

# Розвиток радіотехнічного забезпечення, АСУ та зв'язку Повітряних Сил

УДК 681.324

И.А. Романенко<sup>1</sup>, И.В. Рубан<sup>2</sup>, С.В. Алексеев<sup>2</sup>, Ю.С. Долгий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Генеральный Штаб Вооруженных Сил Украины, Киев

<sup>2</sup> Харьковский университет Воздушных Сил им. И.Кожедуба, Харьков

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОТКАЗОВ НА УЗЛАХ КОММУТАЦИИ НА ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В РЕЖИМЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ОШИБОК ПОЛУЧАТЕЛЕМ

*При передаче информации в сетях специального назначения высока вероятность возникновения долго-временных пиковых нагрузок. Проведен анализ влияния возможных отказов на узлах коммутации на основные временные характеристики процесса передачи данных в режиме обнаружения ошибок получателем. Показано, что увеличение вероятности потери пакетов на промежуточных узлах коммутации приводит к возрастанию относительного среднего времени доставки сообщений для широкого диапазона параметров и может привести к полному прекращению информационного обмена.*

**Ключевые слова:** передача данных, вероятностно-временные характеристики, узел коммутации.

### Введение

**Постановка задачи.** Исследование вероятностно-временных характеристик (ВВХ) методов управления процессом передачи пакетов в сетях обмена данными (СОД) требует учета влияния промежуточных узлов коммутации (УК). При этом в общем случае необходимо рассматривать как наличие нескольких потоков данных от других источников, так и возможность возникновения отказов в обслуживании на каждом из УК.

**Анализ исследований и публикаций.** В [1] показана возможность потери пакетов на УК в условиях пиковых нагрузок.

В [2] приведена модель, позволяющая исследовать основные ВВХ процессов передачи данных в СОД для режима обнаружения ошибок получателем при передаче данных через промежуточные УК без учета отказов в обслуживании.

В [3] разработана модель, позволяющая исследовать основные ВВХ процессов передачи данных в режиме обнаружения ошибок получателем с учетом дополнительных потоков информации от других источников и возможных отказов на УК.

**Цель статьи** – анализ влияния возможных отказов на узлах коммутации на основных ВВХ процессов передачи данных в режиме обнаружения ошибок получателем.

### Основной материал

Рассмотрим передачу сообщений через промежуточные УК с проверкой пакетов получателем и восстановлением потерянных и искаженных (с об-

наруженной ошибкой) пакетов посредством повторных передач.

Пусть источник выдает сообщение длиной  $M$  разрядов, которое разбивается на пакеты с информационной частью  $m$  разрядов. Общее количество сформированных из сообщения пакетов равно  $M/m$ .

К каждому пакету добавляется  $k_{сл}$  служебных разрядов и  $g$  проверочных. Общая длина сформированного пакета равна  $p=m+k_{сл}+g$ .

Допустим, что на каждом из УК, количество которых обозначим через  $\beta$ , в случае переполнения входных буферов возможен отказ в обслуживании, т.е. потеря пакета с вероятностью  $P_{пот}^{УК}$ .

Длительность тайм-аута повторных передач пропорциональна времени доставки пакета:  $T_{та}=\eta T_{п}$ .

На основании полученных в [3] расчетных формул для принятых ограничений можно утверждать, что потеря пакетов на УК не оказывает влияние на достоверность передаваемых данных, поскольку такие пакеты передаются повторно. Таким образом, возможные отказы в обслуживании на УК изменяют временные характеристики процесса передачи данных.

### Модель ошибок

Известно, что ошибки в реальных каналах связи (КС) могут возникать группами. Как правило, такие ошибки являются коррелированными. Однако на практике для оценки ВВХ могут применяться модели на основании некоррелированных ошибок, которые имеют приближенный характер [4 – 8].

Для канала с некоррелированными ошибками часто применяют простейшую модель ошибок (мо-

дель Пуассона). В ней свойства КС как источника ошибок задаются вероятностью ошибки в единичном элементе кодовой комбинации –  $P_o$ . При этом все ошибки считают независимыми. Вероятность правильного приема комбинации из  $n$  элементов определяют как  $P_{пр} = (1 - P_o)^n$ .

Если свойства применяемого помехоустойчивого кода неизвестны, доля необнаруживаемых ошибок зависит от числа проверочных разрядов  $\gamma$ . При этом вероятность необнаружения ошибки определяется как  $P_{но} = [1 - (1 - P_o)^n] \cdot 2^{-\gamma}$ .

