

УДК 656.25

Г. И. ЩУПЛЯКОВА, кандидат технических наук; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАФИКА ВЕДОМСТВЕННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Приведены тенденция развития ведомственных сетей связи, нагрузка сетей связи, факторы, определяющие трафик. Предложена методика прогнозирования нагрузки сетей связи железнодорожного транспорта с использованием показателя объема перевозок "отправлено грузов".

**В** настоящее время во всех странах мира, в том числе и Республике Беларусь, идет интенсивное развитие сетей связи. Причем развиваются как общегосударственные (общего пользования), так и ведомственные (корпоративные) сети связи. При этом характерным являются высокие темпы развития ведомственных сетей связи (ВСС), и можно прогнозировать, что в ближайшие годы эта тенденция сохранится.

Проблемы создания и проектирования ВСС и сетей связи общего пользования (ОП) во многом совпадают, но есть и принципиальные отличия. В первую очередь, это касается характера нагрузки и ее прогнозирования. Если проблемам нагрузки сетей связи общего пользования посвящен ряд фундаментальных работ, разработаны рекомендации МСЭ-Т [2], то для ВСС такие работы только начали появляться.

**Тенденции развития ВСС.** Основной тенденцией развития ВСС в мире так же, как сетей связи общего пользования, является переход к интегральным цифровым сетям. При этом интеграция предусматривается либо на уровне оборудования, либо на уровне служб сети. В первом случае в интегральной по оборудованию сети для передачи и коммутации сообщений (данных) различных видов связи (телефонной, телеграфной, передачи данных и др.) применяется однотипное оборудование. Это оборудование в перспективных сетях создается на основе цифровых систем передачи и цифровых систем коммутации, т.е. согласно международным рекомендациям строится так называемая интегральная цифровая сеть связи IDN. В идеале это автоматически коммутируемая цифровая телефонная сеть связи, где абонентам предоставляются цифровые каналы со скоростью передачи информации 64 кбит/с.

Во втором случае создается цифровая сеть интегрального обслуживания – ISDN. Главная цель создания сети такого типа – обеспечение доступа пользователей через одну абонентскую линию к различным службам.

Мировой опыт показывает, что ВСС развиваются эволюционным путем, а переход от одного состояния развития сети, как правило, от отдельно

функционирующих в настоящее время вторичных сетей, к интегральной сети занимает несколько лет и требует значительных финансовых затрат. Поэтому весьма важной задачей в условиях ограниченных финансовых затрат является решение проблемы создания интегральной ВСС с учетом перспективы развития ведомства и трафика его сети связи.

В общей проблеме развития ВСС можно выделить ряд задач по планированию и расчету основных количественных и качественных показателей, очередности их контроля и диагностики. По своему характеру решение отмеченных задач относится к классу стратегических, и они могут быть решены на основе теории принятия решений. При решении обеих задач одним из важных параметров ВСС является нагрузка как отдельных видов связи (телефонной, передачи данных и др.), так и отдельных направлений сети и их прогнозные значения на ближайшую перспективу. Прогноз нагрузки является исходной информацией для принятия решений по управлению сетями связи, расчету их пропускной способности, технико-экономических и качественных показателей.

Нагрузка является основой для расчета качественных показателей сети, выбора структуры сети, типа каналаобразующего и коммутационного оборудования, выбора места расположения узлов связи, числа каналов и соединительных линий между ними и др.

Условием нормального функционирования сетей связи с заданными качественными показателями по количеству повторных вызовов и времени ожидания соединения с вызываемыми конечными пунктами является выполнение требований о соответствии между поступающей на обслуживание нагрузкой и пропускной способностью направлений сетей, что обеспечивает своевременную передачу и доставку сообщений. Вместе с тем, как показывает практика, пропускная способность, определяемая количеством каналов данного направления, часто изменяется волевым путем или "от достигнутого", без учета специфики ВСС и основных показателей продукции ведомства. Так, проектирование сетей связи железнодорожного транспорта производилось во многих случаях по

нормам бывшего Минсвязи Союза ССР, которые установлены для общегосударственных сетей связи общего пользования в зависимости от плотности и прироста численности населения. Эти нормы не отражают особенностей нагрузки, связанной с особенностями производства. Поэтому актуальной задачей, вытекающей из особенностей ВСС, является их проектирование и развитие во взаимосвязи с продукцией ведомства, т.е. для железных дорог во взаимосвязи с перевозкой грузов и пассажиров.

