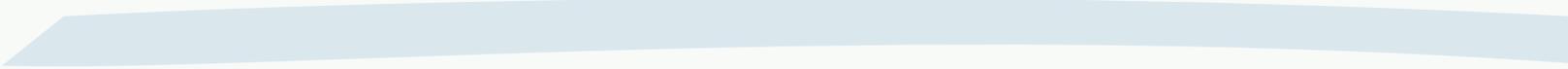


Шифрование



Криптосистема — {шифрование, дешифрация}

Секретный ключ - параметр алгоритма шифрования

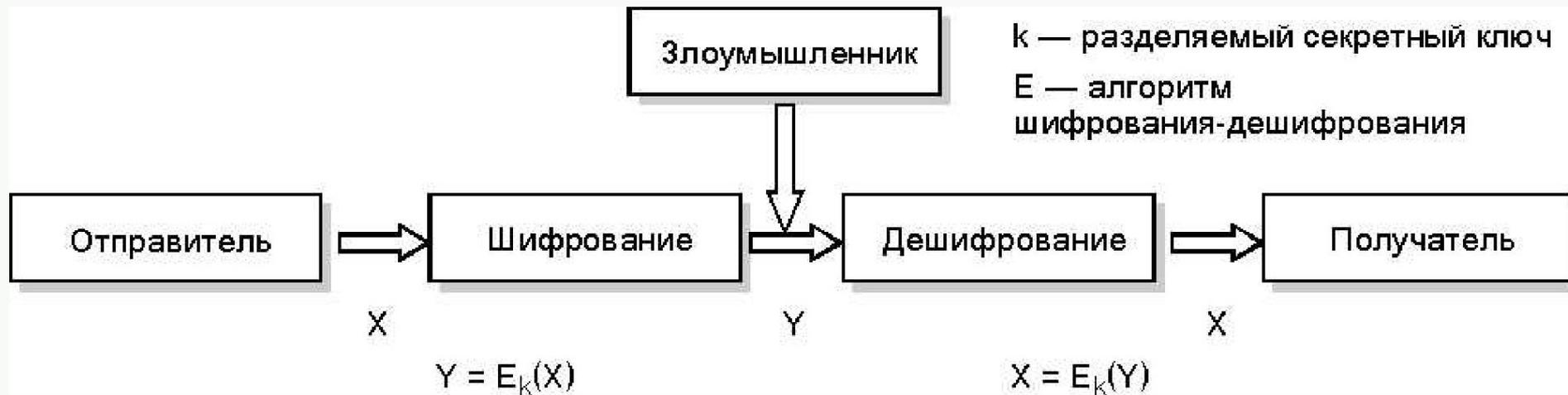
ПРАВИЛО КЕРКХОФФА

стойкость шифра должна определяться только секретностью ключа

Два типа криптосистем:

