

УДК 656. 254

М. С. КОСТЕНОК, кандидат технических наук; Ю. А. КУШНЕРОВА, ассистент; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ВИДОВ УСЛУГ НА СЕТЯХ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Приводятся результаты экспериментальных исследований по определению заинтересованности работников железнодорожного транспорта в дополнительных видах услуг. Производится выбор ДВО, показана целесообразность их применения.

Значительные изменения, произошедшие в последние годы в политике и экономике государства, существенным образом отразились на работе железнодорожного транспорта. Изменились условия работы всех служб, намечены приоритетные ориентиры развития, возникли новые задачи, требующие перестройки всей системы управления.

Решающая роль в стратегии развития железнодорожного транспорта отводится информатизации и внедрению современных информационных технологий во все сферы деятельности отрасли. При этом связь является фундаментом общей системы информатизации и всех систем управления работой транспортного конвейера, основным направлением развития которой является интеграция, позволяющая значительно расширить возможности информационных сетей в предоставлении потребителям различных видов услуг.

Во введении новых услуг заинтересованы как абоненты, так и администрация сетей связи. Для абонентов это сокращение времени, затрачиваемого на установление соединений, упрощение процесса установления соединения, расширение возможности использования основных видов связи. Естественно, и администрация сети заинтересована в предоставлении абонентам таких возможностей. Введение таких услуг способствует улучшению использования систем распределения информации, повышению эффективности функционирования сетей связи и качества обслуживания потребителей. Таким образом, изучение меры влияния ДВО на качество обслуживания и нагрузку сети имеет немаловажное значение, а результаты исследования позволят выделить наиболее эффективные виды услуг, определить направление в создании новых услуг, найти оптимальные методы их применения.

Продукцию связи можно подразделить на два вида услуг: предоставляемые и дополнительные. Предоставляемые услуги традиционны и наиболее доступны. Перечень этих услуг определяется возможностями действующего оборудования на существующих сетях связи. Дополнительные услуги в основном предоставляются на сетях связи при

вводе новой цифровой техники коммутации. Количество таких услуг может быть более 70. К дополнительным услугам относят как дополнительные виды обслуживания (ДВО), так и дополнительные виды связи (ДВС). Из них 14 – 20 являются наиболее доступными для потребителей.

Все виды дополнительных услуг в зависимости от возможностей и удобств, предоставляемых абонентам, подразделяются на услуги упрощения набора номера (сокращенный набор номера – СНН, вызов абонента в определенное время по его заказу – ВЗА, переадресация вызова – ПВА, прямой вызов абонента без набора номера – ВАП, повторный вызов без набора номера – ВПА) и услуги подключения (установка вызова на ожидание при занятости вызываемого абонента – УОЗ, установка вызова на ожидание с подачей предупреждающего сигнала – УОП, уведомление вызываемого абонента о входящем вызове – УВВ, автоматический обратный вызов – АОВ, вторжение в связь – ВС). Особую группу составляют услуги: конференц-связь автоматическая – КСА; конференц-связь, устанавливаемая распорядителем – КСР; наведение справки во время разговора – НСР; подключение к разговору третьего абонента – ПРТ; передача соединения другому абоненту – ПАС; сигнализация радиопоисковая – СРП; подключение к линии автоответчика – ПАА, к диктофону – ПАД; перехват линии – ПХВ; группа запрещения: ЗВС – запрещение входящей связи, ЗИС – запрещение исходящей и входящей связи и др.

С целью определения потребности различных категорий абонентов в дополнительных видах услуг были проведены экспериментальные исследования на сетях Брестского и Гомельского отделений Белорусской железной дороги. В качестве экспертов привлекались работники различных служб. Большая часть из них была информирована о существовании ДВО и дополнительных видах связи (телефакс, бюрофакс, телекс, видеотелефон, телетекст, видеотекст, электронная почта). Результаты опроса, позволившие определить заинтересованность абонентов в дополнительных видах обслуживания, выбранных работниками железнодорож-

ного транспорта, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Заинтересованность абонентов в ДВО

