Безопасность DNS

Филипп Кулин

Saint HighLoad++

Откиньтесь на спинку кресла

Knot 3.0+

```
ppa:cz.nic-labs/knot-dns-latest
knot-dnsutils

copr @cznic/knot-dns-latest
knot-utils
```

ISC BIND 9.17.11+

```
ppa:isc/bind-dev
bind9-dnsutils

copr isc/bind-dev
isc-bind-bind-utils
```

```
docker cznic/knot:latest
```

- Эта презентация сделана с помощью LaTeX
- Я расскажу страшную сказку про DNS

DNS — всему голова

- Жизнь пользователей в сети
- Запросы к API, работа с CDN
- Облака, микросервисы, автообнаружение и конфигурация
- Невообразимое количество всего

Тайная жизнь привычных программ

- SSHD определяет домен для подключившегося IP

  и этот факт является одним из источников седых волос у админов

Тайная жизнь привычных программ

- SSHD определяет домен для подключившегося IP

  и этот факт является одним из источников седых волос у админов
- MySQL определяет домен для подключившегося IP

Тайная жизнь привычных программ

- SSHD определяет домен для подключившегося IP

  и этот факт является одним из источников седых волос у админов
- MySQL определяет домен для подключившегося IP
- Apache определяет домен для подключившегося IP

  даже если `HostnameLookups Off`, но есть `Require`

Тайная жизнь привычных программ

- SSHD определяет домен для подключившегося IP

  и этот факт является одним из источников седых волос у админов
- MySQL определяет домен для подключившегося IP
- Apache определяет домен для подключившегося IP

  даже если `HostnameLookups Off`, но есть `Require`
- Microsoft Windows постоянно шлет DNS Update в сеть

Тайная жизнь привычных программ

- SSHD определяет домен для подключившегося IP
  и этот факт является одним из источников седых волос у админов
- MySQL определяет домен для подключившегося IP
- Apache определяет домен для подключившегося IP
  даже если `HostnameLookups Off`, но есть `Require`
- Microsoft Windows постоянно шлет DNS Update в сеть
- Docker, Kubernetes, etc

Тайная жизнь привычных программ

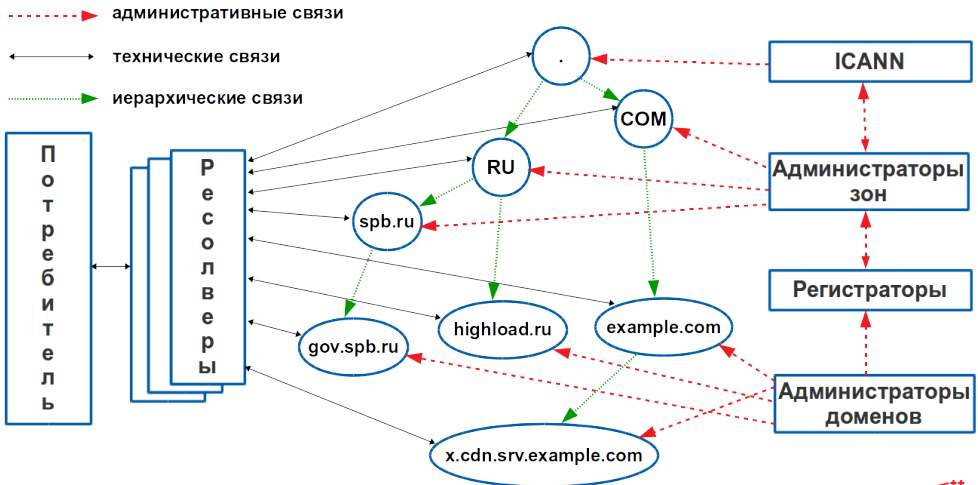
- SSHD определяет домен для подключившегося IP
  и этот факт является одним из источников седых волос у админов
- MySQL определяет домен для подключившегося IP
- Apache определяет домен для подключившегося IP
  даже если `HostnameLookups Off`, но есть `Require`
- Microsoft Windows постоянно шлет DNS Update в сеть
- Docker, Kubernetes, etc
- **Запустите tcpdump/WireShark**

DNS — это просто?