- (1) симметричные
- (2) асимметричные

Симметричное шифрование



в 1949 г. Клод Шеннон

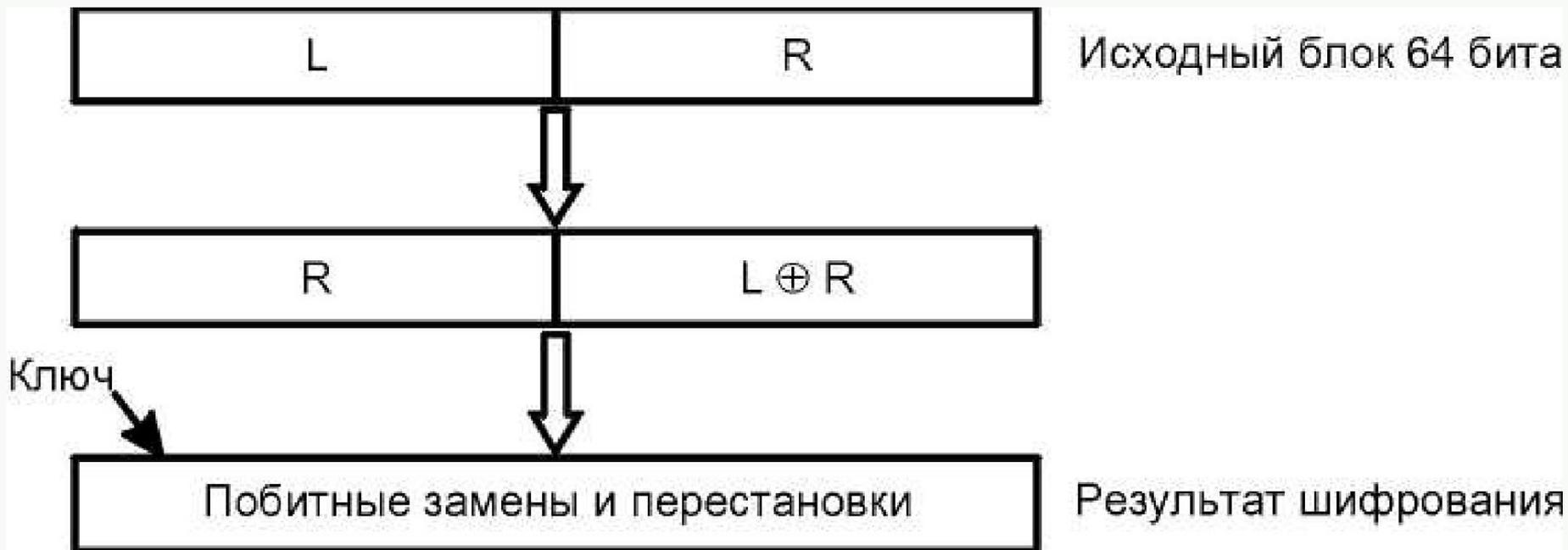
Недостатки симметричного шифрования

- ◆ Критичны к надежности канала передачи ключа
- ◆ Плохая масштабируемость схемы распределения ключей. Требуется $n(n-1)/2$ ключей
- ◆ Проблема генерации криптостойких ключей (56 бит)

Концепция шифрования по алгоритму DES

DES (Data Encryption Standard)

Алгоритм разработан фирмой IBM в 1976



Triple DES (112 бит) – менее производительный

Недостатки DES

- Диффи и Хеллман в 1977 году описали машину, способную за один день подобрать ключ DES. Стоимость оценивалась в 20 млн. долл.
- К началу 1990-х годов прогнозируемые затраты на создание машины, способной взломать DES, снизились в десять раз.
- В 1997 году группа из нескольких тысяч добровольцев, работавших параллельно в течение нескольких месяцев, расшифровала сообщение, закодированное с помощью DES.
- В 1998 году была представлена работоспособная машина (\$210 000) для взлома DES. Она способна в среднем расшифровывать один ключ DES каждые 4,5 дня.

Advanced Encryption Standard (AES)

