

**И. А. Чаков<sup>1</sup>, М. С. Евтюхов<sup>1</sup>, В. В. Павловский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина», г. Москва, Российская Федерация

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛА И ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ VRRP НА БАЗЕ РЕШЕНИЙ ECOROUTER**

**Аннотация.** Актуальность обусловлена расширением применения отечественной программно-аппаратной платформы EcoRouter в условиях импортозамещения сетевой инфраструктуры при недостаточной изученности её реализации протокола VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) с точки зрения производительности и стабильности в реальных сценариях эксплуатации. Цель исследования — оценить функциональные возможности и влияние на производительность сети протокола VRRP при его реализации в платформе EcoRouter, а также выработать практические рекомендации по настройке параметров отказоустойчивости.

Исследование выполнено в виртуализированной лабораторной среде на базе GNS3 и VirtualBox с использованием маршрутизаторов EcoRouterOS. Топология включала два маршрутизатора, два коммутатора и четыре клиентских узла, объединённых в два сегмента сети с самостоятельными VRRP-группами. Методами iperf3 и Wireshark оценивались время переключения ролей Master/Backup, кратковременное прерывание передачи и интервал отправки служебных анонсов при варьировании параметров advertisement-interval, preempt-mode и switch-back-delay.

Примечание к воспроизводимости. Параметры хост-системы и виртуальных машин, полные команды iperf3 и число повторов в исходных материалах не зафиксированы; поэтому количественные результаты рассматриваются как предварительные единичные лабораторные наблюдения для EcoRouterOS 3.2.6.2.

Установлено, что при значении advertisement-interval по умолчанию (50) время переключения составляет около 1,5 с, тогда как увеличение параметра до 3000 повышает это время до 60 с; чрезмерно малые значения (5) приводят к нестабильному «флаппингу» ролей. Показано, что параметр switch-back-delay влияет на время возврата роли Master, но не изменяет интервал отправки анонсов, а отключение preempt-mode блокирует автоматическое восстановление приоритетной роли.

Результаты подтверждают, что реализация VRRP в EcoRouter обеспечивает заявленную отказоустойчивость при корректном выборе конфигурационных параметров, и позволяют сформулировать практические рекомендации для сетевых инженеров по балансу между скоростью реакции на отказ и стабильностью сети. Полученные данные могут использоваться при проектировании отечественных отказоустойчивых сетевых инфраструктур и в учебном процессе по сетевым дисциплинам.

**Ключевые слова:** протокол VRRP, отказоустойчивость сети, EcoRouter, резервирование маршрутизаторов, время переключения, сетевая производительность, импортозамещение.

## **Введение**

В условиях стремительного роста требований к отказоустойчивости и непрерывности сетевых сервисов вопросы обеспечения высокой доступности шлюзов и маршрутизаторов приобретают особую значимость. Современные корпоративные и провайдерские сети чаще сталкиваются с необходимостью минимизировать время простоя при отказах оборудования в критически важных сценариях — таких как доставка мультимедийного контента, облачные сервисы, системы видеонаблюдения и распределённые приложения реального времени.

Актуальность обусловлена тем, что на практике эффективность VRRP сильно зависит от его реализации в конкретной платформе. Особенно это актуально для отечественных решений, таких как EcoRouter, которые всё шире внедряются в рамках политики импортозамещения, но зачастую недостаточно изучены с точки зрения производительности и стабильности в реальных сценариях эксплуатации. Возникает необходимость оценить, насколько реализация VRRP в отечественных решениях действительно обеспечивает заявленную надёжность, или же в какой степени она сопряжена со значительными накладными расходами, такими как снижение пропускной способности, увеличение задержек и нестабильность работы маршрутизатора.

Объектом данного исследования являются механизмы обеспечения отказоустойчивости сетевой инфраструктуры на основе протокола VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) [1].

Предметом исследования выступает реализация протокола VRRP в программно-аппаратной платформе EcoRouter, включая её функциональные возможности, особенности

конфигурации, а также влияние на производительность сети — такие параметры, как: пропускная способность, задержка передачи данных, потери пакетов и время переключения при отказе основного маршрутизатора.

*Цель исследования — оценить функциональные возможности VRRP в EcoRouter, проверить механизм отказоустойчивости и измерить время переключения при отказе. Пропускная способность, задержка и нагрузка CPU в сводном виде не измерялись, поэтому выводы ограничены функциональностью и временем восстановления на лабораторном стенде.*

Результаты данного исследования представляют практическую ценность для сетевых инженеров и системных администраторов при проектировании отказоустойчивых сетей на отечественном оборудовании. Кроме того, материалы работы могут быть использованы в учебном процессе по курсам компьютерных сетей и сетевой инженерии для иллюстрации реального поведения протокола, особенностей его настройки и компромиссов между скоростью восстановления и стабильностью сети.