**Анализ временных характеристик**

На основании полученных в [3] расчетных формул для принятых ограничений проанализируем влияние возможных потерь на узлах коммутации на

процесс передачи данных. Примем  $\gamma=8$  и  $k_{сл}=8$ .

Из рис. 1 видно, что относительное среднее время доставки сообщений возрастает с увеличением длины пакетов при любом качестве КС. Причем все приведенные зависимости имеют четкие минимумы. Это обусловлено тем, что при сравнительно малых длинах пакетов велика избыточность за счет служебных и проверочных разрядов.

При дальнейшем увеличении длины пакетов возрастает избыточность, обусловленная повторными передачами.

Увеличение вероятности потерь пакетов на УК приводит к возрастанию относительного среднего времени доставки сообщений для широкого диапазона длин пакетов.

Относительное среднее время доставки сообщений возрастает при ухудшении качества КС (рис. 2).

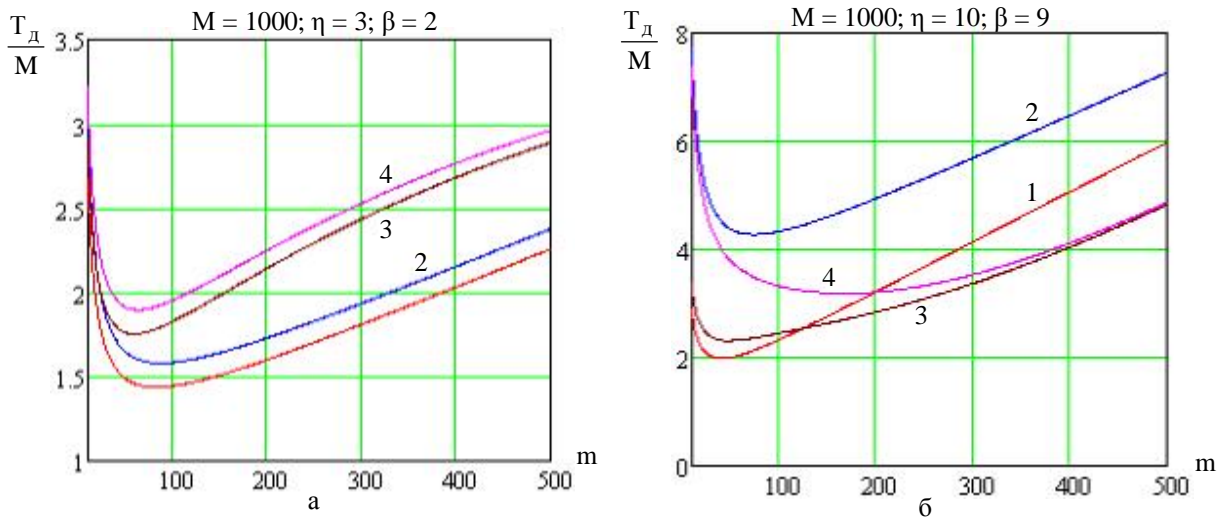


Рис. 1. Зависимость относительного среднего времени доставки сообщений от длины пакетов при: 1)  $P_o = 10^{-4}$ ,  $P_{oi\delta} = 0$ ; 2)  $P_o = 10^{-4}$ ,  $P_{oi\delta} = 10^{-2}$ ; 3)  $P_o = 10^{-3}$ ,  $P_{oi\delta} = 0$ ; 4)  $P_o = 10^{-3}$ ,  $P_{oi\delta} = 10^{-2}$

