

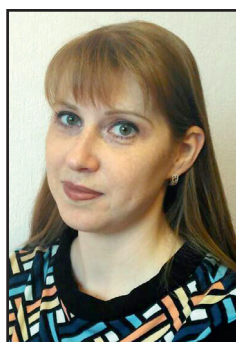


Выбор методов прогнозирования региональных пассажиропотоков



Елена МАКАРОВА
Elena A. MAKAROVA

Светлана МУКТЕПАВЕЛ
Svetlana V. MUKTEPAVEL



Макарова Елена Алексеевна — доктор экономических наук, заместитель заведующего лабораторией Научного центра «Экспресс» АО «ВНИИЖТ», Москва, Россия.
Муктепавел Светлана Викторовна — главный технолог Научного центра «Экспресс» АО «ВНИИЖТ», Москва, Россия.

Choice of Methods for Forecasting Regional Passenger Flows

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 111)

В системе организации железнодорожных перевозок прогноз пассажиропотоков является информационно-аналитической основой на этапах разработки графика движения поездов и расчёта схем составов. Для принятия обоснованных управленческих решений нужны высокая точность прогноза, отвечающая современным условиям методологическая база. Статья посвящена исследованию методов расчёта пассажиропотоков с учётом специфики их формирования в субъектах РФ. Предложена классификация регионов по характеристикам и тенденциям развития спроса. Выбор подхода к прогнозированию объёмов внутрирегионального спроса осуществлён на базе разработанного авторами алгоритма. Представлены результаты расчётов и определены области применения методов прогноза в зависимости от выявленных местных особенностей.

Ключевые слова: железная дорога, региональный пассажиропоток, прогноз перевозок, локальный транспортный рынок, тенденции спроса.

Действующая на российских железных дорогах информационная технология построения прогноза в АСУ «Экспресс» [1, 2] получила в 2016 году развитие с позиций регионалистики. В рамках нового функционала «Региональные пассажиропотоки» впервые реализована задача формирования аналитической отчётности о межрегиональных (зарождающихся в пределах одного субъекта и погашающихся в границах другого региона) и внутрирегиональных (транспортные потоки замыкаются в границах отдельно взятого субъекта РФ) корреспонденциях пассажиропотоков и тенденциях их развития на ближайшую и среднесрочную перспективу [3].

Построение модели транспортной подвижности между и внутри субъектов РФ базируется на единой методике. Для повышения точности расчёта потребительского спроса проведено исследование области применения модельных разработок и осуществлён выбор методов, обеспечивающих учёт характеристик и специфики формирования внутрирегиональных пассажиропотоков на сети железных дорог.

Таблица 1

Группировка субъектов РФ в соответствии с динамикой изменения пассажиропотоков

Тенденции регионального спроса		
Спад	Рост	Стабильное состояние
Республики: Башкирия, Бурятия, Кабардино-Балкария, Карелия, Коми, Мордовия, Якутия, Удмуртия, Хакасия	Республики: Дагестан, Крым, Марий Эл, Северная Осетия-Алания, Татарстан, Чечня, Чувашия	Республика: Калмыкия
Края: Алтайский, Забайкальский, Краснодарский, Красноярский, Пермский, Приморский, Хабаровский	Край: Ставропольский	
Области: Амурская, Архангельская, Астраханская, Брянская, Волгоградская, Вологодская, Воронежская, Ивановская, Иркутская, Кемеровская, Кировская, Костромская, Курганская, Ленинградская, Мурманская, Новосибирская, Омская, Псковская, Ростовская, Саратовская, Сахалинская, Свердловская, Тамбовская, Тверская, Томская, Тюменская, Ульяновская, Челябинская, Ярославская	Области: Белгородская, Владимирская, Калининградская, Калужская, Курская, Липецкая, Московская, Нижегородская, Новгородская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тульская	Области: Оренбургская, Пензенская, Самарская
Автономная область: Еврейская		
Автономный округ: Ханты-Мансийский		Автономный округ: Ямало-Ненецкий

