

*Богданович С. В., канд. техн. наук, доц.
Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева*

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ОСНОВЕ АРХИВНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПОДСИСТЕМ АСУ «ЭКСПРЕСС -3»

s.v.bogdanovich@mail.ru

Установлено, что создание для управленческого персонала АО «Пассажирские перевозки» программного комплекса «Оперативное регулирование схемы пассажирского поезда и оптимизация использования парка вагонов» (ПК «ОРС-ПВ») позволяет по прогнозируемому значению населенности поезда в момент отправления в рейс определять оптимальную схему поезда на базе постоянного мониторинга населенности поезда в определенные моменты времени.

Внедрение ПК «ОРС-ПВ» приведет к повышению эффективности использования парка подвижного состава АО «Пассажирские перевозки», а также максимальному удовлетворению спроса населения в пассажирских перевозках, с учетом сезонного и внутримесячного колебания пассажиропотоков.

Ключевые слова: *пассажиропоток, прогнозирование, населенность, вместимость, потребность в вагонном парке, спрос, схема поезда.*

Результаты прогнозирования являются важнейшей информационно-аналитической составляющей в организации курсирования конкретного пассажирского маршрута и в системе функционирования пассажирского комплекса в целом, включая планирование и регулирование пассажирских перевозок, управление финансами, оптимизацию использования пассажирского вагонного парка.

Теоретическим вопросам прогнозирования пассажиропотоков посвящены труды многих известных ученых в области организации пассажирских перевозок (работы Ф.П. Кочнева, В.И. Лукашева, В.Я. Негрея, Ю.О. Пазойского, Н.В. Правдина, Л.С. Рябухи, В.Г. Шубко и др. [1 - 4]) и экономики пассажирского транспорта (Е.А. Макаровой, О.Ф. Мирошниченко и др. [5, 6]).

Однако данные исследования имели локальный характер, что объяснялось следующими объективными причинами:

- отсутствие возможности регулярного сбора и концентрации первичных данных о процессах зарождения и погашения пассажиропотоков;
- необеспеченность функции введения архивов данных о ретроспективной информации по отдельным маршрутам пассажирских перевозок;
- наличие в отчетности ограниченного перечня показателей (рассчитанных по итогам работы за месяц), что не позволяет проследить динамику роста (спада) объемов отправок пассажиров по датам и дням недели.

Существующие АПК «Поезд-Мониторинг» и АРМ «Ход продажи» на базе АСУ «Экспресс-3» позволяют устранить вышеуказанные объективные недостатки. При этом улучшение техни-

ко-экономических показателей работы отдельного маршрута требует совершенствования методов прогнозирования пассажиропотоков и внедрения в практическую деятельность новых информационных технологий (программных комплексов), обеспечивающих ситуационный анализ спроса населения на перевозку и прогнозы его развития. Поскольку спрос, определяемый количеством купленных билетов, представляет *случайный процесс*, то единственным верным путем при прогнозировании населенности поезда является применение *эмпирических*, и обязательно, *нелинейных* моделей.

В системе организации пассажирских перевозок применяют четыре вида прогноза: оперативный, среднесрочный, долгосрочный и стратегический. Каждый вид прогноза обеспечивает конкретные управленческие функции, имеет свои цели и задачи.

Оперативный прогноз (от 1 до 30 суток до отправления поезда) предназначен для обоснования решений об открытии в продажу мест на факультативные вагоны в схеме поезда, о вводе дополнительных поездов на проблемных направлениях перевозок.

Среднесрочный (сезонный) прогноз (1-3 месяца до даты отправления поезда) позволяет корректировать схемы составов и размеры движения, вводить изменения по периодичности курсирования поездов.

Прогноз на *долгосрочную* перспективу (будущий год) является информационной основой для разработки нового графика движения поездов, расчета потребностей в вагонном парке, планирования инфраструктурной и локомотивной (тяговой) составляющих для освоения предстоящих объемов пассажиропотоков.

Стратегическое прогнозирование (более 1 года) организуются в целях разработки инвестиционных программ по развитию пассажирского комплекса, определения возможностей пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений.

