УДК 519.6

МОДЕЛЬ АРХИТЕКТУРЫ НАУЧНОГО КОЛЛЕКТИВА

И. Д. Софронов
(РФЯЦ-ВНИИЭФ)

С использованием математического моделирования изучается роль архитектуры научного коллектива и ее влияние на эффективность работы коллектива. Каждый научный сотрудник характеризуется двумя параметрами: объемом его профессиональных знаний и скоростью увеличения этого объема. Увеличение объема знаний происходит либо за счет индивидуальной работы научного сотрудника, либо за счет его общения с коллегами. Показано, что если руководитель сумел создать доброжелательную творческую атмосферу в коллективе, когда сотрудники обмениваются своими знаниями, то коллективный объем знаний может расти быстрее, чем у самого талантливого сотрудника, работающего индивидуально. Естественно, скорость накопления коллективных знаний зависит как от численности коллектива, так и от его архитектуры.

В предположении равной талантливости сотрудников рассмотрены несколько случаев, когда часть сотрудников помогает руководителю развивать официальную теорию, а часть сотрудников занята развитием теории, отрицающей официальную.

Введение

В настоящее время наиболее важные и трудные научные вопросы решаются коллективом ученых. Численность коллективов может быть различной — от нескольких человек до нескольких сотен или даже тысяч сотрудников. Естественно, работающий коллектив не может быть неорганизованной группой совершенно независимых друг от друга сотрудников, у него должна быть организация, которая как-то упорядочивает их работу. В частности, в коллективе должен быть налажен обмен получаемой сотрудниками информацией. Если никакого обмена нет, то, скорее всего, надо считать, что нет и коллектива. Организацией обмена информацией, а также регулированием других сторон деятельности коллектива обычно занимается его руководство. В настоящей работе рассматривается несколько примеров устройства научного коллектива — его архитектура.

Каждого научного сотрудника будем характеризовать двумя параметрами: объемом его профессиональных знаний (квалификацией) и его способностью к увеличению этого объема (талантливостью). Увеличение объема профессиональных знаний может происходить либо за счет индивидуальной работы сотрудника, либо за счет его общения с коллегами. В последнем случае, когда один сотрудник передает другому часть своих знаний, объем его знаний никак не изменяется, хотя объем знаний принимающей стороны, естественно, увеличивается. Очевидно, такое общение может происходить только в коллективе, в котором поддерживается доброжелательная творческая атмосфера.

Ниже будет показано, что обмен знаниями при этом может оказаться выгодным для всех членов коллектива, т. е. сотрудники в коллективе могут накапливать свои знания быстрее, чем при индивидуальной работе. Очевидно, скорость накопления коллективных знаний зависит от талантливости членов коллектива, от численности и, наконец, архитектуры самого коллектива.

1. Модель научного работника

Каждого научного работника будем описывать двумя основными параметрами: его квалификацией $a(t)$ в момент времени t и его способностью k повышать квалификацию в процессе работы.

Будем считать, что $a(t)$ является непрерывной функцией и, более того, имеет производную во всех точках рассматриваемого интервала времени $0 \le t \le T$.

Скорость роста квалификации удобно иметь в относительных единицах, т. е. будем рассматривать величину

$$k = \frac{a'(t)}{a(t)}, \tag{1}$$

предполагая, что на отрезке времени $0 \le t \le T$ она постоянна. Уравнение (1) принимает вид линейного дифференциального уравнения

$$a'(t) = ka(t), \quad 0 \le t \le T, \tag{2}$$

которое надлежит дополнить начальным условием

$$a\,(0) = a^0. \tag{3}$$

В этом случае решение задачи (2), (3) принимает вид

$$a(t) = a^0 e^{kt}. \tag{4}$$

Уравнение (2) описывает простейший закон роста квалификации сотрудника. В действительности этот закон существенно сложнее, однако у автора нет достаточных оснований для его усложнения: не известен объективный способ измерения квалификации научного работника, нет единиц ее измерения, соответствующих приборов и т. д. Строго говоря, уравнения (2) и (4) описывают скорость увеличения объема знаний, которые сотрудник использует в своей работе (активные знания). Однако естественно предположить, что квалификация сотрудника в первую очередь определяется именно объемом этих знаний. По этой причине будем считать, что уравнение (2) с приемлемой точностью описывает индивидуально работающего сотрудника, т. е. когда сотрудник никак не использует знания и опыт своих коллег.

В действительности каждый научный работник обычно имеет возможность общаться с коллегами, у которых он может почерпнуть полезные для него знания и тем самым повысить свою квалификацию. Это общение может быть либо постоянным, когда данный сотрудник является членом некоторого научного коллектива, либо периодическим, когда коллеги собираются на конференции или семинары. В обоих случаях вместо (2) следует рассматривать уравнение

$$(a_i^\alpha)' = \sum_{j=1}^{n} k_{i,j} a_i^\beta a_j^\gamma, \quad i = \overline{1,n} \tag{5}$$

и начальные условия

$$a_i\,(0) = a_i^0.$$

Здесь n — число взаимодействующих научных работников; $k_{i,j}$ — коэффициенты, определяющие скорость передачи знаний от сотрудника с номером j сотруднику с номером i. Как и раньше, предполагается, что $k_{i,j}$ — постоянная величина на рассматриваемом отрезке времени $0 \le t \le$ $\le T$.

Предположим, что параметры β и γ удовлетворяют условию $\beta = \gamma$, т. е. объем передаваемых знаний одинаковым образом зависит от квалификации обоих сотрудников. В более ранних работах, например [1], полагалось $\beta = 0$, $\gamma = 1$ — это означало, что объем передаваемых знаний никак не зависел от квалификации принимающей стороны. Автор считает, что предположение, сделанное здесь, правильнее отражает реальное положение дел. Особенно интересен случай $\beta = \gamma = 1/2$, когда уравнение (5) принимает вид

$$(a_i^\alpha)' = a_i^{1/2} \sum_{j=1}^{n} k_{i,j} a_j^{1/2}, \quad i = \overline{1,n}. \tag{6}$$

Полагая $\alpha = 1$, $a_i^{1/2} = u_i$, получаем

$$u_i^{'} = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{n} k_{i,j}u_j, \quad i = \overline{1,n}; \qquad (7)$$
$$u_i^0 = \left(a_i^0\right)^{1/2}.$$

Общее решение системы (7) имеет вид

$$u_i\left(t\right) = \sum_{j=1}^{n} c_{i,j}e^{\lambda_j t}, \quad i = \overline{1,n}, \qquad (8)$$

где λ_j являются корнями ее характеристического уравнения. Будем считать, что они действительны и различны.

Если характеристическое уравнение системы (7) имеет комплексные корни, то в (8) вместо экспонент $e^{\lambda_j,t}$ будут входить тригонометрические функции. В случае кратных корней перед соответствующей экспонентой будет стоять не постоянная $c_{i,j}$, а полином от t [2].

При $n = 1$ уравнение (6) будет описывать рост квалификации индивидуально работающего сотрудника:

$$a_1\left(t\right) = a^0 e^{k_{1,1}t}.$$

2. Модель минимального коллектива

Рассмотрим двух научных сотрудников с параметрами $a_i\left(t\right)$ и $k_{i,j}$, $i,j = 1,2$. Возможны два варианта:

1. Сотрудники работают независимо друг от друга, т. е. между ними нет никакого обмена знаниями, тогда рост их квалификации будет описываться уравнениями

   $$a_i'\left(t\right) = k_{i,i}\left(t\right), \quad i = 1,2.$$

   Сотрудник, у которого наивысшая скорость увеличения знаний при индивидуальной работе, т. е. наибольший коэффициент $k_{i,i}$ $(i = 1,2)$, считается наиболее талантливым.
2. Сотрудники составляют единый коллектив, т. е. между ними налажен обмен знаниями, при котором они как-то обучают друг друга, следовательно $k_{1,2}k_{2,1} > 0$. В этом случае рост квалификации сотрудников будет описываться системой (7) при $n = 2$:

   $$\begin{aligned} u_1^{'} &= \frac{1}{2}k_{1,1}u_1 + \frac{1}{2}k_{1,2}u_2; \\ u_2^{'} &= \frac{1}{2}k_{2,1}u_1 + \frac{1}{2}k_{2,1}u_2 \end{aligned} \qquad (9)$$