Важность проблемы нагрузки и ее прогнозирования связана также с тем, что в XXI веке информация становится стратегическим ресурсом, а экономический и социальный успех сопутствует тем, кто наиболее активно использует современные средства компьютерных и телекоммуникационных технологий.

**Нагрузка сетей связи.** Нагрузку сетей связи

железных дорог формируют оконечные пункты (ОП) как данной железной дороги, так и всей сети железнодорожного транспорта стран СНГ. Среди многих служебных и технологических связей основная нагрузка приходится на телефонную, телеграфную сети, а также передачу данных автоматизированных систем управления. В то же время технология перевозочного процесса более всего связана с телеграфной связью (ТГ) и передачей данных (ПД). Поэтому далее рассмотрим характерные особенности этих видов связи.

Наиболее сильная корреляционная связь наблюдается между нагрузкой сетей ТГ и ПД и пассажирскими перевозками (рисунок 1). В летнее время, когда поток пассажиров значительно возрастает, соответственно увеличивается и нагрузка (число сообщений).

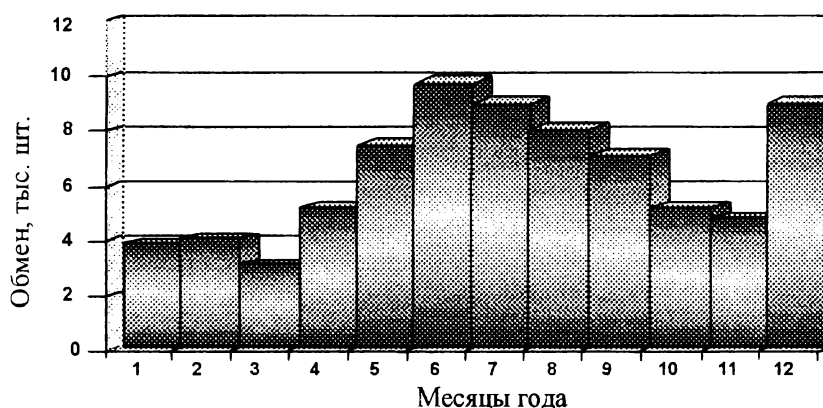


Рисунок 1 – Нагрузка сетей ТГ и ПД от пассажирских перевозок

Распределение нагрузки по дням недели в сильной степени зависит от иерархического уровня узла связи: управление дороги (ДУ), отделение дороги (ОУ) и ж.-д. станции и узлы (СУ). Для ДУ нагрузка постепенно возрастает в течение дней недели, достигая максимума в пятницу; в ОУ максимальная нагрузка приходится на среду или четверг, в СУ – на понедельник или вторник (рисунок 2).

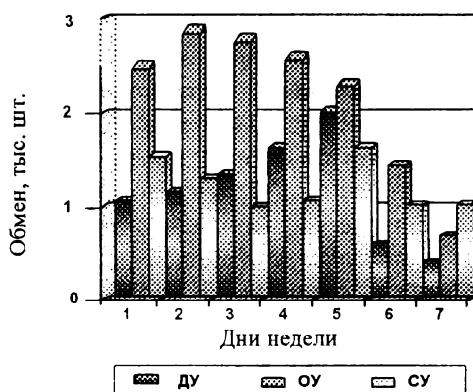


Рисунок 2 – Изменение нагрузки сетей ТГ и ПД по дням недели

Из полученных нагрузок следует, что на низшем иерархическом уровне, т.е. на СУ, работа и информационный обмен начинаются с первых дней

недели (понедельник, вторник), на ОУ неделя начинается с "раскачки" и информационный поток сообщений возрастает к среде или четвергу, а потом наступает спад, уменьшение потока сообщений. В верхнем руководящем иерархическом уровне ДУ интенсивность работы медленно возрастает и в последний день (пятницу) перед уходом на выходные дни достигает максимума. В выходные дни нагрузка в ДУ и ОУ падает, а на СУ практически не изменяется, так как работа на станциях и узлах не прекращается ни на один день.

К особенностям нагрузки ВСС железных дорог следует отнести также асимметрию нагрузки. Как правило, отношение исходящей к входящей нагрузке в час наибольшей нагрузки для ДУ, ОУ и СУ составляет в среднем 0,7, т.е. поток сообщений, поступающих на ДУ, ОУ и СУ, превышает поток сообщений, формируемый на данном узле. Это существенное отличие ВСС от сетей связи общего пользования, которые проектировались и строились с учетом равенства исходящей и входящей нагрузок.