## **Литературный обзор**

### **1. Анализ основных исследований**

Вопрос применения протокола VRRP в сетях поднимался в множестве исследований, но, как выяснилось, в большинстве случаев упор был направлен на изучение отказоустойчивости, безопасности и самой настройке протокола.

Например, Иван Тихомиров в своей статье «Принцип работы протокола VRRP» [2] рассматривает, как очевидно, сам принцип работы протокола.

Симбирцев Е.А. и Галютдинов Д.А. в своей статье «Настройка и тестирование протокола VRRP. Вопросы безопасности» [3] рассматривают пошаговую конфигурацию протокола VRRP, тестируют механизм переключения виртуального IP-адреса при отказе основного маршрутизатора и приводят анализ уязвимостей протокола.

### **2. Основные гипотезы исследования**

Использование протокола VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) в решениях EcoRouter повышает отказоустойчивость сетевой инфраструктуры без существенного снижения производительности, при условии корректной настройки параметров приоритета, таймеров и распределения нагрузки между основным и резервным маршрутизаторами.

## **Материалы и методы**

Данное исследование носит экспериментальный характер и включает следующие методы:

На первом этапе выполнен теоретический анализ протокола VRRP (RFC 5798) и его реализации в платформе EcoRouter. Проведён обзор существующих решений по обеспечению отказоустойчивости, были изучены литературные и нормативные источники, официальная документация EcoRouter [4], а также выполнен сравнительный анализ применения VRRP в реальных сетях.

Далее была выполнена экспериментальная настройка виртуальной сети на платформе EcoRouter с использованием VRRP для имитации отказов маршрутизаторов. В ходе конфигурации варьировались ключевые параметры протокола – время ожидания, таймеры анонсов и условия переключения на резервный маршрутизатор.

Для оценки влияния VRRP на производительность сети проводились замеры пропускной способности, задержек, потерь пакетов и времени переключения при отказе основного маршрутизатора. В качестве инструментов использовались iperf для генерации трафика и Wireshark для мониторинга и анализа сетевого взаимодействия в реальном времени. Эксперименты включали тестирование различных комбинаций таймеров и приоритетов с целью выявления оптимальных настроек, минимизирующих негативное влияние на производительность.

На заключительном этапе полученные результаты сопоставлялись с теоретическими ожиданиями. Проведена оценка стабильности и эффективности работы системы при отказе основного маршрутизатора, а также рассмотрены возможности оптимизации конфигурации

## Рубрика 2. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность

VRRP для повышения отказоустойчивости без значительного ухудшения пропускной способности и времени отклика.

### 1.1 Описание исследуемой системы и программно-аппаратной среды

Наше исследование выполнено в виртуализированной лабораторной среде созданной на основе VirtualBox версии 7.2.0 и GNS3 [5] версии 2.2.52, в качестве маршрутизаторов используется EcoRouterOS версии 3.2.6.2.21765, в качестве коммутаторов – дистрибутив Альт Сервер версии 10.4, а в качестве компьютеров – дистрибутив Альт Рабочая Станция версии 10.4. Исследование направлено на оценку влияния протокола VRRP на **производительность сети**: стабильность передачи данных, задержку, потерю пакетов и время переключения при отказе активного маршрутизатора.

Тестовая топология состоит из двух маршрутизаторов EcoRouter (EcoRouter1 и EcoRouter2), двух коммутаторов (SW1 и SW2) и четырёх клиентских ПК (PC1–PC4). Все устройства соединены через гигабитные Ethernet-интерфейсы. Сама топология представлена на рисунке 1.

