

PROBABILITY DISTRIBUTIONS OF SPECIFIC RESISTANCE TO MOVEMENT OF DIFFERENT TYPES OF WAGONS WHEN ROLLING DOWN IN THE SORTING FLEET

The density distributions used in the current regulations for the distribution of resistance to the movement of wagons when rolling down a gravity hump are considered. The reasons for the need to carry out additional studies of the force effects on the uncoupling rolling down the hill and determining the probability distributions of the forces of resistance to the movement of wagons at the present stage of the development of railway transport are established. The results of statistical data processing of the automated system "Computer Vision" on the rolling of single wagons of different types from the operated gravity hump slide are presented. The probability distribution densities of the total resistivity of the movement of single wagons of different types are given. The numerical characteristics of the distribution densities of the total resistivity of the movement of single wagons of different types when rolling down the hill are compared, including comparison with the currently used normative data. Recommendations for further correlation are given.

Получено 12.12.2022

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 4. Гомель, 2022

УДК 656.021.5:656.211.4

С. П. ВАКУЛЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва
post-iuit@bk.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРОПОТОКОВ С ДИНАМИЧЕСКИМ ГОРИЗОНТОМ СОБЫТИЙ

Предлагается методика прогнозирования пригородного пассажиропотока как многоструктурного образования, порождаемого различными факторами, что обеспечивает устойчивую платформу целевого прогноза с мониторингом состояния транспортной системы. Результат оценки предиктивных пригородных потоков основывается не только на статистике некоторой ретроспективной выборки, но на знании причин, формирующих соответствующий сегментный поток.

Понятие социалитета связывается с необходимостью обеспечения определенных процессов, соблюдения некоторых условий и правил, принятых в обществе. Это своеобразная гражданская позиция на уровне государственных решений по защите прав отдельных слоев населения. Обеспечение при-

городных перевозок, часто убыточных, является особой сферой, в которой только экономические стимулы не могут использоваться в полной мере. Безубыточность пригородных перевозок достигается, как показывает существующая практика, при увеличении провозных платежей в 5–10 раз. Огромный парк дизель- и электропоездов, курсирующих на незначительные расстояния, наличие большого числа остановок, малые скорости движения на участке приводят к большим удельным расходам топлива и электроэнергии. К этому следует добавить крайне неритмичный характер пригородных перевозок. Проведенные автором исследования показывают, что распределение объема перевозимых пассажиров по частотному признаку имеет несимметричный характер (рисунок 1).

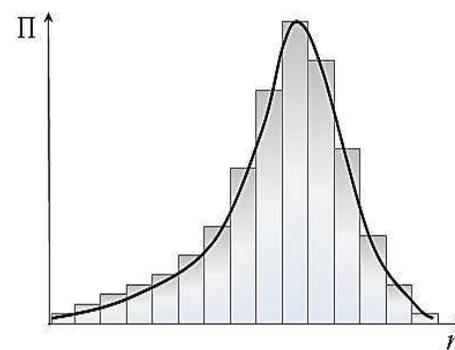


Рисунок 1 – Частотная
несимметричность
пригородных перевозок

Данная ситуация является достаточно типичной для широкого диапазона условий обеспечения пригородными перевозками средних, крупных и крупнейших городов. Это значит, что чаще в пригородных поездах находится количество пассажиров меньше, чем среднее их значение. Если попытаться сократить количество поездов или перераспределить их по времени с учетом большего накопления пассажиров и увеличения населенности поездов, то это вызовет целый ряд негативных последствий.

Одним из основных является социальный фактор неудовлетворенности населения качеством предоставляемых транспортных услуг. Поэтому число экономический анализ данной проблемы с принятием обоснованных решений неприемлем.

На первый план выходит *социальный статус пригородных перевозок* – условие безальтернативного обеспечения качественными и доступными по ценам перевозками железнодорожным транспортом населения на короткие расстояния. Однако, с другой стороны, такая стратегия может рассматриваться как некий патронаж со стороны государства, поощряющего безудержные дотации и тем большие, чем более сложной оказывается экономическая ситуация в стране и мире. Поэтому возникает вопрос о степени дотационности провозных плат в пригородном сообщении и уровне соответствующего качественного обеспечения перевозок. Ведь при окупаемости транспортных услуг возникает больше возможностей повысить их качество, в противном случае полная убыточность перевозок ложится двойным бременем на перевозчика: он покрывает убытки и вкладывает дополнительные финансовые ресурсы на повышение качества перевозок.

Поэтому в сложных условиях обеспечения паритета между возрастающими затратами на содержание существующей инфраструктуры и ростом цен требуется находить тот уровень адекватных и объективных не только экономических, но и социальных решений, помогающих включить железнодорожный транспорт в число самых перспективных перевозчиков, способных предоставить весь спектр транспортных услуг по самой привлекательной для клиента стоимости этих услуг.

Стратегия социально ориентированных решений является качеством богатого, цивилизованного и гуманистического государства, которое может позволить взять на себя часть расходов своих граждан, компенсируя постоянные затраты на столь необходимые перевозки, без которых население городов не может обойтись. Следует иметь в виду, что при этом проявляется и забота о здоровье людей, так как регулярные выезды за пределы городских агломераций позволяют сменить экологическую обстановку, далеко не самую благоприятную, особенно в крупнейших городах и мегаполисах.

Оценка перспективных размеров пригородного пассажиропотока сопряжена со значительной сложностью, связанной с ее высокой чувствительностью к изменению условий поездки, общей социально-экономической ситуацией, с одной стороны (действие глобальных факторов), и установившейся высокой неравномерностью, функционально присущей этому виду перевозок – с другой (действие локальных факторов). Зачастую неравномерность имеет импульсный характер, прогнозируемый по вектору динамики, но с трудом определяемый по величине. Квалификация определенной части пригородных перевозок как социально значимой приводит к высоким требованиям, предъявляемым к качеству транспортного обслуживания. Социально значимые – следовательно, безусловно обеспечиваемые, гарантированно обслуживаемые и достаточно привлекательные в экономическом плане с широким ассортиментом тарифных схем по категориям льготных услуг.

Важно видеть в одной из достигаемых целей обеспечение качественных перевозок пригородных пассажиров с возможностью привлечения дополнительной доли пассажиропотока, переходящего на железнодорожный транспорт с других видов транспорта по причине усиления некоторых позиций в сравнении с предыдущим уровнем обслуживания.

Следует обратить внимание на «мягкий», своеобразный щадящий режим, который постоянно нужно применять к социально значимым перевозкам. Их особый статус требует определенной предупредительности применяемых мер, особенно экономического характера, приводящих к росту стоимости провозных плат, повышению населенности поезда и др. По всей видимости, пригородные перевозки должны находиться под государственной защитой, которая должна охранять их от резких ударов экономических реалий. Дотационный принцип существования пригородных перевозок

должен рассматриваться как первоочередной механизм регулирования экономических отношений железной дороги с пассажиром. Согласно результатам постоянного мониторинга качества обслуживания пригородных пассажиров на других видах транспорта следует делать все возможное, чтобы хотя бы по одной позиции качество обслуживания на железнодорожном транспорте было лучше. В некоторых случаях следует использовать демпинговые схемы в тарифной политике (естественно, в рамках действующего законодательства).

Социальная значимость пригородных перевозок должна стать престижной для государства. Именно в таком контексте приобретает смысл конкретной заботы о человеке, обеспечение его прав и гражданских свобод.

С точки зрения рассмотренных позиций неизмеримо возрастает важность прогнозирования пригородных пассажиропотоков, которые не являются простой частью общего объема пассажиропотоков, а представляют собой сложную сферу взаимоотношений всего населения страны с транспортом. Пригородное движение охватывает всех людей без исключения. По некоторым экспертным оценкам, в среднем за время своей жизни человек совершает пригородных поездок на 300 тыс. км, что соразмерно с путешествием на Луну! Активная пригородная миграционная способность в некоторых случаях становится стилем всей жизни, определяя поведение и привычки людей и делая транспорт неизменным атрибутом своего существования. С точки зрения адепта железнодорожного транспорта в нашем виде перевозок для человека важно создать непоколебимую уверенность в том, что это тот тип перевозчика, который способен удовлетворить все запросы пассажира по самой высокой планке.

Динамический горизонт событий характеризуется подвижной границей глубины прогнозирования. При этом следует отметить, что горизонт упреждения планируемых пригородных пассажиропотоков различается для различных видов перевозок по группам населения, определяющим поездки выходного дня (дачные, туристические, отдых), рабочие (утром и вечером, в будние дни), специфического назначения. Необходимость выделения групп, совершающих различные поездки (различие по функциональному назначению) при прогнозировании связана с особенностями действия закономерностей, определяющих периодичность их действия. Понятие периодичности также следует уточнить. Через определенное время величины исследуемых пассажиропотоков не повторяются, повторяется лишь действие одних и тех же факторов, приводящих к аналогичному вектору в динамике изменения размеров потоков.

Пусть исходная точка прогнозирования (нуль-пункт) находится в настоящем времени с текущим значением t_0 . От этой временной характеристики мы определяем значения перспективных пригородных пассажиропотоков по отдельным группам Π_i с характерными и только им присущими горизонтами прогнозирования (рисунок 2).

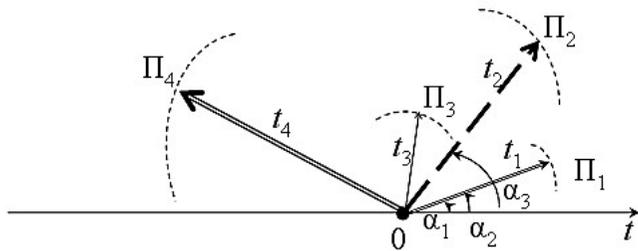


Рисунок 2 – Диаграмма прогнозирования величин пригородных пассажиропотоков с динамическим горизонтом событий

Согласно такой диаграмме целесообразно для каждой группы совершаемых поездов Π_i фиксировать определенный упреждающий период времени t_i со специфическим набором параметров α_i и ξ_i . При этом следует выделять однородный и неоднородный составы фиксируемых параметров исследуемых групп пригородных пассажиропотоков.

