ISSN 1684-789X

АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ
НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ТошДТУ ХАБАРЛАРИ

ВЕСТНИК ТашГТУ

4
2015

УДК 621.394

ОБ ОДНОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СЕТЕЙ СВЯЗИ ИЗ ДВУХ УЗЛОВ С ОТКАЗАМИ

Р.Н.Шамсиев, Б.А.Куралов (ТашГТУ)

В статье рассмотрены сети с очередями с протоколом «отказа» сообщению. В узлы поступают Пуассоновские потоки сообщений, а длины сообщений – экспоненциально распределенные случайные величины. Если в момент поступления сообщения узел занят другим сообщением, то это сообщение получает «отказ» сети. Составлена система рекуррентных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами для функции распределения состояния сети (длины очереди в узлах). Сначала найдено общее решение этой системы, а затем частное решение, удовлетворяющее начальным условиям.

Мазкур мақолада икки тугундан иборат, ахборотларга «рад» қилувчи протоколли навбатли тармоқлар қаралган. Тармоқ тугунларига ахборотларнинг Пуассон оқими келиб тушади, ахборотлар узунликлари экспоненциал тақсимланаган тасодифий миқдордан иборат. Ахборот тугунга келиб тушган вақтда, тугун бошқа ахборот томондан банд қилинган бўлса, бу ахборот тармоқ томонидан «рад» қилинади. Тармоқнинг ҳолатини (тугунлардаги навбат узунликларини) тавсифловчи тақсимот функциялари учун ўзгармас коэффициентли дифференциал тенгламалар системаси тузилган. Дастлаб системанинг умумий ечими, сўнгра бошланғич шартни қаноатлантирувчи хусусий ечим топилган.

In the article the network with lines with protocol of "refusal" message is considered. At the input nodes in Poisson flows of messages, but lengths of messages is an exponential portioned free amounts. If at the moment of message arrival a node is occupied by other message in this case the message gets "refusal" state of the network. The system of differential equations of repetition is made with the constant factors for division function of the network state (the lengths of queue in nodes). First the general decision of this system but then quotient a decision, satisfying initial condition was found.

Ключевые слова: *сети с очередями, сообщение, случайная величина, протокол «отказа», узлы, Пуассоновский поток, длина сообщения, экспоненциальное распределение, отказ сети.*

Рассмотрим сеть связи, состоящую из узлов *A* и *B*, в которые поступают Пуассоновские потоки сообщений с параметром λ. Длины сообщений- экспоненциально распределенные случайные величины с параметром λ. Если в момент возникновения сообщения в узле *A* этот узел свободен, то оно передаётся в узел *B* в течении времени длины сообщения. Если в момент окончания передачи сообщения узел *B* занят другим сообщением, то оно выбывает из сети (отказ сети), если же узел *B* свободен, то оно с вероятностью $\frac{1}{2}$ выбывает из сети и с вероятностью $\frac{1}{2}$ передаётся в узел *A*, после чего выбывает из сети. Если же в момент возникновения сообщения в узле *A* этот узел занят другим сообщением, то оно выбывает из сети (отказ сети). Сообщения, возникшие в узле *B*, точно также «ведут себя», как сообщения из узла *A*.

Обозначим через $P(t,n,m)$ вероятность того, что в момент *t* в узле *A* имеется *n* сообщений, а в узле *B* имеется *m* сообщений, где *n,m*=0,1. Если допустить, что процесс начинается из любого состояния сети, т.е. равновероятны любые начальные состояния, тогда

$$P(0,0,0) = P(0,0,1) = P(0,1,0) = P(0,1,1) = 0{,}25, \qquad (1)$$

работа сети описывается следующими уравнениями:

$$P(t+\Delta t,0,0) = P(t,0,0)(1-2\lambda) + P(t,0,1)\frac{1}{2}\lambda\Delta t + P(t,1,0)\frac{1}{2}\lambda\Delta t \qquad (2)$$

Левая часть этого уравнения есть вероятность того, что за время $t+\Delta t$ не поступило ни одного сообщения в узлы A и B. Согласно закону умножения вероятностей двух независимых событий, значение $P(t+\Delta t,0,0)$ равно вероятности отсутствия сообщений в узлах A и B в интервале t, умноженном на вероятность отсутствия поступлений в оба узла сети; плюс вероятность нахождения в узле B одного сообщения, а в узле A вероятность отсутствия сообщений в момент t, умноженного на вероятность того, что за время Δt одно сообщение из узла B успеет оказаться переданной своему адресату и покинет сеть; плюс вероятность нахождения в узле A одного сообщения, а в узле B нет сообщений в момент t, умноженный на вероятность того, что за время Δt одно сообщение из узла A успеет оказаться переданным своему адресату и покинет сеть.