Вид ДВО	Заинтересованность в ДВО, %	
	Административный сектор	Квартирный сектор
1	2	3
СНН	81,33	63,0
ВЗА	28,08	30,8
ПВА	70,72	42,8
ВАП	61,23	28,8
ВПА	48,80	43,9
УОЗ	66,43	58,1
УОП	35,90	34,3
УВВ	37,35	44,0
СРП	59,20	44,5
КСА	50,50	13,4
КСР	54,88	23,9
НСР	48,47	45,2
ПРТ	51,50	38,4
ПАС	41,52	32,5
ПАА	57,45	68,9
ПАД	48,80	28,3
ПХВ	47,48	15,2
ПДВ	51,47	28,9
АОВ	44,53	39,2
ВС	49,31	9,8

Анализ результатов, приведенных в таблице 1, показывает, что наиболее востребованными для абонентов железнодорожного транспорта являются: СНН, ПВА, ВАП, УОЗ, СРП, ПАА, КСА, КСР, ПРТ, ВС, ПДВ, из дополнительных видов связи – электронная почта (70,54 %), телефакс (46,3 %).

В процессе передачи сообщений время доставки информации

$$T = T_3 + T_{нз}, \quad (1)$$

где T – общее время доставки информации; T_3 – эффективное время передачи информации; $T_{нз}$ – непроизводительные затраты времени.

Анализируя сообщения, время доставки которых одинаково, можно установить, что не все они обладают одной и той же структурой. Некоторые имеют меньшее эффективное время передачи информации, но зато большее время непроизводительных затрат, другие – наоборот. В связи с этим можно предположить, что сеть функционирует более эффективно в тех случаях, когда при одном и том же времени доставки информации отношение T_3/T будет больше. При этом для оценки каче-

ства работы сети пользуются понятием эффективности ее функционирования. Состояние сети зависит от большого количества случайных факторов, поэтому оно может быть описано только с применением вероятностных методов.

Эффективность функционирования сети (E) – есть математическое ожидание случайной величины характеристики ее состояния, которая может быть определена по формуле

$$E = \sum_{i=0}^{z-1} P_i \frac{T_3}{T}, \quad (2)$$

где z – число возможных состояний сети; P_i – вероятность состояния сети (звена).

Таким образом, разделение процесса доставки информации на эффективное время передачи информации и непроизводительные затраты времени дает нам простейшую модель процесса, элементом которой является независимая ее часть, отражающая те или иные затраты времени. Различные сочетания состояний элементов модели и образуют определенное состояние сети связи.

Чтобы выявить влияние дополнительных видов обслуживания (ДВО) на нагрузку и качество обслуживания, целесообразно воспользоваться упрощенной моделью, исключая из рассмотрения те элементы модели, на которые наличие или отсутствие ДВО не оказывает никакого влияния (рисунок 1).

Для описания математической модели использованы следующие обозначения:

t_0, t_4 – соответственно время, затрачиваемое на подход к средству связи на исходящем и входящем концах; t_1, t_2, t_3 – соответственно время ожидания освобождения средства связи на исходящем конце, время ожидания установления соединения и освобождения абонента на входящем конце; t_r – техническое время, необходимое на установление соединения между абонентами (снятие микрофонной трубки, набор номера абонента); T_3 – время передачи полезной информации; t_5 – время задержки передачи полезной информации из-за некачественного тракта связи; t_6 – время, обусловленное надежностными показателями системы коммутации; q_0-q_6 – вероятности отсутствия непроизводительных затрат; P_0-P_6 – вероятности наличия непроизводительных затрат.