ДИНАМИКА ВНУТРИРЕГИОНАЛЬНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ

Доля внутрирегиональных пассажиропотоков в совокупном объеме перевозок дальнего следования составляет 12,2 млн пасс./год или 11,7 %. В данном сегменте транспортного рынка прослеживается тенденция снижения спроса. За 10 лет (2006–2016) объем пассажирских перевозок в регионах (без учёта пригородного сообщения) сократился более чем в 2 раза — с 28 до 12 млн пасс./год. Наиболее значительные темпы падения зафиксированы в 2009 (22 %) и 2013 (29 %) годах. В 2016 году наметился небольшой рост спроса: 3 % к показателю 2015 года [3].

На основе выполненных исследований получены следующие основные характеристики региональных перевозок:

- динамика объемов перевозок в границах региона;
- доля внутреннего регионального спроса в общей совокупности объемов отправок пассажиров железнодорожным транспортом;
- тенденции развития пассажиропотоков;
- характер распределения регионально-го спроса по направлениям;
- особенности формирования годового цикла по объемам пассажирских перевозок.

Объем региональных перевозок пассажиров неравномерен по субъектам РФ.

Крупнейшими по данному показателю являются: Красноярский край (более 2 млн пасс./год), Республика Коми (1,2 млн пасс./год), Хабаровский край (более 1 млн пасс./год).

Транспортную подвижность определяют внутрирегиональные и межрегиональные корреспонденции. Межрегиональная величина спроса в значительной степени зависит от макроэкономических факторов и территориальной удалённости региона от столичных центров. На объёмы внутренних перевозок наибольшее влияние оказывают факторы территориально-хозяйственного и демографического развития [4, 5]. На основе аналитических расчётов получены величины долевого значения внутренних региональных перевозок от общего пассажиропотока по субъектам РФ. Наибольшая доля регионального спроса в совокупном объёме отправок зафиксирована в Сахалинской и Амурской областях, Республике Коми.

По тенденциям развития внутренних пассажиропотоков (рост, спад, стабильное состояние) в период 2006–2017 годов проведена группировка регионов (таблица 1).

Анализ регионального спроса позволил выявить основные тенденции распределения пассажиропотоков по направлениям в границах субъектов РФ (рис. 1) и осуществить их группировку в соответствии со следующими признаками:



1 Региональный пассажиропоток образуется одним крупным направлением <i>Республики:</i> Дагестан, Кабардино-Балкария, Калмыкия, Саха (Якутия), Северная Осетия-Алания, Татарстан, Чечня, Чувашия <i>Края:</i> Пермский, Ставропольский <i>Области:</i> Астраханская, Калининградская, Нижегородская, Новгородская, Омская, Самарская, Сахалинская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Томская, Тульская, Тюменская	2 Региональный пассажиропоток представлен несколькими крупными направлениями, которые в сумме осваивают большую часть перевозок внутри субъекта РФ <i>Республики:</i> Крым, Марий-Эл <i>Край:</i> Краснодарский <i>Области:</i> Владимирская, Калужская, Кировская, Ленинградская, Мурманская, Рязанская, Ярославская
3 Региональный пассажиропоток распределяется между малым числом направлений, на долю которых приходится не более четверти пассажиропотока <i>Республики:</i> Башкирия, Бурятия, Карелия, Мордовия, Удмуртия <i>Края:</i> Алтайский, Красноярский, Приморский, Хабаровский <i>Области:</i> Брянская, Волгоградская, Курская, Липецкая, Новосибирская, Оренбургская, Орловская, Пензенская, Псковская, Саратовская, Свердловская, Ульяновская <i>Автономная область:</i> Еврейская <i>Автономные округа:</i> Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий	4 Нет ярко выраженных региональных направлений с большим объёмом пассажиропотоков <i>Республики:</i> Коми, Хакасия <i>Край:</i> Забайкальский <i>Области:</i> Амурская, Архангельская, Белгородская, Вологодская, Воронежская, Ивановская, Иркутская, Кемеровская, Костромская, Курганская, Московская, Ростовская, Челябинская

Рис. 1. Группировка субъектов РФ по территориальному распределению пассажиропотоков (авторский вариант).