Новый стандарт

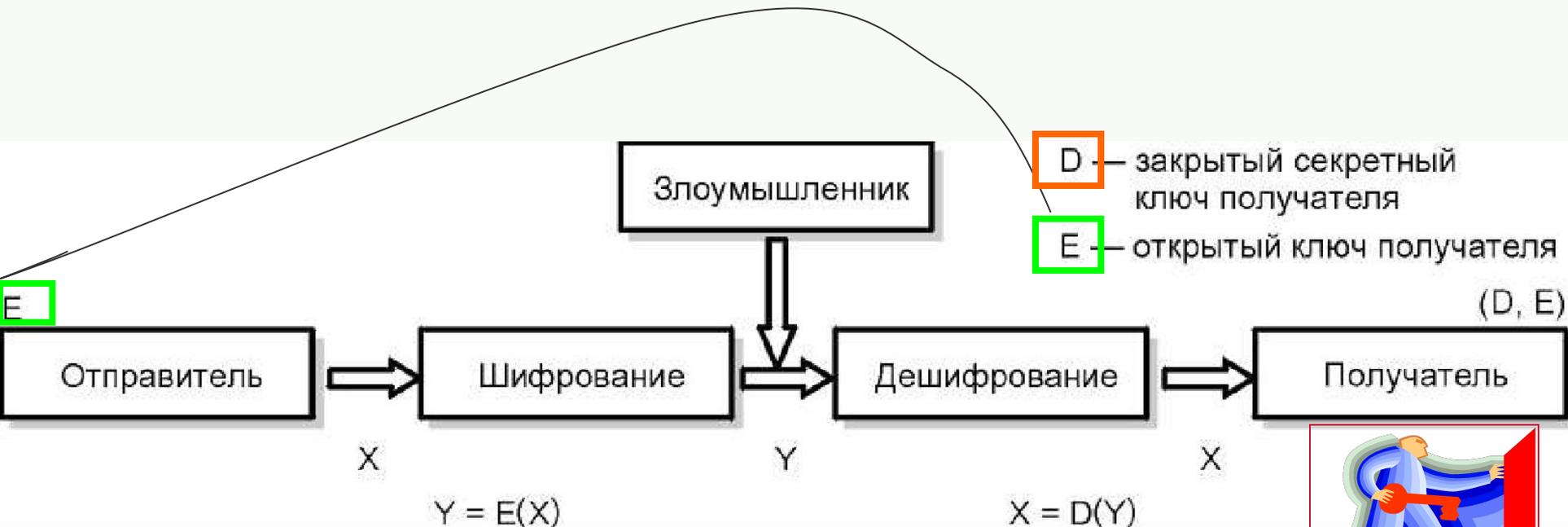
- лучшее сочетание безопасности и скорости, чем у DES
- 128-разрядные ключи, может поддерживать 192- и 256-разрядные ключи (vs 56 DES).
- за каждый цикл кодирует блок 128 бит (vs 64 DES)
- получит статус федерального стандарта по обработке информации летом 2001 года

Процесс перехода:

- (1) прост для настраиваемых продуктов
- (2) проблемы с унаследованными алгоритмами шифрования (в браузерах – RC4, в электронной почте PGP – IDEA)