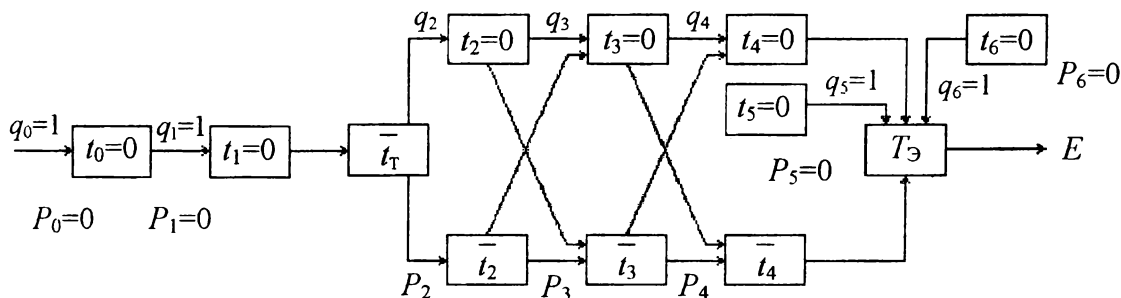


Рисунок 1 – Упрощенная модель доставки информации

Упрощение модели доставки информации (см. рисунок 1) предполагает, что $t_0=0$; $t_1=0$; $t_5=0$; $t_6=0$. Соответственно P_0, P_1, P_5, P_6 также равны нулю. Будем считать, что абонент ни в коем случае не откажется от попытки установить соединение. Из этого следует, что каждый элемент модели может находиться только в двух состояниях: ожидание есть и ожидания нет. Сумма вероятностей этих двух состояний равна единице. Так как в рассматриваемой модели находятся три изменяющихся элемента (остальные из рассмотрения исключаются), то число возможных состояний системы z будет равно 8.

Поскольку информация с вероятностью, равной единице, будет доставлена, то в каждой реализации этого процесса присутствует время T_3 . Кроме того, никакая информация не может быть доставлена без затрат времени, технически необходимых для установления соединения, поэтому в каждой реализации данного процесса присутствует время t_7 .

Модели доставки информации каждого вида ДВО в связи со спецификой услуги отличаются друг от друга отсутствием или наличием соответствующего элемента.

Другим существенным показателем, характеризующим эффективность применения средств ДВО, является оперативность доставки информации (оперативность связи). Ее значение в общем виде определяется как вероятность состояния сети, при котором отсутствуют непроизводительные затраты времени:

$$Q = \prod_{j=0}^n q_j, \quad (3)$$

где n – число элементов математической модели доставки информации при выполнении соответствующего вида ДВО ($n = 6$); q_j – вероятность отсутствия непроизводительных затрат ($j = 0 \dots n$).

Для выбора дополнительных услуг и их применения на железнодорожном транспорте определим влияние на эффективность функционирования сети связи и оперативность доставки информации следующих видов ДВО: СНН, НСР, АОВ, КСА, КСР, ПДВ, ПХВ, ПАВ, УОП, УВВ, ВС. В качестве математического аппарата при моделировании различных видов ДВО воспользуемся основными положениями теории телетрафика [1, 2], в соответствии с которыми вероятности наличия (p) и отсутствия (q) непроизводительных затрат, а также затраты времени (t) при различных видах ожидания соответственно определяются по выражениям:

– при ожидании освобождения соединительных путей к вызываемому абоненту

$$P_2 = \frac{Y_N^V / V!}{\sum_{i=0}^v Y_N^i / i!}; \quad (4)$$

$$q_2 = 1 - P_2; \quad (5)$$

$$t_2 = t_r (1 + P_2 / (1 - P_2)), \quad (6)$$

где Y – нагрузка, создаваемая N абонентами; V – количество соединительных путей; t_r – затраты времени на установление успешного соединения ($i+1$) обслуживания вызова;

– при ожидании освобождения терминального устройства (телефонного аппарата или других средств связи) абонента

$$P_3 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^m \frac{m!}{(m-k)!}} y^k; \quad (7)$$

$$q_3 = 1 - P_3; \quad (8)$$

$$t_3 = q_2 t_r P_3 / (1 - P_3)^2 + P_3 t_2, \quad (9)$$

где y – удельная абонентская нагрузка; m – число абонентов, пользующихся одним терминальным устройством; t_2 – дополнительные затраты времени, связанные с возможностью появления отказов в процессе установления соединения;

– при ожидании ответа вызываемого абонента (подход к средству связи на входящем конце)

$$P_4 = 1 - q_4; \quad (10)$$

$$q_4 = \lambda_{\text{вх}} (P_{\text{та}} + P_{\text{тз}}) + \lambda_{\text{исх}} M_k; \quad (11)$$

соответственно время ожидания ответа абонента

$$t_4 = m \left\{ \frac{\lambda_{\text{вх}}}{\lambda} T_n \left[(1 - q_4) + (1 - q_4)^m (1 - p_j)^m \right] (1 + \lambda_{\text{вх}} T_0) \right\}, \quad (12)$$

где $\lambda_{\text{исх}}$, $\lambda_{\text{вх}}$ – соответственно интенсивность исходящих от абонента и входящих к абоненту вызовов; λ – общая интенсивность потока вызовов абонента; M_k – математическое ожидание времени, отнесенное к одному вызову; $P_{\text{та}}$ – вероятность нахождения абонента возле терминального оборудования по причинам, не связанным с его использованием; $P_{\text{тз}}$ – вероятность наличия входящих вызовов при занятости терминального оборудования; T_0 – время опроса абонента и сообщение о поступившем вызове; P_j – вероятность подхода j -го абонента к средству связи при поступлении вызова.