Перенеся $P(t+\Delta t,0,0)$ влево и устремив Δt к нулю, получим

$$P'(t,0,0) = -2\lambda P(t,0,0) + \frac{1}{2}\lambda P(t,0,1) + \frac{1}{2}\lambda P(t,1,0) \tag{3}$$

Для другой вероятности имеем

$$P(t+\Delta t,0,1) = P(t,0,1)(1-2\lambda\Delta t) + P(t,0,0)\lambda\Delta t + P(t,1,0)\frac{1}{2}\lambda\Delta t + P(t,1,1)\frac{1}{2}\lambda\Delta t \tag{4}$$

Из этого уравнения следует, что вероятность нахождения в узле B одного сообщения, а в узле A отсутствие сообщений в момент $t+\Delta t$ равно вероятности нахождения в узле B одного сообщения, а в узле A отсутствие сообщений в момент t, умноженное на вероятность того, что в узел A не поступили сообщения, сообщение из узла B не успело оказаться переданной своему адресату; плюс вероятность отсутствия сообщений в узлах A и B в момент t, умноженная на вероятность того, что за время Δt одно сообщение поступило в узел B; плюс вероятность нахождения в узле A одного сообщения, а в узле B отсутствие сообщений в момент t, умноженное на вероятность того, что за время Δt одно сообщение из узла A успеет оказаться переданным в узел B и оно займет место передачи в этом узле; плюс вероятность нахождения в узлах A и B по одному сообщению в момент t, умноженному на вероятность того, что за время Δt одно сообщение из узла A успеет оказаться переданным своему адресату и покинет сеть.

Перенеся $P(t+\Delta t,0,1)$ влево и устремив Δt к нулю, получим

$$P'(t,0,1) = \lambda P(t,0,0) - 2\lambda P(t,0,1) + \frac{1}{2}\lambda P(t,1,0) + \frac{1}{2}\lambda P(t,1,1) \tag{5}$$

Применив такие же вероятностные рассуждения для вероятностей $P(t,1,0)$, $P(t,1,1)$ получим соответствующие уравнения:

$$P'(t,1,0) = \lambda P(t,0,0) + \frac{1}{2}\lambda P(t,0,1) - 2\lambda P(t,1,0) + \frac{1}{2}\lambda P(t,1,1) \tag{6}$$

$$P'(t,1,1) = \lambda P(t,0,1) + \lambda P(t,1,0) - 2\lambda P(t,1,1) \tag{7}$$

Введем обозначения $x = P(t,0,0), y = P(t,0,1), z = P(t,1,0), u = P(t,1,1)$ и $\frac{dx}{dt} = P'(t,0,0), \frac{dy}{dt} = P'(t,0,1), \frac{dz}{dt} = P'(t,1,0), \frac{du}{dt} = P'(t,1,1)$. Тогда из уравнений (3)-(7) получим систему дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -2\lambda x + \frac{1}{2}\lambda y + \frac{1}{2}\lambda z \\ \frac{dy}{dt} = \lambda x - 2\lambda y + \frac{1}{2}\lambda z + \frac{1}{2}\lambda u \\ \frac{dz}{dt} = \lambda x + \frac{1}{2}\lambda y - 2\lambda z + \frac{1}{2}\lambda u \\ \frac{du}{dt} = \lambda y + \lambda z - 2\lambda u \end{cases} \tag{8}$$

Будем искать частное решение системы в следующем виде:

$x=\alpha_1 e^{kt}$, $y=\alpha_2 e^{kt}$, $z=\alpha_3 e^{kt}$, $u=\alpha_4 e^{kt}$

Требуется определить постоянные $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ и k так, чтобы функции $\alpha_1 e^{kt}$, $\alpha_2 e^{kt}$, $\alpha_3 e^{kt}$, $\alpha_4 e^{kt}$ удовлетворяли системе уравнений (7). Подставляя их в систему (7), получим:

$$\begin{cases} k\alpha_1 e^{kt} = (-2\lambda\alpha_1 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_2 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_3)e^{kt} \\ k\alpha_2 e^{kt} = (\lambda\alpha_1 - 2\lambda\alpha_2 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_3 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_4)e^{kt} \\ k\alpha_3 e^{kt} = (\lambda\alpha_1 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_2 - 2\lambda\alpha_3 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_4)e^{kt} \\ k\alpha_4 e^{kt} = (\lambda\alpha_2 + \lambda\alpha_3 - 2\lambda\alpha_4)e^{kt} \end{cases}$$