Несимметричное шифрование

В середине 70-х—Диффи и Хеллман



Чужой открытый ключ



Собственный закрытый ключ



Чужой открытый ключ



Собственный закрытый ключ



Top secret Top secret

Top secret

Top secret
Top secret
Top secret
Top secret

Схема двухстороннего конфиденциального обмена

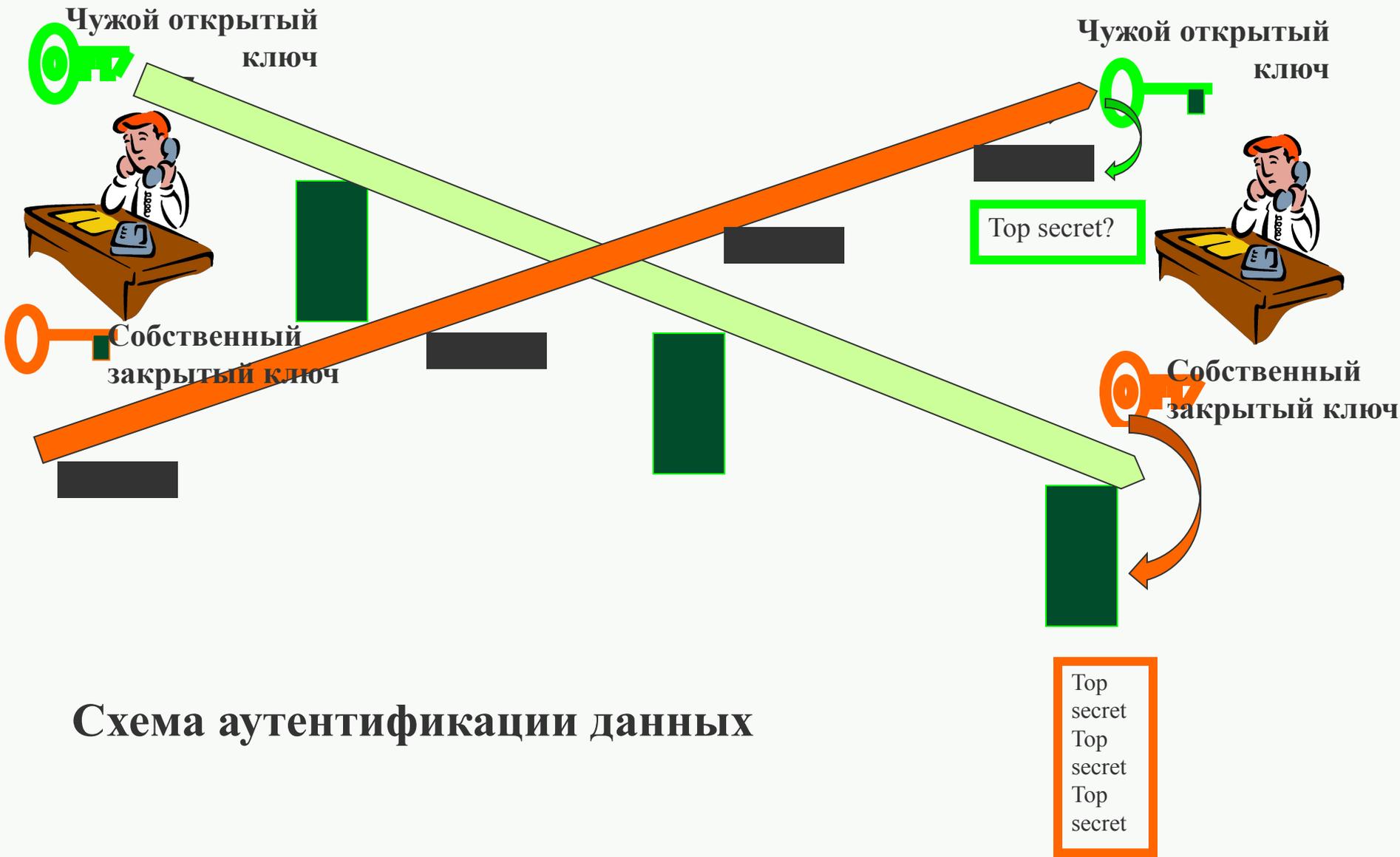


Схема аутентификации данных



Сообщение, которое могут расшифровать все обладатели открытого ключа

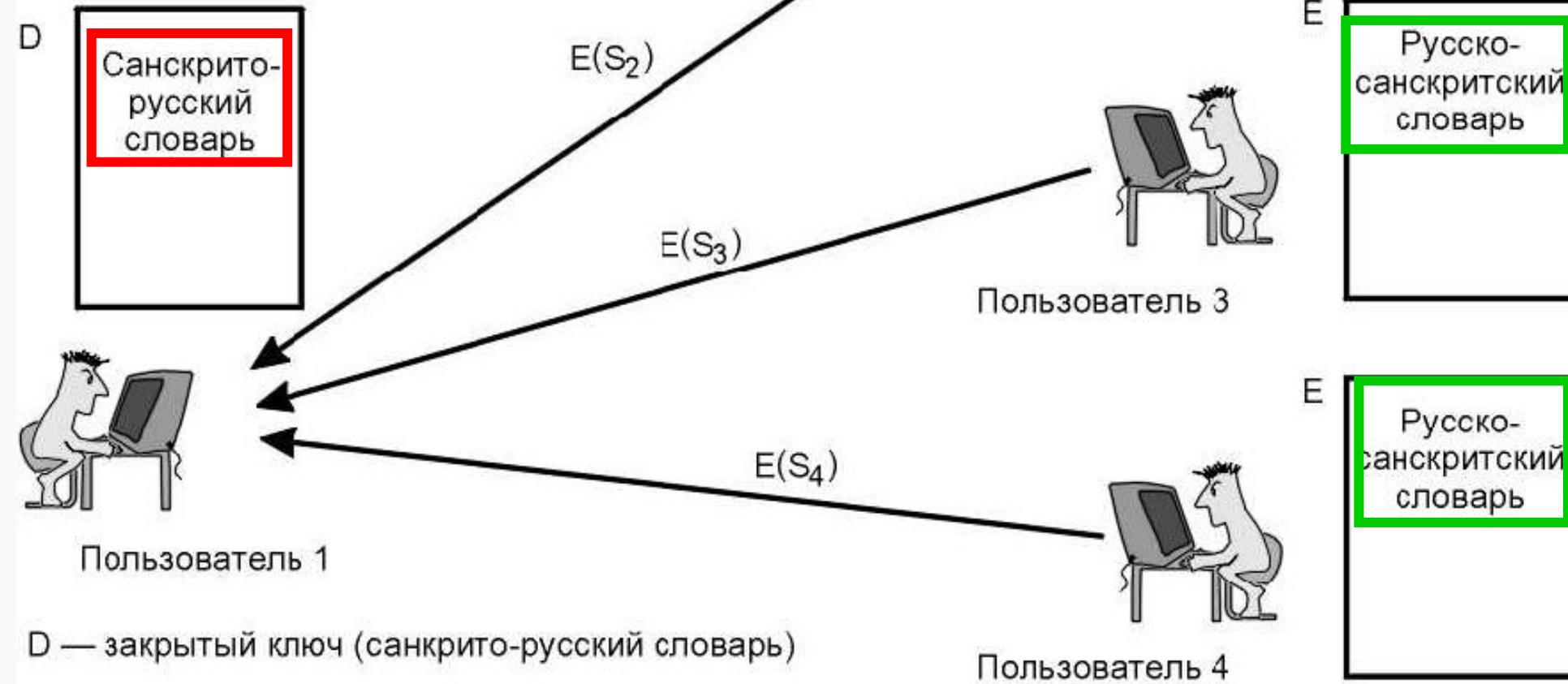
Сообщение, которое может быть расшифровано только обладателем закрытого ключа

Аутентификация сообщения (электронная подпись)

Односторонний конфиденциальный обмен сообщениями

Зависимость между открытым и закрытым ключами

Дешифрование



D — закрытый ключ (санскрито-русский словарь)

E — открытый ключ (русско-санскритский словарь)

Криптоалгоритм RSA

В 1978 г. Rivest, Shamir, Adleman (RSA) разработали метод на основе принципов Диффи-Хеллмана

- 1 случайно выбираются два очень больших простых числа p и q
- 2 вычисляются два произведения $n=p \cdot q$ и $m=(p-1) \cdot (q-1)$
- 3 выбирается случайное число E ,
не имеющее общих сомножителей с m 
- 4 находится D такое, что $DE=1$ по модулю m 
- 5 исходный текст, X , разбивается на блоки $0 < X < n$
- 6 Для шифрования сообщения вычисляется $C=X^E$ по модулю n
- 7 Для дешифрования вычисляется $X=C^D$ по модулю n

Для того,

чтобы найти разложение

200-

значного десятичного числа

понадобится

4

миллиарда лет работы

компьютера с быстродействием

1

Недостатки асимметричного подхода

- ◆ Более медленная генерация ключей и более длительное шифрование
- ◆ Проблема подмены открытых ключей

Достоинства

Более масштабируемый – количество ключей зависит **линейно** от числа пользователей – $2n$

Сравнительные характеристики криптоалгоритмов DES и RSA

Характеристика	DES	RSA
Скорость шифрования	высокая	низкая
Используемая функция при шифрации	перестановка и подстановка	возведение в степень
Длина ключа	56 бит	более 500 бит
Наименее затратный криптоанализ	перебор по всему ключевому пространству	разложение числа на простые множители
Время генерации ключа	миллисекунды	минуты
Тип ключа	симметричный	асимметричный