   с некоторыми начальными условиями

   $$u_i\left(0\right) = u_i^0, \quad i = 1,2. \qquad (10)$$

Корнями характеристического уравнения системы (9) являются

$$\lambda_{1,2} = \frac{k_{1,1} + k_{2,2} \pm \sqrt{\left(k_{1,1} - k_{2,2}\right)^2 + 4k_{1,2}k_{2,1}}}{4}.$$

Если

$$\left(k_{1,1} - k_{2,2}\right)^2 + 4k_{1,2}k_{2,1} > 0, \qquad (11)$$

то общее решение системы (9) будет иметь вид

$$u_1(t) = Ae^{\lambda_1 t} + Be^{\lambda_2 t}; \qquad u_2(t) = \frac{2\lambda_1 - k_{1,1}}{k_{1,2}} Ae^{\lambda_1 t} + \frac{2\lambda_2 - k_{1,1}}{k_{1,2}} Be^{\lambda_2 t}. \tag{12}$$

Подбирая произвольные постоянные A и B, из общего решения (12) можно выбрать частное решение, удовлетворяющее начальным условиям (10). При $t = 0$ получаем

$$u_1^0 = A + B; \qquad u_2^0 = \frac{2\lambda_1 - k_{1,1}}{k_{1,2}} A + \frac{2\lambda_2 - k_{1,1}}{k_{1,2}} B.$$

Отсюда

$$\begin{aligned} u_1(t) &= \frac{(k_{1,1} - 2\lambda_2)\, u_1^0 + k_{1,2} u_2^0}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_1 t} + \frac{(2\lambda_1 - k_{1,1})\, u_1^0 + k_{1,2} u_2^0}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_2 t}; \\ u_2(t) &= \frac{2\lambda_1 - k_{1,1}}{k_{1,2}} \frac{(k_{1,1} - 2\lambda_2)\, u_1^0 + k_{1,2} u_2^0}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_1 t} + \frac{2\lambda_2 - k_{1,1}}{k_{1,2}} \frac{(2\lambda_2 - k_{1,1})\, u_1^0 + k_{1,2} u_2^0}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_2 t}. \end{aligned} \tag{13}$$

Вспоминая, что $u_i(t) = a_i^{1/2}(t)$, получаем

$$\begin{aligned} a_1(t) &= \left[\frac{(k_{1,1} - 2\lambda_2)\left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_1 t} + \frac{(2\lambda_1 - k_{1,1})\left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_2 t} \right]^2; \\ a_2(t) &= \left[\frac{2\lambda_1 - k_{1,1}}{k_{1,2}} \frac{(k_{1,1} - 2\lambda_2)\left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_1 t} + \frac{2\lambda_2 - k_{1,1}}{k_{1,2}} \frac{(2\lambda_1 - k_{1,1})\left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{\lambda_2 t} \right]^2. \end{aligned} \tag{14}$$

Из (13) следует, что скорость роста решения $u_1(t)$ и $u_2(t)$ определяется величинами λ_1 и λ_2, для которых всегда можно предположить, что $\lambda_1 > \lambda_2$, так как справедливо неравенство (11).

Покажем, что имеет место неравенство

$$\lambda_1 > \frac{1}{2} \max(k_{1,1}, k_{2,2}).$$

В предположении $k_{1,1} > k_{2,2}$ достаточно показать, что $\lambda_1 > \dfrac{k_{1,1}}{2}$.

Подставляя в последнее неравенство выражение для λ_1, получаем

$$\frac{k_{1,1} + k_{2,2} + \sqrt{(k_{1,1} - k_{2,2})^2 + 4k_{1,2}k_{2,1}}}{4} > \frac{k_{1,1}}{2},$$

или

$$\sqrt{(k_{1,1} - k_{2,2})^2 + 4k_{1,2}k_{2,1}} > k_{1,1} - k_{2,2}, \tag{15}$$

что при $k_{1,2}k_{2,1} > 0$ очевидно.

Точно так же показывается, что $\lambda_2 < \dfrac{k_{2,2}}{2}$, или $\lambda_2 < \dfrac{1}{2} \min(k_{1,1}, k_{2,2})$.

Утверждение 2.1 (эффект коллективного творчества). *Если коэффициенты уравнений* (9) *положительны, то квалификация обоих сотрудников, составляющих единый коллктив, может расти быстрее, чем у наиболее талантливого члена коллектива, работающего индивидуально.*

Предположим, что $k_{1,1} > k_{2,2}$, тогда для доказательства утверждения достаточно показать, что при подходящем подборе начальных данных скорость увеличения квалификации первого сотрудника, работающего в коллективе со вторым, при $t \to \infty$ будет определяться значением λ_1.

Действительно, пусть выполняется условие

$$(2\lambda_1 - k_{1,1}) \left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2} \left(a_2^0\right)^{1/2} = 0,$$

тогда из (14) следует

$$\begin{aligned} a_1(t) &= \left[\frac{(k_{1,1} - 2\lambda_2) \left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2} \left(a_2^0\right)^{1/2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2)}\right]^{1/2} e^{2\lambda_1 t}; \\ a_2(t) &= \left(\frac{2\lambda_1 - k_{1,1}}{k_{1,2}}\right)^2 a_1(t). \end{aligned} \tag{16}$$

Сравнивая показатели при экспонентах для $a_1(t)$ в равенствах (16) и (4) (при $k = k_{1,1}$), получаем

$$a(t) > a^0 e^{k_{1,1} t},$$

если $k_{1,2} k_{2,1} > 0$.

Точно так же можно показать, что в сделанных предположениях рост квалификации коллектива может быть меньше, чем рост квалификации любого из его членов, работающих индивидуально. Для этого выберем начальные данные a_1^0 и a_2^0 такими, чтобы коэффициент при $e^{\lambda_1 t}$ в уравнениях (13) обращался в нуль. В этом случае скорость роста коллективной квалификации сотрудников будет определяться величиной $e^{\lambda_2 t}$. С учетом того, что при $k_{1,2} k_{2,1} > 0$ $\lambda_2 < \min(k_{11}, k_{22})$, получаем требуемое утверждение.

Таким образом, при наличии коллектива из двух сотрудников может оказаться, что скорость роста их квалификации будет больше, чем у самого талантливого сотрудника, но может случиться, что она будет меньше, чем у самого бесталанного. Последняя ситуация возникнет тогда, когда будет иметь место равенство

$$\frac{k_{1,1} - 2\lambda_2}{k_{1,2}} = -\left(\frac{a_2^0}{a_1^0}\right)^{1/2}. \tag{17}$$

В случае, когда (17) не имеет места, справедливо следующее

Утверждение 2.2. *Если коллектив существует достаточно долго, то оба сотрудника будут повышать свою квалификацию примерно с одинаковой скоростью, независимо от различия их способностей к индивидуальной работе.*

Для доказательства этого утверждения перепишем (14) в виде

$$a_1(t) = e^{2\lambda_1 t}\left[\frac{(k_{1,1} - 2\lambda_2) \left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} + \frac{(2\lambda_1 - k_{1,1}) \left(a_1^0\right)^{1/2} - k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2)} e^{2(\lambda_2 - \lambda_1)t}\right]^2;$$

$$a_2(t) = e^{2\lambda_1 t}\left[\frac{2\lambda_1 - k_{1,1}}{k_{1,2}} \frac{(k_{1,1} - 2\lambda_2)\left(a_1^0\right)^{1/2} + k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{\lambda_1 - \lambda_2} + \frac{2\lambda_2 - k_{1,1}}{k_{1,2}} \frac{(2\lambda_1 - k_{1,1})\left(a_1^0\right)^{1/2} - k_{1,2}\left(a_2^0\right)^{1/2}}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{2(\lambda_2 - \lambda_1)t}\right]^2.$$

Так как $\lambda_1 > \lambda_2$, то вторые слагаемые в последних равенствах будут убывать с ростом времени, но первые слагаемые пропорциональны $e^{2\lambda_1 t}$ при любом t. Следовательно, $a_i(t)$ $(i = 1, 2)$ будут изменяться с одинаковой скоростью.