Однородный горизонт событий для разных групп характеризуется одним и тем же набором параметров (t_i, α_i, ξ_i) . *Неоднородный горизонт событий* различается составом определяемых параметров. Так, для группы Π_1 (см. рисунок 2) при прогнозировании могут потребоваться значения t_1 и ξ_1 , а для группы Π_3 – t_3 , α_3 и γ_3 (другой, специфический признак).

Исследуем однородный динамический горизонт событий, связанный с прогнозированием размеров выделенных групп пригородных пассажиропотоков. Упреждающий вектор времени t_i связан с характером динамики изменения данного пассажиропотока. Ранее автором уже отмечалось, что кривая изменения величины некоторого потока Π_i через определенное время T_m повторяется, но не в точности, а с некоторым диапазоном $\Delta\Pi_{ij}^k$, где j, k – интервальные (нижний и верхний) индексы вариации, i – номер периода прогнозирования (рисунок 3).

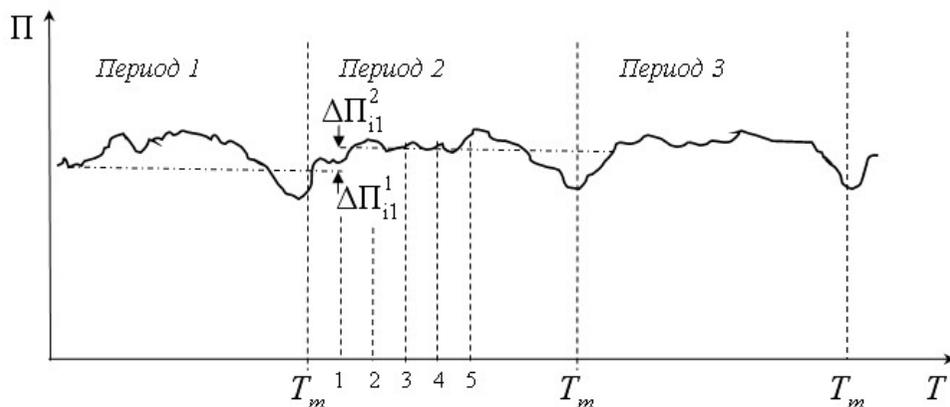


Рисунок 3 – Вариации повторяемого периода возвращаемых значений потоков

Считаем, что в пределах одного горизонта упреждаемых событий содержится достаточное количество периодов. Такую прогнозную схему будем называть *нормальной*. Таким образом, мы исследуем *прогнозные процессы с коротким периодом повторяемости значений* пригородных пассажиропотоков. Вариации величин потоков $\Delta\Pi_{ij}^k$ в пределах одного периода могут быть постоянными (*стабильный поток*) либо изменяться в определенных пределах ε_j , различных для разных периодов повторяемости. Интенсивность некоторого сегмента пригородного потока определяет набор его параметров и их вариации по различным периодам. Чем выше интенсивность (мощность) потока, тем стабильней его параметры, а их вариации – ниже.

На рисунке 4 приведены оценки, полученные автором при исследовании статистических и прогнозных потоков по целому ряду пассажирских станций средней полосы Российской Федерации. Исполненные перевозки свидетельствуют о том, что существует нижний предел надежности оценки вариаций пригородных пассажиропотоков, практически не зависящий от размеров тяготеющих центров. Этот предел находится на уровне 150 усл. пас/ч, ниже которого корректно идентифицировать $\Delta\Pi_{ij}^k$ не удастся.

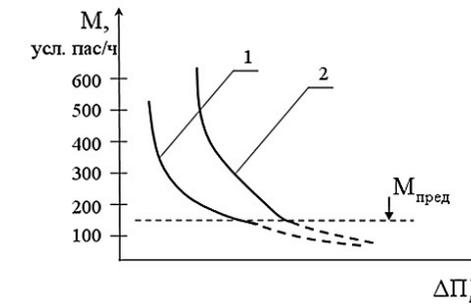


Рисунок 4 – Эмпирические зависимости для различных потокообразующих городов с населением: 1 – 100 тыс. чел.; 2 – от 100 до 500 тыс. чел.

Теоретически должен существовать и верхний предел уверенной оценки $\Delta\Pi_{ij}^k$ однако, как показали проведенные автором исследования, при этом следует учитывать возрастающее количество других факторов. Наиболее значимым из них является размер крупнейших городов и мегаполисов, структура пригородного потока которых более специфична, чем для средних и крупных городов. При этом вариации $\Delta\Pi_{ij}^k$ для мегаполисов существенно отличаются и требуют проведения особого исследования.

Динамический горизонт прогнозирования обеспечивается периодической подстройкой временного расстояния упреждения оценки состояния системы. Так как требуемый к исполнению объем пригородных перевозок варьируется даже по установленному периоду (например, различия в объемах перевозок пригородных перевозок на дачи в i -ю и $(i+1)$ -ю субботу данного месяца), то этот факт должен находить свое отражение и в прогнозировании. Динамика многофакторного влияния является неоднозначной. Попытка изучить действие таких факторов на размеры пригородных перевозок в течение года и такое измеренное воздействие закладывать в долгосрочное прогнозирование оказалась, как показали исследования автора, не-

эффективной. Действие факторов в следующем году оказывается другим, зависящим от влияния множества иных факторов более высокого уровня общности или более детализированных по структуре.

Поэтому предлагается использовать многоступенчатую схему оценки наступающих событий с распознаванием нарастающего действия определенных факторов и известным их влиянием на размеры пригородных пассажиропотоков. Например, экспертно установлено, что за период май – июнь объем пригородных перевозок на некотором участке возрастает в 2,73 раза с отклонением от среднего 230 пассажиров. Это отклонение связано с действующими тарифами на железнодорожном и автотранспорте, а также ценами на бензин, усиливая или ослабляя тем самым использование личного транспорта для осуществления данных видов поездок. Таким образом, изучая состояние указанных факторов и их развитие на перспективу, можно прогнозировать связанные с ними виды пригородных перевозок.

Основной сложностью в таком подходе оказывается то, что неизвестен конкретный вклад каждого из перечисленных факторов в вариацию указанных 230 пассажиров. И если ситуация развивается таким образом, что размеры исследуемого отдельного сегмента пригородных перевозок (только дачные перевозки) изменяются на 200 пассажиров из 230 ожидаемых, то многочисленность выявленных факторов может лишь ориентировать нас на возможное (вероятное) действие наиболее значимого фактора (или некоторое «долевое» участие определенных факторов).

Следует вообще признать относительным понятие значимости факторов при прогнозировании. Ранжирование причин, определяющего размеры сегментного пригородного пассажиропотока, привязывается к текущей ситуации. А так как состояние транспортной системы постоянно изменяется, то при этом изменяется и сила действия отдельных факторов, а следовательно, меняется их роль в формировании искомого нами параметра – размеров пригородного потока. Наблюдаемыми остаются лишь результаты, которые можно уверенно регистрировать.

Исследованиями автора установлено, что изучение структуры пригородного потока позволяет выявлять действие порождающих такой результат причин. И чем глубже будет такое расслоение по структуре, тем большую информацию можно извлечь из факторов, явившихся первопричиной регистрируемых пригородных потоков.

Сегментация пригородных перевозок по достигаемым пассажирами целям является ключевой позицией при построении прогностической концепции перспективных пригородных пассажиропотоков. Доля совершаемых поездок с определенным целевым условием в общем объеме пригородных перевозок на выделенном участке называется *обусловленным сегментом*. Пусть участок М-Н признается как выделенный для совершения пригородных перевозок. Причем станция М – пункт зарождения пригородных пассажиропотоков, станция Н – пункт их погашения. Так как на направлении

МН-Б по расписанию отправляется ряд пригородных поездов с различными станциями назначения, в таком случае имеем определенное рассеивание пригородного потока. Укороченный участок обращения пригородного поезда следует признать целесообразным, если при 100%-й населенности данного состава 85 % пассажиров достигают поставленные цели совершаемой поездки, т. е. они следуют до нужного им пункта и им не требуется ожидание следующего далее пригородного поезда.

Рассеивание (по сути, потеря) потока по некоторому пригородному участку, как показали проведенные автором исследования, является правилом, наиболее выраженным в периоды интенсивных перевозок, совершаемых в летний сезон (долгосрочное прогнозирование) и в предпраздничные дни (краткосрочное прогнозирование). В процессе статистического обследования участков обращения пригородных поездов необходимо определять опорные железнодорожные станции, где постоянно фиксируется погашение пригородного пассажиропотока не менее 1000 пассажиров (*устойчивые пункты*), и где имеются такие станции с периодическим фиксированием данного погашаемого пассажиропотока (*неустойчивые пункты*).

Принято считать, что если станция Н является станцией погашения пригородного пассажиропотока некоторого размера, то он одновременно является и пунктом зарождения такого же объема потока. Однако в действительности имеют место различные случаи образования потока в обратном направлении.

1 Станция Н через период накопления $t_n \leq 12$ ч устойчиво обеспечивает пригородный поток, равный по размеру погашаемому потоку, прибывшему данным пригородным поездом. Такая ситуация наблюдается при организации рабочих поездов, когда обеспечивается подвоз и вывоз людей, занятых на предприятиях промышленной зоны, удаленной от городских застроек.