Три каверзных вопроса:

- Каков максимальный размер доменного имени?
- Точку на конце надо ставить?
- Что именно спрашивает ресолвер, и что отвечают DNS-сервера при рекурсивном обходе?

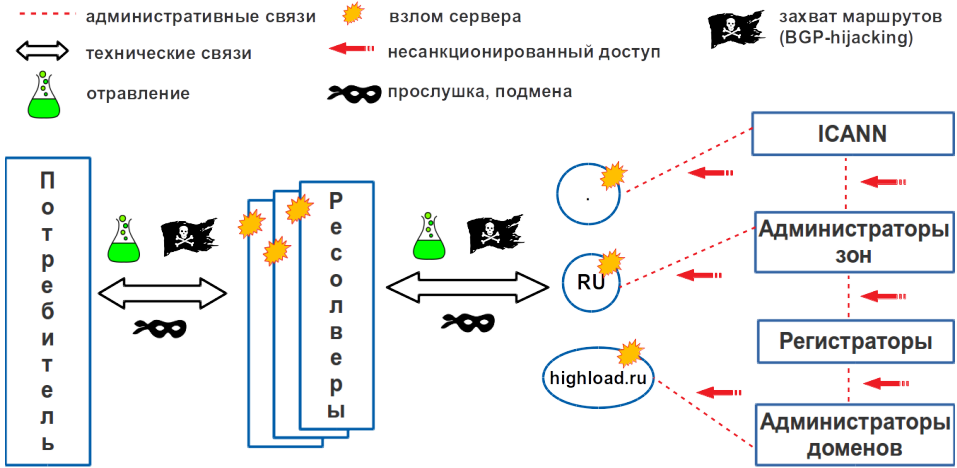
Как устроен DNS



Особенности классического DNS

- UDP транспорт. Нет соединения
- Нет идентификации серверов DNS
- Нет контроля данных
- Нет шифрования

Угрозы в системе DNS



Заложенная в DNS безопасность

Заложенная в DNS безопасность

“... действия, которые с современной точки зрения могут показаться неправильными или ошибочными, часто оказывались естественным следствием господствовавшего в те времена понимания тех или иных вещей, а также ограниченности доступных ресурсов.“

— Брайан Керниган[25]

Основные проблемы

- Подделка
- Прослушка

Основные проблемы. Подделка

- Отравление, подмена
- Взлом серверов и замена записей
- Поддельные серверы, BGP-injection
  - Атака на Route53 в апреле 2018 года[22]

    www.internetsociety.org/blog/2018/04/amazons-route-53-bgp-hijack/
- Госрегулирование
  - Блокировка сайтов в Европе и России

```
dig +short @a.res-nsdi.ru. rutracker.org A
```

Основные проблемы. Прослушка

- Реклама, сбор статистики, что-то ещё[23]
  en.wikipedia.org/wiki/DNS_hijacking#Manipulation_by_ISPs
- Шпионаж и промышленный шпионаж

- RFC7626: 73.1% могут быть узнаны по слепку DNS[26]

Основные проблемы. Прослушка

- Реклама, сбор статистики, что-то ещё[23]
  en.wikipedia.org/wiki/DNS_hijacking#Manipulation_by_ISPs
- Шпионаж и промышленный шпионаж
  - … с использованием госрегулирования
- RFC7626: 73.1% могут быть узнаны по слепку DNS[26]
- Госрегулирование
  - Помощь в оперативной блокировке[24]
    usher2.club/articles/mt-free-pre-block/

А так ли страшен чёрт?

А так ли страшен чёрт?

- Вы знаете, кто, когда и как использует какой DNS?

А так ли страшен чёрт?

- Вы знаете, кто, когда и как использует какой DNS?
- Ваш сетевой периметр защищен? Точно?

А так ли страшен чёрт?

- Вы знаете, кто, когда и как использует какой DNS?
- Ваш сетевой периметр защищен? Точно?
- Ваша сеть получает подписанные маршруты?

А так ли страшен чёрт?

- Вы знаете, кто, когда и как использует какой DNS?
- Ваш сетевой периметр защищен? Точно?
- Ваша сеть получает подписанные маршруты?
  - Вы ведете журнал странных анонсов?

А так ли страшен чёрт?