Сократим на e^{kt}. Перенося все члены в одну сторону, получим систему уравнений

$$\begin{cases} -(2\lambda+k)\alpha_1 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_2 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_3 = 0 \\ \lambda\alpha_1 - (2\lambda+k)\alpha_2 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_3 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_4 = 0 \\ \lambda\alpha_1 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_2 - (2\lambda+k)\alpha_3 + \frac{1}{2}\lambda\alpha_4 = 0 \\ \lambda\alpha_2 + \lambda\alpha_3 - (2\lambda+k)\alpha_4 = 0 \end{cases} \tag{9}$$

Составим характеристическое уравнение системы (9):

$$\begin{vmatrix} -(2\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda & \frac{1}{2}\lambda & 0 \\ \lambda & -(2\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda & \frac{1}{2}\lambda \\ \lambda & \frac{1}{2}\lambda & -(2\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda \\ 0 & \lambda & \lambda & -(2\lambda+k) \end{vmatrix} = 0 \tag{10}$$

Умножим вторую строку на -1 и прибавим к третьей строке

$$\begin{vmatrix} -(2\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda & \frac{1}{2}\lambda & 0 \\ \lambda & -(2\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda & \frac{1}{2}\lambda \\ 0 & (\frac{5}{2}\lambda+k) & -(\frac{5}{2}\lambda+k) & 0 \\ 0 & \lambda & \lambda & -(2\lambda+k) \end{vmatrix} = 0 \tag{11}$$

Прибавим третий столбец к второму столбцу

$$\begin{vmatrix} -(2\lambda+k) & \lambda & \frac{1}{2}\lambda & 0 \\ \lambda & -(\frac{3}{2}\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda & \frac{1}{2}\lambda \\ 0 & 0 & -(\frac{5}{2}\lambda+k) & 0 \\ 0 & 2\lambda & \lambda & -(2\lambda+k) \end{vmatrix} = 0 \tag{12}$$

Полученный определитель разложим по элементам третьей строки:

$$-(\frac{5}{2}\lambda+k)\begin{vmatrix}-(2\lambda+k) & \lambda & 0\\ \lambda & -(\frac{3}{2}\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda\\ 0 & 2\lambda & -(2\lambda+k)\end{vmatrix}=0 \qquad (13)$$

Отсюда находим первый корень характеристического уравнения: $k_1=-\frac{5}{2}\lambda$

Вычисляем определитель третьего порядка:

$$\begin{vmatrix}-(2\lambda+k) & \lambda & 0\\ \lambda & -(\frac{3}{2}\lambda+k) & \frac{1}{2}\lambda\\ 0 & 2\lambda & -(2\lambda+k)\end{vmatrix}=-(2\lambda+k)(\frac{3}{2}\lambda+k)(2\lambda+k)+$$

$$+\lambda^2(2\lambda+k)+\lambda^2(2\lambda+k)=-(2\lambda+k)[(\frac{3}{2}\lambda+k)(2\lambda+k)-2\lambda^2]$$

Отсюда находим второй корень характеристического уравнения: $k_2=-2\lambda$ и

$$(\frac{3}{2}\lambda+k)(2\lambda+k)-3\lambda^2=3\lambda^2+\frac{7}{2}\lambda k+k^2-\lambda^2=k^2+\frac{7}{2}\lambda k+\lambda^2$$

Откуда находим остальные корни характеристического уравнения $k_3=\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda$, $k_4=\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda$.