2 Станция Н накапливает пригородный поток зарождения через период $t_n > 12$ ч в размере потока погашения. В этом случае не наблюдается устойчивости образования такого потока, который имеет спорадический, одномоментный характер. Данный поток можно регистрировать, например, при проведении в туристических зонах с массовым вывозом людей, при проведении праздничных гуляний, шествий и др. Железнодорожный транспорт в этом случае может быть весьма полезен при возможности его использования в качестве перевозчика.

3 Станция Н не обеспечивает накопления погашаемого потока в силу субъективных и объективных факторов. К субъективным можно отнести неудобное для пассажиров расписание пригородных поездов по обороту, к объективным – разноцелевые поездки с несовпадающим периодом возврата пассажиров. Рассеиванием погашаемого на станции Н потока может быть связано с широким полигоном точек назначения их поездок, отстоящих на

значительном расстоянии с удобной связью доставки в пункт назначения автотранспортом, но несогласованным графиком работы автомобильного и железнодорожного видов транспорта в обратном направлении. Рассеивание погашаемого потока по территории может быть *критичным* и *некритичным*. Если полигон рассеивания некритичен, то соответствующий поток порождения можно «собрать», устранив действие указанных выше субъективных причин. Критичный полигон рассеивания характеризуется значительными размерами (до 10 км от станции погашения потока), другими сложными условиями (болотистая, пересеченная или горная местности, наличие паромных переправ и др.). Это так называемая проблема последней мили в пригородной интерпретации.

Анализ пригородных перевозок на таких участках с потерей погашенного пригородного пассажиропотока показывает, что в большинстве случаев определяющими причинами являются субъективные факторы, а, например, действие такого фактора, как критичность полигона рассеивания, ограничивается 5–10 % всех случаев потери потока.

Три рассматриваемых варианта формирования обратного пригородного пассажиропотока по станции оборота Н предлагается называть прогнозными вариациями А, В и С (соответственно аббревиатурно ПВ-А, ПВ-В, ПВ-С).

ПВ-А обеспечивает уверенное прогнозирование с небольшим размахом вариации отклонений (рисунок 5).

Схема ПВ-А(а) (см. рисунок 5, а) характерна для станций, располагаемых в небольших городах. В таких случаях на участке М-Н сформировывается устойчивая сегментная структура пригородного пассажиропотока.

На участке М-Н обеспечивается интенсивное пригородное движение, регулярное по периодичности и значительное по размерам. Статистика исполненных перевозок за последние 2–3 года гарантирует высокую надежность прогнозных результатов на такой же период упреждения. Дисперсия потока минимальна в такой степени, что при прогнозировании можно пользоваться исключительно средними значениями по статистическим выборкам и закладывать их в прогнозные расчеты потребного подвижного состава. Диаграммы по мощности потока на участке обращения М-Н практически идентичны друг другу по аналогичным периодам с симметрично выраженными кривыми погашения и зарождения соответствующих потоков. Схема ПВ-А(а) оказывается весьма чувствительной к обеспеченности перевозками. Нарушение ритма движения пригородных поездов на участке при авариях, исключительных погодных и других форс-мажорных условиях вызывает серьезные проблемы организационного и социального характера. Поэтому для подобных схем следует резервировать дополнительные ресурсы для быстрого решения возникающих критических ситуаций.

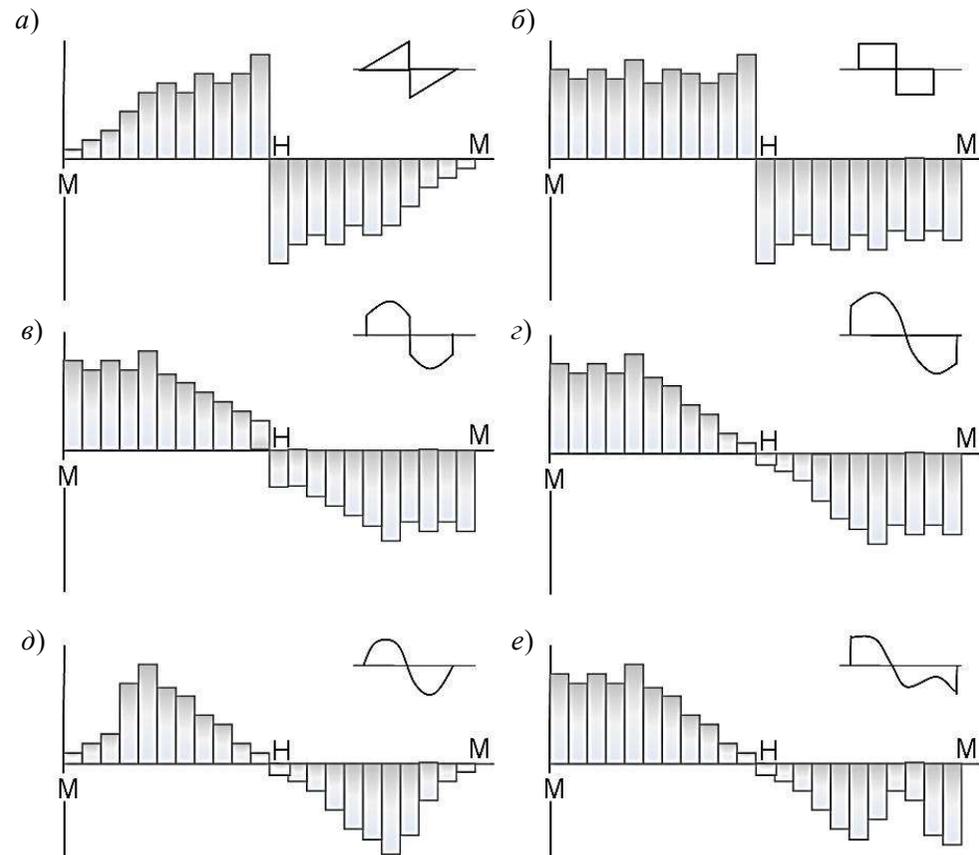


Рисунок 5 – Схемы погашения и зарождения пригородных пассажиропотоков по варианту ПВ-А: а – возрастающий поток по участку М-Н и уменьшающийся в обратном направлении; б – устойчиво большой поток по обоим направлениям; в, г – убывающий поток на участке М-Н и возрастающий по участку Н-М; д – схема с синусоидальными потоками по участкам М-Н и Н-М; е – несимметричные потоки погашения и зарождения

Для надежного прогнозирования потоков по схеме ПВ-А(а) следует определять коэффициент роста ежегодного потока. Этот коэффициент позволяет достаточно уверенно определять основные параметры пригородного потока на перспективу. При этом есть основания утверждать, что коэффициент роста является константой, определяющей развитие процессов на данном участке между станциями оборота М и Н в течение длительного времени при устойчивом действии различных факторов.

Схема ПВ-А(б) (см. рисунок 5, б) типична для крупных пассажирских станций с развитой городской инфраструктурой и высокой плотностью населения в пригородах. Данная схема также квалифицируется как устойчивая сегментная структура со слабой вариацией значений потока в однофазовых (повторяющихся) точках. Поток пригородных пассажиров незначительно

изменяется на всей длине участка М-Н, а отклонения от среднего значения – менее 5 %. Исследования показывают, что ПВ-А(б) весьма близка по характеру к предыдущей схеме ПВ-А(а), но менее подвержена устойчивым (а значит, легко прогнозируемым) изменениям на перспективу.

Так как станции М и Н располагаются в крупнейших городах с высокой плотностью населения на участке следования пригородных поездов, то этот факт сам по себе является сдерживающим дальнейшее увеличение миграционной способности населения.

Более того, наличие некоторого максимального значения пригородного пассажиропотока на участке М-Н для ПВ-А(б) указывает на ближайшую перспективу его снижения (регрессивные тенденции по условию насыщения). Из этой схемы возможны некоторые подсхемы с несимметричными подобластями диаграммы потоков (рисунок 6).

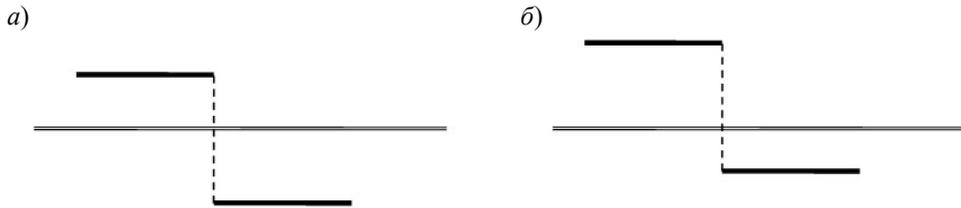


Рисунок 6 – Несимметричные подобласти диаграммы ПВ-А(б)-схемы:
 $a - \Pi_{(М-Н)} > \Pi_{(Н-М)}$; $b - \Pi_{(М-Н)} < \Pi_{(Н-М)}$

Несимметричными являются такие схемы, где

$$\frac{\Pi_{(М-Н)}}{\Pi_{(Н-М)}} > 1,5 \text{ и } \frac{\Pi_{(М-Н)}}{\Pi_{(Н-М)}} < 0,5.$$

Таким образом, изучение соотношения прямого и обратного потоков пригородных пассажиров позволяет выделить три основных диапазона (рисунок 7).



Рисунок 7 – Диапазоны соотношений потоков по схеме ПВ-А(б)

Симметричная подобласть определяет достаточно широкий диапазон различающихся потоков пригородных пассажиров, которые требуется более глубоко изучить и дифференцировать их по другим идентификационным признакам.

Схема ПВ-А(в) предполагает наличие некоторых устойчивых начальных и конечных (соразмерных по величине) пригородных потоков, изменяющихся на участке по кривым с экстремумом. При этом потоки на станциях М и Н составляют 40–50 % от максимальной величины на участке. Это схе-

ма с выраженным симметричным характером двух подобластей и вариациями, описанными для предыдущей схемы.

