

малодіяльності станції. Критерій, який діє на даний момент, не в повній мірі відображає економічне становище дільниць залізничного транспорту в сучасних економічних умовах.

Запропоновано модель для визначення доцільності закриття малодіяльної станції, яка враховує витрати на утримання станції, дохід який приносить станція, витрати на консервацію та додаткові витрати. Консервація станції значно покращить економічне становище дирекції залізничних перевезень, до якої вона відноситься, скоротить перепробіг вагонів, дасть можливість перерозподілити матеріальні, трудові та економічні ресурси, які в теперішній час використовуються нераціонально. Враховуючі всі додатково створені витрати для підприємств, залізниця залишається конкурентно спроможною завдяки порівняно низьким цінам на перевезення вантажів.

Даний напрям є перспективним для розвитку оскільки, в сучасних економічних умовах, не маючи коштів на інвестиції, на перший план виходять питання економії та ефективного перерозподілу ресурсів.

#### Список використаних джерел

1. Butko T. et al. Improvement of technology for management of freight rolling stock on railway transport / T. Butko, S. Prodaschuk, G. Bogomazova, M. Prodaschuk, R. Purii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Т. 3. – №. 3 (87). – С. 4-11.
2. Шаповал, Г. В. Вибір оптимальної стратегії взаємодії вантажної станції та під'їзних колій [Текст] / Г. В. Шаповал, О. Ю. Резніченко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків : УкрДАЗТ, 2013. – Вип.146. – С. 71-75.

*Желавский Д. Н.,  
Карпунин А. В., доцент (ХНУРЭ)*

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПРОТОКОЛОМ TCP

Известно [1, 2], что в детерминированных динамических системах при определенных условиях могут развиваться синергетические процессы или хаотическое поведение.

Перегрузка сети приводит к образованию так называемых заторов (congestions) в некоторых участках сети. Основными параметрами со стороны сети, определяющими поведение ансамбля TCP-соединений в узком месте, являются пропускная способность канала, задержка в канале и размер буфера маршрутизатора [3].

Целью проведенных исследований было найти оптимальные значения параметров

инфокоммуникационной системы, при которых область ее работоспособности максимальна.

**Тестовый стенд.** В данной работе для изучения поведения TCP потоков использовался дискретно-временной симулятор с открытым исходным кодом NS-3 (Network Simulator 3). Он предоставляет исследователю набор классов, пользуясь которыми, наследуя и модифицируя их, можно смоделировать широкий спектр протоколов и процессов, происходящих в компьютерных сетях. Также симулятор позволяет моделировать процессы в реальном времени и интегрировать его с испытательным стендом (testbed), делая испытательный стенд частью моделируемой сети и т.д. Симулятор NS-3 содержит множество тестов для всех компонент, что гарантирует при достаточно большом объеме испытаний получение несмещенных, эффективных и состоятельных оценок параметров исследуемых систем.

С помощью данного симулятора создавалась модель элементарной сети TCP/IP, где все хосты связаны с маршрутизатором соединением типа точка-точка. На хостах-отправителях моделировалась работа приложений, посылающих данные с постоянным битрейтом (bitrate) на хост-получатель, где работало приложение, принимающее данные от обоих хостов. Скорость генерирования данных отправителями ( $C_f$ ), задержку ( $d_b$ ) и пропускную способность ( $C_b$ ) каналов в узком месте, а также задержку ( $d$ ) и пропускную способность ( $C$ ) каналов у хостов-отправителей можно было варьировать, задавая для каждого нового численного эксперимента свои параметры. Также изменялся еще один параметр – размер очереди передачи данных типа Drop Tail Queue ( $Q_s$ ) на сетевом интерфейсе маршрутизатора, соединенном с получателем. Окно принимающего хоста (rwnd) было преднамеренно сделано очень большим, чтобы лимитирующим фактором было только значение окна перегрузки (cwnd).

В результате работы симулятора NS-3 были получены временные ряды значений окон перегрузки (cwnd1, cwnd2) для двух TCP-потоков, существующих в модельной сети. Затем полученные временные ряды обрабатывались в пакете TISEAN.

С помощью симулятора NS-3 создавалась модель элементарной сети TCP/IP, где все хосты связаны с маршрутизатором соединением типа точка-точка. На хостах-отправителях моделировалась работа приложений, посылающих данные с постоянным битрейтом (bitrate) на хост-получатель, где работало приложение, принимающее данные от обоих хостов.