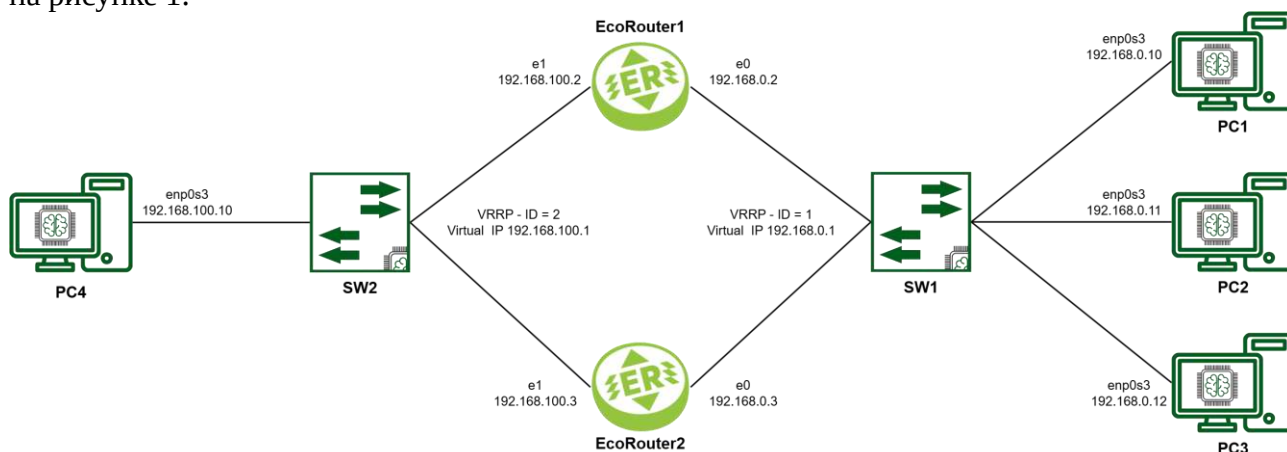


Рисунок 1 — Топология эксперимента

Сеть разбита на два сегмента:

- **LAN-сегмент 192.168.0.0/24**, обслуживаемый через интерфейсы e0 маршрутизаторов;
- **LAN-сегмент 192.168.100.0/24**, обслуживаемый через интерфейсы e1.

На каждом сегменте реализован свой экземпляр VRRP:

- **VRRP ID = 1** на интерфейсах e0 (сегмент 192.168.0.0/24):
  - Виртуальный IP-адрес: 192.168.0.1;
  - Master — EcoRouter1 (192.168.0.2);
  - Backup — EcoRouter2 (192.168.0.3).
- **VRRP ID = 2** на интерфейсах e1 (сегмент 192.168.100.0/24):
  - Виртуальный IP-адрес: 192.168.100.1;
  - Master — EcoRouter1 (192.168.100.2);
  - Backup — EcoRouter2 (192.168.100.3).

Клиентские ПК подключены к коммутаторам:

- PC1, PC2, PC3 — к SW1 (в сегменте 192.168.0.0/24);
- PC4 — к SW2 (в сегменте 192.168.100.0/24).

В качестве источника и приёмника трафика использовались ПК PC2 и PC4, на которых запускалось ПО iperf3 для генерации TCP-потоков [6] между сегментами. Для анализа сетевых характеристик применялся Wireshark — для захвата пакетов на интерфейсах маршрутизаторов и коммутаторов, что позволило фиксировать:

- время переключения VRRP (от момента отказа Master до активации Backup);
- наличие потерь пакетов при переключении;
- изменение задержки отправки пакетов;
- интервал отправки VRRP-анонсов.

Сеть была полностью изолирована от внешнего трафика. Все устройства работали в стабильных условиях, синхронизированных по времени через NTP. Такая конфигурация позволяет имитировать реальные сценарии использования VRRP в корпоративных сетях с несколькими сегментами и оценивать его влияние на **сетевую производительность** в условиях динамического изменения состояния шлюзов.

## 1.2 Тестирование функциональности и влияния на производительность протокола VRRP

Для подтверждения корректности реализации протокола VRRP на базе решений EcoRouter была разработана и применена серия контролируемых тестовых сценариев, охватывающих как штатные, так и аварийные режимы работы. Целью функционального тестирования являлось подтверждение способности VRRP обеспечивать прозрачное и своевременное переключение шлюза при отказе активного маршрутизатора, а также корректное восстановление после возврата Master-маршрутизатора в строй.

Экспериментальная проверка состояла из нескольких этапов. На первом этапе была проведена **инициализация и верификация VRRP-сессий**. После настройки пары маршрутизаторов EcoRouter1 и EcoRouter2 на интерфейсах e0 (сегмент 192.168.0.0/24) и e1 (сегмент 192.168.100.0/24) проводилась проверка:

- Назначения ролей Master/Backup в соответствии с приоритетами (EcoRouter1 — приоритет 110, EcoRouter2 — 100);
- Доступности PC4 с клиентских узлов PC1–PC3 посредством ICMP-запросов и ARP-резолва;
- Корректности VRRP-адвертайзментов, захваченных в Wireshark: проверялись тип пакета (Advertisement) и адрес источника.