Схема ПВ-А(г) рассматривает симметричные подобласти с высоким начальным (по станции Н) и низким конечным (по станции М) потоками в прямом обращении и с противоположной ситуацией в обратном. Симметрия соблюдается в рамках установленных ранее канонов и потоками перед станцией Н и сразу за ней при $\Pi_{\min} = (0,03 \dots 0,05) \Pi_{\max}^{М-Н}$.

Схема ПВ-А(д) определяет синусоидный характер кривой пассажирских потоков двух подобластей диаграммы. Устойчивость и повторяемость этой кривой является ее характеристикой. Дисперсия основных параметров также укладывается в рамки ограничений, указанных при описании схем ПВ-А(а) и ПВ-А(б).

Наиболее общей и трудно прогнозируемой схемой является вариант с асимметричным характером двух подобластей (ПВ-А(е)). Ассоциации визуальной симметрии и устойчивости (повторяемости) потока, как показывает анализ, являются правильными. Непериодический характер кривой $\Pi_{(М-Н)} - \Pi_{(Н-М)}$ однозначно указывает на высокую дисперсию потока во времени и слабую периодичность его проявления. Исследованиями автора установлено, что степень асимметрии подобластей диаграммы потоков определяет степень неточности прогноза величины пригородного пассажиропотока на исследуемом участке.

Периодичность обращения по 12-часовым (или 8-часовым) интервалам связывается с необходимостью подвоза или вывоза рабочих на предприятия промышленной зоны. Так как время начала и окончания рабочих смен, как правило, постоянно (8:00, 17:00, 20:00), то график движения пригородных поездов устанавливается достаточно ритмичным, и становится возможной перевозка пассажиров по твердому графику согласно схемам, описанным ранее.

Фиксированный график прибытия и отправления пригородных поездов осуществляется по периодам $8 + t_1 + t_2$ и $12 + t_1 + t_2$, где t_1, t_2 – времена, необходимые рабочим для своевременного прибытия на предприятия от железнодорожной станции, и обратно после окончания смены – от предприятия к станциям. Эти времена называются дополнительными, или *плюсовыми* к интервалам поступления пригородных поездов на отдельные остановочные пункты и конечную станцию участка. Анализ показывает, что необеспечение плюсовым временем приводит к потере значительного пригородного потока.

Расчет времени отправления пригородного поезда с начальной станции должен учитывать кроме общего времени хода по участку t_x количество остановочных пунктов $n_{ост}$. Предлагается использовать следующую методику оценки времен упрещения t_1 и t_2 согласно расчетной схеме (рисунок 8).

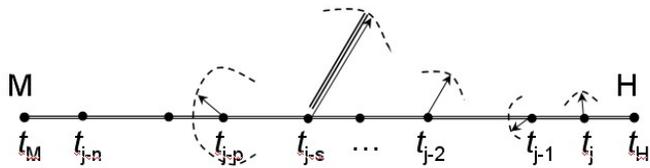


Рисунок 8 – Расчетная схема определения плюсового времени

Работники предприятий должны начинать (заканчивать) работу в 8:00 (20:00), но при этом определенное время t_j должно закладываться для достижения этими рабочими j -го остановочного пункта. Если время $t_{j-1} > t_j$, то следует выбирать большее из них. Таким образом, время отправления пригородного поезда со станции М для доставки рабочих на смену к 8:00 определяется как

$$t_M = 8 - t_x - \max\{t_j\}.$$

При этом отдельные времена t_j по всем остановочным пунктам и станциям М и Н должны указывать на средневзвешенные для отдельных групп рабочих зон. Если по некоторому $(j-p)$ -му остановочному пункту имеются несколько времен $t_{j-p(1)} = 0,1$ ч, $t_{j-p(2)} = 0,4$ ч, $t_{j-p(3)} = 3$ ч для групп из соответственно $g_1 = 144$ чел., $g_2 = 32$ чел., $g_3 = 3$ чел., то охват всех потенциальных пассажиров для обеспечения их своевременного прибытия на работу потребует отправления пригородного поезда со станции М в $(8 - 3 - t_x)$ часов утра, что оказывается достаточно неприемлемо для остальных групп пассажиров. Поэтому общий подход связан с таким выбором

$$t_M = 8 - t_x - \max\{t_j\} + \Delta t,$$

где Δt – погашаемый эквивалент времени, приводящий к потере ΔN пассажиров.

Из всех сегментных групп следует выбирать такие g_i , что

$$\sum_{j=1}^n \frac{g_j}{t_j} \xi_j \rightarrow \max,$$

где ξ_i – коэффициент группового предпочтения сегмента пригородных перевозок. Причем $-1 < \xi_i < 1$, так как попытка обслуживания мелких групп (например, $g_3 = 3$ чел.) с большим плюсовым временем ($t_{j-p(3)} = 3$ ч) приведет к потере намного большего, чем $g_3 = 3$ чел. потока. Для таких случаев $\xi_i < 0$. С другой стороны, погашаемый эквивалент времени Δt приводит к потере потока ΔN , но сохранению потока ΔN_k , который может быть потерян при попытке обслуживания потока ΔN , при этом $\Delta N_k \gg \Delta N$. Поэтому можно считать, что $\xi_i > 0$ для таких случаев, как $\Delta N > \Delta N_k$ (рисунок 9).

Для зоны $[\Delta N_k^{\text{пред}}, \Delta N^{\text{пред}}]$ при незначительных сопоставляемых величинах следует ожидать потери соответствующих потоков с $\xi_i \rightarrow 0$. Данная зона называется критической областью неопределенных соотношений сохраняемого и теряемого потоков.

В количественном выражении

$$\Delta N^{\text{пред}} < 0,03\Delta N, \Delta N_k^{\text{пред}} < 0,03\Delta N_k.$$

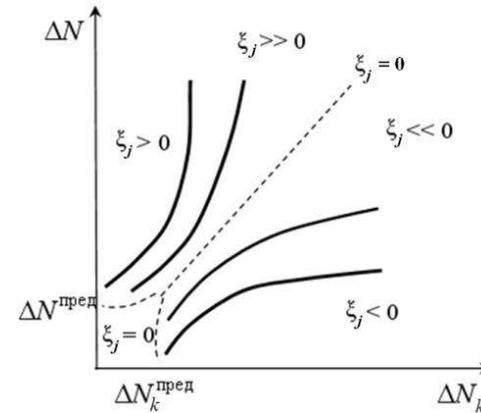


Рисунок 9 – Значения коэффициента группового предпочтения в зависимости от соотношения потоков ΔN и ΔN_k

значительным сегментом рабочих поездок ($t_n \leq 12$ ч) повышается роль начальной и конечной станций. Они оказывают существенное влияние на динамику изменения пассажиропотока по всему участку, являясь либо крупными городами (*опорными пунктами зарождения*), либо крупными промышленными центрами (*опорными пунктами погашения*). Эти ключевые точки выстраивают вектор, который становится основой для прогнозирования величин пригородных пассажиропотоков подобных агломеративных образований. Экспертная оценка общего числа проживающих и работающих на участке тяготения с $t_n \leq 12$ ч составляет 1 млн чел. с учетом населения начального и конечного пунктов.

При накоплении на пригородный поток участка М-Н с $t_n > 12$ ч плотность проживающих в таких зонах заметно ниже, а общее их число в сопоставимых схемах не превышает 500 тыс. чел. Структурно пригородный пассажиропоток также существенно отличается в этих зонах. Сегмент рабочих поездок не выражен и составляет менее 20–25 % от общего объема пригородных перевозок на участке. В основном преобладают дачные поездки, туры выходного дня, туристические вояжи. Характерной особенностью таких пассажиропотоков является наличие пиковых нагрузок за 1–2 дня с перевозкой до 50–70 % всех недельных перевозок. Причем следующая неделя существенно отличается по динамике с явным отсутствием «пиков» прошлой нагрузки. Чем выше единичный всплеск, тем оказывается больший временной период спада.

Тем не менее даже в таком режиме работы пригородного участка возможно прогнозирование величины пригородного потока. Изучение причин, порождающих нерегулярные поездки пассажиров на участке М-Н, позволяет определить соответствующие размеры перевозок на упреждающий период T_y . Для каждой конкретной цели прогнозирования расчетный период T_y будет различным. Однако в любом случае он будет ограничиваться наиболее вероятным действием факторов, порождающих такие перевозки. К таким факторам относятся плановые массовые мероприятия культурного, спортивного, развлекательного характера, связанные с выездом известного количества участников в пригородном железнодорожном сообщении. Как правило, период упреждения действия таких причин до одного (реже – более) месяца. Такие одномоментные перевозки накладываются на текущие, также имеющие нерегулярный характер.

Как показывают исследования, нерегулярные перевозки имеют однозначные причины их появления, которые действуют с определенной периодичностью. Значительное число факторов, обуславливающих различные сегменты пригородных перевозок на участке, взаимное влияние этих факторов вносят существенные изменения, определяющие диаграмму пассажиропотоков со слабой временной периодикой. Вычленение эпизодов с действием одного фактора позволяет визуальнo и статистически зафиксировать фазу колебаний данного сегмента пригородных перевозок (рисунок 10).

Если для какого-либо сегмента пригородный поток визуальнo неперiodический, то либо следует расширить по времени выборку, либо искать влияние других факторов и разделять данный сегментный поток на более элементарные. Критическая ситуация наступает тогда, когда заканчивается действие данного фактора, и дальнейшая динамика диаграммы пассажиропотоков зависит от действия других факторов. Только в этом случае не удается диагностировать явно выраженный период повторяемости потока.

Таким образом, если при разделении потока на составляющие периодичность последних не прослеживается, нужно действовать следующим образом.

1 Изучить действие фактора и убедиться в том, что он функционировал на протяжении времени статистической выборки и продолжает действовать в ближайшем будущем.

2 Если получен положительный ответ на первый вопрос, то следует увеличить статистику наблюдений во времени с поиском устойчивого набора данных смежного периода диаграммы сегмента пригородных потоков.