- наибольшая часть пассажирских перевозок (более 50 %) замыкается в границах одного магистрального направления, остальная часть транспортных потоков «распыляется» по множеству «мелких» направлений;
- региональный пассажиропоток концентрируется на нескольких крупных направлениях, которые в сумме осваивают более 50 % спроса;
- локальный спрос характеризуется наличием нескольких крупных направлений в регионе, однако в суммарном объёме перевозок доля, приходящаяся на них, составляет не более 25 %;
- отсутствуют крупные региональные корреспонденции, спрос распределяется по многочисленным сегментам регионального транспортного рынка.

Для региональных перевозок свойственна годовая цикличность. С использованием данных АСУ «Экспресс-3» выделены циклы с последовательным чередованием всплесков и падений (Республика Коми, Хабаровский край, Тюменская область и пр.) и куполообразным распределением (Республика Карелия, Забайкальский край, Иркутская область и пр.) объёмов спроса. Общий вид куполообраз-

ного цикла включает стадии: небольшой рост объёмов перевозок по сравнению со среднегодовыми значениями в январе, в феврале — спад до минимального значения за год. С марта по июнь отмечается плавный рост и в июле-августе наблюдается максимальное значение региональных пассажиропотоков. В период сентябрь-декабрь идёт постепенное снижение объёмов перевозок до конца года (рис. 2).

Обобщая полученные результаты исследований пассажирского транспортного рынка, следует отметить существенные различия в динамике развития и характере распределения внутренних пассажиропотоков в субъектах РФ. Для расчёта перспективных значений спроса требуется сугубо дифференцированный подход к построению моделей прогнозирования.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА

Для построения прогноза объёмов перевозок пассажиров разработаны методические подходы [6], которые отличаются по теоретическим положениям, степени сложности применяемого математического аппарата, областям и масштабам внедрения, объёму исходных данных (рис. 3).

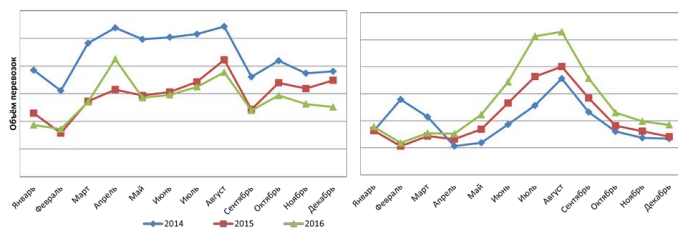


Рис. 2. Годовая цикличность региональных перевозок (авторский вариант).



Рис. 3. Классификация методов прогнозирования пассажиропотоков (авторский вариант).

Неформализованные методы основаны на использовании интуиции и опыта специалистов пассажирского комплекса. Обычно они не связаны с применением сложного математического аппарата и подготовкой большого объёма первичной информации о пассажиропотоках. Неформализованные методы достаточно широко применяются в системе организации пассажирских перевозок при принятии оперативных решений. На базе экспертных оценок проводятся регулировочные мероприятия, позволяющие обеспечить соответствие между объёмом перевозочных средств и величиной спроса на транспортные услуги.

Формализованные методы базируются на математических расчётах, статистических исследованиях, выявлении особенностей и тенденций развития пассажиропотоков. Среди них выделяют два блока: экстраполяция и моделирование. Модель — это упрощённый объект исследования, наделённый свойствами существующего прототипа, с целью его изучения при изменении разного рода входных параметров. В соответствии с числом учитываемых параметров разделяют однофакторную и многофакторные модели.

Построение многофакторной модели является исключительно трудоёмкой задачей, требующей привлечения большого объёма внешней (внетранспортной) информации. Источником данных становятся обычно справочные материалы Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [7]. Информационная база Росстата формирует показатели по итогам календарного года без детализации по кварталам и месяцам. В связи с этим построить и провести расчёты транспортной подвижности с учётом внутригодовой неравномерности перевозок на основе применения метода многофакторного анализа не представляется возможным. В противовес такому подходу трендовые модели обеспечивают детализацию показателей о перспективном спросе по месяцам. При этом не требуется информация об экзогенных факторах. Рассматриваются ряды динамики объёмов региональных перевозок за период наблюдения не менее пяти лет. Как показали расчёты, уровень качества прогноза региональных пассажиропотоков с помощью трендовых моделей не уступает по точности многофакторному моделированию при глубине перспективы 2—3 года [8].