Помимо этого, на данном этапе была протестирована функция *advertisement-interval*, которая изменяет интервал отправки VRRP-сообщений. Было установлено, что по умолчанию VRRP-сообщения отправляются с интервалом 0.5 сек., что эквивалентно аргументу ~50. Захват VRRP-сообщений в Wireshark представлен на рисунке 2.

| No.  | Time      | Source        | Destination | Protocol | Length | Info              |
|------|-----------|---------------|-------------|----------|--------|-------------------|
| 4908 | 23.775164 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 4990 | 24.302981 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 4991 | 24.303316 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5073 | 24.871765 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5074 | 24.871861 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5158 | 25.426826 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5159 | 25.426895 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5234 | 25.950963 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5235 | 25.951034 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5318 | 26.510042 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5319 | 26.510917 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5412 | 27.034370 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5413 | 27.034450 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5527 | 27.606557 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5528 | 27.606733 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5549 | 28.110436 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5550 | 28.110524 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |
| 5656 | 28.632533 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v3) |
| 5657 | 28.632602 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18  | VRRP     | 60     | Announcement (v2) |

Рисунок 2 – Захват VRRP-сообщений в Wireshark

При значении *advertisement-interval* 500 ожидаемый интервал составляет около 5 секунд, если параметр задан в сотых долях секунды. В захвате одновременно наблюдались VRRPv2 и VRRPv3; для интерпретации интервалы следует считать отдельно по источнику, VRID и версии, предполагая режим совместимости [1]. Пример выставления таймера и захват пакетов из Wireshark представлены на рисунках 3, 4.

```
router vrrp 1 e0
disable
```

Рубрика 2. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность

advertisement-interval 500  
enable

```
ecorouter(config)#router vrrp 1 e0
ecorouter(config-router)#disable
ecorouter(config-router)#advertisement-interval 500
ecorouter(config-router)#enable
```

Рисунок 3 – Пример выставления таймера анонсов

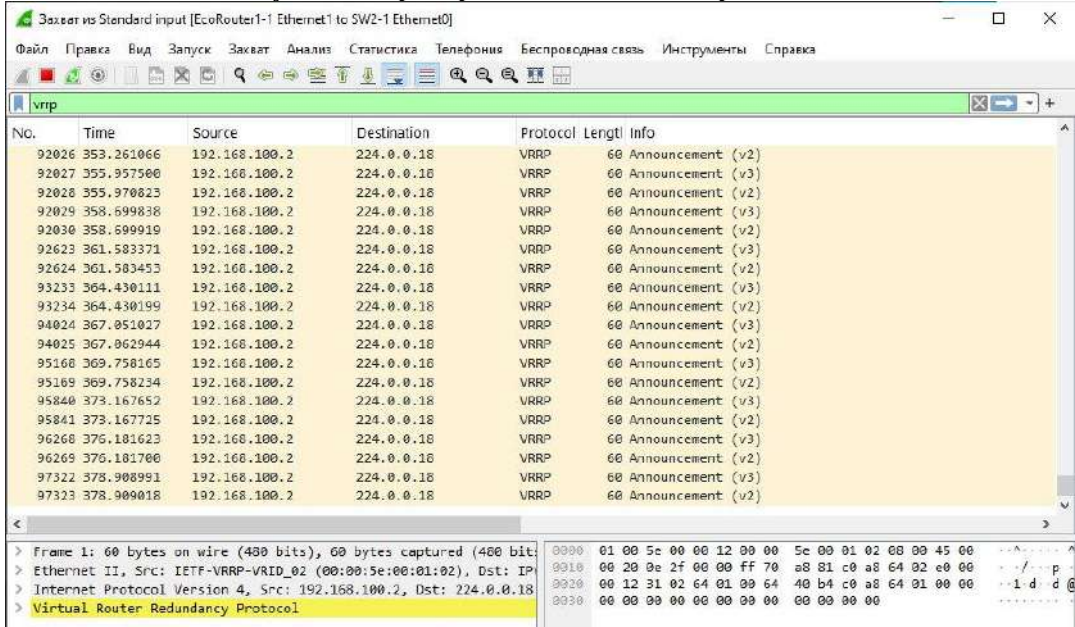


Рисунок 4 – Захват пакетов в Wireshark

Также были протестированы сильно малое и большое значения параметра – итогом стало то, что при параметре интервала, равном 5, второй маршрутизатор ушел в «петлю» и постоянно менял свою роль. Результат представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Некорректная работа маршрутизатора

При параметре, равном 3000, интервал отправки VRRP-сообщений увеличился до ~18 секунд, а время перехода к резервному маршрутизатору возросло до одной минуты.