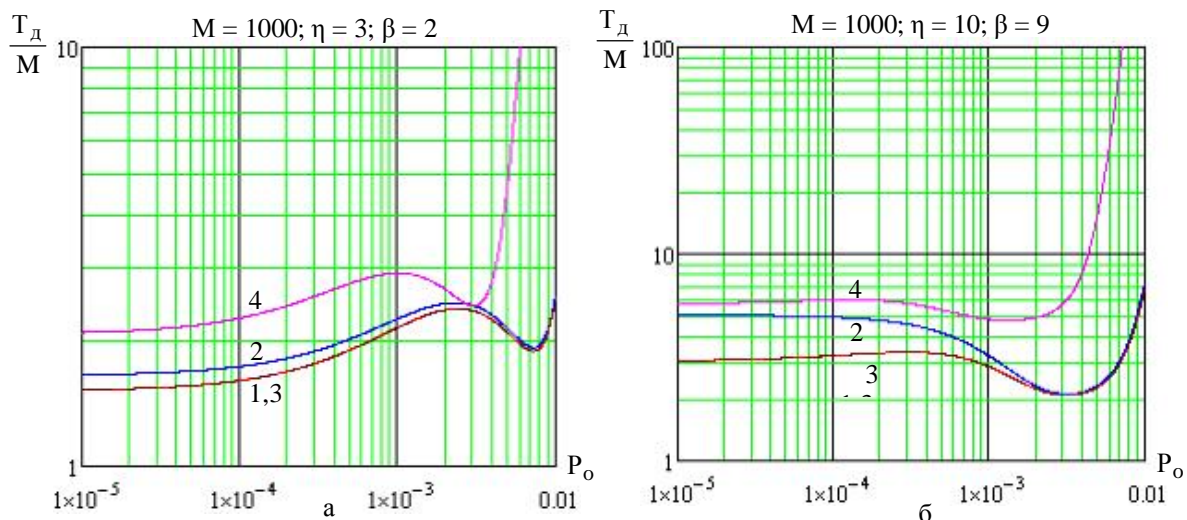


Рис. 2. Зависимость относительного среднего времени доставки сообщений от вероятности искажения единичного элемента в КС при: 1)  $m = 200$ ,  $P_{oi\delta} = 0$ ; 2)  $m = 200$ ,  $P_{oi\delta} = 10^{-2}$ ; 3)  $m = 200$ ,  $P_{oi\delta} = 10^{-5}$ ; 4)  $m = 500$ ,  $P_{oi\delta} = 0$

Увеличение вероятности потерь пакетов на УК также приводит к возрастанию относительного среднего времени доставки сообщений для любых значений вероятности искажения единичного элемента в КС. Возрастание вероятности потерь пакетов на УК приводит к более раннему увеличению относительного среднего времени доставки сообще-

ний при большем числе УК на маршруте следования пакета (рис. 3).

Приведенное утверждение более очевидно из графика отношения относительного среднего времени доставки при наличии потерь на УК к относительному среднему времени доставки без потерь на узлах коммутации (рис. 4).

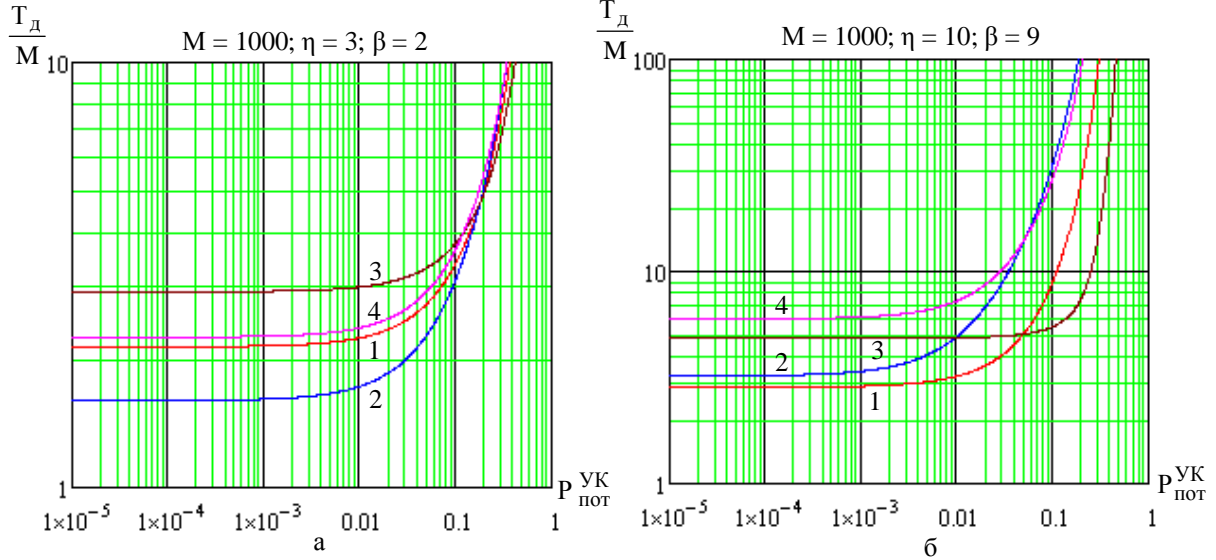


Рис. 3. Зависимость относительного среднего времени доставки сообщений от вероятности потери пакетов на узлах коммутации при: 1)  $m = 200, P_o = 10^{-3}$ ; 2)  $m = 200, P_o = 10^{-4}$ ; 3)  $m = 500, P_o = 10^{-3}$ ; 4)  $m = 500, P_o = 10^{-4}$