Таблица 2

SWOT-анализ методов экстраполяции трендов для прогнозирования региональных пассажиропотоков

Сильные стороны: • требуется малый объём исходных данных (по сравнению с методом многофакторного моделирования); • меньшая трудоёмкость при сборе первичной информации; • не требует сложных математических расчётов; • возможно применение при «скачкообразных» тенденциях развития экономики региона.	Слабые стороны: • требуется наличие непрерывного временного ряда; • не учитывается влияние макроэкономических факторов.
Возможности применения: • исходная информация о развитии объекта должна быть предоставлена за период, превышающий в 2–3 раза период глубины прогноза; • допускается использование при «скачкообразном» изменении экономических показателей.	Угрозы: • отсутствие учёта влияния внешних факторов может отрицательно сказаться на качестве прогноза.

Рис. 4. Укрупнённая блок-схема процесса выбора метода экстраполяции трендов для прогнозирования объёмов внутрирегиональных пассажиропотоков.



Методы экстраполяции трендов основаны на статистическом наблюдении динамики объёмов перевозок пассажиров в поездах дальнего следования в границах региона, определении тенденции его развития и продолжении этой тенденции для будущего периода. Другими словами, при помощи экстраполяции трендов закономерности прошлого развития объекта переносятся в будущее. При использовании этого метода необходимо иметь информацию об устойчивости тенденций за срок, в 2–3 раза превышающий период глубины прогноза.

ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕРСПЕКТИВ

Процесс выбора способов прогноза включал свою последовательность действий:

- чёткое определение задачи, выдвижение гипотез о возможном развитии прогно-

зируемого объекта, анализ ретроспективной информации, поиск вариантов экстраполяции;

- выбор системы параметров прогноза, унификация различных единиц измерения, относящихся к каждому параметру в отдельности;
- сбор и систематизация данных, проверка их однородности и сопоставимости;
- выявление тенденций изменения изучаемых величин в ходе статистического анализа и непосредственной экстраполяции данных.

Применение на практике методов экстраполяции трендов (индексные, рассчитанные цепным способом, и по среднему арифметическому значению) имеет ряд преимуществ и недостатков (таблица 2).

Алгоритм выбора метода экстраполяции трендов для региональных условий включает восемь последовательных стадий (рис. 4).

Объекты контрольной выборки

Конституционно-правовой статус	Перечень субъектов
Республика	Бурятия, Карелия, Мордовия, Татарстан, Чувашия
Край	Алтайский, Забайкальский, Красноярский, Хабаровский
Область	Амурская, Архангельская, Брянская, Владимирская, Волгоградская, Вологодская, Воронежская, Иркутская, Калининградская, Калужская, Кировская, Костромская, Ленинградская, Московская, Мурманская, Новгородская, Новосибирская, Омская, Пензенская, Ростовская, Рязанская, Самарская, Саратовская, Сахалинская, Тамбовская, Тверская, Томская, Ульяновская, Ярославская
Автономный округ	Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий

Шаг 1. Сбор и подготовка исходных данных включают:

- выбор прогнозируемого периода;
- определение перечня объектов и объёма контрольной выборки при условии, чтобы она отвечала требованиям достаточности и репрезентативности и обеспечила охват всех изучаемых характеристик регионального спроса;
- расчёт ретроспективных объёмов внутрирегиональных перевозок, построение динамических рядов данных, отражающих объёмы пассажиропотоков по годам в хронологическом порядке;
- проверку унификации данных.

Контрольные расчёты проведены на основе данных о внутрирегиональных пассажиропотоках в 40 субъектах РФ (таблица 3) и обеспечивают учёт всех характеристик регионального спроса.