Необходимо максимизировать область параметров инфокоммуникационной системы, в которой максимальный показатель Ляпунова имеет

отрицательное значение, т. е. система находится в нормальном (нехаотическом) состоянии

Задачу оптимизации можно сформулировать как задачу управления следующим образом:

найти  $\hat{x} \in X^f \subseteq X$ , что для всех  $\lambda \in \Lambda$

$$g(\hat{x}, \lambda) \leq T(\lambda),$$

где  $X^f$  – множество допустимых решений;  $X$  – множество всех решений (входов);  $\Lambda$  – множество неопределенностей;  $g(x, \lambda) = G(x, \lambda, P(x, \lambda))$ ;  $G$  – оценочная функция (функция качества)  $G : X * \Lambda * Y \rightarrow V$ ;  $V$  – множество платежей;  $P$  – выходная функция (модель управляемого процесса)  $P : X * \Lambda \rightarrow Y$ ;  $Y$  – множество выходов;  $T$  – функция допустимости  $T : \Lambda \rightarrow V$ .

Элементами множества  $X$  являются внутренние параметры инфокоммуникационной системы, множества выходов  $Y$  – выходные параметры инфокоммуникационной системы. Из всего множества неопределенностей  $\Lambda$  ограничимся рассмотрением множества допусков  $\Delta$ , т. е. положим  $\Lambda \equiv \Delta$ . Сформулируем задачу оптимизации инфокоммуникационной системы как задачу поиска минимума функции  $\Phi(x^0, \delta)$  на множестве  $X^f * \Delta$ .

Считая структуру инфокоммуникационной системы неизменной, имеем: найти  $Z = (\hat{x}^0, \hat{\delta}) = (\hat{x}_1^0, \hat{x}_2^0, \dots, \hat{x}_l^0, \hat{\delta}_1, \hat{\delta}_2, \dots, \hat{\delta}_s)$ ;

$$\Phi(\hat{Z}) = \min \Phi(Z),$$

$$Z \in D \subseteq R_\alpha,$$

$$\text{где } R_\alpha = \left\{ \begin{array}{l} b_i(Z) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, k \\ d_n(Z) = 0, \quad n = 1, 2, \dots, s \end{array} \right\};$$

$$D : R_\delta \subseteq R_\alpha;$$

$X$  – вектор параметров инфокоммуникационной системы;  $X^0$  – вектор номинальных значений параметров инфокоммуникационной системы;  $\delta \in \Delta$  – вектор допусков на параметры инфокоммуникационной системы;  $\Phi$  – целевая функция  $\Phi : X * \Delta \rightarrow V$ ;  $D$  – область допустимых решений;  $R_\alpha$  – область работоспособности инфокоммуникационной системы;  $b_i(Z)$  – функции-ограничения в виде неравенств;  $d_n(Z)$  – функции-ограничения в виде равенств;  $R_\delta$  – специальным образом формируемая область допуска.

Компонентами вектора  $X$  являются значения параметров инфокоммуникационной системы. Область работоспособности  $R_\alpha$  определяется функциями-ограничениями в виде неравенств и равенств. Способы

формирования области допуска  $R_\delta$  определяются целями проектирования и особенностями функций-ограничений. В конкретных случаях  $R_\delta$  представляет собой либо гиперпараллелепипед с центром в точке  $X^0$ , размеры которого определяются компонентами вектора  $\delta$ , либо множество его вершин.

Приведенная постановка охватывает семейство задач, каждая из которых отвечает некоторой цели проектирования и отличаются видом функций

$\Phi(Z), b_i(Z), d_n(Z)$ . Данные задачи оптимизационного синтеза инфокоммуникационной системы являются задачами управления, где принимаемые решения влияют на процесс, выход которого влияет на целевую функцию или платеж. Несмотря на достаточно высокую степень абстракции при формулировке этих задач, переход к конкретным практическим задачам не вызывает затруднений.

### Литература

1. Postel J. Transmission Control Protocol. // RFC793 (STD7). 1981.
2. A. Veres, V. Boda. The chaotic nature of TCP congestion control. In Proc. IEEE INFOCOM, 2000.
3. А.В. Карпунин, И.Н. Кудрявцев, А.В. Борисов, Д.И. Грицев. Использование симулятора NS-3 для изучения хаотического поведения высокоскоростных сетей связи. Proc. of International Conference "Parallel and Distributed Computing Systems" PDCS 2013, C.152–156, Ukraine, Kharkiv, March 13–14, 2013.

*Лагуа В. В. (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)*

### ВЫБОР РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА В ЗАДАЧЕ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ

В задаче векторной оптимизации тяговых расчетов, [1, 2], как правило, получаются несколько режимов (траекторий) движения поезда и стоит дилемма принятия решения о выборе только одной траектории. В данном случае принятие решения о выборе предпочтительной траектории – это выбор альтернативы, которая одновременно удовлетворяла бы нескольким критериям, характеризующих некоторые качества траектории движения.

Пусть известны (введены) количественные показатели качества траекторий движения и определены критерии оптимальности относительно данных показателей, по которым можно сравнить варианты принимаемого решения.

Стремление достичь сразу нескольких целей при