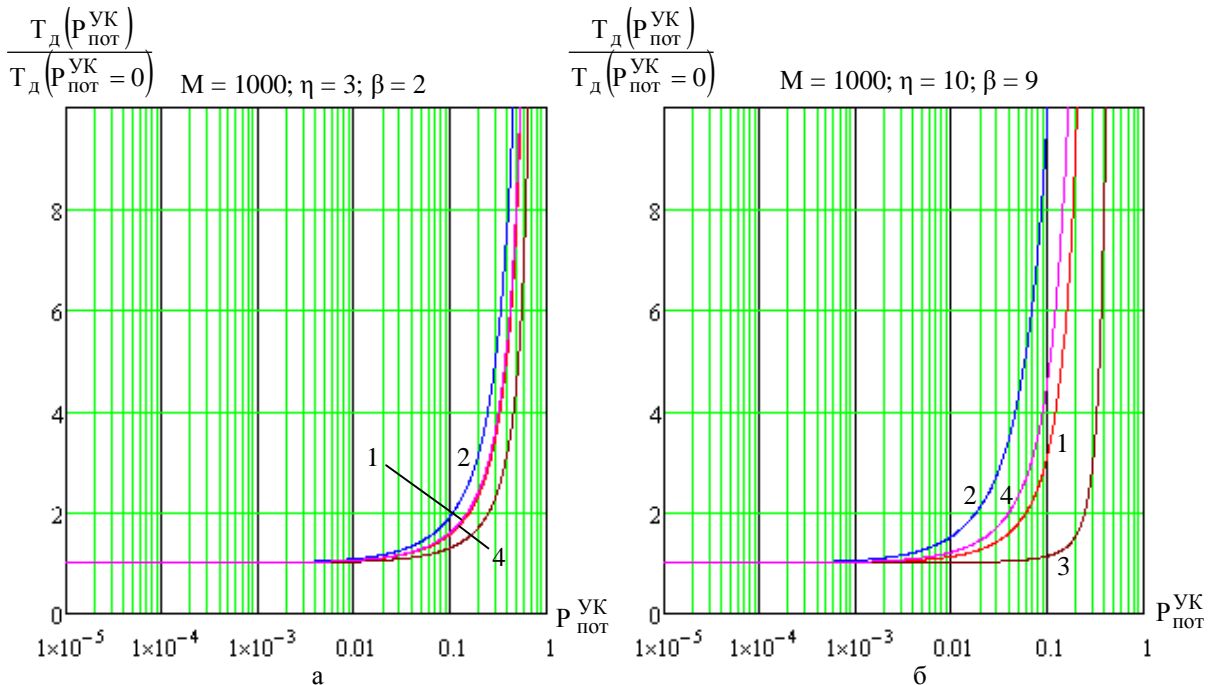


Рис. 4. Зависимость отношения относительного среднего времени доставки сообщений с учетом потерь на УК к относительному среднему времени доставки сообщений при отсутствии потерь на УК от вероятности потери пакетов на УК при: 1)  $m = 200, P_o = 10^{-3}$ ; 2)  $m = 200, P_o = 10^{-4}$ ; 3)  $m = 500, P_o = 10^{-3}$ ; 4)  $m = 500, P_o = 10^{-4}$

Кроме того, существенное увеличение вероятности отказов в обслуживании на промежуточных УК приводит к резкому увеличению относительного среднего времени доставки пакетов.

### Выводы

Проведенный анализ влияния вероятности потери пакетов на промежуточных узлах коммутации на временные характеристики процесса передачи данных свидетельствует о том, что увеличение этой вероятности приводит к возрастанию относительного среднего времени доставки сообщений для широкого диапазона параметров.

Причем влияние вероятности потери пакетов на узлах коммутации более существенно для сетей с большим количеством ретранслирующих узлов.

Особое внимание следует обратить на тот факт, что даже при использовании высококачественных каналов связи (с малыми значениями вероятности искажения единичного элемента) потери пакетов на узлах коммутации могут привести к полному прекращению информационного обмена.