Рассмотрим частный случай минимального коллектива — коллектив, состоящий из учителя и ученика. Будем считать, что начальная квалификация ученика равна нулю ($a_2(0) = 0$), но он обладает большой работоспособностью, быстро усваивает знания, которые сообщает ему учитель ($k_{2,1} \gg 0$), много читает и думает сам ($k_{2,2} \gg 0$). Относительно учителя предположим, что его квалификация в рассматриваемый момент времени высока ($a_1(0) \gg 0$), однако по изучаемому учеником вопросу собственных исследований он не ведет ($k_{1,1} = 0$), а все новые знания получает от ученика ($k_{1,2} \gg 0$).

Из (14) получаем

$$
\begin{aligned}
a_1(t) &= \frac{4\left(a_1^0\right) + \left(a_2^0\right)^{1/2}}{k_{2,2}^2 + 4k_{1,2}k_{2,1}} \left(\lambda_2 e^{\lambda_1 t} + \lambda_1 e^{\lambda_2 t}\right); \\
a_2(t) &= a_1^0 \frac{(2\lambda_1 - k_{1,1})^2 (2\lambda_2 - k_{1,1})^2}{4(\lambda_1 - \lambda_2) k_{1,2}^2} \left(e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}\right)^2; \\
\lambda_{1,2} &= \frac{k_{2,2} \pm \sqrt{k_{2,2}^2 + 4k_{1,2}k_{2,1}}}{4}.
\end{aligned}
\tag{18}
$$

Из равенств (18) легко сделать несколько выводов:

1. Для учителя и ученика полезно, чтобы квалификация учителя a_1^0 в начальный момент времени была большой, так как их текущие квалификации пропорциональны a_1^0.
2. Работать в коллективе *учитель-ученик* выгодно как учителю, так и ученику. Скорость роста квалификации каждого из них пропорциональна $e^{2\lambda_1 t}$, что превышает $e^{k_{2,2} t}$. То есть, несмотря на то, что учитель занимается своим делом и не занимается вопросом, который разрабатывает ученик, его знания по этому вопросу при взаимодействии с учеником растут быстрее, чем знания ученика, если бы тот работал индивидуально.
3. Подчеркнем еще раз, что в коллективе *учитель-ученик* участники сотрудничества должны обмениваться своими знаниями ($k_{1,2}k_{2,1} > 0$). Однако если ученик постоянно увеличивает объем своих знаний по изучаемому вопросу и ему всегда есть, что нового рассказать учителю, то учитель самостоятельно своих знаний не накапливает, он использует только тот запас, который у него был вначале ($a_1(0) \gg 0$). Очевидно, наступит момент, когда учитель передаст ученику весь запас своих знаний, и тогда у них будут только общие знания. В этом случае учитель не сможет передать ученику ничего нового, следовательно, беседа с учителем для ученика окажется бесполезной и коллектив *учитель-ученик* должен прекратить свое существование. Конечно, сотрудничество может быть продолжено, если бывший учитель сам будет заниматься разработкой вопроса, которым занимался ученик, но это будет уже новый коллектив, в котором работают два научных сотрудника. Начиная с этого момента стороннему наблюдателю будет трудно отличить учителя от ученика, так как их знания к этому моменту будут мало отличаться друг от друга.

3. Коллектив с архитектурой C

Под архитектурой коллектива обычно понимают схему взаимодействия членов коллектива. В научном коллективе взаимодействие между сотрудниками главным образом осуществляется через обмен информацией, т. е. обмен знаниями, точнее, активными знаниями — теми, которые сотрудники используют для решения поставленных перед ними задач.

Если в коллективе всего лишь два человека, то все разнообразие архитектур сведется к отражению только того, есть между членами коллектива обмен активными знаниями или нет. В последнем случае сотрудники работают индивидуально, независимо друг от друга, и здесь правильнее говорить, что они не составляют коллектив.

Когда число сотрудников более двух, в коллективе могут быть реализованы различные архитектуры.

Одной из простейших архитектур следует считать архитектуру C. В коллективе с архитектурой C имеется один руководитель и несколько рядовых сотрудников. При этом каждый рядовой сотрудник получает от руководителя задания и, кроме того, обычно руководитель помогает сотруднику в решении поставленных задач. В коллективе с рассматриваемой архитектурой рядовые сотрудники между собой не взаимодействуют. Графически архитектура С изображена на рис. 1.

По мере получения результатов каждый сотрудник докладывает руководителю о своих успехах, получает дальнейшие указания и помощь. Руководитель передает сотруднику часть своих знаний, полезных для его работы.

Чаще всего работа рядового сотрудника является частью большой работы, выполняемой всем коллективом. Однако в коллективе с архитектурой С сотрудники могут иметь различные специальности и между ними нет прямого обмена информацией, так как нет необходимости каждому сотруднику понимать работу своих коллег. Предполагается, что задачу перевода информации с профессионального языка одного сотрудника на профессиональный язык другого выполняет руководитель.

Очевидно, особая роль руководителя требует от него существенно большей эрудиции, чем у рядовых сотрудников. Для того чтобы общение руководителя с сотрудником было содержательным, необходимо, чтобы в процессе этого общения каждый их них получал новую информацию. Рядовые сотрудники могут передавать руководителю только те знания, которые они добыли в процессе самостоятельной работы. Руководитель же может использовать для этого как добытые лично им знания, так и знания, полученные от других сотрудников. При этом вполне возможно, что руководитель самостоятельно занимается далеко не всеми вопросами, разрабатываемыми его коллективом, а только их частью, что по многим вопросам он получает знания только от своих сотрудников.

Главная обязанность руководителя — организовать работу коллектива, т. е. не только поставить перед каждым сотрудником задачу, являющуюся частью большой коллективной задачи, но и в случае необходимости помочь сотруднику найти подходящее решение, понять полученные им результаты и сообщить их коллегам, которым эти результаты помогут увеличить объем знаний.

Запишем уравнение баланса знаний в рассматриваемом коллективе. Пусть под номером 1 выступает руководитель, а под номерами $2, 3, \ldots, n$ — рядовые сотрудники. Квалификацию руководителя $a_1 t$ будут повышать как его самостоятельная работа, так и знания, которые он получает от своих сотрудников. Будем считать, что с учетом высказанных в разд. 2 предположений скорость повышения квалификации руководителя за счет самостоятельной работы пропорциональна объему его знаний в настоящий момент. Предположим также, что скорость увеличения знаний руководителя за счет общения с сотрудниками будет зависеть как от его собственных знаний, так и от знаний его сотрудников симметричным образом, т. е.

$$a_1^{'} = \sum_{j=1}^{n} a_1^{1/2} a_j^{1/2}, \quad j = \overline{1, n}. \tag{19}$$

Рост квалификации рядовых сотрудников будем описывать уравнением

$$a_i^{'} = k_{i,1} a_i^{1/2} a_1^{1/2} + k_{i,i} a_i^{1/2} a_i^{1/2}, \quad i = \overline{2, n}. \tag{20}$$

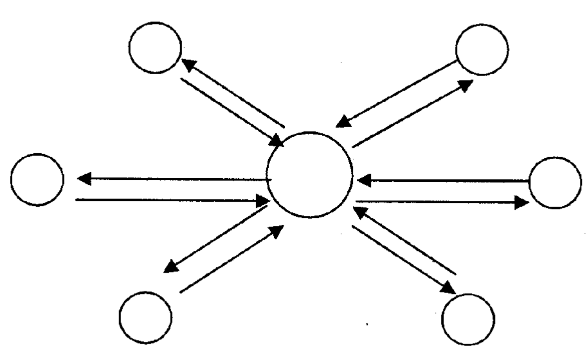


Рис. 1. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой С

Здесь учтены предположения из разд. 1 о параметрах α, β, γ. Система уравнений (19), (20) приводится к линейной системе введением новых переменных

$$u_i = a_i^{1/2}, \quad i = \overline{1,n}.$$

В матричной форме она принимает вид

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} k_{1,1} & k_{1,2} & k_{1,3} & \dots & k_{1,n} \\ k_{2,1} & k_{2,2} & 0 & \dots & 0 \\ k_{3,1} & 0 & k_{3,3} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_{n,1} & 0 & 0 & \vdots & k_{n,n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}. \tag{21}$$

У матрицы системы (21) элементы, равные нулю, стоят на тех местах, которые соответствуют отсутствующим потокам информации.