На втором этапе была проведена проверка на отказоустойчивость протокола. Была смитированна ситуация выхода из строя Master-маршрутизатора. Нами был отключен интерфейсы, расположенные в Master-маршрутизатор. При отключении фиксировалось:

- время, прошедшее от момента последнего полученного VRRP-адвертайзмента до появления нового Master;
- момент, когда клиенты впервые получали успешный ответ от нового виртуального шлюза;

При тестировании протокола на отказоустойчивость с параметром *advertisement-interval* равным 250 наблюдаем потерю пакетов при переходе ролей. Результат зафиксирован на рисунке 6.

```

Server listening on 5201 (test #8)
-----
Accepted connection from 192.168.0.11, port 43536
[ 5] local 192.168.100.10 port 5201 connected to 192.168.0.11 port 43540
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 5] 0.00-1.00 sec    384 KBytes    3.13 Mbits/sec
[ 5] 1.00-2.03 sec    384 KBytes    3.07 Mbits/sec
[ 5] 2.03-3.47 sec    1.25 MBytes   7.27 Mbits/sec
[ 5] 3.47-4.00 sec    384 KBytes    5.95 Mbits/sec
[ 5] 4.00-5.62 sec    768 KBytes    3.89 Mbits/sec
[ 5] 5.62-6.50 sec    256 KBytes    2.36 Mbits/sec
[ 5] 6.50-7.00 sec    256 KBytes    4.23 Mbits/sec
[ 5] 7.00-8.13 sec    512 KBytes    3.71 Mbits/sec
[ 5] 8.13-9.02 sec    384 KBytes    3.56 Mbits/sec
[ 5] 9.02-10.08 sec   896 KBytes    6.88 Mbits/sec
[ 5] 10.08-11.33 sec  1.00 MBytes   6.72 Mbits/sec
[ 5] 11.33-12.01 sec   896 KBytes   10.8 Mbits/sec
[ 5] 12.01-13.01 sec   128 KBytes    1.05 Mbits/sec
[ 5] 13.01-14.37 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 14.37-15.03 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 15.03-16.16 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 16.16-17.13 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 17.13-18.01 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 18.01-19.03 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 19.03-20.05 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 20.05-21.10 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 21.10-22.23 sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5] 22.23-23.08 sec   1.12 MBytes   11.1 Mbits/sec
[ 5] 23.08-24.02 sec   2.25 MBytes   20.1 Mbits/sec
[ 5] 24.02-25.05 sec   2.62 MBytes   21.4 Mbits/sec
[ 5] 25.05-26.00 sec   2.75 MBytes   24.3 Mbits/sec
[ 5] 26.00-27.00 sec   2.12 MBytes   17.8 Mbits/sec
[ 5] 27.00-28.01 sec   3.00 MBytes   25.0 Mbits/sec

```

Рисунок 6 – Кратковременное прерывание передачи при переходе ролей по данным TCP-теста *iperf3*

Третьим этапом, после стабилизации работы Backup-роутера (EcoRouter2) мы восстанавливали работу EcoRouter1. Поскольку в конфигурации EcoRouter по умолчанию включён механизм **preempt-mode**, ожидается автоматическое возвращение роли Master. Проверялось:

- отсутствие флаппинга (частых переключений ролей за короткий промежуток времени);
- сохранение маршрутизации без петель;
- стабильность соединений с клиентами после возврата Master.

Были рассмотрены следующие функции: *preempt-mode* (вышедший из строя Master-маршрутизатор по возвращению в работу игнорирует тот факт, что назначенное ему значение приоритета выше, чем у Backup-маршрутизатора), *switch-back-delay* (задает время ожидания, в течение которого вернувшийся к работе маршрутизатор с более высоким приоритетом не будет анонсировать служебные сообщения).

Как видно из рисунка 7, для изменения параметра функции *preempt-mode* мы уже смитировали отказ маршрутизатора – отключили VRRP процесс, в результате EcoRouter2 стал Master. После включения VRRP-процесса, EcoRouter1, несмотря на более высокий приоритет, так и остался Backup.

```

disable
preempt-mode false
enable

```

## Рубрика 2. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность

```
ecorouter(config-router)#disable
ecorouter(config-router)#preempt-mode false
ecorouter(config-router)#enable
ecorouter(config-router)#
2025-11-10 17:01:50      INFO      VRRP 1 transition to BACKUP role for e0 interface

ecorouter(config-router)#
```

Рисунок 7 – Демонстрация отключения функции preempt-mode

При включении данной функции - режим вытеснения работает. Это отображено на рисунке 8.

```
disable
preempt-mode true
enable
exit
```

```
ecorouter(config-router)#disable
ecorouter(config-router)#preempt-mode true
ecorouter(config-router)#enable
ecorouter(config-router)#
2025-11-10 17:04:25      INFO      VRRP 1 transition to BACKUP role for e0 interface

2025-11-10 17:04:26      INFO      VRRP 1 transition to MASTER role for e0 interface
```