Для корня $k_1=-\frac{5}{2}\lambda$ получим из системы (8)

$$\begin{cases}\frac{1}{2}\lambda\alpha_1+\frac{1}{2}\lambda\alpha_2+\frac{1}{2}\lambda\alpha_3=0\\ \lambda\alpha_1+\frac{1}{2}\lambda\alpha_2+\frac{1}{2}\lambda\alpha_3+\frac{1}{2}\lambda\alpha_4=0\\ \lambda\alpha_1+\frac{1}{2}\lambda\alpha_2+\frac{1}{2}\lambda\alpha_3+\frac{1}{2}\lambda\alpha_4=0\\ \lambda\alpha_2+\lambda\alpha_3+\frac{1}{2}\lambda\alpha_4=0\end{cases}$$

Решение этой системы будет $\alpha_1^{(1)}=0,\ \alpha_2^{(1)}=1,\ \alpha_3^{(1)}=-1,\ \alpha_4^{(1)}=0$. Таким образом, получаем для корня $k_1=-\frac{5}{2}\lambda$ частное решение системы (8)

$$x^{(1)}=0\cdot e^{-\frac{5}{2}\lambda t}=0,\ y^{(1)}=e^{-\frac{5}{2}\lambda t},\ z^{(1)}=-e^{-\frac{5}{2}\lambda t},\ u^{(1)}=0 \qquad (14)$$

Точно таким же образом получим для корня $k_2=-2\lambda$ решение системы (9) $\alpha_1^{(2)}=1,\alpha_2^{(2)}=0,\alpha_3^{(2)}=0,\alpha_4^{(1)}=-2$, а частное решение системы (8)

$$x^{(2)}=e^{-2\lambda t},\ y^{(2)}=0,\ z^{(2)}=0,\ u^{(2)}=-2e^{-2\lambda t} \qquad (15)$$

Для корня $k_3=\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda$ эти решения будут

$$\alpha_1^{(3)}=0{,}5,\alpha_2^{(3)}\approx-0{,}593,\alpha_3^{(3)}\approx-0{,}593,\alpha_4^{(4)}=1$$

$$x^{(3)}=0{,}5e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t},\ y^{(3)}=-0{,}593e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t},z^{(3)}=-0{,}593e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t},\ u^{(3)}=e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} \qquad (16)$$

соответственно, а для корня $k_4 = \dfrac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda$ они имеют вид

$$\alpha_1^{(3)} = 0{,}5, \alpha_2^{(3)} \approx 0{,}843, \alpha_3^{(3)} \approx 0{,}843, \alpha_4^{(4)} = 1$$

$$x^{(4)} = 0{,}5e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t},\ y^{(4)} = 0{,}843e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t},\ z^{(4)} = 0{,}843e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t},\ u^{(4)} = e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t} \tag{17}$$

Из полученных частных решений составляем общее решение системы (8):

$$\left.\begin{aligned}
x &= C_2 e^{-2\lambda t} + C_3 0{,}5\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 0{,}5\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
y &= C_1 e^{-\frac{5}{2}\lambda t} - C_3 0{,}593\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 0{,}843\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
z &= -C_1 e^{-\frac{5}{2}\lambda t} - C_3 0{,}593\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 0{,}843\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
u &= -C_2 2\cdot e^{-2\lambda t} + C_3 e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}
\end{aligned}\right\} \tag{18}$$

Если переходим к вероятностным обозначениям, то система (18) имеет вид:

$$\left.\begin{aligned}
P(t,0,0) &= C_2 e^{-2\lambda t} + C_3 0{,}5\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 0{,}5\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
P(t,0,1) &= C_1 e^{-\frac{5}{2}\lambda t} - C_3 0{,}593\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 0{,}843\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
P(t,1,0) &= -C_1 e^{-\frac{5}{2}\lambda t} - C_3 0{,}593\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 0{,}843\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
P(t,1,1) &= -C_2 2\cdot e^{-2\lambda t} + C_3 e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + C_4 e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}
\end{aligned}\right\} \tag{19}$$

Из начальных условий (1) находим коэффициенты C_1, C_2, C_3, C_4 в системе (19):

$$\left.\begin{aligned}
C_2 + 0{,}5C_3 + 0{,}5C_4 &= 0{,}25\\
C_1 - 0{,}593C_3 + 0{,}843C_4 &= 0{,}25\\
-C_1 - 0{,}593C_3 + 0{,}843C_4 &= 0{,}25\\
-2C_2 + C_3 + C_4 &= 0{,}25
\end{aligned}\right\}$$