Известно [3], что у линейной системы дифференциальных уравнений (21) общее решение имеет вид

$$(u_1, \dots, u_n)^T = A\left(c_1 e^{\lambda_1 t}, \dots, c_n e^{\lambda_n t}\right)^T, \tag{22}$$

где A — некоторая постоянная матрица, если корни ее характеристического уравнения

$$\begin{vmatrix} \frac{k_{1,1}}{2} - \lambda & \frac{k_{1,2}}{2} & \frac{k_{1,3}}{2} & \dots & \frac{k_{1,n-1}}{2} & \frac{k_{1,n}}{2} \\ \frac{k_{2,1}}{2} & \frac{k_{2,2}}{2} - \lambda & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{k_{3,1}}{2} & 0 & \frac{k_{3,3}}{2} - \lambda & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{k_{n,1}}{2} & 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{k_{n,n}}{2} - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

действительны и различны. В других случаях картина будет примерно такая же — это будет рассмотрено ниже.

Выполнив несколько простых преобразований последнего уравнения, получим

$$\begin{vmatrix} \frac{k_{1,1}}{2} - \lambda & \frac{1}{2}\sum\limits_{i=2}^{n} k_{1,i} & \frac{1}{2}\sum\limits_{i=3}^{n} k_{1,i} & \frac{1}{2}\sum\limits_{i=4}^{n} k_{1,i} & \dots & \frac{1}{2}\sum\limits_{i=n-1}^{n} k_{1,i} & \frac{1}{2} k_{1,n} \\ \frac{k_{2,1}}{2} & \frac{k_{2,2}}{2} - \lambda & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{k_{3,1}}{2} & \frac{k_{3,3}}{2} - \lambda & \frac{k_{3,3}}{2} - \lambda & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{k_{n,1}}{2} & \frac{k_{n,n}}{2} - \lambda & \frac{k_{n,n}}{2} - \lambda & \frac{k_{n,n}}{2} - \lambda & \dots & \frac{k_{n,n}}{2} - \lambda & \frac{k_{n,n}}{2} - \lambda \end{vmatrix} = 0.$$

Из всех строк, кроме первой, вынесем общие множители $\dfrac{k_{i,i}}{2}-\lambda$, затем умножим строку с номером i на $\dfrac{k_{i,i}}{2}$ и вычтем из первой. В результате получим

$$\prod_{i=2}^{n}\left(\frac{k_{i,i}}{2}-\lambda\right)\begin{vmatrix} \dfrac{k_{1,1}}{2}-\lambda-\dfrac{1}{4}\sum\limits_{i=2}^{n}\dfrac{k_{i,1}k_{1,i}}{\dfrac{k_{i,i}}{2}-\lambda} & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ \dfrac{\dfrac{k_{2,1}}{2}}{\dfrac{k_{2,2}}{2}-\lambda} & 1 & 0 & \ldots & 0 \\ \dfrac{\dfrac{k_{3,1}}{2}}{\dfrac{k_{3,3}}{2}-\lambda} & 1 & 1 & \ldots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dfrac{\dfrac{k_{n,1}}{2}}{\dfrac{k_{n,n}}{2}-\lambda} & 1 & 1 & \ldots & 1 \end{vmatrix}=0,$$

или

$$\left(\frac{k_{1,1}}{2}-\lambda-\frac{1}{4}\sum_{i=2}^{n}\frac{k_{i,1}k_{1,i}}{\dfrac{k_{i,i}}{2}-\lambda}\right)\prod_{i=2}^{n}\left(\frac{k_{i,i}}{2}-\lambda\right)=0. \tag{23}$$

Из последнего равенства видно, что корень λ уравнения

$$\lambda-\frac{k_{1,1}}{2}=\frac{1}{4}\sum_{i=2}^{n}\frac{k_{i,1}k_{1,i}}{\lambda-\dfrac{k_{i,i}}{2}} \tag{24}$$

является корнем уравнения (23). Если все $k_{1,i}$ и $k_{i,1}$ положительны, т. е. между руководителем и каждым рядовым сотрудником налажен обмен знаниями, то $k_{1,i}k_{i,1}>0$ $\left(i=\overline{2,n}\right)$.

Пусть $k_{\max}=\max\left(k_{i,i}\right)>0\quad\left(i=\overline{2,n}\right)$. В области $\lambda>k_{\max}/2$ левая часть (24) положительна и неограниченно возрастает при $\lambda\to\infty$. Правая часть (24) также положительна в силу сделанных выше предположений, но она монотонно убывает до нуля вместе с ростом λ и неограниченно возрастает при $\lambda\to k_{\max}/2$. Отсюда следует, что при сделанных предположениях существует такое значение $\lambda=\lambda_1>k_{\max}/2$, для которого выполняется равенство (24), т. е. существует корень λ_1, который превышает все значения $k_{i,i}$ $\left(i=\overline{1,n}\right)$, определяющие скорость знаний сотрудников, когда они работают индивидуально.

Полученный результат можно сформулировать следующим образом.

Утверждение 3.1. *Если в коллективе налажен обмен информацией между руководителем и рядовыми сотрудниками* $\left(k_{1,i}k_{i,1}>0,\ i=\overline{2,n}\right)$*, то при любых способностях членов коллектива повышать свою квалификацию при индивидуальной работе скорость повышения квалификации членов коллектива может быть больше, чем у самого талантливого сотрудника, работающего индивидуально.*

Из уравнения (24) также следует, что введение в коллектив дополнительного сотрудника, может быть, далеко не самого талантливого, но у которого $k_{i,i}>0$ и $k_{1,i}k_{i,1}>0$, увеличивает значение правой части (24), а следовательно, увеличивает разность $\lambda-\dfrac{k_{1,1}}{2}$, т. е. увеличивает λ, определяющее скорость накопления знаний коллективом. Другими словами, если руководитель умеет создавать доброжелательную творческую атмосферу среди членов коллектива, то любой сотрудник с параметрами $k_{i,i} > 0$ и $k_{1,i}k_{i,1} > 0$ будет полезен коллективу, т. е. у хорошего руководителя нет бесполезных членов коллектива.

Сформулированные выше требования к параметрам научного работника: $k_{i,i} > 0$, $k_{1,i}k_{i,1} > 0$ являются минимальными, так как при $k_{i,i} = 0$ сотрудника уже нельзя считать научным работником, а при $k_{1,i}k_{i,1} = 0$ этого сотрудника уже трудно считать полноценным членом научного коллектива.

Характеристическое уравнение системы (21) приобретает особенно простой вид, если предположить, что все сотрудники, кроме руководителя, имеют одинаковые параметры $k_{i,1} = k_{2,1}$, $k_{1,i} = k_{1,2}$, $k_{i,i} = k_{2,2}$ $(i \geq 2)$. Это означает, что у них одна и та же скорость накопления знаний при индивидуальной работе, они равным образом умеют рассказывать руководителю о своих достижениях и руководитель относится к ним одинаково. В этом случае получаем уравнение

$$\left(\lambda - \frac{k_{2,2}}{2}\right)^{n-2} \left[\left(\lambda - \frac{k_{1,1}}{2}\right)\left(\lambda - \frac{k_{2,2}}{2}\right) - (n-1)\, k_{1,2}k_{2,1}\right] = 0,$$

откуда

$$\begin{aligned} \lambda_{1,2} &= \frac{k_{1,1} + k_{2,2} \pm \sqrt{(k_{1,1} - k_{2,2})^2 + 4\,(n-1)\, k_{1,2}k_{2,1}}}{4}; \\ \lambda_{3,4,\ldots,n} &= \frac{k_{2,2}}{2}. \end{aligned} \tag{25}$$

Наконец, если предположить, что $k_{1,1} = k_{2,2}$, то, очевидно,

$$\begin{aligned} \lambda_{1,2} &= \frac{k_{1,1} \pm \sqrt{(n-1)\, k_{1,2}k_{2,1}}}{2}; \\ \lambda_{3,4,\ldots,n} &= \frac{k_{1,1}}{2}. \end{aligned}$$

В этом случае особенно ярко видна польза от работы в коллективе, виден возможный эффект коллективного творчества "в чистом виде", когда все сотрудники равно талантливы и ускорение накопления знаний происходит исключительно за счет коллективности работы.