Шаги 2–3. Анализ методов и построение функциональной зависимости объёмов перевозок от фактора времени. Применение индексных методов экстраполяции основывается на определении коэффициентов, величиной которых корректируется последнее значение динамического ряда.

Метод экстраполяции трендов по среднему темпу роста предполагает расчёт среднего темпа роста региональных пассажиропотоков за ряд лет и умножение его на последнее значение динамического ряда:

$$A_{\text{прог}_t} = A_{t-1} \cdot K_p,$$

где $A_{\text{прог}_t}$ — прогнозное значение объёмов внутрирегиональных перевозок для периода t ; A_{t-1} — фактический объём региональных пассажиропотоков в предпрогножном году $t-1$; K_p — коэффициент роста.

Коэффициент роста рассчитывается на основе темпов роста региональных пассажиропотоков за ряд лет:

$$K_p = \frac{\sum T_{p-i}}{n-1},$$

где n — число периодов в динамическом ряду.

Темп роста показывает на сколько (в долях от 1) изменяется объём региональных перевозок по сравнению с предыдущим периодом (цепной способ):

$$T_{p-i}^{\text{цепн}} = \frac{A_i}{A_{i-1}},$$

где $T_{p-i}^{\text{цепн}}$ — темп роста региональных пассажиропотоков для i -го уровня ряда; A_i — значение объёмов внутрирегиональных перевозок в i -м периоде; A_{i-1} — значение объёмов перевозок в границах региона в точке $i-1$.

Метод экстраполяции трендов по среднему приросту предусматривает расчёт среднего прироста объёмов региональных пассажиропотоков за ряд лет и сложение его с последним значением ряда:

$$A_{\text{прог}_t} = A_{t-1} + K_n,$$

где K_n — коэффициент прироста.

Коэффициент прироста рассчитывается на основе прироста пассажиропотоков за ряд лет:

$$K_n = \frac{\sum T_{n-i}}{n-1}.$$

Прирост показывает на сколько (в абсолютных величинах) изменяется объём внутрирегиональных пассажиропотоков по сравнению с предыдущим периодом (цепной способ):

$$T_{n-i}^{\text{цепн}} = A_i - A_{i-1},$$

где $T_{n-i}^{\text{цепн}}$ — темп прироста региональных пассажиропотоков i -го уровня ряда.

Метод экстраполяции по средней арифметической основывается на положении, что среднее арифметическое значение объ-



Признаки объединения субъектов в однородные группы

Группировочный признак	Группы
Характер развития спроса в период наблюдения	Рост объемов перевозок
	Снижение внутрирегионального спроса
	Стабильное или незначительное изменение
Территориальная конфигурация пассажирских транспортных потоков	1-я группа Концентрация пассажиропотоков в зоне одного крупного направления
	2-я группа Концентрация объемов перевозок в границах 2–3 магистральных направлений
	3-я группа Неравномерно рассредоточены по транспортным сегментам региона
	4-я группа Равномерно распределены по линиям железнодорожной инфраструктуры

ёмов внутрирегиональных перевозок за несколько лет есть прогнозное значение на следующий период:

$$A_{\text{прог}_t} = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n}}{n},$$

где $A_{t-1}, A_{t-2}, A_{t-n}$ — фактическое значение регионального пассажиропотока за периоды $t-1, t-2, \dots, t-n$, предшествующие прогнозному периоду t .

Шаг 4. Проверка адекватности полученных результатов включает оценку значений величин прогноза внутрирегиональных пассажиропотоков на предмет достоверности.

Шаг 5. Выделение однородных совокупностей по тенденциям развития регионального спроса.

Важной частью построения моделей прогноза являются выделение однородных совокупностей и группировка изучаемых объектов по определённым признакам. Статистическая совокупность — это комплекс социально-экономических объектов (в данном случае — субъектов РФ), объединённых какой-либо основой или общей связью, но отличных друг от друга отдельными признаками. Совокупность субъектов называется однородной, если тенденции изменения объёмов перевозок пассажиров общие для всех единиц совокупности. В классификационной группе каждый регион РФ рассматривается таковым. Единица совокупности — отдельная, первичная, неделимая системная часть, обладающая признаками, подлежащими статистическому наблюдению.