3 При отсутствии периодичности с выборкой более одной недели необходимо изучить исполненную диаграмму пассажиропотоков на предмет наличия одного или нескольких дополнительных факторов с последующим вычленением порождающих ими потоков, составляющих периодическую структуру.

На основании указанных выше трех правил можно прогнозировать пригородные потоки, объединяя их до общих расчетных величин, необходимых для определения требуемого пригородного подвижного состава.

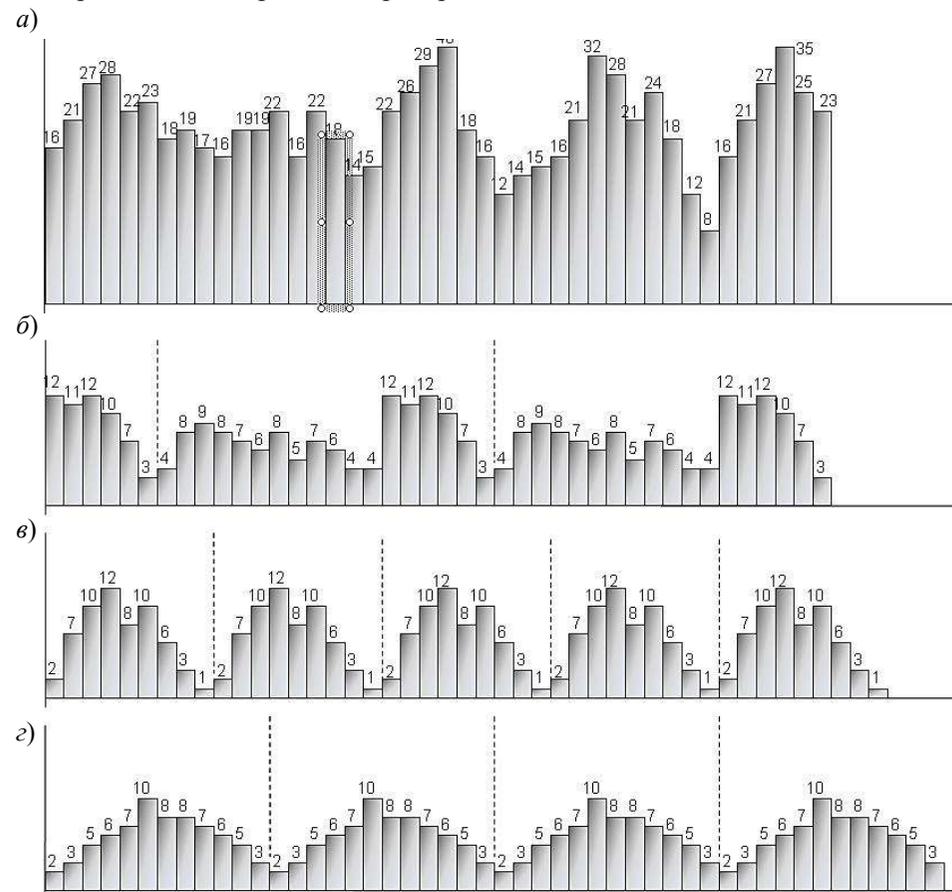


Рисунок 10 – Суммированный (а) и посегментные (б–г) пригородные пассажиропотоки на участке М-Н

Разделение пригородных потоков с фиксированными временными отрезками повторения и устойчивым фактором в качестве причины своего образования позволяет получить строго периодические потоки, называемые *элементарными потоками первого рода*. Строго периодическими потоки являются при незначительном колебании максимального и минимального значений в периоде (до 5 % в ту или иную сторону относительно среднего значения). Если значения по минимуму и максимуму потоков в периодах изменяются от 5 до 10 %, то потоки называются *периодическими (второго рода)*, от 10 до 20 % – *слабо периодическими (третьего рода)*. При колебаниях 20 % и более считается, что действуют другие скрытые причины, обеспечивающие формирование нескольких потоков, и в таком случае не-

обходимо исследовать данный участок на предмет наличия прочих факторов и разделения потока на составляющие.

Строго периодические потоки, как показывают проведенные автором исследования, обладают высокой устойчивостью во времени и достаточной сопротивляемостью к другим внешним и внутренним проявлениям, нарушающим его динамику. Подобная сопротивляемость (*ригидность*) обеспечивает постоянство расчетных параметров со слабыми колебаниями. Соответствующая диаграмма потоков реализуется, как правило, по схемам рисунка 5, б, в. Ригидные потоки никогда не бывают единичными. Групповая концентрация является их отличительным признаком. Например, даже при малой мощности элементарного потока количество пассажиров на начальной и конечной станциях будет составлять не менее 15 % от общего числа перевозимых пассажиров на участке по заданному потоку.

Ригидность строго периодических потоков обеспечивает длительное действие одного фактора, порождающего данные потоки. Этот фактор является надежным базисом для уверенного прогнозирования величины строго периодического потока. Горизонт упреждения достоверного прогноза для ригидных потоков максимальный. Однако таких потоков крайне незначительное количество. Они обнаруживаются на пригородных участках средних и (реже) больших городов с относительно стабильной демографической динамикой и высокой долей сельского населения (не менее 30 %) в зоне тяготения исследуемого пригородного участка.

Элементарные потоки второго рода не обладают свойством ригидности. Примерно в 2–3 случаях из 10 наблюдается изменение или прекращение на незначительное время действия выделенного фактора с соответствующим нарушением величины пригородного потока. Практически увеличение вариации потока до 10 % связано с недостаточно устойчивым поведением потокообразующего фактора. Например, ухудшение экономической ситуации на малом предприятии приводит к меньшей недельной занятости рабочих (4-дневный график работы вместо 5-дневного), а 20 % рабочих являются пассажирами железнодорожного транспорта. В этом случае следует прогнозировать снижение сегмента пригородных перевозок в границах элементарного потока второго рода.

Если порождающий фактор прекращает свое действие, то играет роль длительность остановки его действия. Например, некоторая туристическая база объявляет о закрытии своих кемпингов в связи с определенными форс-мажорными обстоятельствами. Если запрет имеет временный характер, то после его снятия пригородный поток восстанавливается в прежнем объеме. Более того, возможно позитивное возобновление действия фактора, способствующего увеличению пригородного потока. Например, если временной мерой закрытия кемпингов туристической базы является реконструкция зданий, закупки и установки новейшего оборудования и др., то подобный временный запрет оказывает стимулирующее действие, приводящее к росту размера сегментного пригородного потока.

В некоторых случаях может иметь место замена фактора равнодействующим, который является таковым, если приводит к формированию элементарного потока второго рода. Равнодействующим считается фактор, обеспечивающий более устойчивый поток, переходящий через несколько периодов в элементарный поток первого рода. Если действие нового фактора или восстановление текущего фактора приводят к элементарному потоку третьего рода (наиболее часто встречающаяся ситуация), то такой фактор называется *регрессивным*.

Слабо периодические потоки определяются в основном действием неустойчивых и регрессивных факторов. Неустойчивым фактором является некоторая объективная причина формирования элементарного потока третьего рода со слабо выраженным действием, проявляющимся случайно. Например, в средствах печати появилась реклама об открытии новой базы отдыха в уютном уголке на берегу реки с развитой инфраструктурой, предоставлением различных развлекательных и санаторных услуг рядом с остановочным пунктом железнодорожного транспорта. Естественно ожидать, что такой фактор может породить новый сегментный пригородный поток, повторяющийся с периодом, равным новым заездам на базу отдыха. Однако через некоторое, достаточно непродолжительное, время выявились серьезные недоработки в строительном плане, качество заявленного в рекламе сервиса не отвечало требованиям приезжающих, а в стоимость путевки не входил ряд дорогостоящих дополнительных услуг. В результате только родившийся слабый пассажиропоток быстро сокращается до нуля по причине действия такого неустойчивого фактора, каким оказались необъективно разрекламированные услуги новой базы отдыха. Возможно, через некоторое время будут учтены все замечания и устранены все недоработки, но маловероятно, чтобы такой фактор породил стабильный элементарный поток выше слабо периодического.

Анализ порождающих поток факторов должен быть достаточно глубоким, затрагивающим многие стороны, на первый взгляд не имеющие отношения к формированию сегментного пригородного пассажиропотока. Например, для сферы туристических услуг следует изучить вопрос организации питания приезжающих. Если число туристов значительно (более 800–1000 человек), то доставка продуктов может быть связана с поездками обслуживающего персонала, в том числе потенциально и пригородным железнодорожным транспортом, а это незначительный, но особый сегмент перевозок. Аналогичная ситуация может быть с поездками медицинского персонала, работающего на данной туристической базе и др. Следует иметь в виду, что чем глубже причина, порождающая самый незначительный поток, тем более периодическим и постоянным он будет при его фиксации.

Порождающие факторы могут быть *сквозными* (действующими на всем протяжении участка М-Н) либо *локальными* (между некоторыми станциями и остановочными пунктами участка). Различные варианты действия порождающих факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация факторов, порождающих сегментный пригородный поток

Иллюстрирующая схема	Общий признак	Характеристика	Примечания	
	Сквозные факторы	Действуют на всем участке в прямом и обратном направлениях следования пригородного поезда		
		Действуют на всем участке только в прямом направлении		
		Действуют на всем участке только в обратном направлении		
	Локальные факторы	Порождаются на начальной станции и действуют до остановочного пункта на участке		
		Порождаются на начальной станции и действуют до станции на участке		
		Порождаются на начальной станции и действуют до конечной станции		
		Порождаются на остановочном пункте и действуют до конечной станции		
		Порождаются на станции участка и действуют до следующей станции участка		
		Порождаются на станции участка и действуют до остановочного пункта		
		Порождаются на остановочном пункте и действуют до станции участка		
		Порождаются на остановочном пункте и действуют до остановочного пункта		
		Локальные факторы	Множественные в одном направлении	До станций и пунктов с разными причинами
		Локальные факторы	Множественные в обоих направлениях	До станций и пунктов симметричные и несимметричные

Если локальный фактор прекращает свое действие, то порожденный им сегментный пригородный поток погашается, и наоборот, если на станции участка локальный фактор начинает действовать, то данная станция является пунктом зарождения соответствующего сегментного потока. Специфическими следует признать случаи зарождения и погашения сегментных потоков на остановочных пунктах участка. Подобные ситуации возникают, если к указанным остановочным пунктам тяготеют туристические базы, пансионаты, санатории, профилактории.

