны тщательно взвесить какой пакет приобретать или разрабатывать что-то своё, для чего прежде всего надо чётко сформулировать требования к составлению расписания.

Примером может служить Муниципальное объединение автотранспортных предприятий г. Екатеринбурга, в котором уже 20 лет эксплуатируется программа для составления собственной разработки, удовлетворяющая сформулированным выше требованиям, в том числе дает возможность мультимаршрутного составления расписаний с выравниванием интервалов на общих участках движения. Именно сравнение возможностей пакета с набором своих требований и проведение функционально-стоимостного анализа должно привести к выбору нужного ПО, а не просмотр рекламных материалов и выслушивание обещаний производителей. Отсюда мы выходим на вторую проблему – нехватка квалифицированных кадров – советская школа утеряна, новая не создана. Никакое ПО не заменит планировщика – оно только может помочь/подсказать ему. Чтобы составить требования к пакету – надо хорошо владеть теорией расписаний, а не просто знать местную специфику.

При этом, понятно, что нельзя ориентироваться на вышеописанный первый подход построения Выходов – мономаршрутное расписание с неразрывной парой «водитель-ПС». Такой подход обусловит неэффективное использование ПС и приведёт к потребности его увеличения на единицу условного качества перевозок. Я бы предложил сосредоточиться на втором подходе – с неразрывной парой «водитель-ПС» на мультимаршрутном полотне. Этот подход сохраняет ответственность водителя за своим транспортным средством, но даёт обширные возможности по оптимизации использования ресурсов и межмаршрутной координации. Более того, данный подход



позволит снизить влияние параметров выходов водителей на реальные плановые интервалы движения.

Приведём пример реального маршрутного расписания. Как показано на рисунке 5, из 16 автобусов утром одновременно работают только 15. С 12:30 до 14:30 – сервис усиливается, а затем до 16:30 снижается (из 16 автобусов одновременно на линии 12-13). И только с 17:30 до 19:15 используются все 16 автобусов.

В качестве проверки было построено расписание на 15 выходов (не 16) и при этом не теряя качества в пиках (даже улучшая – особенно в поздний утренний пик и ранний вечерний пик), также получилось оптимизировать межпиковые затраты (нет ненужных всплесков активности в 12:00).

Данный пример показывает, что зачастую расписание составляется во многом под влиянием ограничений и требований к принятым типам Выходов, при этом удовлетворение транспортных потребностей населения играет меньшую роль.

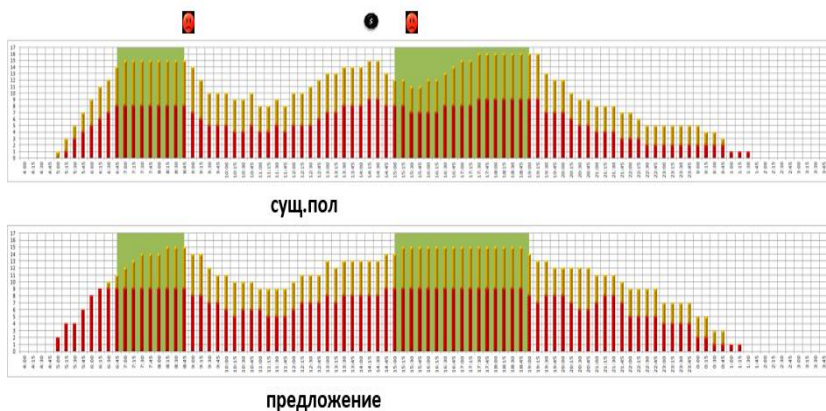


Рисунок 5 – Сравнение расписаний: ● – неэффективно; ■ – провал сервиса; цвет – маршруты

Отсюда вытекает насущная потребность в структуризации типов Выходов и их привязки к характеристикам потребностей населения в передвижениях по периодам суток. Имея схему определения Выходов и их характеристик можно ещё на предварительных этапах – до составления детального расписания «прикинуть» рациональную струк-

туру Выходов, которая соответствует характеру пассажиропотоков. Такие методы были разработаны ещё в докомпьютерную эру советскими транспортниками. Особенно известен графоаналитический метод А. Варелопуло.

Как уже сказано выше – сначала определялись потребные рейсы по часам суток, затем исходя из величин времён пробегов рассчитывалось потребное количество ПС по часам суток, а уже затем полученную таким образом гистограмму графоаналитическим методом заполняли соответствующими видами Выходов. Конечно, сейчас всё это можно рассчитать на компьютере и взять за основу не один маршрут, а куст. Но сам методологический посыл остаётся верным – структура Выходов

На рисунке 6 наглядно показан процесс выявления рациональной структуры Выходов, соответствующих поведению пассажиропотоков по часам суток: два двухсменных Выхода, один односменный и два разрывных. Причём разрывные выходы поддерживают работу на маршруте пока двухсменки обязаны обедать по КЗОТ.