Для решения поставленной цели автором предлагается использовать оперативный и среднесрочный виды прогнозирования. Оперативный прогноз посуточного отправления пассажиров на основе базы данных подсистем АСУ «Экспресс-3» осуществляется со станций отправления поездов по маршрутам следования поездов. Перечень направлений перевозок пассажиров для рассматриваемого комплекса задач уточнен совместно со специалистами АО «Пассажирские перевозки» (далее АО «ПП») АО «Национальная компания «Казакстан темір жолы»» и охватывает 50 маршрутов.

Исходной информацией для прогнозирования являются оперативные и архивно-статистические данные АРМ «Ход продаж»:

- оперативные данные о ходе предварительной продажи билетов на дату прогнозирования по станциям отправления поездов;
- архивно-статистические данные о ходе предварительной продажи билетов на дату отправления со станции формирования поездов за предыдущие 12 месяцев.

Для выявления закономерностей между объемами реализации проездных документов (накопление пассажиропотоков) на поезд и календарными периодами прогнозирования была обработана архивная отчетность за период 2008-2011 гг. по всем 50 маршрутам.

В общем случае ожидаемый пассажиропоток в момент отправления поезда t_0 будет иметь вид уравнения, где в левой части будет стоять величина населенности состава N_0 поезда, а в правой части – разложение в ряд по значению календарного периода прогнозирования t , т.е.

$$N_0 = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3 + \dots + a_n \cdot t^n, \quad (1)$$

где $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – некоторые эмпирические постоянные.

Здесь первое слагаемое отвечает начальному состоянию населенности поезда в день открытия продажи билетов (как правило, 45 суток до отправления поезда), а второе, третье и т.д. слагаемые описывают скорость роста населенности и колебания в динамике пассажиропотока с учетом возврата билетов и отказа от поездки пассажирами. Точность аппроксимации динамики населенности поезда уравнением вида (1) индивидуальна для каждой отправки поезда.

Такая аппроксимация производится как для состава поезда в целом (т.е. для суммарной

населенности поезда N_c), так и для различных типов вагонов в составе поезда (N_o – общие вагоны; N_n – плацкартные вагоны; N_k – купейные вагоны; N_l – люксовые (спальные) вагоны и т.д.).

Аппроксимирующие кривые зависимости населенности состава в целом N_c и различных типов вагонов (N_n, N_k, N_l и т.д.) от хода продаж по календарным дням от начала продажи билетов для каждой отправки в течение месяца предыдущего года могут объединяться в более общую кривую, т.е. можно получить результирующую кривую месячной закономерности поведения населенности поезда для каждого маршрута.

В свою очередь, месячные кривые зависимости населенности поезда могут

объединяться и создавать сезонные закономерности. Граница каждого сезона определяется путем анализа динамики количества отправленных пассажиров по месяцам предыдущих лет, как по каждому маршруту, так и по АО «ПП» в целом. Проведенные анализы позволили четко определить 3 сезона – сезоны «Зима», «Весна-Осень» и «Лето».

Аппроксимирующие кривые зависимости населенности состава N_c и различных типов вагонов (N_n, N_k, N_l) от хода продаж на примере истории продажи билетов на поезд №23 сообщением Алматы-Актобе в январе 2011 г. показаны на рис. 1. Значения коэффициентов корреляции показывают о высокой сходимости между фактическими и теоретическими кривыми.

Отметим, что отличие значения коэффициента корреляции от 1 будет давать величину прогнозной ошибки населенности поезда в момент отправления $t_0 - \Delta N_c$, которая может быть определена для каждой отправки и скорректирована.

Таким образом, прогнозирование пассажиропотока в момент отправления поезда t_0 производится путем применения для аппроксимации статистических данных населенности поезда полиномов высшего порядка.

Таким образом, величина расчетного значения населенности поезда N_c определяется по формуле

$$N_c = N_0 \pm \Delta R \pm \Delta N_c, \quad (2)$$

где N_0 – начальное прогнозное значение населенности поезда в момент отправления со станции формирования t_0 , в моменты времени прогнозирования $t = t_0 - 10, t = t_0 - 5, t = t_0 - t_{кр}$, чел.;

ΔR – разница населенности по аппроксимирующей кривой (тренду) и фактически вводимым значением, чел;

ΔN_c – величина прогнозной ошибки населенности поезда в момент отправления t_0 (ошибка аппроксимации), чел.