- Вы знаете, кто, когда и как использует какой DNS?
- Ваш сетевой периметр защищен? Точно?
- Ваша сеть получает подписанные маршруты?
  - Вы ведете журнал странных анонсов?
- Ваши сервисы проверяют сертификат соединения?

А так ли страшен чёрт?

- Вы знаете, кто, когда и как использует какой DNS?
- Ваш сетевой периметр защищен? Точно?
- Ваша сеть получает подписанные маршруты?
  - Вы ведете журнал странных анонсов?
- Ваши сервисы проверяют сертификат соединения?
- **Однако, современные взломы чаще основаны на бардаке**

Защита от подделки

- Не «взлетевший» DNSCurve
- Расширение DNSSEC

DNSCurve

Концепция

- Аутентификация авторитативного DNS-сервера
- Защита обмена между ресолвером и авторитативным сервером

Принцип действия

- Публичный ключ DNS-сервера с магическим префиксом "`uz5`" в NS-записи домена:

  `uz5``qry75vfy162c239jgx7v2knkwb01g3d04qd4379s6mtcx2f0828.dnscurve.io`

- Обмен с DNS-сервером шифруется

DNSCurve. Особенности

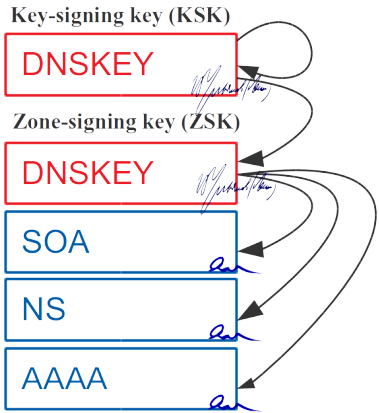
- Не меняет саму спецификацию DNS
- Основан на вере в целостность системы
- Не предусмотрена замена ключа
- **Зависит от источника ответа**
- Внедрение практически отсутствует

DNSSEC

- Концепция
  - Источник записи не важен. Используя доверенный корневой ключ, возможно проверить любую подписанную запись
- Принцип действия
  - Записи зоны подписаны ключом зоны
  - Подтверждения подписи выстраиваются в цепочку доверия

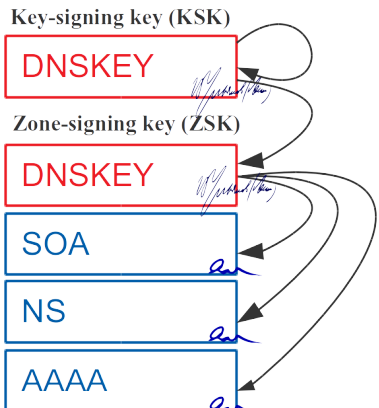
DNSSEC. Принцип действия

Подпись зоны

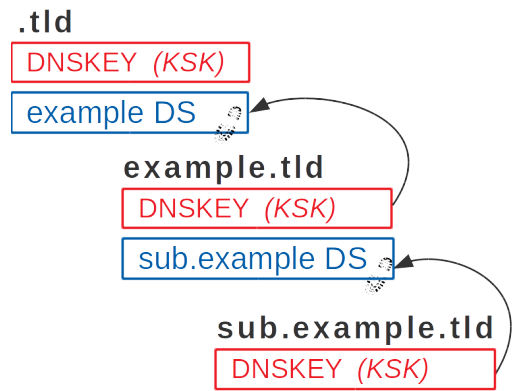


DNSSEC. Принцип действия

Подпись зоны



Цепочка доверия



DNSSEC. Настройка клиентов

- Прозрачная проверка

  Потребитель получает фильтрованные ответы
- Явная проверка

  Потребитель явно указывает ресолверу, что хочет получить проверенный результат. Проверяет флаги ответа
- Усиленная проверка

  Потребитель проверяет подписи сам

```
delv @8.8.8.8 dxdt.ru A
```

DNSSEC. Особенности

- **Источник ответа не важен**
- Требует аккуратности и непрерывного обслуживания даже в статическом состоянии
- Требует стартовых настроек клиента

  требуются актуальные корневые ключи
- Сложные реализации «отрицательного ответа»
- Большой размер ответа
- Крайне слабая глубина внедрения
- **Это единственный вариант в этой категории**