Утверждение 3.2. *Если коллектив существует достаточно долго, то скорость роста знаний каждого сотрудника определяется наибольшим корнем уравнения (24).*

Из (22) видно, что любое решение системы (21) представляет собой линейную комбинацию экспонент с показателями, равными корням характеристического уравнения, если последние действительны и различны:

$$u_i(t) = \sum_{k=1}^{n} A_{i,k} e^{\lambda_k t}.$$

Если λ_1 является наибольшим корнем (24), то перепишем последнее уравнение в виде

$$u_i(t) = e^{\lambda_1 t}\left(A_{i,1} + \sum_{k=2}^{n} A_{i,k} e^{(\lambda_k - \lambda_1)t}\right).$$

Убеждаемся, что при $t \to \infty$ $a_i(t) \to A_{i,1}e^{\lambda_1 t}$, т. е., несмотря на то, что у сотрудников могут быть разные способности к увеличению знаний при самостоятельной работе $(k_{i,i} \neq k_{j,j},\ i \neq j)$, работая в коллективе, они будут накапливать знания с одинаковой скоростью λ_1, которая, как сказано выше, превышает наибольшее из $k_{i,i}$ $\left(i = \overline{1,n}\right)$.

Отсюда следует, что разность $\lambda_1 - k_{i,i}$ для разных сотрудников будет различной и максимальной она будет у наименее талантливого сотрудника, у которого $k_{i,i}$ меньше других. Следовательно, именно такие сотрудники получают наибольшую пользу от работы в коллективе.

Однако напомним, что $\lambda_1 > k_{i,i}$ для всех $i = \overline{1,n}$, т. е. даже самому талантливому сотруднику выгодно работать в коллективе. При этом было показано, что для коллектива чрезвычайно важно иметь в своем составе талантливых сотрудников, у которых $k_{i,i}$ велико, — именно они в первую очередь определяют темпы роста коллективных знаний, и это руководитель не должен забывать.

Спрашивается, а какова роль руководителя в коллективе? Как уже отмечалось, в отличие от рядовых сотрудников руководитель должен заботиться о том, чтобы у каждого сотрудника была своя задача, являющаяся частью большой задачи, решаемой всем коллективом. Более того, хорошо, если руководитель в процессе бесед с рядовыми сотрудниками будет помогать им в решении задач, передавая им как свои знания, накопленные в процессе самостоятельной работы, так и знания, полученные им от других рядовых сотрудников. Необходимость и умение руководителя передавать знания очевидны, коэффициенты $k_{i,1}$ и $k_{1,i}$ должны иметь наибольшие возможные значения. Менее очевидна роль руководителя как сотрудника, занимающегося самостоятельной работой. Сразу скажем, что, если руководитель перестанет ею заниматься, то, скорее всего, коллектив будет продолжать свою работу. Более того, сейчас популярны менеджеры, т. е. руководители, которые занимаются только организационной деятельностью; они также нужны в коллективе, особенно большом.

Для примера рассмотрим два коллектива: A и B.

Пусть коллектив A составлен из сотрудников с параметрами $k_{2,2}$ и $k_{2,1}$, у руководителя параметры $k_{1,1}$ и $k_{1,2}$. Коллектив B составлен из сотрудников с параметрами $k_{1,1}$ и $k_{1,2}$, у руководителя параметры $k_{2,2}$ и $k_{2,1}$. Пусть $k_{1,1} \gg k_{2,2}$.

Легко видеть, что корнями характеристических уравнений для обоих коллективов являются числа

$$\lambda_{1,2} = \frac{k_{1,1} + k_{2,2} \pm \sqrt{(k_{1,1} - k_{2,2})^2 + 4\,(n-1)\,k_{1,2}k_{2,1}}}{2}, \tag{26}$$

т. е. у них одинаковая скорость накопления коллективных знаний. В коллективе A только один человек — руководитель способен накапливать знания при индивидуальной работе со скоростью $k_{1,1} \gg k_{2,2}$, что обеспечивает коллективу накопление знаний со скоростью λ_1. В коллективе B имеется $n-1$ человек (рядовых сотрудников), способных при самостоятельной работе развивать скорость накопления знаний $k_{1,1}$, и только один человек — руководитель имеет скорость накопления знаний при индивидуальной работе, равную $k_{2,2} \ll k_{1,1}$. Таким образом, вклад одного талантливого руководителя в коллективе A в точности равен вкладу $n-1$ столь же талантливых сотрудников в коллективе B.

Из сказанного следует, что если в коллективе имеются сотрудники разной талантливости, то лучше всего, если наиболее талантливым будет руководитель. Тогда скорость накопления коллективных знаний будет самой высокой.

И наоборот, скорость накопления коллективных знаний будет наименьшей, если коллектив будет возглавлять наименее талантливый человек, т. е. человек, у которого наименьшая скорость накопления знаний при самостоятельной работе. Чтобы компенсировать недостаток таланта одного руководителя нужно иметь $n-1$ талантливых рядовых сотрудников с $k_{2,2} > k_{1,1}$.

Наконец, рассмотрим случай, когда коллектив возглавляет не научный работник, а менеджер ($k_{1,1} = 0$). В этом случае наибольшим характеристическим корнем будет

$$\overline{\lambda}_1 = \frac{k_{2,2} \pm \sqrt{k_{2,2}^2 + 4\,(n-1)\,k_{1,2}k_{2,1}}}{2}.$$

Легко показать, что всегда $\overline{\lambda}_1$ меньше λ, вычисленного по формуле (26) при $k_{1,1} > 0$.

Завершая рассмотрение модели коллектива с архитектурой C, отметим, что значение наибольшего корня (26) характеристического уравнения определяется параметрами $k_{i,i}$ и $k_{i,1}$, $k_{1,i}$ $\left(i = \overline{2,n}\right)$. Первые характеризуют способность сотрудников увеличивать объем знаний за счет самостоятельной работы, вторые определяют интенсивность обмена знаниями между руководителем и сотрудниками. Никаких численных значений этих параметров у автора нет. Делается только общее предположение, что они положительны. Это означает, что, когда численность коллектива неограниченно возрастает, значение слагаемого $4\,(n-1)\,k_{1,2}k_{2,1}$ также неограниченно возрастает, в то время как коэффициенты $k_{i,i}$ остаются постоянными. Следовательно, руководителю большого коллектива надо уделять основное внимание увеличению слагаемого $4\,(n-1)\,k_{1,2}k_{2,1}$, так как при достаточно больших n это слагаемое становится главным. Роль же личного вклада руководителя в процесс накопления знаний, естественно, уменьшается при $n \to \infty$.

4. Коллектив с архитектурой С^2

Рассмотренный выше коллектив с архитектурой С реализует эффект коллективного творчества только тогда, когда между его руководителем и каждым сотрудником осуществляется достаточно эффективный обмен знаниями. Но это возможно лишь в том случае, когда у каждого из них имеется для этого время и достаточный объем новых знаний, неизвестных собеседнику. Что касается рядового сотрудника, то естественно предположить, что у него времени для беседы с руководством хватает. Можно также предположить, что, занимаясь одним своим вопросом, сотрудник будет успевать накапливать новые для руководителя знания.

Другая ситуация у руководителя. Ему надо быть в курсе дел всех своих сотрудников — не просто в курсе дел, а он должен оказывать помощь каждому из них. Это возможно, если имеющийся у руководителя большой запас знаний постоянно пополняется, так как, скорее всего, вопросы, задаваемые сотрудниками, будут в первую очередь касаться последних достижений коллектива. У руководителя должно быть время для совместной работы с каждым сотрудником, и, кроме того, выше показано, что коллективу очень полезно, когда его руководитель работает самостоятельно. Одним словом, даже при руководстве небольшим коллективом у руководителя будет дефицит времени. Если добавить, что часто при решении сложных задач к работе привлекаются очень большие коллективы, то станет ясно, что у одного руководителя может не быть физической возможности взаимодействовать с каждым своим сотрудником.

В этом случае обычно коллектив меняет свою архитектуру, к руководству привлекается не один, а несколько человек, которые как-то распределяют между собой работу. Например, вводятся заместители руководителя по направлениям деятельности или большой коллектив делится на несколько более мелких, первичных, коллективов со своим руководителем в каждом. Однако если полный коллектив решает одну задачу, то, естественно, нужен руководитель всего коллектива, который будет взаимодействовать только с руководителями первичных коллективов.

Пример архитектуры такого коллектива — назовем ее архитектурой С^2 — приведен на рис. 2. В данном примере имеется 6 первичных коллективов, в каждом из которых работает 6 сотрудников, включая руководителя. Полная численность коллектива 37 человек, хотя руководитель всего коллектива взаимодействует только с шестью своими ближайшими помощниками.