Рисунок 8 – Включение режима вытеснения

Теперь более подробно рассмотрим функцию *switch-back-delay*. При стандартном значении вернувшийся к работе Master почти моментально начал отправлять VRRP-сообщения. Смена ролей маршрутизаторов представлена на рисунке 9.

|        |             |               |            |      |                      |
|--------|-------------|---------------|------------|------|----------------------|
| 2423.. | 2967.184732 | 192.168.100.3 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v2) |
| 2423.. | 2967.692405 | 192.168.100.3 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v3) |
| 2423.. | 2967.692493 | 192.168.100.3 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v2) |
| 2423.. | 2968.196400 | 192.168.100.3 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v3) |
| 2423.. | 2968.196486 | 192.168.100.3 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v2) |
| 2423.. | 2968.570614 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v3) |
| 2423.. | 2968.570699 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v2) |
| 2423.. | 2968.858169 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v3) |
| 2423.. | 2968.858250 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v2) |
| 2423.. | 2969.182022 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v3) |
| 2423.. | 2969.182095 | 192.168.100.2 | 224.0.0.18 | VRRP | 60 Announcement (v2) |

Рисунок 9 – Смена ролей маршрутизаторов

В качестве эксперимента, в VRRP-id 2 был установлен параметр 5000, а на VRRP-id 1 был установлен параметр 50000. Сымитировав отказ на интерфейсах обоих маршрутизаторов, наблюдаем следующее: в VRRP ID 2 (параметр 5000) роль Master была получена примерно через 4–5 секунд, а в VRRP ID 1 (параметр 50000) — примерно через 30 секунд по временным меткам журнала. Вывод: параметр *switch-back-delay* влияет на время смены ролей, но на интервал отправки VRRP-сообщений не влияет. Началом отсчёта считалось событие подъёма интерфейса, окончанием — запись о получении роли Master; расхождение с настроенным таймером требует повторных прогонов и учитывается как ограничение точности журналирования.

```

2025-11-10 17:29:57      INFO      Interface e1 changed state to down
ecorouter(config-if)#exit
ecorouter(config)#interface e0
ecorouter(config-if)#no shutdown

2025-11-10 17:30:11      INFO      Interface e0 changed state to up
ecorouter(config-if)#exit
ecorouter(config)#interface e1
ecorouter(config-if)#no shutdown

2025-11-10 17:30:16      INFO      Interface e1 changed state to up
ecorouter(config-if)#
2025-11-10 17:30:19      INFO      VRRP 2 transition to BACKUP role for e1 interface

2025-11-10 17:30:20      INFO      VRRP 2 transition to MASTER role for e1 interface

2025-11-10 17:30:40      INFO      VRRP 1 transition to BACKUP role for e0 interface

2025-11-10 17:30:41      INFO      VRRP 1 transition to MASTER role for e0 interface

```

Рисунок 10 – Демонстрация работы функции *switch-back-delay*

### 1.3 Анализ функционала и влияния на производительность

Анализ экспериментальных данных показал, что корректная настройка ключевых параметров протокола VRRP — таких как приоритеты маршрутизаторов, интервал отправки анонсов (*advertisement-interval*), а также режимы *preempt-mode* и *switch-back-delay* — играет определяющую роль в обеспечении стабильности и эффективности работы VRRP-группы. В частности, чрезмерно короткий интервал анонсов приводит к резкому росту частоты служебных сообщений между устройствами, что значительно увеличивает объем служебного трафика в локальном сегменте. Рост частоты служебных сообщений потенциально может повлиять на пропускную способность и нагрузку CPU, однако эти показатели в работе отдельно не измерялись; на стенде наблюдался риск нестабильного переключения ролей — нестабильные, частые переключения ролей между Master и Backup, особенно в условиях высокой загрузки канала или сетевых задержек [7]. Напротив, завышенные значения таймеров, хотя и уменьшают служебный трафик, замедляют обнаружение отказа активного шлюза и тем самым увеличивают время восстановления сетевого соединения после сбоя. Зависимость времени переключения виртуального IP-адреса от значения параметра отражена на таблице 1.

Таблица 1. Влияние параметров VRRP на время переключения

| Параметр               | Значения параметра | Время переключения (сек)              |
|------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| advertisement-interval | 50 (по умолчанию)  | 1.5                                   |
| advertisement-interval | 250                | 7-8                                   |
| advertisement-interval | 500                | 15-18                                 |
| advertisement-interval | 3000               | 60                                    |
| advertisement-interval | 5                  | нестабильно<br>(описано в пункте 1.2) |
| switch-back-delay      | 5000               | 4-5                                   |
| switch-back-delay      | 50000              | ≈30                                   |

Таким образом, применённые методы позволили оценить функциональную корректность VRRP и время восстановления на контролируемом виртуализированном лабораторном стенде; влияние на производительность сети требует отдельной серии измерений.

