



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

Факультет комплексной безопасности ТЭК



## **Реализация протокола IPsec over GRE на базе EcoRouter и ОС Альт. Реализация протокола. Порядок настройки.**

Выполнил: Лазорин Д.С., группа КС-21-04.



## Цель курсовой работы

Практическая реализация и анализ туннелирования IPsec over GRE с использованием маршрутизатора EcoRouter и операционной системы Альт.



## Задачи курсовой работы

1. Провести анализ предметной области.
2. Изучить работу протоколов GRE и IPsec в соответствии с стандартами RFC.
3. Провести настройку GRE, IPsec, IPsec over GRE в операционной системе Альт.
4. Провести настройку GRE, IPsec, IPsec over GRE на EcoRouter.
5. Сравнить выполненные настройки, обобщить результаты.



## **Анализ предметной области**

Анализ предметной области подтверждает, что технологии туннелирования являются ключевым инструментом для создания защищённых каналов связи в корпоративных сетях.



## Обзор программных решений

ОС Альт и EcoRouter позволяют настроить и использовать протоколы GRE, IPsec.

Ключевой задачей является корректная интеграция этих технологий в конфигурации IPsec over GRE.

## Практическая часть

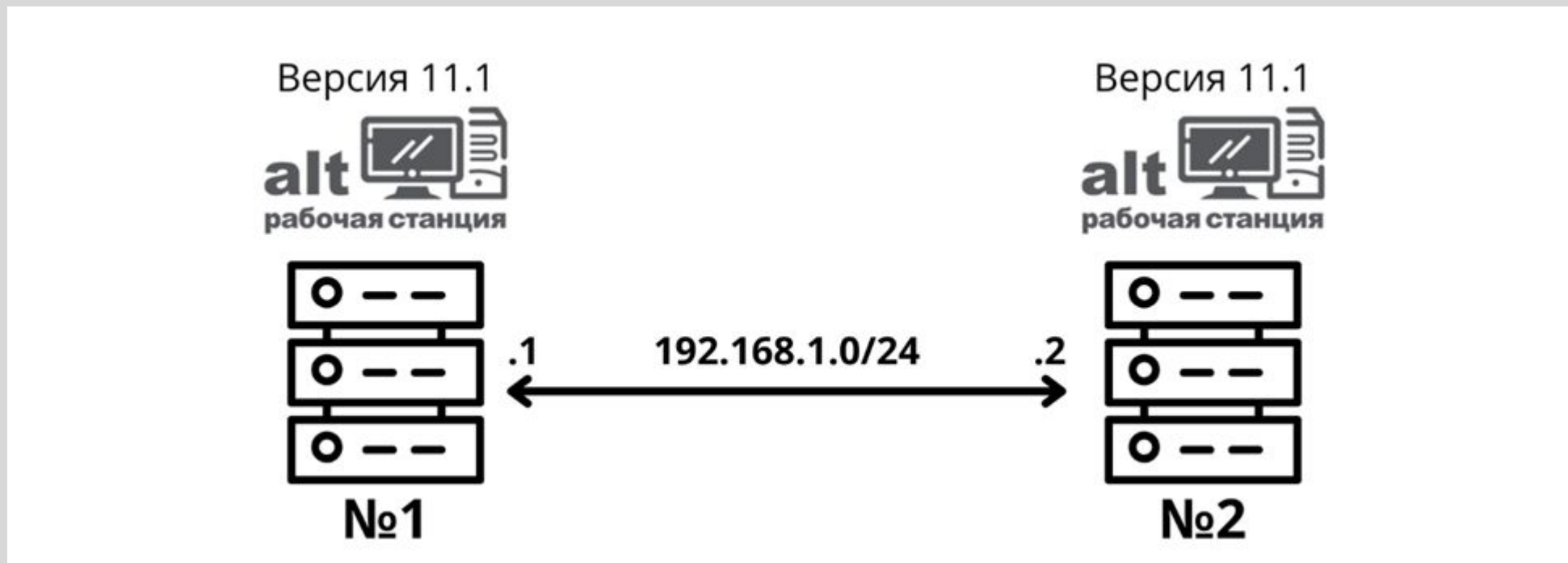


Рисунок 1 – Схема стенда №1 в курсовой работе





## Практическая часть

```
#!/bin/bash
modprobe ip_gre
ip tunnel del gre1 2>/dev/null
ip tunnel add gre1 mode gre remote 192.168.1.2 local 192.168.1.1 ttl 255
ip link set gre1 up
ip addr add 10.0.0.1/30 dev gre1
```

Рисунок 3 – GRE, ОС Альт



## Практическая часть

```
> Frame 1: 122 bytes on wire (976 bits), 122 bytes captured (976 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:f7), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:27:2e:18:32)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.1.2
> Generic Routing Encapsulation (IP)
  > Flags and Version: 0x0000
    0... .. = Checksum Bit: No
    .0.. .. = Routing Bit: No
    ..0. .. = Key Bit: No
    ...0 .. = Sequence Number Bit: No
    .... 0... .. = Strict Source Route Bit: No
    .... .000 .. = Recursion control: 0
    .... .. 0000 0... = Flags (Reserved): 0
    .... .. .000 = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
> Internet Control Message Protocol
```