Для регулирования и принятия управленческих решений по оптимизации структуры (схемы) пассажирских поездов в оперативном режиме, достижения положительных финансово-экономических результатов от перевозок коллективом ТОО «Научно-исследовательский

центр комплексных транспортных проблем» (ТОО «НИЦ КТП», г. Астана) разработан программный комплекс «Оперативное регулирование схемы пассажирского поезда и оптимизация использования парка вагонов» (далее ПК «ОРС-ПВ»).

Главной подсистемой ПК «ОРС-ПВ» является система автоматизированного принятия решений по формированию схемы поезда – интерфейс модуля формирования схемы поезда на мониторе персонального компьютера оперативного работника АО «ГПП».

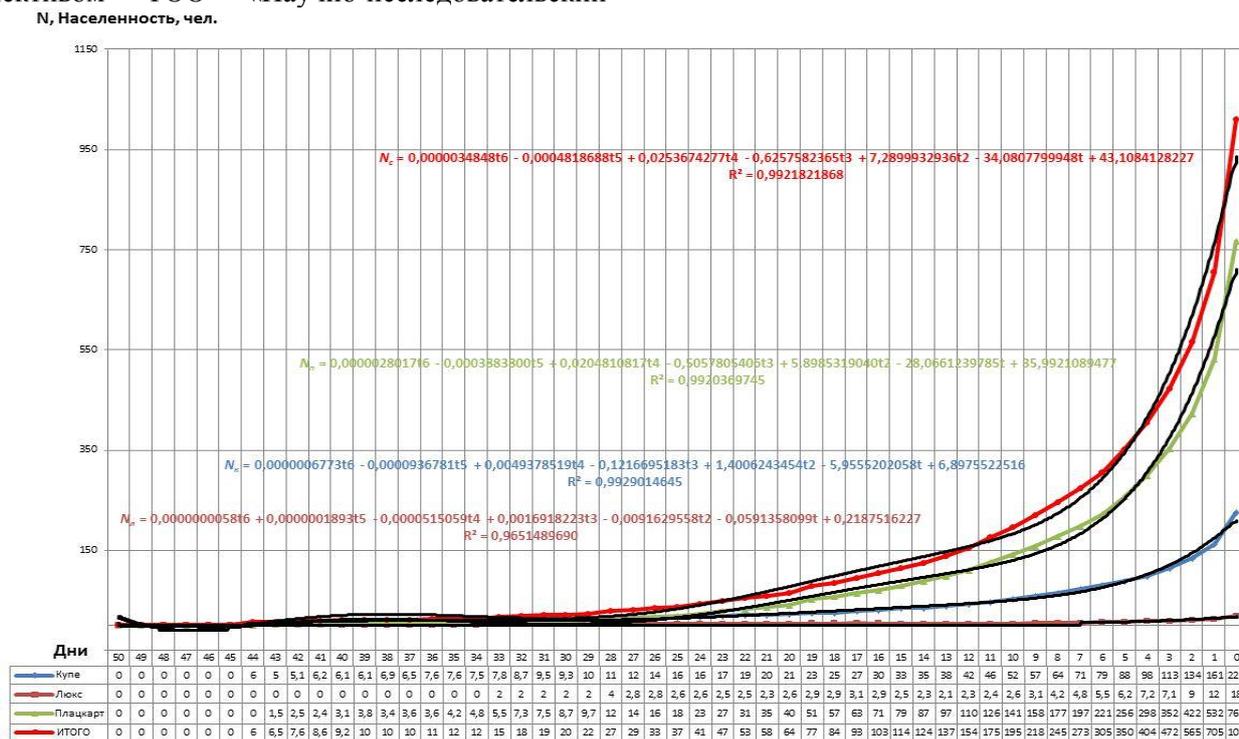


Рис. 1. Аппроксимирующие кривые зависимости населенности состава N_c и различных типов вагонов (N_n , N_k , N_d) от хода продаж (на примере поезда №023Ц сообщением Алматы-Актобе в январе 2011 г.)