DNSSEC. Must have

- Подпишите свои домены
  - CoreDNS и Knot DNS - отличные реализации

DNSSEC. Must have

- Подпишите свои домены
  - CoreDNS и Knot DNS - отличные реализации
- Настройте ваши ресолверы на проверку DNSSEC
  - CoreDNS не умеет проверять DNSSEC
  - `systemd-resolved`, `unbound`, `Knot Resolver` — умеют

DNSSEC. Вкусняшка SSHFP

SSH Fingerprint

- Запись SSHFP содержит хэш публичного ключа хоста
- На клиенте /.ssh/config: `VerifyHostKeyDNS yes`
- На сервере `ssh-keygen -R 'hostname'`
  - Не надо все алгоритмы, не тяните за собой легаси
- Работает только с DNSSEC
- RFC 4255 — SSH Fingerprint[7]

Защита от прослушки DNS

Шифрование сообщений

- DNSCrypt

Защита от прослушки DNS

Шифрование сообщений

- DNSCrypt

Защищенный канал

- DNS-over-HTTPS Google API
- DNS-over-TLS
- DNS-over-HTTP/2
- DNS-over-QUIC

Защита от прослушки DNS

Шифрование сообщений

- DNSCrypt

Защищенный канал

- DNS-over-HTTPS Google API
- DNS-over-TLS
- DNS-over-HTTP/2
- DNS-over-QUIC

Прочее

- Минимизация QNAME при запросах
- EDNS0 Client subnets

DNSCrypt

Принцип действия

- Настройка мастер-ключа и имени сервера
- Получение «короткого» ключа и сертификата
- Запросы к серверу, идентичные DNSCurve

```
dig @77.88.8.78 -p 15353 2.dnscrypt-cert.browser.yandex.net. \
        -t TXT +short
```

DNSCrypt. Особенности

- Не меняет спецификацию DNS
- Нет ни RFC, ни Draft. Только спецификация на сайте
- Не предусмотрена замена мастер-ключа
- Заметное количество программ
- **Нет автообнаружения**
- Не «взлетел»

DNS-over-HTTPS (Google API)

Google предоставляет JSON-API к DNS
Страница с описанием:
https://developers.google.com/speed/public-dns/docs/dns-over-https
Массово используется для веб-приложений

```
curl -H 'accept: application/dns-json' \
  'https://dns.google/resolve?name=example.com' | jq

curl -H 'accept: application/dns-json' \
  'https://cloudflare-dns.com/dns-query?name=example.com' | jq
```

DNS-over-TLS (DoT)

- Устанавливается защищенное TLS-соединение (порт 853)
- Внутри соединения – стандартный DNS протокол
- Самая простая инсталляция – проксирование `nginx` через `ngx_stream_ssl_module` на обычный DNS

```
kdig +tls @8.8.8.8 highload.ru # попробуйте 195.208.4.1

dig +tls @1.1.1.1 highload.ru
```

DNS-over-TLS (DoT)

- Устанавливается защищенное TLS-соединение (порт 853)
- Внутри соединения – стандартный DNS протокол
- Самая простая инсталляция – проксирование `nginx` через `ngx_stream_ssl_module` на обычный DNS

```
kdig +tls @8.8.8.8 highload.ru # попробуйте 195.208.4.1

dig +tls @1.1.1.1 highload.ru
```

- А есть ещё DNS-over-DTLS…

DNS-over-TLS (DoT)

- Устанавливается защищенное TLS-соединение (порт 853)
- Внутри соединения – стандартный DNS протокол
- Самая простая инсталляция – проксирование `nginx` через `ngx_stream_ssl_module` на обычный DNS

```
kdig +tls @8.8.8.8 highload.ru # попробуйте 195.208.4.1

dig +tls @1.1.1.1 highload.ru
```

- А есть ещё DNS-over-DTLS…
- … и DNS-over-QUIC…

DNS-over-TLS (DoT). Особенности

- Не меняет спецификацию DNS
- Требует установки TLS-соединения (дорого)
- Требует стартовых настроек клиента
  требует «бутстрапа» имени сервера
- **Нет автообнаружения**
- Специальный 853 порт