Рисунок 4 – Захват пакетов GRE, ОС Альт





## Практическая часть

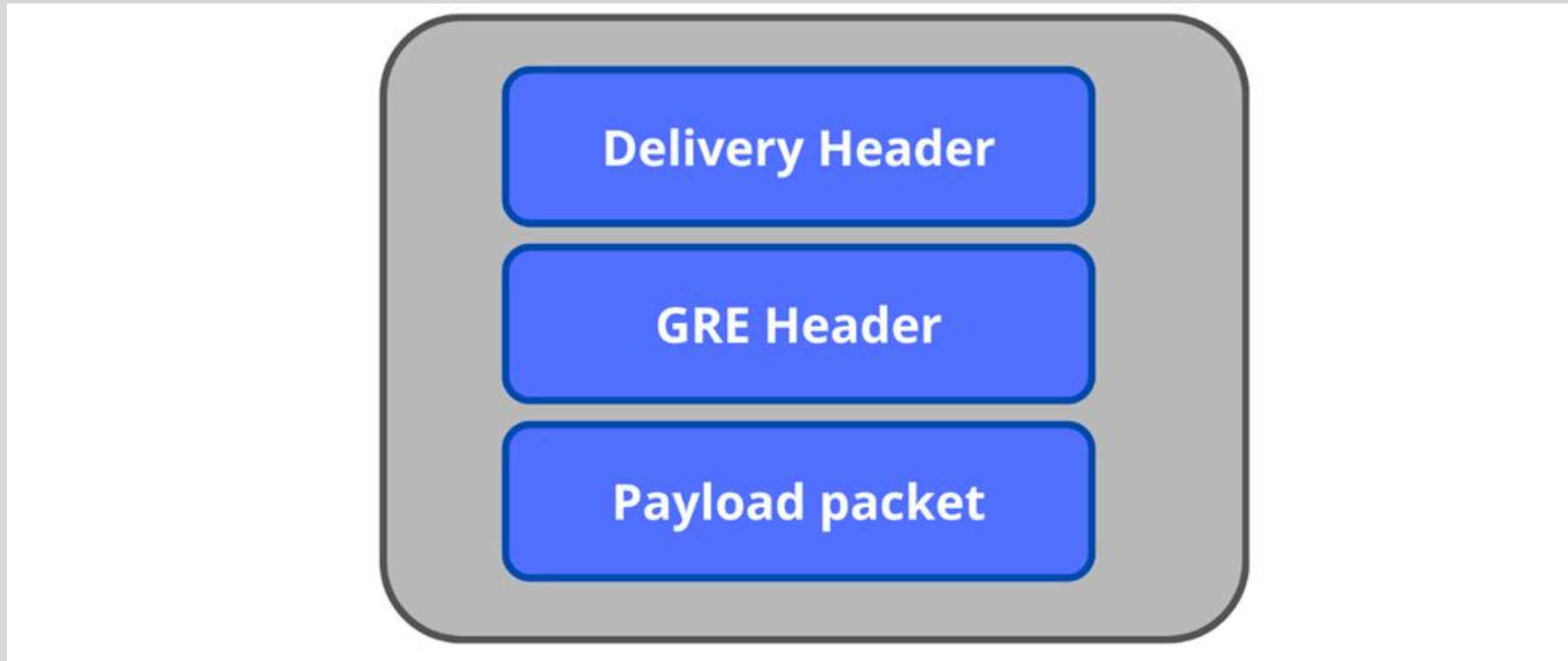


Рисунок 5 – Структура инкапсулированного пакета GRE, RFC 2784



## Практическая часть

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
C	Reserved0										Ver										Protocol Type										
Checksum (optional)															Reserved1 (Optional)																

Рисунок 6 – Структура заголовка GRE, RFC 2784



## Практическая часть

```
[root@vm1 ~]# swanctl --list-sas
vm1-vm2: #1, ESTABLISHED, IKEv2, 69c9f53b3946646b_i* 92447097ec0c3a7c_r
  local '192.168.1.1' @ 192.168.1.1[4500]
  remote '192.168.1.2' @ 192.168.1.2[4500]
  AES_CBC-256/HMAC_SHA2_256_128/PRF_HMAC_SHA2_256/MODP_2048
  established 28s ago, rekeying in 14313s
  tunnel: #1, reqid 1, INSTALLED, TUNNEL, ESP:AES_CBC-256/HMAC_SHA2_256_128
    installed 28s ago, rekeying in 3357s, expires in 3932s
    in c45468df,      0 bytes,      0 packets
    out ce329ddb,     0 bytes,      0 packets
    local 192.168.1.1/32
    remote 192.168.1.2/32
```

Рисунок 7 – Результат проверки настройки IPsec, ОС Альт



## Практическая часть

```
> Frame 1: 170 bytes on wire (1360 bits), 170 bytes captured (1360 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:f7), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:27:2e:18:32)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.1.2
✓ Encapsulating Security Payload
  ESP SPI: 0xce329ddb (3459423707)
  ESP Sequence: 13
```

Рисунок 8 – Захват пакетов IPsec, ОС Альт





## Практическая часть

```
> Frame 11: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:f7), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:27:2e:18:32)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.1.2
  > Generic Routing Encapsulation (IP)
    > Flags and Version: 0x0000
      0... .. = Checksum Bit: No
      .0... .. = Routing Bit: No
      ..0. .... = Key Bit: No
      ...0 .... = Sequence Number Bit: No
      .... 0... .. = Strict Source Route Bit: No
      .... .000 .... = Recursion control: 0
      .... .. 0000 0... = Flags (Reserved): 0
      .... .. .. .000 = Version: GRE (0)
      Protocol Type: IP (0x0800)
    > Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
  > Encapsulating Security Payload
    ESP SPI: 0xc8c71b90 (3368491920)
    ESP Sequence: 9
```