Наличие или отсутствие элементов в математической модели, а также количество параметров, используемых в расчетных формулах при определении E и Q , выбирается в соответствии с алгоритмом выполнения ДВО или ДВС. Численные значения этих параметров примем по результатам исследований, проведенных на сети связи Белорусской железной дороги.

При услуге СНН модель доставки информации не меняется. Услуга позволяет сократить затраты времени на полный набор номера, а следовательно, и t_r .

В соответствии с услугой АОВ при занятости вызываемого абонента вызов становится на ожидание, а по окончании разговора ЦСК обеспечивает вызов в обе стороны, и, подняв трубки, абоненты автоматически соединяются друг с другом. Та-

ким образом, в данной модели отсутствуют затраты на подход вызываемого абонента к средству связи ($t_4=0, q_4=1$), а также время ожидания освобождения средства связи вызываемого абонента ($t_3=0, q_3=1$). К техническому времени установления соединения добавится время осуществления обратного вызова.

Услуга НСР позволяет А-абоненту, наведя справку (т. е. осуществив вызов к С-абоненту), сразу вернуться к вызванному В-абоненту, осуществив фактически два вызова вместо трех. Таким образом, все присутствующие в модели на рисунке 1 непроизводительные затраты на один вызов фактически уменьшаются в 1,5 раза.

ЦСК MD-110 позволяет организовать конференц-связь до восьми абонентов. Если предположить, что при отсутствии данной услуги вызываемому абоненту для обсуждения необходимых вопросов потребуется связь с каждым из В-абонентов хотя бы два раза (например, сначала собрать от всех абонентов информацию, а затем дать всем абонентам соответствующие указания), то наличие услуги уменьшит непроизводительные затраты на один вызов в два раза.

Услуга ПДВ позволяет переключить вызов, пришедший к В-абоненту, на другой номер ввиду перемещения, например, самого В-абонента к соседнему рабочему месту. В модели исключается время, затрачиваемое на ожидание подхода к средству связи вызываемого абонента (возвращения к своему рабочему месту) – $t_4=0, q_4=1$. Аналогичное состояние и при услуге ПХВ.

При перемещении абонента услуга ПАВ позволяет вызову «следовать за ним» и в результате исключает повторные вызова. При отсутствии абонента на рабочем месте необходимо совершить как минимум один повторный вызов, при этом можно считать, что услуга ПАВ, исключая этот вызов, сокращает техническое время доставки информации в два раза. Добавка времени к t_1 , необходимая для перевода вызова, составляет доли миллисекунд и, естественно не оказывает существенного влияния на общее время задержки.

Услуга ВС позволяет вышестоящим по службе абонентам при острой необходимости, не дожидаясь освобождения средства связи вызываемого абонента, подключиться к его разговору. При этом $t_4=0, q_4=1, t_3=0, q_3=1$.

При услуге УОП отсутствует время, затрачиваемое на подход к средству связи на входящем конце (вызываемый абонент уведомляется о новом вызове), т. е. $t_4=0, q_4=1$, и также уменьшается время ожидания освобождения занятого средства связи на входящем конце (т. к. соединение осуществляется со второй попытки). Разновидностью данной услуги является услуга УВВ.

Услуга УВВ позволяет вызываемому абоненту,

услышав уведомляющий сигнал, сразу переключиться на поступивший вызов, временно прервав прежнее соединение. При данной услуге отсутствует время, затрачиваемое на подход к средству связи на входящем конце ($t_4=0, q_4=1$).

К первой группе принадлежат ДВО, влияющие на наличие некоторых элементов модели, ликвидирующих, например, ожидание ответа вызываемого абонента или же ожидание освобождения средств связи вызываемого абонента.