DNS-over-HTTPS (DoH)

- Защищенным транспортом является обычный HTTP/2
- Запросы/ответы — стандартные DNS-пакеты
- Формируется специальный HTTP-запрос
  - GET — DNS-пакет кодируется в параметр
  - POST — DNS-пакет в `application/dns-message`

```
kdig +https @8.8.8.8 highload.ru # попробуйте 195.208.4.1

dig +https @1.1.1.1 highload.ru
```

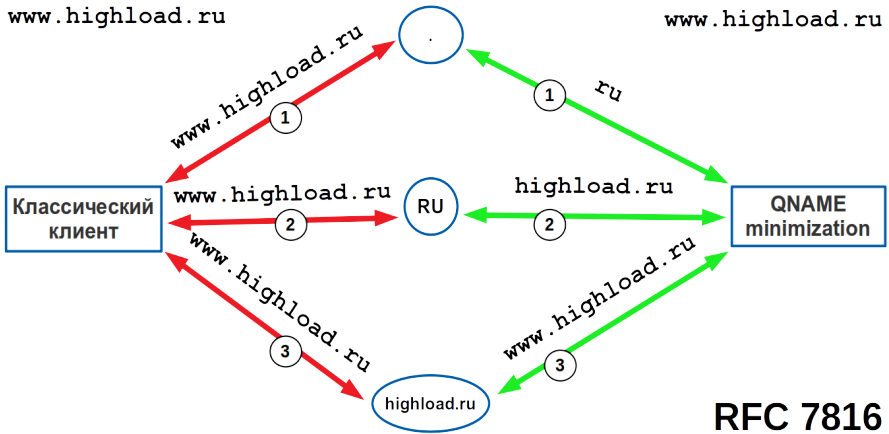
DNS-over-HTTPS (DoH). Особенности

- Не меняет спецификацию DNS
- Требует установки HTTP/2-соединения (дорого)
- Требует стартовых настроек клиента
  требует «бутстрапа» имени сервера
- **Нет автообнаружения**
- **Не сильно выделяется в HTTP-трафике**

Защита. Must have

- Ресолверы в зонах доверия
  или даже DoH/DoT до публичных серверов
- Локальные кэши в каждом периметре
  - NodeLocal DNSCache в Kubernetes
  - systemd-resolved, unbound, Knot Resolver
- DoT/DoH через недоверенные сети
  особенно локальные домены

Минимизация QNAME



RFC 7816

EDNS Client subnet

Это расширение DNS

- Добавляет в запрос подсеть клиента
- Например, для геобалансинга

Поддержка

- Google DNS принципиально **да**
- Cloudflare DNS принципиально **нет**

EDNS Client subnet

Это расширение DNS

- Добавляет в запрос подсеть клиента
- Например, для геобалансинга

Поддержка

- Google DNS принципиально **да**

```
dig +short @8.8.8.8 -t TXT o-o.myaddr.l.google.com
```

- Cloudflare DNS принципиально **нет**

```
dig +short @1.1.1.1 -t TXT o-o.myaddr.l.google.com
```

Известные сервисы отладки

- `whoami.akamai.net A`
- `whoami.akamai.net AAAA`
- `o-o.myaddr.l.google.com TXT`
- `whoami.cloudflare.com TXT`
- `whoami.ipv6.akahelp.net TXT`
- `whoami.ipv4.akahelp.net TXT`
- `whoami.ds.akahelp.net TXT`

Как проверить ресолвер

Google Public DNS. DNS blocking and hijacking[27]

```
dig -t TXT test.dns.google.com. '@dns.google.'

dig -t TXT +tcp locations.dns.google.com. '@dns.google.'
```

Have problems with 1.1.1.1? *Read Me First*[28]

```
dig +short CHAOS TXT id.server @1.1.1.1

dig @1.1.1.1 whoami.Cloudflare.com txt +short
```

Версия сервера

```
dig +short -c CHAOS -t TXT version.bind @8.8.8.8

dig +short -c CHAOS -t TXT id.server @1.1.1.1
```