Рисунок 9 – Захват пакетов IPsec over GRE, ОС Альт



## Практическая часть

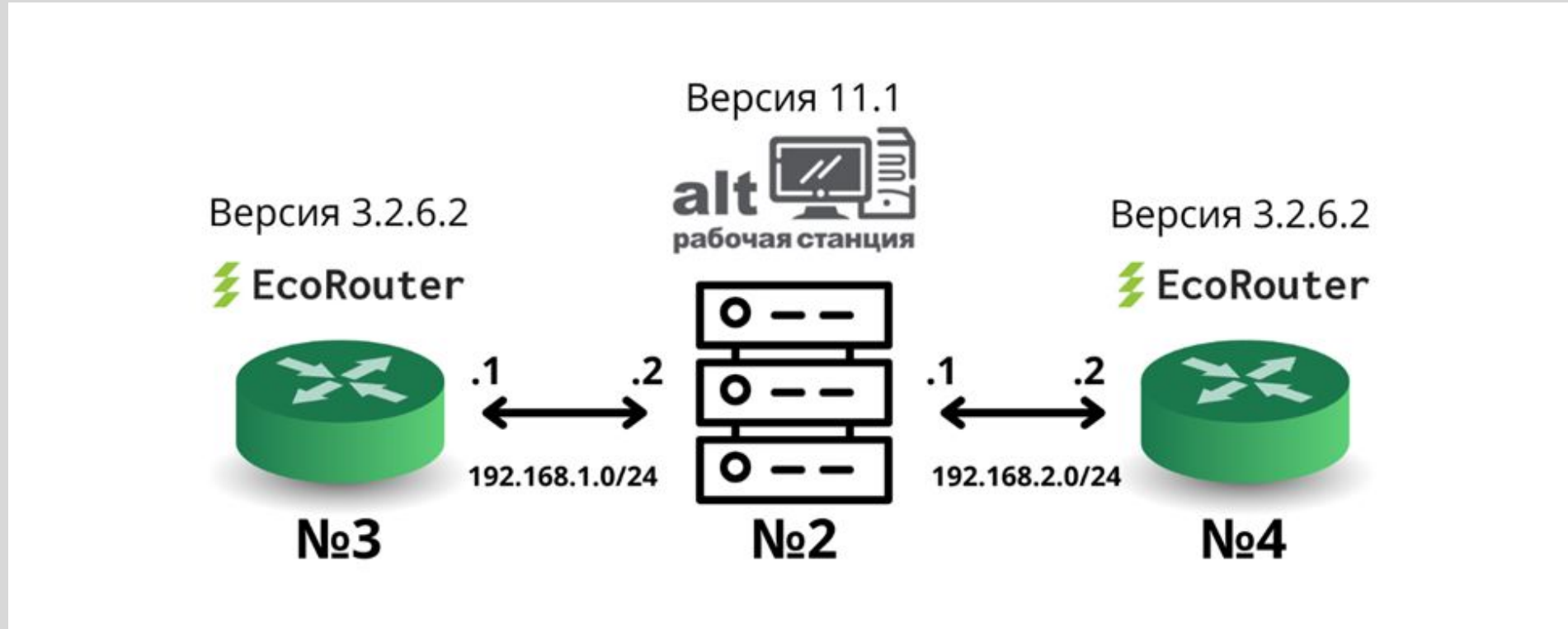


Рисунок 10 – Схема стенда №2 в курсовой работе



## Практическая часть

```
vm1(config)#int tunnel.0
vm1(config-if-tunnel)#ip address 10.10.10.1/30
vm1(config-if-tunnel)#ip mtu 1400
vm1(config-if-tunnel)#ip tunnel 192.168.1.1 192.168.2.2 mode gre

2025-11-20 12:13:18      INFO      Interface tunnel.0 changed state to up
```

Рисунок 11 – Результат настройки GRE, EcoRouter



## Практическая часть

```
> Frame 2: 122 bytes on wire (976 bits), 122 bytes captured (976 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:27), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:2e:2e:18
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.2.2
▼ Generic Routing Encapsulation (IP)
  ▼ Flags and Version: 0x0000
    0... .. = Checksum Bit: No
    .0.. .. = Routing Bit: No
    ..0. .. = Key Bit: No
    ...0 .. = Sequence Number Bit: No
    .... 0... .. = Strict Source Route Bit: No
    .... .000 .. = Recursion control: 0
    .... .. 0000 0... = Flags (Reserved): 0
    .... .. .. .000 = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
> Internet Control Message Protocol
```