### Обсуждение

## Рубрика 2. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность

Полученные результаты согласуются с выводами Симбирцева Е. А. и Галютдинова Д. А. [3], отмечавших чувствительность протокола VRRP к параметрам таймеров, и дополняют их данными о количественном влиянии advertisement-interval, preempt-mode и switch-back-delay на время восстановления сети применительно к отечественной платформе EcoRouter. В отличие от общего описания принципа работы протокола, приведённого Тихомировым И. [2], настоящее исследование показывает, что выбор параметров носит компромиссный характер: снижение advertisement-interval сокращает время реакции на отказ, но увеличивает служебный трафик и риск флаппинга, тогда как его увеличение снижает нагрузку на сеть ценой роста времени простоя.

Практическая значимость результатов заключается в использовании зависимостей таблицы 1 как предварительных лабораторных ориентиров для EcoRouterOS 3.2.6.2; перед проектированием конкретной сети необходимы повторные испытания под её нагрузкой и SLA. Ограничением исследования является использование изолированного лабораторного стенда с ограниченным числом узлов и отсутствие тестирования при одновременном отказе нескольких маршрутизаторов или при высокой фоновой нагрузке на канал; дальнейшая работа предполагает проверку полученных зависимостей в условиях, приближенных к промышленной эксплуатации, а также исследование поведения VRRP при интеграции с механизмами балансировки нагрузки.

### Заключение

В результате выполненного исследования подтверждена работоспособность протокола VRRP в реализации платформы EcoRouter и установлено его существенное влияние на устойчивость сетевой инфраструктуры к отказам маршрутизаторов. Показано, что время переключения ролей Master/Backup зависит от значения параметра advertisement-interval: при значении по умолчанию (50) оно составляет около 1,5 с, при увеличении до 3000 — до 60 с, а при чрезмерном занижении параметра (5) протокол переходит в нестабильный режим флаппинга. Установлено, что параметр switch-back-delay управляет временем возврата роли Master после восстановления основного маршрутизатора, не влияя при этом на интервал отправки VRRP-анонсов, а отключение режима preempt-mode позволяет сохранить роль Master за резервным маршрутизатором даже при более высоком приоритете основного.

На основании полученных данных сформулированы предварительные лабораторные ориентиры для данного стенда и версии EcoRouterOS: для сценариев, критичных к времени простоя (видеонаблюдение, обработка транзакций в реальном времени), целесообразно использовать значения advertisement-interval в диапазоне 50–250 в сочетании с включённым preempt-mode; для сетей с ограниченной пропускной способностью канала управления допустимо увеличение интервала анонсов при условии, что возросшее время восстановления укладывается в требования соглашения об уровне обслуживания (SLA). Таким образом, реализация VRRP в EcoRouter обеспечивает заявленную отказоустойчивость при корректном выборе конфигурационных параметров, что подтверждает выдвинутую гипотезу исследования и может быть использовано сетевыми инженерами при проектировании отказоустойчивых сетей на отечественном оборудовании.

### Библиографический список

1. Eckert, T. Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Version 3 for IPv4 and IPv6 [Электронный ресурс] : RFC 9568 / T. Eckert, E. Zhang, A. Lindem. – IETF, 2024. – URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9568.html> (дата обращения: 31.12.2025).
2. Тихомиров И. Принцип работы протокола VRRP // Хабр. — 2019. — 19 мая. — URL: <https://habr.com/ru/articles/452490> (дата обращения: 07.11.2025).
3. Симбирцев Е. А., Галютдинов Д. А. Настройка и тестирование протокола VRRP. Вопросы безопасности // Вестник науки. — 2025. — № 6 (87). — С. 1573–1590. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nastroyka-i-testirovanie-protokola-vrrp-voprosy-bezopasnosti> (дата обращения: 07.11.2025).
4. Руководство пользователя EcoRouter: VRRP [Электронный ресурс] // Официальная документация EcoRouter. — 2023. — 12 октября. — URL:

<https://docs.ecorouter.ru/%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE/12-VRRP> (дата обращения: 07.11.2025).

5. Уймин, А. Г. Обзор систем моделирования: анализ эффективности на примере чемпионата AtomSkills-2023 / А. Г. Уймин, В. С. Греков // Автоматизация и информатизация ТЭК. – 2023. – № 11(604). – С. 25-34. – DOI 10.33285/2782-604X-2023-11(604)-25-34. – EDN QYQRCO.
6. Таненбаум, Эндрю С. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл ; пер. с англ. под ред. В. Н. Четверикова. — 6-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2023. — 992 с. : ил. — ISBN 978-5-4461-2092-3.
7. Надаш С. Протокол резервирования виртуального маршрутизатора (VRRP) версии 3 для IPv4 и IPv6 [Электронный ресурс]: RFC 5798. — IETF, 2010. — URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5798.html> (дата обращения: 31.12.2025).