- RFC4892 — идентификация сервера[29]
- HOSTNAME.BIND, VERSION.BIND, ID.SERVER

Настройка локальных кэшей

- включение/выключение QNAME
- Манипуляции с Client subnet

Реакционизм. Подделка

- Не позволяет подставлять «свой» ответ
  - Противоречит корпоративным политикам
  - Мешает спецслужбам проводить спецоперации
- Переусложненное обслуживание приводит к ошибкам

Реакционизм. Прослушка

- Не позволяет анализировать DNS-запросы
  - Нарушает корпоративные стандарты безопасности
  - Мешает приложениям защиты отслеживать действия браузера
  - Создаёт видимость безопасности

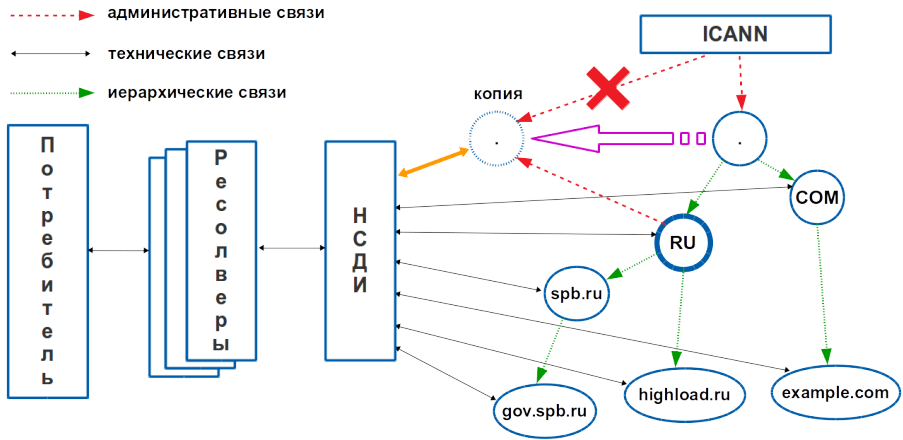
Реакционизм. Прослушка

- Не позволяет анализировать DNS-запросы
  - Нарушает корпоративные стандарты безопасности
  - Мешает приложениям защиты отслеживать действия браузера
  - Создаёт видимость безопасности
- Дополнительная нагрузка
- Цикл получения ответа неприемлемо долгий

Реакционизм. Госрегулирование

- Давление UK ISPA и IWF
  www.opennet.ru/opennews/art.shtml?num=51046
- Большинство «госблокировок» в мире основано на манипуляциях с DNS

Национальная система доменных имен



Госрегулирование РФ. НСДИ

Национальная система доменных имен

- Определена в законе 90-ФЗ от 01.05.2019
  Приказ Роскомнадзора от 31.07.2019 № 229
- Государственный публичный DNS
- Дублирует . (корень)
- Уменьшает ущерб от манипуляций с **.RU**
  гипотетических, со стороны США в лице ICANN
- Обслуживается ЦМУ ССОП
- Предоставляется в том числе AXFR

Заложенная в НСДИ безопасность

Заложенная в НСДИ безопасность

Многое осталось за кадром

- EDNS(0) Padding, Cookies, etc
- Обслуживание DNS, DNSSEC, DoT/DoH
- Применение DNSSEC: DANE, etc
- Обзор серверов, включая `stub-ресолверы`
- Обзор клиентов и инструментов
- DNS Stamps (ссылки sdna://)
- `glibc` и `resolv.conf`
- Ampliphication attack, etc
- …

Вопросы

Перед докладом я многое освежил в памяти, многое не вошло в доклад

В любом случае пишите мне

schors@gmail.com

Ссылки. DNSCurve и DNSCrypt

[1] *DNSCurve.io - A Community for DNSCurve*. Основной сайт DNSCurve. https://dnscurve.io/.

[2] M. Dempsky. *Link-Level Security for the Domain Name System*. 26 февр. 2010. https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-dempsky-dnscurve-01.

[3] *Dq is a package with DNS/DNSCurve related software*. https://mojzis.com/software/dq/.

[4] *World's fastest-to-synchronize Secondary DNS service*. Единственный известный DNS-сервис с поддержкой DNSCurve. https://www.buddyns.com/.

[5] *DNSCrypt version 2 protocol specification*. https://dnscrypt.info/protocol/.

[6] *dnscrypt-proxy*. https://github.com/DNSCrypt/dnscrypt-proxy.