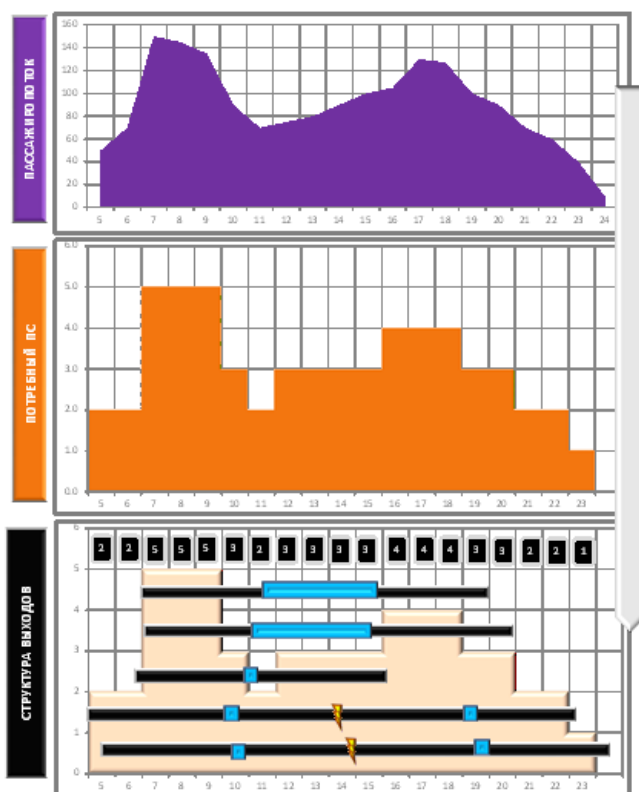
Подведя итоги можно отметить, что в области составления маршрутных расписаний есть ещё достаточно серьёзных резервов для улучшения баланса между качеством и эффективностью перевозок, что может быть сфокусировано следующим образом: выпуск должен соответствовать характеру пассажиропотоков (рисунок 6).

В первую очередь необходимо навести порядок со структурой выходов, удовлетворяющих требованиям КЗОТ, приемлимыми для Перевозчиков и соответствующих характеру пассажиропотоков и транспортному спросу.

Выхода и их параметры должны быть количественно типизированы. Необходимо:

- перейти к методу мультимаршрутного планирования, что позволит создать предпосылки для оптимизации ресурсов, а также для координации работы ПС;
- построить автоматизированную систему определения дифференцированных по периодам суток пробегов для маршрутов между различными парами остановочных пунктов – на базе обработки и анализа данных AVL (ГЛОНАС). Причём перейти от использования средних значений к статистически оправданным показателям, таким как персенталь;

- определить политику отстоев на конечных остановках в сторону их увеличения для создания буферов регулярности;
- разрабатывать расписания с дифференцированными по направлениям интервалами движения (в утренний пик от периферии к центру или из микрорайона к метро частота движения сильнее, чем в противоположную сторону). Это может быть достигнуто за счёт вышеупомянутого мультимаршрутного подхода, а также за счёт использования различных типов маршрутных вариантов или эффективных холостых пробегов, что приведёт к видимому улучшению эффективности перевозок.



**Рисунок 6 – Графо-Аналитический метод выбора структуры Выходов**

Следует ввести чёткое определение понятия тактового расписания – сегодня каждый понимает этот термин по-своему. Узаконить построение расписания с любым интервалом (поминутный шаг) в случае частоты движения более 4-х рейсов в час, а при более слабых частотах планировать интервалы понятные пассажирам – например, кратные пяти (20, 25, 30.... минут).

Базируясь на вышесказанном, наблюдается насущная необходимость во внедрении компьютерного пакета прикладных программ, с помощью которого специалисты будут разрабатывать расписания для перевозчиков на различные горизонты – от оперативных диспетчерских планов до годовых заданий на маршрутное движение подвижного состава.

*Поступила 8 февраля 2018 г.*

От научного редактора: Просматривается тесная связь составления расписания и планирования работы водителей и ПС. Она, конечно, есть, и она в основном в продолжительности смен, которые закладываются в расписание. А вот дальше все может происходить по-разному, используются разные схемы выходов водителей и их подмен друг друга, чтобы в итоге выйти на требуемый месячный баланс рабочего времени. Здесь, кстати, (в использовании библиотеки схем выходов, например в екатеринбургском МОАП такая связь есть) – большой простор для повышения гибкости расписаний в сторону приближения к оптимальным. Мешает, как всегда, привычка к старому и нежелание или неумение думать.

## **УДК 656.13**

### **К вопросу организации трамвайного движения на проблемных участках на примере Екатеринбурга**

**А.А. Цариков**

*Трамвай, как вид городского транспорта, считается наиболее перспективным на современном этапе развития в Европейских развитых странах. К данному тезису постепенно, но верно приходят и города постсоветского пространства. Вместе с этим, в организации трамвайного движения существует множество проблем, решение которых требует нового подхода.*