Одной из проблем является изменение нагрузки по иерархическим уровням (ДУ, ОУ и СУ). В свое время (1962 г.) академик А.А. Харкевич высказал

идею о квадратичном росте нагрузки: “Считается, что количество информации растет по меньшей мере пропорционально квадрату промышленного потенциала”. Сама по себе гипотеза не была подтверждена ни теоретически, ни экспериментально и до сих пор является красивым “мифом” [5].

Для определения изменения нагрузки по иерархическим уровням управления перевозочным процессом было проведено уникальное исследование нагрузки на всех дорогах бывшего Союза ССР. В результате установлено, что рост количества информации на отдельных иерархических уровнях протекает по геометрической прогрессии со знаменателем, близким к 2, т. е. нагрузка увеличивается в ОУ примерно в два раза по сравнению с СУ, а в ДУ примерно в два раза по сравнению с ОУ.

**Факторы, определяющие трафик.** Одной из основных задач любого прогноза – поиск устойчивых связей (структурных, пространственных, временных и др.). Как известно, интегральным показателем уровня развития связи на конкретной территории (стране, регионе) традиционно считается телефонная плотность, которая имеет сильную корреляционную связь с интегральным показателем развития экономики – валовым национальным продуктом (ВНП). Поэтому для прогнозирования развития и трафика сетей связи общего пользования часто используется ВНП [1]. Для ВСС однозначно указать такой фактор – более сложная проблема вследствие многофакторности её трафика [3, 4, 5]. В то же время естественно предположить, что величина трафика ВСС будет определяться объемом основной производственной продукции ведомства в целом и его подразделениями, формирующими это целое. В частности, для железнодорожного транспорта к таким относятся как административно-командные подразделения различных иерархических уровней планирования и управления движением и эксплуатацией железной дороги, хозяйств перевозок и коммерческой работы (управление дороги, отделения дорог, железнодорожные станции и узлы и др.), так и подразделения, непосредственно участвующие в перевозочном процессе (сортировочные горки, товарные конторы, вокзалы, билетные кассы и др.).

Объем производственной продукции ведомства и его подразделений в зависимости от их иерархических уровней в системе управления можно характеризовать многими показателями, отражающими характерные аспекты продукции на этих уровнях и являющимися для отдельных ведомств фактически заменителями ВНП. К основным из таких показателей можно отнести объемы промышленной продукции, величину розничного товарооборота, среднедушевой доход в месяц и т. д.

Для железнодорожного транспорта интегральными показателями производственной продукции

являются масса перевезенных грузов и багажа (тонно-километры) и число перевезенных пассажиров (пассажиры-километры).

Для нижних иерархических уровней управления перевозочным процессом удобно использовать также такие показатели, как число поездов или вагонов и др. Отметим, что часто используемые на практике показатели – баллы, классы подразделений – отражают лишь сугубо ориентировочные объемы продукции и выполняемых работ, связанных с перевозочным процессом, и поэтому слабо коррелированы с основной производственной продукцией транспорта. Использовать их для прогнозирования нагрузки нецелесообразно.

**Прогнозирование трафика.** Успешная эксплуатация и управление ВСС в большой степени зависят от прогнозов нагрузки, которые можно составить на будущее в зависимости от показателей продукции ведомства и его подразделений.

В общем случае прогнозирование трафика представляет сложную задачу, так как он зависит от многих факторов: объема эксплуатационной работы подразделений транспорта, степени оснащенности дороги средствами связи и их доступности, технологии сбора и передачи сообщений и данных, структуры сети, числа и значимости оконечных пунктов в перевозочном процессе и др., а объект прогнозирования – нагрузка территориальной системы отличается многомерностью. Прогнозная функция может быть выражена многофакторным уравнением

$$Y = (X_1, X_2, X_3, \dots),$$

где  $X_1, X_2, X_3, \dots$  – факторы, определяющие нагрузку.

Преодолеть барьер многомерности можно путем использования простых показателей, отражающих важнейшие прогнозные факторы или их сумму. Иначе говоря, успех прогнозирования зависит от степени соответствия принятой функции (модели трафика) реальным условиям значимости, веса выбранного фактора в производстве продукции ведомства и достоверности исходных статистических данных. Практически удобно использовать параболическую или простую показательную функцию.