Таким образом, переход от архитектуры С к архитектуре С^2 существенно уменьшает нагрузку на руководителя всего коллектива. Осталось только выяснить, как это влияет на скорость накопления коллективных знаний.

Рассмотрим коллектив из $N+1$ сотрудника.

Пусть руководитель всего коллектива имеет номер $i=0$, а руководители первичных коллективов имеют номера $1,\ m+1,\ 2m+1,\ \ldots,\ N-m+1$. Для простоты предполагается, что все первичные коллективы имеют одинаковую численность — m человек, т. е. сотрудники с номерами $i=1,2,\ldots,m$ составляют первый первичный коллектив, его руководитель имеет номер 1; сотрудники с номерами $m{+}1, m{+}2, \ldots, 2m$ — второй первичный коллектив, его руководитель имеет номер $m{+}1$; сотрудники $(i-1)m+1,\ \ldots,\ im$ составляют i-й первичный коллектив, $(i-1)m+1$ — номер его руководителя.

Пусть a_i — объем знаний у сотрудника с номером i $\left(i=\overline{0,N}\right)$. Для оценки скорости роста коллективных знаний выпишем систему уравнений, описывающую этот процесс:

$$\begin{aligned}
&a_0' = \left(k_{0,0}a_0^{1/2} + k_{0,1}a_1^{1/2} + k_{0,m+1}a_{m+1}^{1/2} + \ldots + k_{0,N-m+1}a_{N-m+1}^{1/2}\right) a_0^{1/2};\\
&\mathbf{a}_{i+1}' = A_{i+1}\mathbf{b}_{i+1} + \mathbf{c}_{i+1}, \quad i=\overline{0,N/m-1} \quad (i+1 - \text{номера первичных коллективов}),
\end{aligned} \tag{27}$$

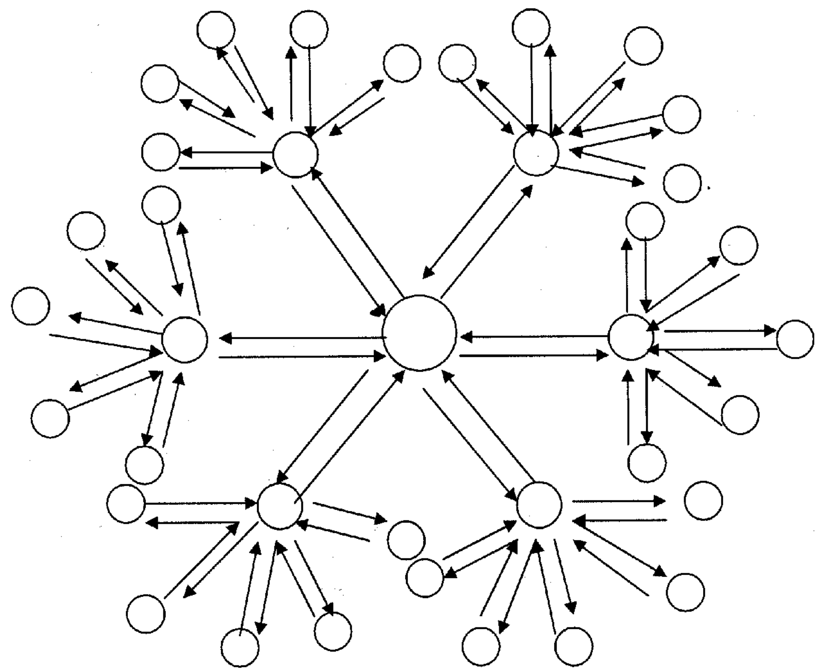


Рис. 2. Архитектура коллектива C^2

где

$$\mathbf{a}_{i+1} = \Big(\underbrace{a_{im+1}, \ldots, a_{(i+1)m}}_{m}\Big)^T; \quad \mathbf{b}_{i+1} = \Big(\underbrace{a_0^{1/2}, a_{im+1}^{1/2}, \ldots, a_{(i+1)m}^{1/2}}_{m+1}\Big)^T;$$

$$\mathbf{c}_{i+1} = \Big(0, 0, \ldots, a_{i+1}^{1/2} k_{i+1,0} a_{i+1}^{1/2}, \ldots, 0\Big)^T;$$

$$A_{i+1} = \begin{pmatrix} a_{im+1}^{1/2} k_{im+1,0} & a_{im+1}^{1/2} k_{im+1,im+1} & a_{im+1}^{1/2} k_{im+1,im+2} & a_{im+1}^{1/2} k_{im+1,im+3} & \ldots & a_{im+1}^{1/2} k_{im+1,(i+1)m} \\ 0 & a_{im+2}^{1/2} k_{im+2,im+1} & a_{im+2}^{1/2} k_{im+2,im+2} & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & a_{im+3}^{1/2} k_{im+3,im+1} & 0 & a_{im+3}^{1/2} k_{im+3,im+3} & \ldots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & a_{(i+1)m}^{1/2} k_{(i+1)m,im+1} & 0 & 0 & \ldots & a_{(i+1)m}^{1/2} k_{(i+1)m,(i+1)m} \end{pmatrix}.$$

Здесь первое уравнение описывает взаимодействие руководителя всего коллектива (его номер равен 0) с руководителями первичных коллективов (их номера $1, m+1, \ldots, N-m+1$). Следующие m уравнений описывают взаимодействие членов первичного коллектива с номером 1 (их номера $1, 2, 3, \ldots, m$). Далее m уравнений описывают взаимодействия сотрудников второго первичного коллектива и т. д.

Для приведения системы (27) к линейному виду введем новые переменные

$$a_i = u_i^2, \quad i = 0, 1, \ldots, N$$

и запишем ее уравнения, начиная со второго, в векторно-матричном виде:

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} k_{1,0} & k_{1,1} & k_{1,2} & k_{1,3} & \dots & k_{1,m} \\ 0 & k_{2,1} & k_{2,2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_{3,1} & 0 & k_{3,3} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & k_{m,1} & 0 & 0 & \dots & k_{m,m} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix};$$

$$\begin{pmatrix} u_{m+1} \\ u_{m+2} \\ u_{m+3} \\ \vdots \\ u_{2m} \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} k_{m+1,0} & k_{m+1,m+1} & k_{m+1,m+2} & k_{m+3,m+3} & \dots & k_{m+1,2m} \\ 0 & k_{m+2,m+1} & k_{m+2,m+2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_{m+3,m+1} & 0 & k_{m+3,m+3} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & k_{2m,m+1} & 0 & 0 & \dots & k_{2m,2m} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u_{m+1} \\ u_{m+2} \\ u_{m+3} \\ \vdots \\ u_{2m} \end{pmatrix}; \qquad (28)$$

. . . .

$$\begin{pmatrix} u_{N-m+1} \\ u_{N-m+2} \\ u_{N-m+3} \\ \vdots \\ u_N \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} k_{N-m+1,0} & k_{N-m+1,N-m+1} & k_{N-m+1,N-m+2} & k_{N-m+1,N-m+3} & \dots & k_{N-m+1,N} \\ 0 & k_{N-m+2,N-m+1} & k_{N-m+2,N-m+2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_{N-m+3,N-m+1} & 0 & k_{N-m+3,N-m+3} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & k_{N,N-m+1} & 0 & 0 & \dots & k_{N,N} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u_{N-m+1} \\ u_{N-m+2} \\ u_{N-m+3} \\ \vdots \\ u_N \end{pmatrix}.$$

Полученная система, включающая первое уравнение (27) и уравнения (28), является достаточно сложной. Чтобы получить явные выражения для ее характеристических корней, придется ввести дополнительные предположения о коэффициентах, а именно, положим

$$k_{0,0} = \rho;\ k_{0,i} = \varepsilon,\ k_{i,0} = \nu\ (i = 1, m+1, 2m+1, \dots, N-m+1);\ k_{i,j} = \beta,\ \ k_{j,i} = \delta\ (i, j = 1, 2, \dots, N;\ i \neq j);$$

$$k_{i,i} = \begin{cases} \alpha & (i = 1, m+1, 2m+1, \dots, N-m+1); \\ \gamma & (i = 2, \dots, N; \quad i \neq m+1, \dots, N-m+1)\,. \end{cases}$$