Система построена так, что при моделировании отдельного маршрута в оперативном режиме расчетно-аналитические модули ПК «ОРС-ПВ» обращаются к базе данных с результатами обработки архивно-статистической информации, результатами моделирования динамики населенности по типам вагонов в составе отдельного поезда за предыдущие годы с момента начала продаж (за 45 суток) до момента отправления, находящихся в программном комплексе «Программа-обработчик информации» (далее ПК «ПОИ»). На основе полученных показателей населенности производится расчет необходимой схемы состава пассажирского поезда.

Информационная система ПК «ОРС-ПВ» содержит базу данных (БД), которая скомбини-

рована из данных, полученных в результате обработки ПК «ПОИ» информации, получаемой из АРМ «Ход продаж» и АПК «Поезд-Мониторинг», и собственных данных.

Для определения прогнозного значения населенности поезда в момент отправления поезда в рейс t_0 в рабочем режиме в ПК «ОРС-ПВ» вводятся значения населенности поезда по типам вагонов для каждого маршрута в различные моменты времени прогнозирования, например $t_0 - 10$, $t_0 - 5$ и $t_0 - t_{кр}$, извлекаемые из АРМ «Ход продаж» на момент прогнозирования. Здесь значению $t_{кр}$ соответствует критическое время принятия решений по изменению схемы поезда, зависящее от технологии подготовки вагонов в рейс на пассажирской технической

станции (или техническом парке) в пункте отправления.

Алгоритм ПК «ОРС-ПВ» построен на таком принципе, при котором для определения оптимальной схемы поезда по прогнозируемому значению населенности поезда в момент отправления в рейс t_0 необходимо проводить постоянный *мониторинг* населенности поезда в определенные моменты времени, например $t_0 - 10$, $t_0 - 5$ и $t_0 - t_{кр}$ по АРМ «Ход продажи». Тогда, в последующем, значения населенности по типам вагонов в моменты времени $t_0 - b$, являются **единственными параметрами**, вводимыми в систему принятия решений по регулированию схемы поезда ПК «ОРС-ПВ». При этом прогнозные значения населенности поезда в момент времени t_0 для различных типов вагонов, а также для состава в целом будут рассчитываться в автоматическом режиме.

Таким образом, использование ПК «ОРС-ПВ», взаимодействующей с существующей системой управления пассажирскими перевозками АСУ «Экспресс-3» (через ПК «ПОИ», АПК «Поезд-мониторинг» и АРМ «Ход продажи»), приведет к повышению эффективности использования парка подвижного состава АО «Пассажирские перевозки», а также максимальному удовлетворению спроса населения в пассажир-

ских перевозках, с учетом сезонного и внутримесячного колебания пассажиропотоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочнев, Ф.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте./Ф.П. Кочнев// – М.: Транспорт, 1980. – 496 с.
2. Правдин, Н.В. Прогнозирование пассажирских потоков (методика, расчеты, примеры)/ Н.В. Правдин, В.Я. Негрей// – М.: Транспорт, 1980. – 222 с.
3. Правдин, Н.В. Технология работы вокзалов и пассажирских станций. / Н.В.Правдин, Л.С. Рябуха, В.И. Лукашев // - М.: Транспорт, 1990. - 320 с.
4. Пазойский, Ю.О. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в примерах и задачах)/Ю.О. Пазойский, Л.С. Рябуха, В.Г. Шубко// - М.: Транспорт, 1991. - 240 с.
5. Мирошниченко, О.Ф. Система управления экономическими результатами железнодорожных пассажирских перевозок./ О.Ф. Мирошниченко// – М.: МЭИ, 2002. – 304 с.
6. Макарова, Е.А. Автоматизированная система прогнозирования пассажирских транспортных потоков на базе «Экспресс»/ Е.А. Макарова, С.Б. Елизаров, С.В. Муктепавел // Вестник ВНИИЖТ. - 2011. - № 4. - С. 21-27.