Кроме того, при выборе факторов для прогнозирования трафика необходимо исходить из следующих положений: факторы должны быть устойчивы и однозначны, а численная их оценка доступна и сравнительно легко вычислима; факторы должны устойчиво зависеть от параметров системы, ее структуры и параметров внешних воздействий; быть сопоставимы.

Проведенные на протяжении нескольких лет исследования трафика передачи дискретных сообщений (данных) и перевозки грузов позволили установить простейшую корреляционную зависимость с помощью линейной составляющей параболической функции

$$Y = A + BX,$$

$Y$  – прогнозная функция;

$X$  – фактор продукции ведомства, определяющий нагрузку.

Количественно объем перевозок грузов характеризуется такими показателями, как "отправлено грузов", "прибыло грузов" и "перевезено грузов". Эти показатели перевозок грузов служат основой для определения потребности дорог в подвижном составе, используются для исчисления и анализа важнейших показателей качества работы железной дороги в целом.

С помощью метода парной корреляции было установлено, что между приведёнными показателями существует сильная корреляционная зависимость и наиболее весомым фактором является "отправлено грузов".

В результате расчета методом наименьших квадратов получено уравнение регрессии для вычисления количества сообщений

$$Y = 55,46 + 20,49 X,$$

где  $Y$  выражено в тысячах шт.,  $X$  – в млн т грузов.

Полученное уравнение позволяет прогнозировать трафик верхнего уровня управления дороги в целом. Этот случай сопоставим с корреляционной зависимостью телефонной плотности сети общего пользования республики в целом и ВНП.

Для более низких иерархических уровней ВСС для прогнозов трафика необходимо использовать другие факторы. Так, для бюро по распределению билетов на пассажирские поезда наиболее подходящей переменной является число обращающихся на направлении поездов –  $X$ . Уравнение парной регрессии в этом случае принимает вид

$$Y = 22,20 + 0,36 X.$$

Для сортировочных горок, на которых происходит формирование и расформирование грузовых поездов, фактором для прогнозирования трафика является число обработанных вагонов  $X$  (тыс. шт.).

Получено 30.04.2003

#### **G. I. Shypljakova.** Forecasting of the departmental communication network traffic.

Tendencies of the departmental communication network development, communication network capacity, traffic determining factors are given. Techniques of forecasting of railroad communication network capacity using the transportation volume parameter "departure of cargoes" are proposed.

Уравнение парной регрессии в этом случае будет иметь вид

$$Y = 1,20 + 20,10 X.$$

Коэффициенты корреляции во всех уравнениях составляют 0,96 – 0,98, т. е. подтверждают сильную связь между количеством сообщений и показателями перевозок.

При проектировании развития ВСС одной из важнейших является задача прогнозирования трафика. В работе показан метод прогнозирования трафика по основным производственным показателям продукции ведомства и его подразделений.

С помощью предлагаемого метода можно объективно планировать и рассчитывать нагрузку, а по ней – число каналов, приборов, аппаратов при заданном качестве обслуживания.

Задача прогнозирования трафика в такой постановке решается впервые, и публикаций, посвященных решению подобных задач, автор не встречал.

Полученные результаты могут явиться основой для разработки планов развития ведомственных сетей связи и прогнозирования их трафика.

#### Список литературы

- 1 Авласенко В. М., Щуплякова Г. И., Семенюта Н. Ф. О зависимости между уровнем развития телефонной связи и экономическим потенциалом страны // *Веснік сувязі*. – 1999. – № 4. – С.60 – 65.
- 2 МККТТ. Красная книга. Т. П. Вып. 11.3. Международная телефонная служба. Управление сетью. Расчет нагрузки. Рекомендации Е.500 – Е.600. Измерение и регистрация трафика. – Малага-Терремолинос, 1984. – 184 с.
- 3 Семенюта А. Н. Поддержка стратегических решений на ведомственных сетях связи. – Гомель. БелГУТ, 1999. – 145 с.
- 4 Семенюта Н. Ф., Щуплякова Г. И., Семенюта А. Н. К расчету нагрузки на телеграфной сети // *Электросвязь*. – 1992. – № 6. – 22 с.
- 5 Варакин Л. Е. Введение в теорию развития инфокоммуникаций // *Труды международной академии связи*. – 2000. – № 2(14). – С.2 – 12.