Окончательно получим

$$\begin{pmatrix} u_0 \\ u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \rho & \varepsilon & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \nu & \alpha & \beta & \beta & \dots & \beta \\ 0 & \delta & \gamma & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \delta & 0 & \gamma & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \delta & 0 & 0 & \dots & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_m \end{pmatrix};$$

$$\begin{pmatrix} u_{m+1} \\ u_{m+2} \\ u_{m+3} \\ \vdots \\ u_{2m} \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \nu & \alpha & \beta & \beta & \dots & \beta \\ 0 & \delta & \gamma & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \delta & 0 & \gamma & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \delta & 0 & 0 & \dots & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u_{m+1} \\ u_{m+2} \\ u_{m+3} \\ \vdots \\ u_{2m} \end{pmatrix}; \tag{29}$$

....

$$\begin{pmatrix} u_{N-m+1} \\ u_{N-m+2} \\ u_{N-m+3} \\ \vdots \\ u_{N} \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \nu & \alpha & \beta & \beta & \dots & \beta \\ 0 & \delta & \gamma & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \delta & 0 & \gamma & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \delta & 0 & 0 & \dots & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_0 \\ u_{N-m+1} \\ u_{N-m+2} \\ u_{N-m+3} \\ \vdots \\ u_{N} \end{pmatrix}.$$

Прямыми выкладками можно убедиться, что корнями характеристического уравнения системы (29) являются корни следующих уравнений:

$$\begin{aligned} &\gamma - 2\lambda = 0; \\ &(\alpha - 2\lambda)\,(\gamma - 2\lambda) - (m-1)\,\beta\delta = 0; \\ &(\rho - 2\lambda)\,[(\alpha - 2\lambda)\,(\gamma - 2\lambda) - (m-1)\,\beta\delta] - n\,(\alpha - 2\lambda)\,\varepsilon\nu = 0, \end{aligned} \tag{30}$$

где $n - 1 = N/m$ — число первичных коллективов.

Из первых двух уравнений

$$\begin{aligned} &\lambda_1 = \frac{\gamma}{2}; \\ &\lambda_{2,3} = \frac{\alpha + \gamma \pm \sqrt{(\alpha-\gamma)^2 + 4\,(m-1)\,\beta\delta}}{4}. \end{aligned} \tag{31}$$

Явное выражение корней третьего уравнения (30) получим в предположении $\rho = \gamma$:

$$\lambda_{4,5} = \frac{\alpha + \gamma \pm \sqrt{(\alpha-\gamma)^2 + 4\,(m-1)\,\beta\delta + 4(n-1)\varepsilon\nu}}{4}. \tag{32}$$

Так как система (28) является линейной, то ее общее решение в простейшем случае, когда все корни характеристического уравнения являются простыми, можно записать в виде

$$(u_1, \dots, u_{_N})^T = A\left(e^{2\lambda_1 t}, \dots, e^{2\lambda_N t}\right).$$

Возвращаясь к исходным параметрам, получим

$$(a_1, \dots, a_{_N})^T = B\left(e^{2\lambda_1 t}, \dots, e^{2\lambda_N t}\right).$$

Здесь A и B — некоторые постоянные матрицы. В случае кратных корней характеристического уравнения системы (28) вместо постоянных матриц A и B будут матрицы, содержащие многочлен от t, в случае комплексных корней вместо экспонент будут тригонометрические функции. Для краткости и простоты формулировок конечных результатов случаи кратных и комплексных корней характеристических уравнений не рассматриваются. Учет последних не вносит принципиальных изменений в высказанные утверждения. Подробнее об этом см., например, в [2].

Предположим, что $\delta = \beta$; $\nu = \varepsilon$.

Сравнивая уравнения (31) и (32), видим, что корень

$$\lambda_{4,5} = \frac{\alpha + \gamma \pm \sqrt{(\alpha - \gamma)^2 + 4\,(m-1)\,\beta^2 + 4(n-1)\varepsilon^2}}{4}$$

будет превышать наибольший корень (31). Заметим, что корни (31) являются характеристическими корнями системы уравнений для коллектива из m сотрудников с архитектурой С (см. (25)). Следовательно, при достаточно больших временах коллектив с архитектурой С^2 будет накапливать знания быстрее, чем коллектив с архитектурой С. Очевидно, что ускорение накопления знаний объясняется в первую очередь увеличением численности коллектива.

Теперь предположим, что между параметрами коллектива с архитектурой С^2 имеют место равенства $\alpha = \gamma = \rho$; $\beta = \delta = \varepsilon = \nu$.

Тогда для коллектива с архитектурой С получаем наибольший корень

$$\lambda_2 = \frac{\alpha + \beta\sqrt{n-1}}{2},$$

для коллектива с архитектурой С^2

$$\lambda_4 = \frac{\alpha + \beta\sqrt{m+n-2}}{2}.$$

В коллективе с архитектурой С задействовано n человек, в коллективе с архитектурой С^2 — $m(n-1)+1$. Конечно, получить скорость накопления знаний, равную λ_4, можно, используя существенно меньшее количество сотрудников. Достаточно взять $m+n-1$ сотрудников и составить из них коллектив с архитектурой С. Однако при этом руководителю коллектива придется взаимодействовать уже с $m+n-2$ сотрудниками, а не с $n-1$. Увеличение численности коллектива с архитектурой С, скорее всего, может привести к ухудшению процесса обмена знаниями между руководителем и каждым сотрудником, что, естественно, уменьшит параметр β, а следовательно, уменьшит и эффект коллективного творчества λ.

Подчеркнем еще одно обстоятельство. Если коллектив имеет характеристический корень λ_4 и архитектуру С, то в нем будет задействовано $n+m-1$ человек. Если он имеет архитектуру С^2, то будет задействовано $m(n-1)+1$ человек, т. е. в $\varkappa$ раз больше, где $\varkappa = \dfrac{m(n-1)+1}{m+n-1}$. У обоих коллективов одинаковая скорость накопления знаний, значит за одно и то же время многочисленный коллектив выполнит больший объем работ. Следовательно, если коллективу нужно максимально быстро выполнить большую работу, то проще это сделать большим коллективом, т. е. использовать архитектуру С^2.

Наконец, обратим внимание на следующее. Из равенства (32) ясно, что при больших m и n вклад руководителя в увеличение λ менее заметен, чем тот же вклад в малочисленном коллективе. Отсюда следует, что в малых коллективах выгодно в качестве руководителя назначить человека, способного к индивидуальной самостоятельной работе (см. разд. 3). Если же коллектив очень большой, то наибольшая польза от руководителя будет в том случае, если он сумеет наладить и поддерживать интенсивный обмен знаниями между своими сотрудниками. Конечно, и в этом случае высокая индивидуальная производительность руководителя ($\alpha \gg 0$) не повредит, а значительно поможет коллективу, но приоритет следует отдавать работе по обмену знаниями ($\beta \gg 0$).

Из сказанного выше напрашивается вывод, что вышестоящему административному руководству следует всячески помогать научным руководителям, возглавляющим большие коллективы. Во-первых, у них большая нагрузка при общении со своими сотрудниками. Во-вторых, эти коллективы работают с высокими показателями λ, т. е. накапливают знания быстрее, чем маленькие коллективы.