Действие локальных факторов множественного характера сложнее и с точки зрения их выявления, и конкретизации на предмет их однотипности при возникновении в различных местах. Наиболее сложной схемой является приведенная на рисунке 11.

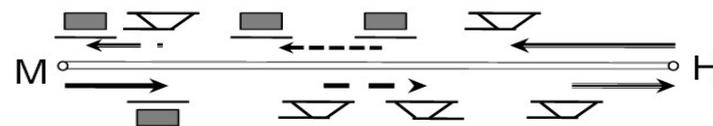


Рисунок 11 – Области действия разнонаправленных, смежных и неповторяющихся локальных факторов множественного характера

Локальные факторы сильного действия порождают значительный поток (до 0,2 населенности пригородного поезда), который тем не менее может быстро затухать (уже на следующем рейсе пригородного состава может составлять 10 % и менее). Поэтому следует определить локальные факторы стабильного действия с сохранением порождаемого потока не менее 75 % исходного значения на протяжении 2–3 месяцев.

Локальные факторы сильного и стабильного действия статистически наиболее часто имеют место на начальной и конечной станциях пригородного участка. Слабые и нестабильные факторы действуют на остановочных пунктах и станциях участка с незначительным населением (до 5 тыс. чел.) в прилегающем поселке.

Установлены оценочные зависимости силы действия факторов и их стабильности от длины (плеча фактора) (рисунок 12).

С увеличением плеча стабильность факторов возрастает, как показывает данный график, имеют место своеобразные «стрелы» факторов – сужающийся разброс параметров с

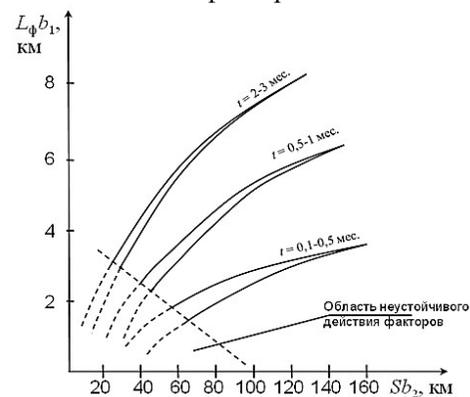


Рисунок 12 – Аппроксимированные статистические зависимости силы действия и стабильности факторов от плеча

переходом в область устойчивого действия факторов. Для малых плеч рас-сеивание значительно, и для низких позиций L_{ϕ} и S указанные зависимости статистически не подтверждаются (коэффициент связи соответствующих параметров менее 0,3–0,5).

Стрелы факторов в каждом конкретном случае имеют разный вид, определяемый спецификой их действия. Такие особенности можно аналитически концентрировать в коэффициентах b_1 (по плечу фактора) и b_2 (по силе его действия). Установлено, что b_1 сильно зависит от точки начала действия фактора.

Так, для начальной станции $b_1 = 0,9...0,75$, для других станций участка $b_1 = 0,7...0,5$ и для остановочных пунктов участка $b_1 = 0,2...0,5$. Причем для пригородных сегментных потоков, следующих от М к Н, значение b_1 выше, чем для потоков от Н к М.

Коэффициент b_2 определяется характером сегментного потока. Для дачных перевозок $b_2 = 0,9...0,8$, для рабочих поездок $b_2 = 0,85...0,6$, для туристических и прочих $b_2 = 0,7...0,3$.

Особо следует отметить границу областей устойчивого и неустойчивого действия факторов (см. рисунок 12). Попытка собрать достаточное количество статистических данных для соотношения

$$\frac{L_{\phi} b_1}{S b_2} = \frac{4}{60}$$

не удалась, т. к. для таких массовых сегментных потоков, как дачные поездки в этой области, оказалось слишком мало данных. Включать в общую выборку статистику по целому ряду пригородных участков некорректно по причине специфики пассажиропотоков и образующих их факторов.

При изучении пригородных участков нельзя найти даже один, в котором бы действовали разнотипные, смежно неповторяющиеся локальные факторы множественного характера. Теоретически возможно существование таковых, однако для их обнаружения следует разработать особую методику, ориентированную на оперативно быстрый сбор соответствующих натуральных данных и их обработку в масштабе реального времени ввиду короткого временного периода их действия.

Следующую проблему составляет типизация факторов – оценка функциональной близости по порождаемому сегменту пригородных перевозок. Например, если факторы A_1 и A_2 порождают дачные перевозки, то являются ли они функционально тождественными друг другу? Исследования автора показывают, что сегмент дачных перевозок далеко не однороден, его дифференциация по возрастному признаку, частоте совершаемых поездок и их целям в значительной мере определяют величину, интенсивность и стабильность конкретного *подсегмента* дачных перевозок. В общем случае можно констатировать истинность следующего утверждения: функционально тождественными являются такие факторы A_1 и A_2 , которые порождают

значительные (более 0,2 населенности пригородного поезда) и стабильные во времени (не менее 2 месяцев) подсегментные потоки с низкой вариацией их величины (не более 5 % от средних значений). Любой сегментный поток (например, дачные поездки) имеет градации по выделенным признакам (возрастной, частотный, целевой и др.). Как отмечалось ранее, чем ниже уровень разделения транспортного пассажиропотока на составляющие, тем более конкретным по характеризующим его параметрам он становится. Уровней подсегментных потоков может быть несколько (рисунок 13).

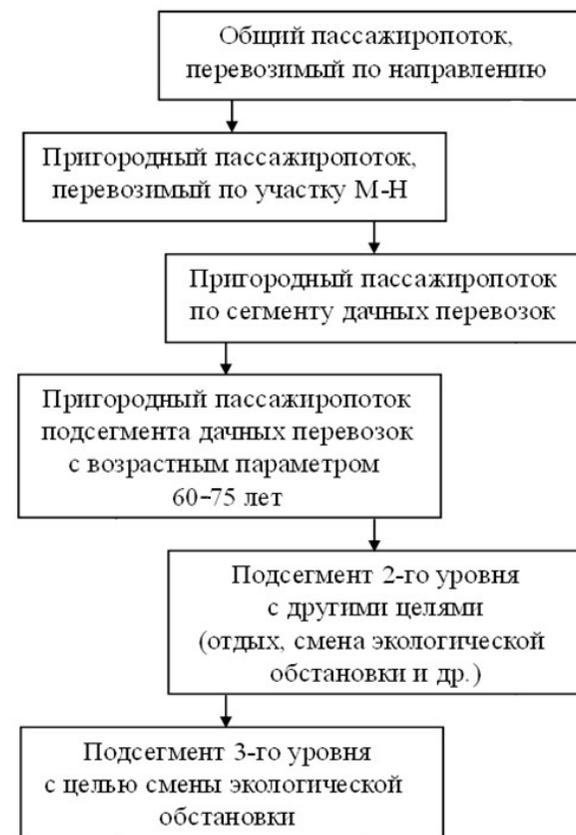


Рисунок 13 – Разделение пригородного пассажиропотока по конкретизирующим факторам

Для каждого сегмента пригородных перевозок определяется некоторый потокообразующий фактор. При подсегментировании этот фактор конкретизируется, сужается область его действия, фиксируются более точные причины его функционирования. Как показывают проведенные автором исследования, подсегмент 2-го или 3-го порядка позволяет выявить регулярный поток с устойчивыми и повторяющимися параметрами по различным периодам его воспроизведения.

Однако при незначительном сегментном потоке (менее 5 % населенности пригородного поезда) дальнейшее сегментирование приводит к рассеиванию данных целевых поездок. По отдельным остановочным пунктам фиксируемый поток в 1–2 пассажира находится в зоне его вариаций, и в таком случае устойчивые характеристики подсегментного уровня 2–3 порядка получить не удастся. Подобные фантомные всплески следует относить к случайным, которые нельзя закладывать в прогноз, так как вероятность их повторения через заданный период крайне мала.

Глубоко сегментированный поток (ниже третьего порядка) также имеет особенности своего проявления. Он определяется как устойчивый только для определенного диапазона мощности пригородного потока на участке или плече участка (при действии локальных факторов, которые отражены на рисунке 14).

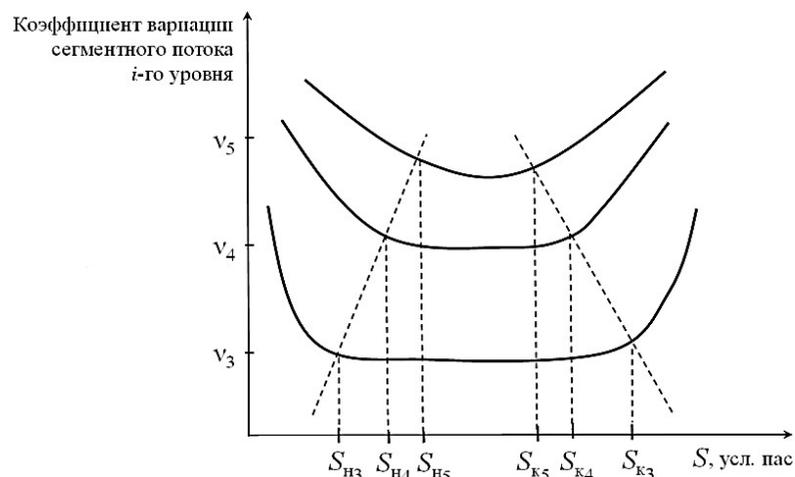


Рисунок 14 – Области устойчивого, глубоко сегментированного потока

Исследования автора показывают, что $(S_{кi} - S_{ни}) = 2(S_{к(i+1)} - S_{н(i+1)})$, т. е. на глубоко сегментированном уровне ширина диапазона устойчивости потока $(i+1)$ -го порядка в 2 раза уже соответствующей величины потока i -го порядка сегментации. Для потоков уровня сегментации $i < 3$ такая закономерность не выявлена.