Ссылки. DNSSEC

[7] *RFC 4255. Using DNS to Securely Publish Secure Shell (SSH) Key Fingerprints*. Янв. 2006. https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4255.

[8] *Визуализация DNSSEC*. http://dnsviz.net/.

[9] Филипп Кулин. *DNSSEC. Руководство регистратора доменов*. Дек. 2016. https://www.slideshare.net/schors/dnssec-71055077.

[10] Филипп Кулин. *DNSSEC. Руководство оператора доменов*. Окт. 2017. https://www.slideshare.net/schors/enog14-dnssec.

[11] *RFC 4033. Введение в DNSSEC*. Март 2005. https://tools.ietf.org/html/rfc4033.

[12] *RFC 4034. Ресурсные записи для DNSSEC*. Март 2005. https://tools.ietf.org/html/rfc4034.

[13] *RFC 4035. Модификации протокола DNS для DNSSEC*. Март 2005. https://tools.ietf.org/html/rfc4035.

[14] *RFC 6781. Эксплуатация DNSSEC*. Дек. 2012. https://tools.ietf.org/html/rfc6781.

[15] *RFC 7583. Соображения по ротации ключей DNSSEC*. Окт. 2015. https://tools.ietf.org/html/rfc7583.

[16] *RFC 7129. Authenticated Denial of Existence in the DNS*. Определение белой лжи. Февр. 2014. https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7129.

[17] Dani Grant (Cloudflare). *Economical With The Truth: Making DNSSEC Answers Cheap*. Определение черной лжи. 24 июня 2016. https://blog.cloudflare.com/black-lies/.

Ссылки. DoH/Dot

[18] *RFC 7858. Specification for DNS over Transport Layer Security (TLS)*. Май 2016.
https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7858.

[19] *RFC 8310. Usage Profiles for DNS over TLS and DNS over DTLS*. Март 2018.
https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8310.

[20] *RFC 8484. DNS Queries over HTTPS (DoH)*. Окт. 2018.
https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8484.

[21] *Specification of DNS over Dedicated QUIC Connections. draft-huitema-dprive-dnsoquic-00*. Май 2020.
https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-huitema-dprive-dnsoquic.

Ссылки. Инциденты

[22] Aftab Siddiqui. *What Happened? The Amazon Route 53 BGP Hijack to Take Over Ethereum Cryptocurrency Wallets*. 27 апр. 2018. https://www.internetsociety.org/blog/2018/04/amazons-route-53-bgp-hijack/.

[23] *Wikipedia. DNS hijacking. Manipulation by ISPs*. https://en.wikipedia.org/wiki/DNS_hijacking#Manipulation_by_ISPs.

[24] Леонид Евдокимов. *Тайный список запрещённых ресурсов*. 25 сент. 2018. https://usher2.club/articles/mt-free-pre-block/.

Ссылки. Разное

[25] Brian Kernighan. *UNIX: A History and a Memoir*. 18 окт. 2019.

[26] *RFC 7816. DNS Query Name Minimisation to Improve Privacy*. Март 2016. https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7816.

[27] *Google Public DNS. Troubleshooting*. https://developers.google.com/speed/public-dns/docs/troubleshooting.

[28] *Have problems with 1.1.1.1? *Read Me First**. https://community.cloudflare.com/t/have-problems-with-1-1-1-1-read-me-first/15902.

[29] *RFC 4892. Requirements for a Mechanism Identifying a Name Server Instance*. Июнь 2007. https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4892.

[30] *RFC 7871. EDNS(0) Client Subnet*. Май 2016. https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7871.

[31] *Introducing a New whoami Tool for DNS Resolver Information*. https://developer.akamai.com/blog/2018/05/10/introducing-new-whoami-tool-dns-resolver-information.

Ссылки. LaTeX

[32] *Beamer - Overleaf, Online LaTeX Editor*. https://www.overleaf.com/learn/latex/Beamer.

[33] Uri Nativ. *How to present code.* 2016. https://www.slideshare.net/LookAtMySlides/codeware.

[34] Филипп Кулин. *Пишем презентации в LaTeX*. 14 окт. 2019. https://habr.com/ru/post/471352/.