## References

1. Eckert, T., Zhang, E., & Lindem, A. (2024). *Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Version 3 for IPv4 and IPv6 (RFC 9568)*. IETF. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9568.html>
2. Tikhomirov, I. (2019). *Principles of VRRP protocol operation*. Habr. Retrieved November 7, 2025, from <https://habr.com/ru/articles/452490>
3. Simbirtsev, E. A., & Galyautdinov, D. A. (2025). *Configuration and testing of the VRRP protocol. Security issues*. Bulletin of Science, 6(87), 1573–1590. Retrieved November 7, 2025, from <https://cyberleninka.ru/article/n/nastroyka-i-testirovanie-protokola-vrrp-voprosy-bezopasnosti>
4. EcoRouter User Guide: VRRP. (2023). Official EcoRouter Documentation. Retrieved November 7, 2025, from <https://docs.ecorouter.ru/%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE/12-VRRP>
5. Uymin, A. G., & Grekov, V. S. (2023). *Review of modeling systems: Efficiency analysis using the AtomSkills-2023 championship as an example*. Automation and Informatization of the Fuel and Energy Complex, 11(604), 25–34. [https://doi.org/10.33285/2782-604X-2023-11\(604\)-25-34](https://doi.org/10.33285/2782-604X-2023-11(604)-25-34)
6. Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2023). *Computer networks* (6th ed.). Piter.
7. Nadas, S. (2010). Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Version 3 for IPv4 and IPv6 (RFC 5798). IETF. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5798.html>

## Информация об авторах

Чаков Иван Александрович — студент, ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», г. Москва, e-mail: [chakov.vanya@yandex.ru](mailto:chakov.vanya@yandex.ru)

Евтюхов Михаил Сергеевич — студент, ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», г. Москва, e-mail: [eutyuhovmihail@yandex.ru](mailto:eutyuhovmihail@yandex.ru)

Павловский Владимир Владимирович — научный руководитель, преподаватель кафедры «Безопасность информационных технологий», ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», г. Москва, e-mail: [pavlovskiy.v@gubkin.ru](mailto:pavlovskiy.v@gubkin.ru)

## INVESTIGATION OF VRRP FUNCTIONALITY AND RECOVERY TIME BASED ON ECOROUTER SOLUTIONS

I. A. Chakov<sup>1</sup>, M. S. Evtukhov<sup>1</sup>, V. V. Pavlovskiy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russian Federation

**Abstract.** The study addresses the growing use of the domestic EcoRouter platform amid import substitution of network infrastructure, while its implementation of VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) remains insufficiently studied in terms of performance and stability under controlled virtualized laboratory conditions. The purpose is to evaluate the functional capabilities and VRRP recovery behavior in EcoRouter and to develop practical recommendations for configuring fault-tolerance parameters.

The study was conducted in a virtualized lab environment based on GNS3 and VirtualBox using EcoRouterOS routers. The topology included two routers, two switches, and four client hosts forming two network segments, each with

## Рубрика 2. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность

an independent VRRP group. The iperf3 and Wireshark tools evaluated Master/Backup switchover time, temporary transfer interruption, and advertisement interval while varying the advertisement-interval, preempt-mode, and switch-back-delay parameters.

With the default advertisement-interval value (50), the switchover time is about 1.5 s, while increasing the parameter to 3000 raises it to 60 s; excessively small values (5) cause unstable role “flapping.” The switch-back-delay parameter affects how quickly the Master role returns but not the advertisement interval, while disabling preempt-mode blocks automatic restoration of the priority role.

The results confirm that the VRRP implementation in EcoRouter provides the declared fault tolerance when parameters are configured correctly, enabling practical recommendations for network engineers on balancing failure-response speed against stability. The findings can be applied to designing domestic fault-tolerant network infrastructures and in teaching networking courses.

**Keywords:** VRRP protocol, network fault tolerance, EcoRouter, router redundancy, failover time, network performance, import substitution.

### Information about the authors

Chakov Ivan Aleksandrovich — student, National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russian Federation, e-mail: chakov.vanya@yandex.ru

Evtyukhov Mikhail Sergeevich — student, National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russian Federation, e-mail: eutyuhovmihail@yandex.ru

Pavlovskiy Vladimir Vladimirovich — research supervisor, lecturer at the Department of Information Technology Security, National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russian Federation, e-mail: pavlovskiy.v@gubkin.ru