Ко второй группе относятся ДВО, не изменяющие наличие некоторых элементов моделей, но имеющие время установления соединения меньше (СНН, КС, НСР, ВАП).

Применение ДВО первой группы в основном способствует повышению оперативности связи, в то время как применение ДВО второй группы практически оказывает незначительное влияние (рисунок 2). Рост оперативности связи с увеличением интенсивности вызовов при некоторых ДВО, а также без ДВО объясняется увеличением вероятности отсутствия затрат времени на подход к средству связи на входящем конце q_4 .

Зависимость эффективности функционирования от интенсивности потока вызовов приведена на рисунке 3. Можно видеть, что с ростом интенсивности потока вызовов ДВО оказывают все большее влияние на эффективность функционирования. Для большинства ДВО, как и для вызовов без ДВО, характерно снижение эффективности функционирования при увеличении интенсивности нагрузки, что объясняется появлением непроизводительных затрат. Как видно из рисунка 3, наибольшую эффективность функционирования в основном имеют ДВО, исключаяющие из модели время на ожидание подхода вызываемого абонента к средству связи (ВС, УОП, ПХВ, ПДВ, EDD и др.).

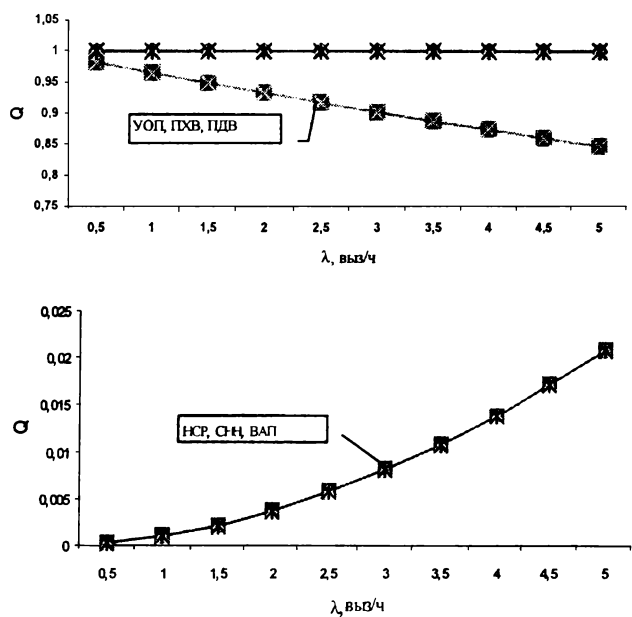


Рисунок 2 – Зависимость оперативности связи от интенсивности вызовов при $V=36$

Зависимость времени ожидания от интенсивности вызовов изображена на рисунке 4. Она позволяет оценить влияние различных ДВО на качество обслуживания. Рост интенсивности вызовов приводит к заметному увеличению вероятности ожидания освобождения соединительных путей (P_2) и соответственно времени (t_2).

При этом наибольшую эффективность дают услуги, способствующие их уменьшению. К ним относятся ВАП, КС (КСА, КСР), НСР.

Влияние ДВО на нагрузку заключается в уменьшении времени непроизводительных затрат, а следовательно, и времени занятия абонентской линии и групповых устройств коммутационной системы. На рисунке 5 приведены результаты исследования, которые позволяют оценить снижение нагрузки при введении ДВО на сети связи. Из них наиболее предпочтительными являются ВС, УВВ, УОП, ПДВ, ПХВ, ВАП.

Самая низкая эффективность функционирования сети без ДВО. Применение услуги НСР (наведение справки во время разговора) позволяет увеличить эффективность функционирования сети при $\lambda = 0,5$ на 4,4 %, при $\lambda = 5$ – на 10,9 %; ВС – соответственно на 5 и 13,0 %; остальные (ПДВ, ПХВ, СНН, ВАП, АОВ, УОП, КС, УВВ) – соответственно на 1,7 и 3,5 %.