Следует признать, что в определенных случаях на уровне 3–4-го порядков крайне незначительный поток, исходящий от некоторого локального фактора, имеет достаточно устойчивые тенденции. Например, на целом ряде пригородных участков на промежуточных станциях порождается подсегментный поток (в основном – это дачные поездки, локализованные по возрастному признаку), обладающие высокой устойчивостью (повторяется каждую неделю в один и тот же день на протяжении более двух месяцев). Такие потоки будем называть *условно устойчивыми*.

Сбор статистических сведений по глубоко сегментированным потокам представляет собой сложную процедуру совмещения анкетного опроса и визуального обследования остановочных пунктов и станций пригородного участка. Основываясь на результатах исследований автора, можно экспертно оценить затраты на получение данных по глубоко сегментированным потокам, которые в 3 раза больше затрат по сбору сведений общих размеров пригородных потоков на участке. Если изучать глубоко сегментированные потоки, то их на порядок больше, чем общих цифр, и, кроме того, приходится работать на грани погрешности результатов, существенно повышая при этом риск конкретизировать случайные величины, возводя их в ранг постоянных. В этом направлении целесообразно провести исследования статистических (лучше – аналитических) оценок идентификации периодически повторяющихся процессов и их параметров при слабых входных потоках. Применительно к задаче о надежном прогнозировании глубоко сегментированных пригородных потоков результаты такого исследования позволят определить зону переходных процессов (рисунок 15).

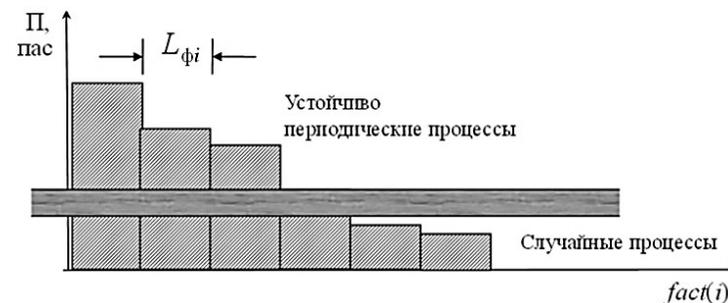


Рисунок 15 – Установление переходной к случайным процессам зоны слабых потоков

Между областями устойчиво периодических и случайных процессов находится пространство неопределенных значений искомых параметров, в которой величины в зависимости от конкретных условий могут быть либо детерминированными, либо стохастическими. При этом в зависимости от действия группы локальных факторов на пригородном участке $fact(i)$ и их плеч $L_{\phi i}$ ширина и высота переходной зоны может изменяться. Есть основания полагать, что увеличение локального фактора способствует понижению переходной зоны, а набор множества коротких («мелких») факторов, действующих на данном пригородном участке, обеспечит повышение переходной к случайным процессам зоны по допустимым значениям потока.

При рассмотрении сложной схемы действия множественных локальных факторов (см. рисунок 11) иллюстрировались позиции одиночного их действия, т. е. когда некоторая станция или остановочный пункт являются источником возникновения только одного локального фактора. В действительности, например, начальная станция М пригородного участка М-Н

может иметь ряд локальных факторов, порождающих соответствующие сегменты потока на различных плечах действия (рисунок 16).

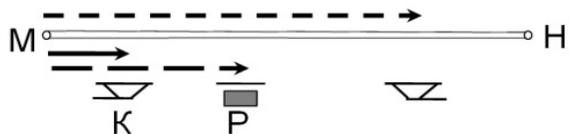


Рисунок 16 – Порождение ряда сегментных потоков от группы факторов на одной станции пригородного участка

По данной схеме возможны два основных варианта образования сегментных потоков.

1 Станция М генерирует ряд независимых друг от друга локальных факторов, которые порождают устойчивые (или неустойчивые) потоки. Как было указано ранее, возможна дефрагментация исходного сегментного потока на уровневые составляющие с соответствующим уточнением влияющего фактора. Эти процедуры можно проводить с каждым сегментным потоком, строить определенные диаграммы в уверенности, что ни при каких обстоятельствах пассажиры с одного сегментного потока не перейдут в другой, так как факторы независимы друг от друга.

2 По станции М действуют локальные факторы, в той или иной степени зависящие друг от друга. Этот факт корреляционного сочетания факторов следует признать реальным в силу целевой близости различных сегментных потоков, формирующихся на одной станции. Из этого следует, что возможна потеря части сегментного потока за счет перехода пассажиров в другой сегмент. Например, часть пассажиров из постоянного числа дачников по станции Р (см. рисунок 16) решили провести выходные на базе отдыха, которая находится на промежуточной станции К участка М-Н. Причем такой переход может быть стабильным в течение летнего периода.

Так как речь идет о прогнозировании сегментных потоков (глубоко сегментированных), то взаимные переходы с изменением порождающих факторов имеют принципиальное значение. В этом отношении необходимо выделять категории *некоррелирующих*, *слабо коррелирующих* и *коррелирующих факторов*.

Некоррелирующие факторы ни при каких условиях не взаимодействуют с другими факторами. Например, рабочие поездки порождаются некоррелирующими факторами (приступить к работе следует в установленное время с точной периодичностью и завершить работу также в установленное время). Слабо коррелирующие факторы имеют определенную тенденцию к взаимодействию, но в фиксированные промежутки времени, поддающиеся прогнозу. Например, прибывающие в санаторий на отдых и лечение являются частично дачниками, которые регулярно при открытии сезона посещают данный санаторий, находящийся на станции К, а дачный поселок – на остановочном пункте Р (см. рисунок 16).

В этом случае сочетание пары факторов

Прибытие в санаторий на станцию К ↔ Поездка на дачи по остановочному пункту Р

определяют пригородный поток на перегоне К-Р участка М-Н. Соотношение указанных факторов обеспечивает формирование соответствующих сегментных потоков. При этом возможны следующие варианты (рисунок 17).

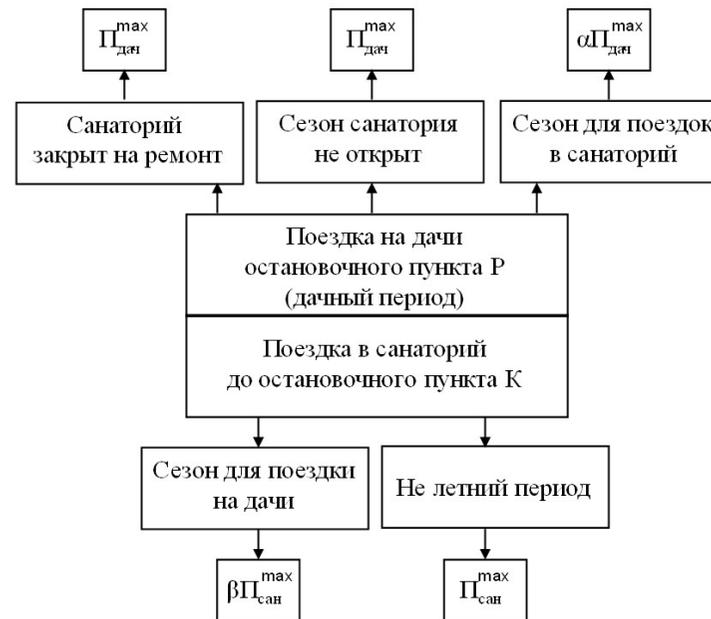


Рисунок 17 – Взаимовлияние двух факторов, порождающих различные сегментные потоки

Общий поток с учетом взаимодействующих факторов можно определить по формуле

$$\sum \Pi (fact_{1,2}) = \alpha \Pi_{дач}^{max} + \beta \Pi_{сан}^{max} + cor(\Pi_{дач}^{max}, \Pi_{сан}^{max}),$$

где α и β – коэффициенты сегментации соответствующих групп пригородных потоков.

Долю коррелированного потока можно выразить через коэффициент

$$\gamma = \frac{(1 - \alpha)\Pi_{дач}^{max} + (1 - \beta)\Pi_{сан}^{max} - \Delta\Pi}{\Pi_{дач}^{max} + \Pi_{сан}^{max}},$$

где $\Delta\Pi$ – теряемый поток из-за наличия перед потенциальными пассажирами возросших альтернатив выбора (см. ниже).

Тройку коэффициентов α , β и γ можно получить из диаграммы сегментированных потоков по каждому «столбику» и всем перегонам пригородного участка.