На основе выполненной аналитической работы проведена группировка субъектов

(таблица 4) в соответствии с двумя признаками:

- характером развития спроса по годам периода наблюдения;
- территориальной конфигурацией пассажирских транспортных потоков.

Для регионов, входящих в одну классификационную группу, можно применять единый алгоритм выбора метода прогноза в связи с тем, что они имеют одинаковый тренд в развитии и территориальном распределении спроса по направлениям.

Шаг 6. Определение качества прогнозной модели.

Точность прогнозирования измеряется величиной ошибки прогноза, которая отражает апостериоральную величину отклонения прогнозного значения объёма перевозок внутри субъекта РФ от фактического значения. При выполнении контрольных расчётов использована формула:

$$MAPE = \frac{|A_{\phi-t} - A_{\text{прог}_t}|}{A_{\phi-t}} \cdot 100,$$

где $A_{\phi-t}$ — фактическое значение пассажиропотока в отчётном периоде t ; $A_{\text{прог}_t}$ — прогнозное значение пассажиропотока в отчётном периоде; t — отчётный период.

Результаты расчётов представлены в виде таблицы 5, где в строках указываются субъекты РФ, принадлежащие одной группе, а в столбцах — значения ошибки прогноза (MAPE).

Шаг 7. Выбор метода прогнозирования региональных пассажиропотоков.

Выбор метода выполнен с помощью балльной оценки результатов проведённых контрольных расчётов. Для каждой группы субъектов они включали следующий комп-

Таблица 5

Пример представления показателя MAPE (фрагмент)

Субъекты РФ	Характеристика спроса	Метод среднего арифметического значения		
		Ретроспективные данные		
		5 лет	4 года	3 года
Хабаровский край	спад	9,3	7,2	5,9
Тамбовская область	спад	6,4	4,9	1,2
Ульяновская область	спад	2,7	1,9	1,1

лекс работ: определение прогнозных значений пассажиропотоков различными способами экстраполяции трендов с глубиной 1–2 года ($A_{\text{прог}_t}$), мониторинг объёмов перевозок в базовом (отчётном) периоде ($A_{\text{ф}_t}$), расчёт величины «ошибки прогноза» (MAPE) по всей совокупности использованных способов.

Начисление баллов осуществляется следующим порядком. Выбирается одна группа субъектов, которая отражает одну характеристику спроса. Например, совокупность субъектов, имеющих тенденцию спада объёмов спроса. Для каждого субъекта определяется метод, показывающий минимальную ошибку прогноза. Методу присваивается 1 балл. Аналогично выполняется сплошной расчёт по всем единицам однородной совокупности. Итоговая оценка – это сумма баллов всех входящих в группу субъектов (таблица 6). В частности, для группы с субъектами, имеющими тенденцию спада/снижения спроса, наибольшая точность прогноза достигается методом экстраполяции трендов по средней арифметической (выборка данных составляет период три года, зачётная сумма – 8 баллов).

Самая большая по абсолютному значению величина балльной оценки показывает, что применение анализируемого метода позволяет получать минимальную ошибку MAPE.

Шаг 8. Оценка полученных результатов.

В рамках выполненных исследований критерием выбора метода прогноза выступает показатель средней ошибки прогноза (MAPE). По заданному критерию осуществлен выбор методов экстраполяции трендов, позволяющих рассчитать перспективные объёмы региональных пассажиропотоков с минимальной ошибкой, не превышающей 3–5 %, в соответствии с предложенными классификационными признаками (таблица 7).

Применение метода обеспечивает получение прогноза пассажиропотоков с минимальной ошибкой.