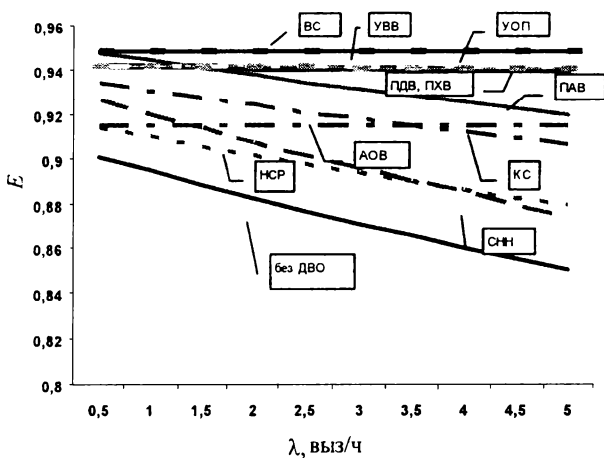


Рисунок 3 – Зависимость эффективности функционирования от интенсивности потоков вызовов при $V = 36$

Оперативность связи повышается при внедрении услуг УВВ, УОП, АОВ, ВС, ПХВ, ПДВ (см. рисунок 2). Например, применение услуг УВВ, АОВ и ВС позволяет повысить оперативность в 20 и более раз по отношению к сети без ДВО; несколько медленнее оперативность повышается при услугах УОП, ПХВ, ПДВ. Причем с ростом интенсивности вызовов для последних трех видов услуг снижение оперативности значительнее, чем для УВВ, АОВ, ВС. Повышению оперативности связи способствуют также НСР, СНН, ВАП.

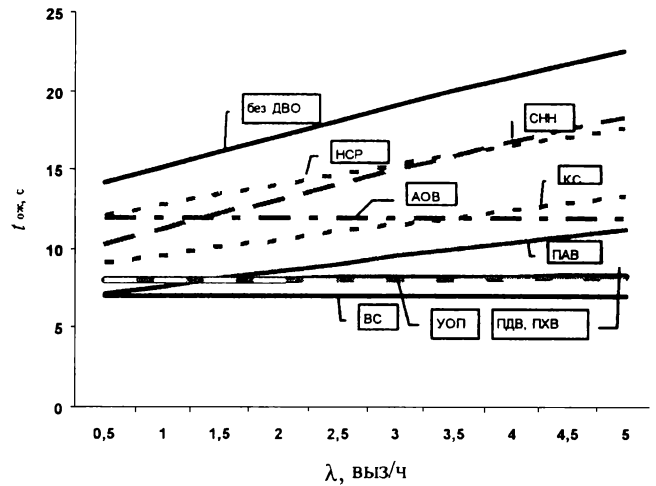


Рисунок 4 – Зависимость времени ожидания от интенсивности вызовов при $V = 36$

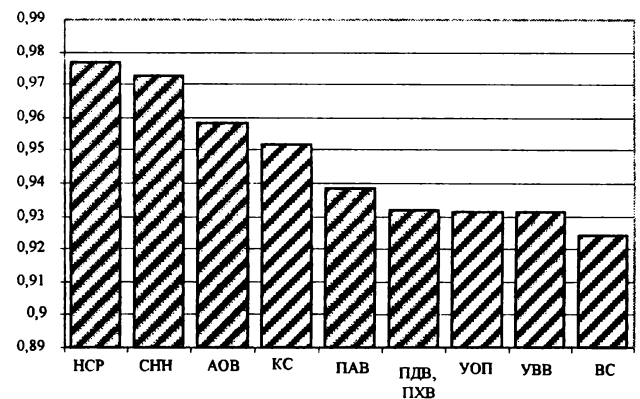


Рисунок 5 – Доля нагрузки вызова ДВО от нагрузки от нагрузки вызова без ДВО при $V=36$

Применение ДВО позволяет уменьшить время ожидания соединения, обеспечивает экономию личного и рабочего времени абонента, расширяет его возможности.

В результате проведенных исследований установлено, что в анализируемых видах услуг заинтересована значительная доля абонентов сетей связи железнодорожного транспорта. Некоторые из видов ДВО способствуют повышению эффективности функционирования сети, другие – повышению качества обслуживания и оперативности связи, что имеет немаловажное значение в сфере управления железнодорожным транспортом.

Представленные результаты исследования позволяют выбрать наиболее эффективные виды дополнительных услуг, определить область их применения.