Комбинированное использование симметричного и асимметричного шифрования

Протокол SKIP (Simple Key management for Internet Protocol)

- IP-пакеты шифруются на основе симметричного алгоритма
- Ключи для шифрования вычисляются с использованием асимметричного алгоритма

Александр

(p, q)

(p, q)

Борис



X_A

X_B

$Y_A = (q^{X_A}) \bmod p$

$Y_B = (q^{X_B}) \bmod p$



$$((Y_B)^{X_A}) \bmod p = \mathbf{Z} = ((Y_A)^{X_B}) \bmod p$$

1. Александр генерирует два больших числа p и q , отвечающие некоторым математическим критериям и посылает их Борису.
2. Независимо друг от друга Александр и Борис выбирают по большому числу X_A и X_B соответственно
3. Каждый на своей стороне вычисляет значения Y_A и Y_B .
4. Александр и Борис обмениваются значениями Y_A и Y_B
5. Каждый вычисляет **разделяемый секрет Z**

$$Y_1 = q^{X_1} \bmod p$$

1 $X_1,$

$$Y_2 = q^{X_2} \bmod p$$

2 $X_2,$

p, q -
разделяемые
всеми узлами
открытые
параметры

$$Y_3 = q^{X_3} \bmod p$$

3 $X_3,$

$$Y_4 = q^{X_4} \bmod p$$

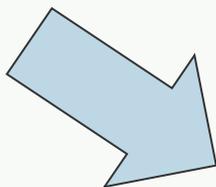
4 $X_4,$

$$Y_5 = q^{X_5} \bmod p$$

5 $X_5,$

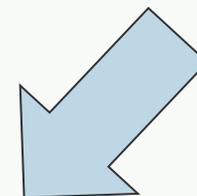
1

$X_1,$



2

$X_2,$



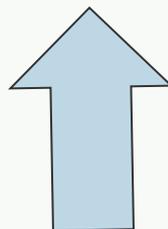
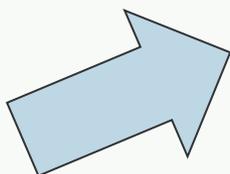
p, q

$$\begin{aligned} Y_1 &= q^{X_1} \bmod p \\ Y_2 &= q^{X_2} \bmod p \\ Y_3 &= q^{X_3} \bmod p \\ Y_4 &= q^{X_4} \bmod p \\ Y_5 &= q^{X_5} \bmod p \end{aligned}$$