Согласно предлагаемой формуле

$$\Pi_{\text{сан}}^{\text{max}} = \Pi_{\text{сан}} + \Delta\Pi, \quad \Pi_{\text{дач}}^{\text{max}} = \Pi_{\text{дач}} + \Delta\Pi,$$

где $\Pi_{\text{дач}}$, $\Pi_{\text{сан}}$ – величины соответствующих сегментных пассажиропотоков на конкретном перегоне. $\Delta\Pi$ делится на три неравные части (по двум сегментам и переходящие на другие виды транспорта). Для получения значения перевезенных пассажиров на пригородном участке следует просуммировать величины исследуемых i -х сегментных потоков по j -м перегонам и k -м пригородным поездом:

$$\Pi = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \Pi_{ijk}.$$

При наличии $\Pi_{\text{дач}}^{\text{max}}$ всегда присутствует некоторый поток $\Pi_{\text{сан}}$. Соответственно, при $\Pi_{\text{сан}}^{\text{max}}$ имеется поток $\Pi_{\text{дач}}$. Коррелированный параметр $\text{cor}(\Pi_{\text{дач}}^{\text{max}}, \Pi_{\text{сан}}^{\text{max}})$ является функцией сезона. Для рассматриваемого примера месяцы июль – сентябрь характеризуются особо интенсивными поездками и на дачи, и в санаторий. Поэтому в данный период отмечается особо интенсивное перемешивание двух сегментных потоков. Общий пригородный пассажиропоток на плечах действия локальных факторов за июль – сентябрь существенных количественных изменений не претерпевает (за исключением объективного падения объемов перевозок осенью), но структурно будет заметно взаимное перераспределение между двумя указанными сегментными потоками (рисунок 18).

В результате изучения много-сегментных потоков на одном «столбике» диаграммы пассажиропотоков были замечены определенные потери пассажиров, связанные с тем, что появляется ряд альтернатив выбора цели пригородных перевозок, достижение которых может быть обеспечено и автомобильным транспортом, в том числе и личным. Если имеется выверенный график движения пригородных поездов, а цель связана с поездкой на дачу, то с той же методичностью и периодичностью, как такая поездка выполнялась ранее, с высокой вероятностью она будет обеспечена и в настоящее время. Но если появляется несколько целей, причем все они достаточно важны, то и возможностей их достижения будет рассматриваться

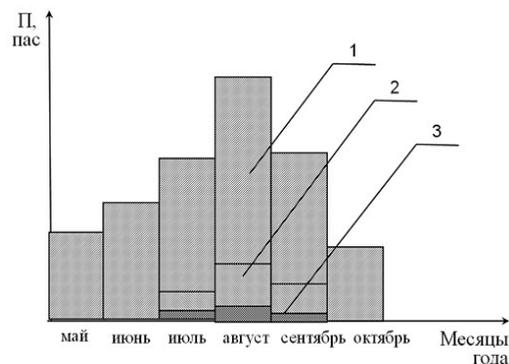


Рисунок 18 – Сегментное перераспределение пригородных потоков на выделенном перегоне К-Р участка М-Н: 1 – дачные; 2 – санаторные; 3 – коррелированные (пересекающиеся)

больше, в том числе и связанные с выбором альтернативных видов транспорта. Замечено, что при делении пригородного потока на 3 сегмента существует высокая вероятность потери до 3 % пассажиров.

Одной из причин «рассеивания» потока является неудовлетворенность качеством транспортных услуг по определенному сегменту перевозок. Так как каждый сегмент имеет свое плечо погашения согласно порождающему локальному фактору, то на некотором остановочном пункте, где должен погашаться данный сегментный поток, только частично обеспечен, например, маршрут подвоза к санаторию, до которого 5 км пути. Однако существует прямой автобусный маршрут от начальной станции Н прямо к корпусам санатория. В такой ситуации соответствующий сегментный поток может быть значительно потерян для железной дороги. Поэтому вместе с фактором, порождающим новый сегментный поток, могут возникать факторы:

- препятствующие его возрастанию;
- сокращающие объемы сегментных перевозок;
- исключают данный сегмент пригородных перевозок (рисунок 19).

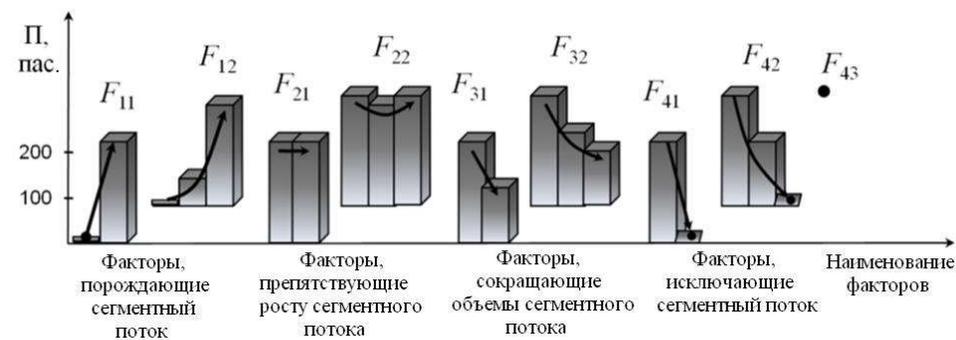


Рисунок 19 – Динамика развития сегментных потоков под действием различных факторов

Векторная диаграмма данных факторов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Векторная диаграмма действия факторов

Факторы	F_{11}	F_{12}	F_{21}	F_{22}	F_{31}	F_{32}	F_{41}	F_{42}	F_{43}
Вектор действия									

Факторы, порождающие сегментный поток, могут быть *прямого действия* F_{11} (при их функционировании сегментный поток сразу появляется со стабильными и устойчивыми характеристиками на протяжении длительного числа регистрируемых периодов) и *опосредованного* F_{12} (некоторое вре-

мя наблюдается незначительный новый сегментный поток – до 20–40 % номинального, и только через 5–10 периодов появляется полноценный сегментный поток).

Факторы, препятствующие росту сегментного потока, разделяются на *сдерживающие* F_{21} (поток длительное время остается постоянным и не увеличивается только потому, что оказывается постоянным негативное влияние) и *несбалансированные* F_{22} (по различным периодам наблюдается незначительное отклонение – до 5–10 % от удерживающего уровня потока).

Факторы, сокращающие объем сегментного потока, можно разделить на *жесткие* F_{31} (при их действии сегментный поток уменьшается строго на определенную величину – порядка 30–50 % от номинального и далее через периоды выдерживается такое действие) и *мягкие* F_{32} (снижение на 50 % от номинального наблюдается спустя несколько периодов, а за это время сегментный поток постепенно сокращается).

Факторы, исключаящие сегментный поток, классифицируются на *строгие* F_{41} (сразу после начала их действия сегментный поток становится нулевым), *сглаженные* F_{42} (сегментный поток снижается в 2–3 раза каждый последующий период и через 5–6 периодов становится нулевым) и *безусловные* F_{43} (подавляют всякую возможность возникновения данного сегментного потока).

Различия в действии факторов F_{32} и F_{42} заключается в том, что падение потока во втором случае резкое (как правило, по линейному закону), а при функционировании фактора F_{32} снижение сегментного потока наблюдается по нелинейному гиперболическому закону. Действие факторов F_{11} и F_{41} , F_{12} и F_{42} следует признать противоположным. Факторы F_{22} , F_{32} и F_{42} образуют группу долговременного действия, эффект от которых проявляется через несколько периодов наблюдения. Только фактор, порождающий сегментный поток в вариациях F_{11} и F_{12} следует признать позитивным, остальные носят деструктивный характер. Различия их заключаются только во времени наступления отрицательного эффекта, который регистрируется как сокращение в той или иной мере сегментного потока.

Исследования показывают, что деструктивные факторы весьма устойчивы во времени. Основные меры борьбы с ними связываются с технической реконструкцией транспортных коммуникаций железных дорог и ведение согласованной политики с автомобильным транспортом по использованию контактных графиков для сокращения ожиданий пассажиров в пунктах пересадки. Для всех указанных деструктивных факторов $F_{2i} \dots F_{4i}$ не зафиксировано более или менее жестких причин, обуславливающих действие таких факторов. Например, факторы, исключаящие сегментный поток $F_{41} \dots F_{43}$, кажется, должны иметь более сильные объективные мотивы своего проявления, чем факторы, которые только препятствуют росту сегментного потока. Если

располагать все деструктивные факторы по рангу увеличения силы своего негативного проявления, то соответствующий ряд должен быть выражен следующим образом: (F_{21}, F_{22}) , (F_{31}, F_{32}) , (F_{41}, F_{42}, F_{43}) .

Логично предположить, что внутренние причины, порождающие эти факторы, также должны располагаться в таком же порядке. Однако исследования показывают, что одними и теми же реконструктивными мерами одинаково продуктивно можно бороться с различными факторами препятствующего, сокращающего и исключаящего характера. Нет более сильных преград, воздвигнутых перед исключаящими факторами, стоящими на вершине пирамиды деструктивного действия. С другой стороны, факторы, препятствующие росту сегментного потока, могут быть достаточно прочными, которые трудно преодолеть с попыткой применения простых технологических мер.

Характер действия всех факторов, указанных на рисунке 19, остается подобным независимо от величины потоков, которые ими порождаются. Следует отметить, что во всех случаях речь идет о сегментных потоках, которые по самому определению значительными быть не могут (на уровне 0,2–0,3 и ниже от населенности поезда, т. е. 100–250 пассажиров). Таким образом, предлагаемая методика позволяет более качественно прогнозировать величину пригородного потока с учетом многочисленных влияющих факторов, идентифицированных по условиям действия, причинно-следственным связям и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кун, М. Предиктивное моделирование на практике / М. Кун, К. Джонсон. – СПб. : Питер, 2019. – 640 с.
- 2 Вакуленко, С. П. Особенности моделирования пассажиропотоков в пригородном сообщении / С. П. Вакуленко, Н. Ю. Евреенова // Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. : в 4 ч. – Казань : Аэтерна, 2017. – С. 9–12.

S. P. VAKULENKO

FORECASTING OF THE SIZES SUBURBAN PASSENGER FLOWS WITH DYNAMIC HORIZON OF EVENTS

The technique of forecasting suburban passenger flow as multistructural formation produced by the various factors is offered that provides a steady platform of the target forecast with monitoring of a condition transport system. The result an estimation predictive suburban flows is based not only on statistics by some retrospective of sample, but on knowledge the reasons forming the appropriate segment flow.

Получено 19.10.2022