Список литературы

- 1 Корнышев Е. В., Фань Г. Л. Теория распределения информации. – М.: Радио и связь, 1985. – 184 с.
- 2 Матлин Г. М. Проектирование оптимальных систем производственной связи. – М.: Связь, 1973. – 415 с.
- 3 Костенко М. С., Минин В. Е. Анализ эффективности применения ДВО на ведомственных сетях связи // Телеком-

муникационные сети и системы. – Гомель, 1998. – С. 26 –39.
4 Костенок М. С., Минин В. Е., Прокопюк Е. В. Эффективность применения дополнительных видов обслуживания

на сетях связи железнодорожного транспорта // Проблемы безопасности на транспорте: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: БелГУТ, 2002. – С. 180 – 181.

Получено 20.12.2002

М. С. Kostenok, J. A. Kushnerova. The analysis of the use effectiveness of supplementary kinds of services at communication networks of the railway transport.

The results of experiment analysis for determine of interest of railway transport workers in supplementary kinds of services (SKS) are given. The choice of the SKS is made; the expediency of the SKS use is shown.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2003. № 1(6)

УДК 621.395

В. Н. ФОМИЧЕВ, кандидат технических наук; В. Г. ШЕВЧУК, доцент; П. М. БУЙ магистрант; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ПЕЙДЖИНГОВОГО УЗЛА СВЯЗИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведены результаты исследования и анализа тенденций развития пейджингового узла связи Гомельской области.

Пейджинговый рынок Республики Беларусь является перспективным для услуг, предоставляемых компаниями-операторами пейджинговой связи. Клиентами компаний становятся не только индивидуальные абоненты, но и организации, распространяющие свою деятельность на большую территорию, в том числе и Белорусская железная дорога. Несмотря на некоторые недостатки (пейджинговая связь является односторонней, хотя есть пейджеры и с возможностью отправки коротких обратных сообщений с помощью функций, зашитых непосредственно в сам пейджер), есть и очевидные преимущества: это относительно дешевый, следовательно, и более доступный вид связи, чем он и привлекает к себе внимание населения.

В течение ряда лет были проведены широкие исследования в пейджинговой компании “Облтелеком” Гомельской области. При этом была снята

нагрузка по часам суток и дням недели. На рисунке 1 представлена зависимость количества сообщений, поступивших на пейджинговую станцию, по дням недели за период с лета 2000 по весну 2002 года. Расчеты и графики проводились в среде Microsoft Excel. Увеличение нагрузки связано с ростом абонентов пейджинговой связи. За исследуемый период количество абонентов возросло в 3,5 раза, а нагрузка увеличилась в 4 раза.

Исследования показали, что пейджинговая нагрузка изменяется в широких пределах по часам суток и дням недели. Максимальное значение нагрузки наблюдается в будние дни: наибольшее число вызовов поступает с 10:00 до 21:00 и час наибольшей нагрузки приходится на период с 15:00 до 16:00 часов. Наиболее нагруженным днем недели является пятница. Распределение нагрузки по часам суток за этот день представлено на рисунке 2.

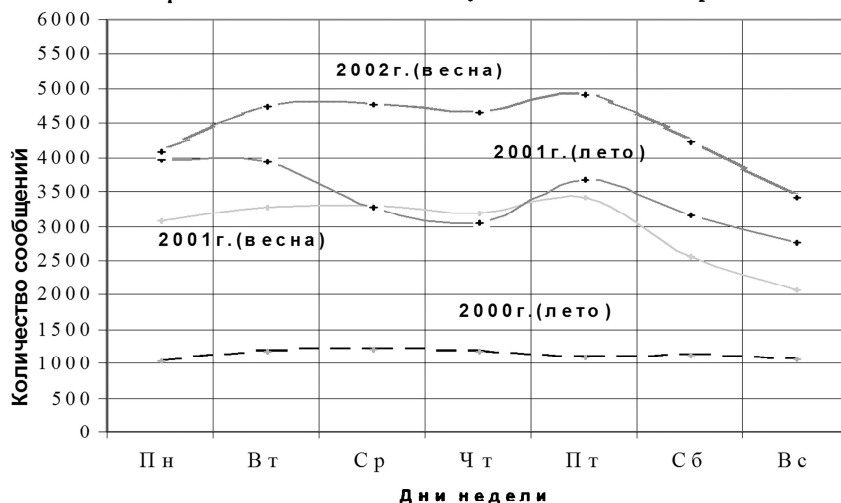


Рисунок 1 – Количество сообщений, поступивших на пейджинговую станцию по дням недели