Решив эту систему, получим $C_1 = 0, C_2 = 0{,}0625, C_3 \approx 0{,}046, C_4 \approx 0{,}329$. Подставив эти полученные значения в систему (19), получим окончательное решение задачи сетей связи из двух узлов с отказами:

$$\left.\begin{aligned}
P(t,0,0) &= 0{,}0625\cdot e^{-2\lambda t} + 0{,}023\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + 0{,}1645\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
P(t,0,1) &= -0{,}0273\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + 0{,}277\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
P(t,1,0) &= -0{,}0273\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + 0{,}277\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}\\
P(t,1,1) &= -0{,}125\cdot e^{-2\lambda t} + 0{,}046\cdot e^{\frac{-7-\sqrt{33}}{4}\lambda t} + 0{,}329\cdot e^{\frac{-7+\sqrt{33}}{4}\lambda t}
\end{aligned}\right\} \tag{20}$$

Таким образом, доказали следующую теорему:

Уравнения (3), (5)-(7), описывающие работы сети связи из двух узлов с протоколом «отказа» имеют единственное решение, удовлетворяющее начальным условиям (1) и эти решения получаются через систему (20).

Из системы (20) видно, что вероятности $P(t,0,1)$, $P(t,1,0)$ вычисляются по одной формуле, это связано с тем, что узлы A и B «симметричны» относительно работы сети.

Литература

1. Шамсиев Р.Н. Сети связи из трех узлов с коммутацией сообщений. //Материалы юбилейной научно-практической конференции, посвященной 50-летию самолетостроительного факультета. -Т., 2006. С.126-128.
2. Шамсиев Р.Н., Куралов Б.А. Сети с очередями трех периферийных узлов с протоколом коммутации каналов. //Вестник ТашГТУ, 2014. №3. С.8-12.

УДК 621.315.592

АМОРФИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ β-БОРА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

А.А.Таджиев, Ш.К.Худайберганов, А.Сатторов (ТашГТУ)

В статье электрофизические свойства β-бора, α-Al_{12} и MB_{66} рассматриваются с точки зрения аморфной концепции. Для β-бора аморфизация энергетического спектра носителей тока состоит в образовании полос локализованных состояний. В α-AlB_{12} аналогичную роль могут играть атомы алюминия, располагающиеся между икосаэдрами. В MB_{66} элементарные ячейки содержат на порядок большее число атомов. Атомы металла, а также атомы бора, не входящие в икосаэдры, расположены в решетке случайно. В MB_{66} наблюдается Урбаховский хвост поглощения, что свидетельствует о высокой степени неупорядоченности структуры. На этом основании была предложена модель плотности состояний MB_{66}, аналогичная модели аморфного полупроводника, в котором из-за потери дальнего порядка образуются хвосты локализованных состояний краев разрешенных зон.

Мақолада β-бор, α-Al_{12} ва MB_{66} кўринишидаги бор бирикмаларининг электр ва оптик хусусиятлари ҳамда иссиқлик ўтказувчанлиги «аморф концепция» нуқтаи назаридан кўриб чиқилган. β-бор учун таъқиқланган зонада катта сонли координацион атомлари, α-AlB_{12} да эса икосаэдрлар орасига жойлашган алюминий атомлари туфайли тор энергетик оралиқ ҳосил бўлади. MB_{66} турдаги бирикмаларни кристалл панжарасидаги атомлар сони бир даража кўп ва икосаэдр таркибига кирмаган металл хамда бор атомлари тартибсиз жойлашган. Бундан ташқари MB_{66} учун Урбах қонуни бажарилади. Шу сабабли жойланиш зичлиги g (ε) қисман таъқиқланган зонага кириб кетади. Шунга асосан MB_{66} учун аморф материалникига ўхшаш жойланиш зичлигини модели яратилди.

In the article the electrical properties β - boron, α-Al_{12} and MB_{66} were considered from the point of view of amorphous concepts. For β - boron the amorphization of energy spectrum of current carriers consists in formation of strips of the localized statuses. In α-AlB_{12} the atoms of aluminum which are settling down between icosahedron can play a similar role. In MB_{66} elementary cells contain greater number of atoms. Atoms of metal, and also the atoms of boron which are not entering in icosahedron are located in a lattice casually. In MB_{66} Urbahovsky tail - absorption that testifies to high degree of disorder of structure is observed. On this basis the model of density of statuses MB_{66} similar to model of the amorphous semiconductor in which because of loss of a distant order tails of the localized statuses of edges of the resolved zones are formed has been offered.

Ключевые слова: *соединения MB_{66}, аморфизация, аморфная концепция, энергетический спектр , аморфный, β-ромбоэдрический, элементарная ячейка, хвосты локализованных состояний, дальний порядок, ближний порядок, энергия активации, подвижность.*