Выводы

1. Выполненные аналитические исследования показали, что в период 2006–2016 годов объёмы внутренних пассажирских перевозок (без учёта пригородного сообщения) в регионах РФ сократились в два раза. Специалисты пассажирского комп-

Таблица 6

Система балльной оценки результатов контрольных расчётов

Группировочный признак	Прогноз по темпам роста			Прогноз по темпам прироста			Прогноз по средней арифметической		
	Ретроспективная информация								
	5 лет	4 года	3 года	5 лет	4 года	3 года	5 лет	4 года	3 года
Характер развития спроса по годам периода наблюдения									
Снижение	7	2	2	2	1	1	3	3	8
Рост	1	0	2	1	0	1	0	1	2
Стабильное состояние	0	1	0	0	2	0	0	1	0
Территориальная конфигурация пассажирских транспортных потоков									
1-я группа	2	1	0	1	1	1	0	2	2
2-я группа	1	0	1	1	0	1	1	0	2
3-я группа	2	2	1	0	2	0	2	2	4
4-я группа	3	0	2	1	0	0	0	1	2



Методы прогноза региональных транспортных пассажиропотоков

Группы регионов		Прогноз по темпам роста	Прогноз по темпам прироста	Прогноз по средней арифметической
Характер развития спроса	Снижение			
	Рост			
	Стабильное состояние			
Территориальная конфигурация пассажирских транспортных потоков	1-я группа			
	2-я группа			
	3-я группа			
	4-я группа			

лекса ОАО «РЖД» разрабатывают мероприятия для преодоления негативной тенденции и стимулирования регионального спроса. Информационно-аналитической основой для их реализации являются данные прогноза пассажиропотоков и динамики распределения объёмов отправок по железнодорожным направлениям.

2. Разработана система классификации субъектов РФ в соответствии с тенденциями развития спроса и характеристиками территориального распределения пассажиропотоков. Для регионов одной классификационной группы применён единый алгоритм выбора метода прогноза.

3. Доказана эффективность применения методов экстраполяции трендов для прогнозирования пассажиропотоков на региональных уровнях управления. Контрольные расчёты, выполненные по группам предложенной классификации, подтверждают высокую точность и минимальное отклонение величины прогноза от фактических значений спроса при глубине перспективы 1–2 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. АСУ «Экспресс» — Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте / Под ред. А. В. Комиссарова. — Ногинск: Аналитика Родис, 2016. — 128 с.
2. Макарова Е. А., Елизаров С. Б., Муктепавел С. В. Автоматизированная система прогнозирования пассажирских транспортных потоков на базе АСУ «Экспресс» // Вестник ВНИИЖТ. — 2011. — № 4. — С. 21–27.
3. Макарова Е. А., Муктепавел С. В. Разработка системы расчётно-аналитических показателей, характеризующих региональные пассажирские перевозки // Вестник ВНИИЖТ. — 2016. — № 3. — С. 169–173.
4. Суржин К. В., Муктепавел С. В. Оценка влияния фактора численности населения на объём пассажирских перевозок // Вестник ВНИИЖТ. — 2015. — № 4. — С. 59–64.
5. Лапидус Б. М., Пехтерев Ф. С., Махлин Е. М. Регионалистика: Учеб. пособие — 2-е изд., перераб. — М.: МИИТ, 2010. — 400 с.
6. Пазойский Ю. О., Шубко В. Г., Вакуленко С. П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели и методы их решения): Учеб. пособие. — М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2009. — 342 с.
7. Транспорт и связь в России. 2016: Стат. сб. // Росстат. — М., 2016. [Электронный ресурс]: http://www.gks.ru/bgd/regl/B16_5563/Main.htm. Доступ 11.12.2017.
8. Макарова Е. А., Суржин К. В., Елизаров С. Б., Морозов С. С. Прогнозирование пассажиропотоков в дальнейшем сообщении на инфраструктуре ОАО «РЖД» по регионам Российской Федерации // Транспорт: наука, техника, управление. — 2017. — № 2. — С. 34–39. ●

Координаты авторов: **Макарова Е. А.** — makarova.elena@vniizht.ru,
Муктепавел С. В. — muktepavel.svetlana@vniizht.ru.

Статья поступила в редакцию 11.12.2017, принята к публикации 27.01.2018.