Как отмечалось в [1], в сетях обмена данными специального назначения вероятность возникновения долгосрочных пиковых нагрузок весьма значительна. Поэтому задача обеспечения безотказной коммутации пакетов остается актуальной.

### Список литературы

1. Рубан І.В. Дослідження принципів комутації в за-  
собах з повнозв'язною топологією / І.В. Рубан, І.О. Рома-  
ненко, С.В. Алексєєв, Ю.С. Долгий // Системи обробки  
інформації: Зб. наук. праць. – Х.: ХУПС, 2010. –  
Вип. 2(83). – С. 138-140.

2. Алексєєв С.В. Математическая модель процесса  
передачи данных через промежуточные центры комму-  
тации сообщений для случая применения помехоустойчи-  
вого кода в режиме обнаружения ошибок с проверкой  
пакетов получателем // Збірник наукових праць ХУПС. –  
Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 3(25). – С. 123-125.

3. Романенко І.А. Математическая модель процес-  
са передачи данных в режиме обнаружения ошибок полу-  
чателем с учетом отказов на узлах коммутации /  
І.А. Романенко, І.В. Рубан, С.В. Алексєєв, Ю.С. Долгий //  
Системи управління, навігації та зв'язку: Зб. наук. праць.  
– К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і  
управління, 2010. – Вип. 3(15). – С. 240-242.

4. Емельянов Г.А. Передача дискретной информации  
и основы телеграфии: учебник для вузов / Г.А. Емельянов,  
В.О. Шварцман. – М.: Связь, 1973. – 384 с.

5. Шварцман В.О. Теория передачи дискретной ин-  
формации: учебник для вузов связи / В.О. Шварцман,  
Г.А. Емельянов. – М.: Связь, 1979. – 424 с.

6. Блох Э.Л. Модели источника ошибок в каналах пе-  
редачи цифровой информации / Э.Л. Блох, О.В. Попов,  
В.Я. Турин. – М.: Связь, 1971. – 312 с.

7. Шварцман В.О. Каналы передачи данных /  
В.О. Шварцман, Л.И. Зубовский, А.Б. Пугач, Н.А. Беркман;  
под ред. В.О. Шварцмана. – М.: Связь, 1970. – 304 с.

8. Пуртов Л.П. Элементы теории передачи дис-  
кретной информации / Л.П. Пуртов, А.С. Замрий,  
А.И. Захаров, В.М. Охорзин; под ред. Л.П. Пуртова. – М.:  
Связь, 1972. – 232 с.

Поступила в редколлегию 16.09.2010

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. С.В. Смеляков, Хар-  
ьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба,  
Харьков.

### АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІДМОВ НА ВУЗЛАХ КОМУТАЦІЇ НА ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У РЕЖИМІ ВИЯВЛЕННЯ ПОМИЛОК ОДЕРЖУВАЧЕМ

І.О. Романенко, І.В. Рубан, С.В. Алексєєв, Ю.С. Долгий

При передачі інформації в мережах спеціального призначення висока ймовірність виникнення довготривалих піко-  
вих навантажень. Проведений аналіз впливу можливих відмов на вузлах комутації на основні часові характеристики  
процесу передачі даних в режимі виявлення помилок одержувачем. Показано, що збільшення ймовірності втрати паке-  
тів на проміжних вузлах комутації приводить до зростання відносного середнього часу доставки повідомлень для ши-  
рокого діапазону параметрів і може привести до повного припинення інформаційного обміну.

**Ключові слова:** передача даних, ймовірнісно-часові характеристики, вузол комутації.

### ANALYSIS OF INFLUENCING OF REFUSALS ON KNOTS OF COMMUTATION ON TEMPORAL DESCRIPTIONS OF PROCESS OF DATA COMMUNICATION IN MODE OF ERRORS DETECTION BY RECIPIENT

I.O. Romanenko, I.V. Ruban, S.V. Alekseev, Yu.S. Dolgiy

At the information transfer probability of origin of the of long durations spades loadings is high in the networks of the spe-  
cial setting. The analysis of influencing of possible refusals is conducted on the knots of commutation on basic temporal descrip-  
tions of process of data communication in the mode of errors detection by a recipient. It is shown that the increase of probability  
of loss of packages on the intermediate knots of commutation results in growth of relative mean time of delivery of reports for the  
wide range of parameters and can result in the complete freezing of informative exchange.

**Keywords:** communication of data, probabilistic-temporal descriptions, knot of commutation.