Доступные
для всех
открытые
ключи

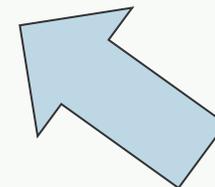
3

$X_3,$



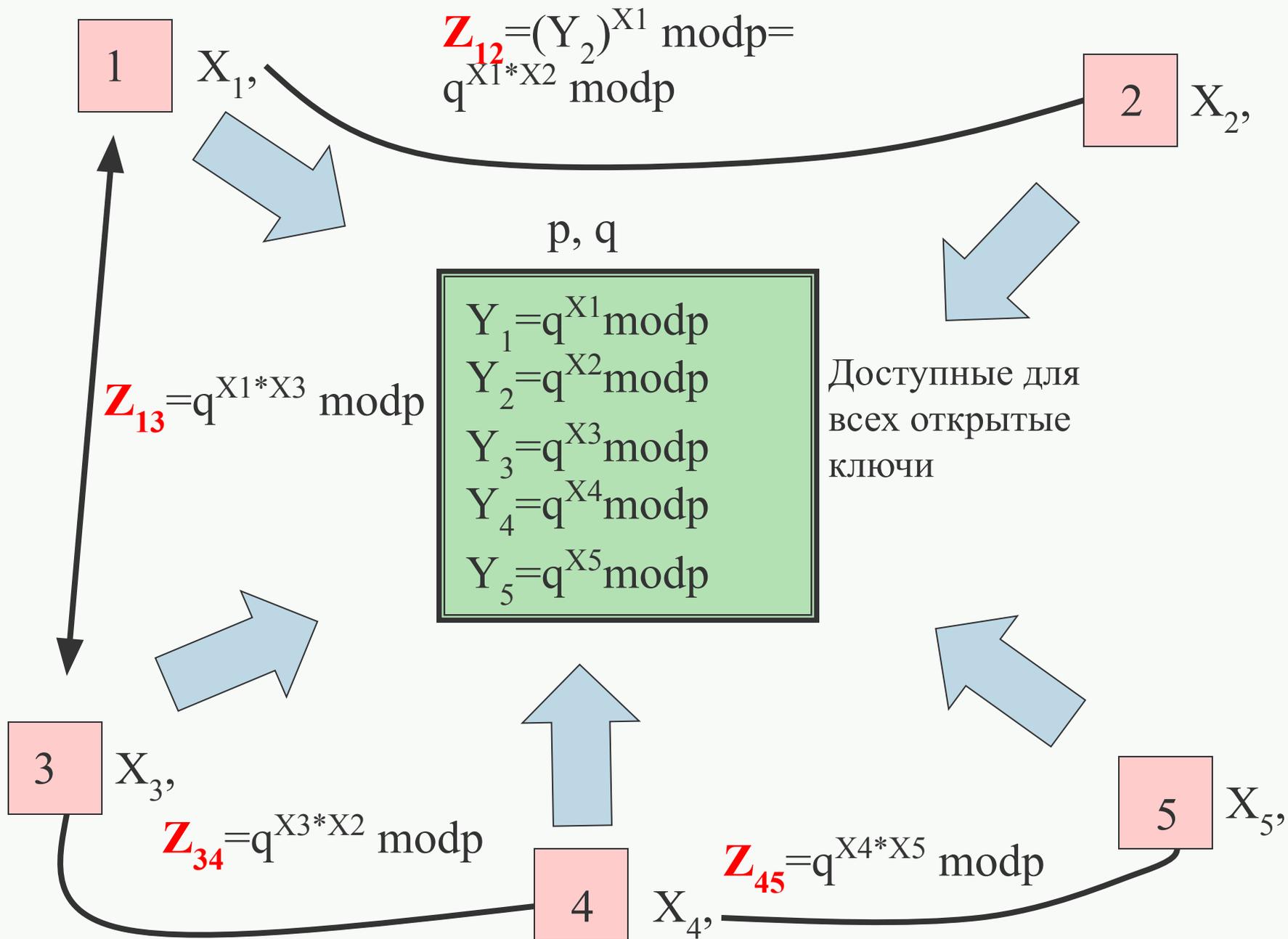
4

$X_4,$



5

$X_5,$



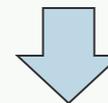
Комбинированное использование симметричного и асимметричного шифрования

Протокол SKIP (Simple Key management for Internet Protocol)

- IP-пакеты шифруются на основе симметричного алгоритма
- Ключи для шифрования вычисляются с использованием асимметричного алгоритма