Рисунок 12 – Захват пакетов GRE, EcoRouter



## Практическая часть

```
crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE ike-v2
mode tunnel
nat-traversal
ike-phase1
  proposal aes256-sha256-modp2048
  auth pre-shared-key StrongSecret123
ike-phase2
  protocol esp
  proposal aes256-sha256
  local-ts 192.168.1.1/32
  remote-ts 192.168.2.2/32
!
```

Рисунок 13 – Результат настройки IPsec, EcoRouter





## Практическая часть

```
crypto-map CMAP0 10
  match peer 192.168.2.2
  set crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE
!
filter-map ipv4 FMAP0 5
  match esp host 192.168.2.2 host 192.168.1.1
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 10
  match any host 192.168.1.1 host 192.168.2.2
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 30
  match any any any
  set accept
!
```

Рисунок 14 – Результат настройки IPsec, EcoRouter





## Практическая часть

```
> Frame 1: 170 bytes on wire (1360 bits), 170 bytes captured (1360 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:27), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:2e:2e:18
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.2.2
✓ Encapsulating Security Payload
  ESP SPI: 0xc81141c6 (3356574150)
  ESP Sequence: 7
```

Рисунок 15 – Захват пакетов IPsec, EcoRouter



## Практическая часть

```
crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE ike-v2
mode tunnel
nat-traversal
ike-phase1
  proposal aes256-sha256-modp2048
  auth pre-shared-key StrongSecret123
ike-phase2
  protocol esp
  proposal aes256-sha256
  local-ts 10.10.10.1/32
  remote-ts 10.10.10.2/32
!
```

Рисунок 16 – Результат настройки IPsec over GRE, EcoRouter



## Практическая часть

```
crypto-map CMAP0 1
  match peer 192.168.2.2
  set crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE
!
filter-map ipv4 FMAP0 10
  match any host 10.10.10.1 host 10.10.10.2
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 20
  match udp host 192.168.2.2 eq 4500 host 192.168.1.1 eq 4500
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 30
  match any any any
  set accept
!
```

Рисунок 17 – Результат настройки IPsec over GRE, EcoRouter





## Практическая часть

```
interface tunnel.0
 ip mtu 1400
 ip address 10.10.10.2/30
 ip tunnel 192.168.2.2 192.168.1.1 mode gre
 set filter-map in FMAP0 10
!
```

Рисунок 18 – Результат настройки IPsec over GRE, EcoRouter



## Практическая часть

```
> Frame 1: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:27), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:2e:2e:18)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.2.2
✓ Generic Routing Encapsulation (IP)
  ✓ Flags and Version: 0x0000
    0... .. = Checksum Bit: No
    .0.. .. = Routing Bit: No
    ..0. .... = Key Bit: No
    ...0 .... = Sequence Number Bit: No
    .... 0... = Strict Source Route Bit: No
    .... .000 .... = Recursion control: 0
    .... .... 0000 0... = Flags (Reserved): 0
    .... .... .... .000 = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
✓ Encapsulating Security Payload
  ESP SPI: 0xcc7f7654 (3430905428)
  ESP Sequence: 1
```

Рисунок 19 – Захват пакетов IPsec over GRE, EcoRouter





## Практическая часть

Таблица 1. Нагрузка системных ресурсов при работе с протоколами в ОС Альт

Протокол	Средняя нагрузка CPU, %	Пиковая нагрузка CPU, %
GRE	34	42
IPsec	32	44
IPsec over GRE	37	43



## Практическая часть

Таблица 2. Нагрузка системных ресурсов при работе с протоколами в EcoRouter

Протокол	Средняя нагрузка CPU, %	Пиковая нагрузка CPU, %
GRE	23	29
IPsec	24	31
IPsec over GRE	27	34



## Заключение.

Сравнительный анализ подходов конфигураций на разных платформах показал как общие принципы, так и специфику реализации в соответствии с стандартами RFC. Исходя из вышеперечисленного, цель курсовой работы была достигнута.