Формат пакета SKIP

Исходный IP-пакет



Пакетный ключ,
зашифрованный по
общему секретному
ключу **Z**

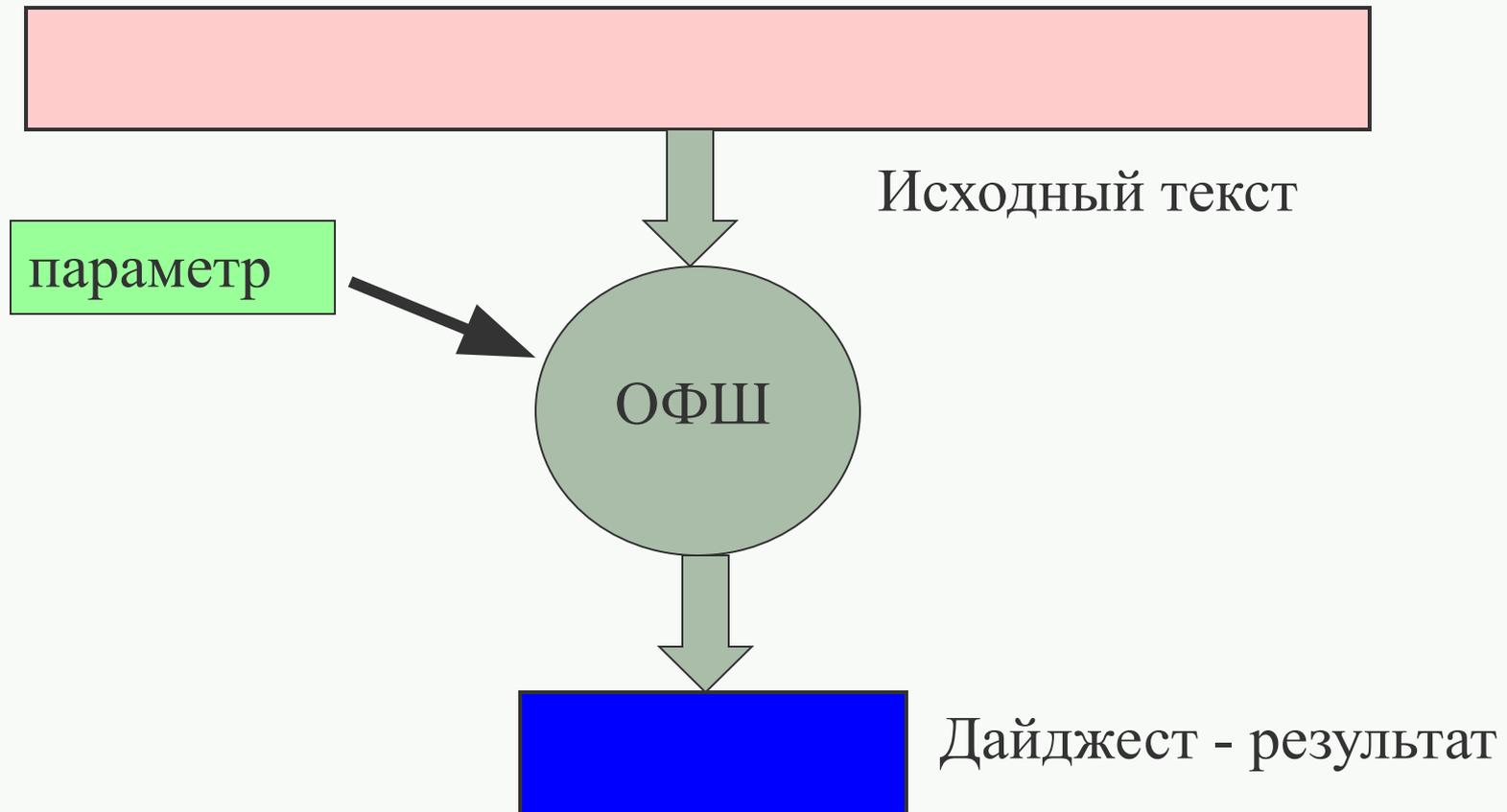
Исходный IP-пакет,
зашифрованный пакетным
ключом Kp

Односторонние функции шифрования

(ОФШ) (*one-way function*)

хэш-функции (hash function)

дайджест-функции (digest function)



Требование к односторонним функциям:

- по дайджесту, вычисленному с помощью данной функции, невозможно каким-либо образом вычислить исходное сообщение

Наиболее популярные хэш-функции:

- **MD2, MD4, MD5** -
длины 16 байт дайджесты фиксированной
- **SHA** -
вариант американский стандарт, адаптированный
длина дайджеста 20 байт
- **MDC2 MDC4** - IBM

Назначение односторонних функций шифрации

(1) контроль целостности



(2) контроль аутентичности