Рассмотрим такую ситуацию: большой коллектив с архитектурой С численностью N сотрудников имеет скорость накопления знаний, определяемую характеристическим корнем

$$\lambda = \frac{\alpha + \beta\sqrt{N-1}}{2}.$$

За время $0 \leq t \leq T$ он выполнил работу в объеме

$$V_1\left(T\right) = \frac{2C}{\alpha + \beta\sqrt{N-1}} e^{\left(\frac{\alpha+\beta\sqrt{N-1}}{2}-1\right)T}. \tag{33}$$

Если бы этот коллектив при $t = 0$ изменил свою архитектуру с С на С^2, $N = m(n-1)+1$, то в момент времени T вместо (33) он получил бы

$$V_2\left(T\right) = \frac{2C}{\alpha + \beta\sqrt{m+n-2}} e^{\left(\frac{\alpha+\beta\sqrt{m+n-2}}{2}-1\right)T}.$$

Но если бы этот коллектив при $t = 0$ распался совсем на $n-1$ независимых коллективов, то он получил бы

$$V_3\left(T\right) = \frac{2C(n-1)}{\alpha + \beta\sqrt{m-1}} e^{\left(\frac{\alpha+\beta\sqrt{m-1}}{2}-1\right)T}.$$

Очевидно, что начиная с момента $T = t_0 > 0$ будут выполняться неравенства

$$V_1\left(T\right) > V_2\left(T\right) > V_3\left(T\right).$$

И, более того, при $T \to \infty$

$$\frac{V_1\left(T\right)}{V_3\left(T\right)} \to \infty; \quad \frac{V_1\left(T\right)}{V_2\left(T\right)} \to \infty; \quad \frac{V_2\left(T\right)}{V_3\left(T\right)} \to \infty.$$

Такова цена распада коллектива. Описанная ситуация имеет место и в том случае, когда маленькие коллективы не являются частью одного, а созданы разрозненными. Из этого следует, что наличие маленьких коллективов связано только с тем, что либо руководитель большого коллектива не справился со своей работой, либо с самого начала не нашлось человека, который мог бы с этой работой справиться. Наконец, существует еще возможность обоснования существования маленьких коллективов — это не учитываемые в рассматриваемой модели факторы, такие как приятельские, земляческие и другие отношения, которые иногда оказываются важнее производственных.

5. Коллектив с архитектурой К

В разд. 3, 4 описаны коллективы, в которых задействовано минимальное количество потоков информации между членами коллектива. Уменьшение количества потоков информации неизбежно приводит к нарушению целостности этих коллективов, т. е. к выключению части сотрудников из коллективной работы.

В настоящем разделе рассмотрен другой крайний случай, когда количество потоков информации между членами коллектива становится максимальным, т. е. когда в коллективе каждый сотрудник непосредственно общается с каждым. Это возможно только в том случае, когда по специальности члены коллектива не настолько различны, чтобы между ними существовал профессиональный языковый барьер. Все сотрудники решают одну и ту же задачу, каждый из них вкладывает в решение свою часть. Если в коллективах с архитектурами С и С^2 в решении каждого вопроса участвует один сотрудник и его руководитель, то в рассматриваемом коллективе с архитектурой К в решении каждого вопроса участвуют все сотрудники. Очевидно, подключение интеллекта всех сотрудников к решению какого-либо вопроса облегчает поиск решения, сокращает время его нахождения. Но здесь возникает гораздо больше трудностей при решении вопроса об авторстве полученного решения.

Потоки информации в коллективе с архитектурой К изображены на рис. 3.

Получим линейную систему аналогично тому, как была получена система (21) в разд. 3:

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}' = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} k_{1,1} & k_{1,2} & k_{1,3} & \dots & k_{1,n} \\ k_{2,1} & k_{2,2} & k_{2,3} & \dots & k_{2,n} \\ k_{3,1} & k_{3,2} & k_{3,3} & \dots & k_{3,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_{n,1} & k_{n,2} & k_{n,3} & \dots & k_{n,n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}; \qquad (34)$$

$$u_i(0) = u^0, \quad i = \overline{1,n}. \qquad (35)$$

Полагая $u_i = u_i^0 e^{\lambda_i t}$, получаем характеристическое уравнение. В простейшем случае, когда его корни действительны и различны, получим

$$(u_1, \dots, u_n)^T = A\left(e^{\lambda_1 t}, \dots, e^{\lambda_n t}\right)^T,$$

где A — некоторая постоянная матрица, подбором элементов которой можно удовлетворить начальным данным (35). Выполнив преобразование, обратное к сделанной замене $a_i = u_i^2$, $i = \overline{1,n}$, найдем решение исходной системы, удовлетворяющее исходным начальным условиям.

Выразить явно корни уравнения (34) в общем случае не представляется возможным, поэтому сделаем некоторые предположения о коэффициентах матрицы (34).

Пусть выполнены равенства для $i, j = 2, 3, \dots, n$:

$$k_{i,1} = k_{2,1}; \quad k_{1,i} = k_{1,2}; \quad k_{i,j} = k_{2,3} \quad (i \neq j); \quad k_{i,i} = k_{2,2} \quad (i > 1).$$

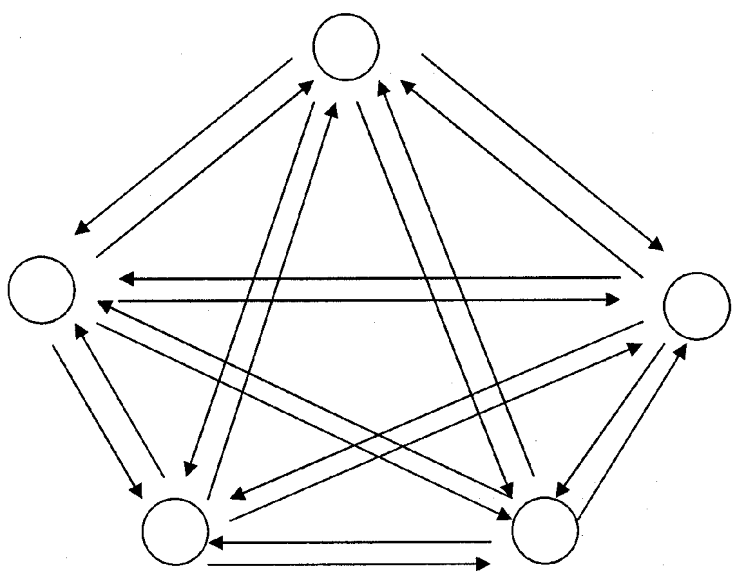


Рис. 3. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой К

При этих предположениях характеристическое уравнение системы (34) принимает вид

$$\begin{vmatrix} k_{1,1}-2\lambda & k_{1,2} & k_{1,2} & \dots & k_{1,2} \\ k_{2,1} & k_{2,2}-2\lambda & k_{2,3} & \dots & k_{2,3} \\ k_{2,1} & k_{2,3} & k_{2,2}-2\lambda & \dots & k_{2,3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_{2,1} & k_{2,3} & k_{2,3} & \dots & k_{2,2}-2\lambda \end{vmatrix} = 0. \tag{36}$$

Раскрывая определитель, нетрудно вычислить корни:

$$\begin{aligned} &\lambda_{1,2} = \frac{k_{1,1}+k_{2,2}+(n-2)\,k_{2,3} \pm \sqrt{\left[k_{2,2}-k_{1,1}+(n-2)\,k_{2,3}\right]^2 + 4\,(n-1)\,k_{1,2}k_{2,1}}}{4}; \\ &\lambda_{3,4,\dots,n} = k_{2,2}-k_{2,3}. \end{aligned} \tag{37}$$

Из (37) видно, что при положительных элементах матрицы (34) наибольший корень λ_1 характеристического уравнения (36) превышает $k_{1,1}$ и $k_{2,2}$. Это означает, что для рассматриваемого коллектива также можно доказать справедливость утверждений 3.1 и 3.2. Более того, сравнивая (37) и (25), видим, что эффект коллективного творчества в рассматриваемом случае заметно выше, чем у коллектива с архитектурой С с такими же параметрами. Это обстоятельство является следствием того, что в коллективе с архитектурой К задействовано значительно большее количество каналов обмена научной информацией. Здесь не один человек (руководитель), а все сотрудники работают со всей имеющейся в коллективе информацией, что и сказывается на величине наибольшего корня (37).

Таким образом, в коллективе с рассматриваемой архитектурой нет явно выраженного руководителя, каждый член коллектива общается со всеми остальными. Отсюда, естественно, следует, что при общении каждый сотрудник должен учитывать, что его собеседник знает все достижения любого члена коллектива. Другими словами, чтобы беседа двух сотрудников была содержательной, каждый из них должен передавать только знания, добытые им самим. Пересказывать сообщенное третьим сотрудником, будет, скорее всего, бесполезно, так как собеседник вполне может быть с этим уже знаком.

В рассматриваемом коллективе каждый сотрудник в любой момент может начать исполнять обязанности руководителя. При этом, правда, он должен общаться сразу с большим количеством сотрудников, а не с одним, как это было в коллективах со структурами С и $С^2$. Очевидно, наладить доброжелательные творческие отношения сразу со всеми сотрудниками существенно труднее, чем с каждым из них в отдельности. При этом нельзя забывать, что в рассматриваемом коллективе у руководителя нет никаких дополнительных прав и привилегий по сравнению с остальными членами коллектива.

Наконец, следует подчеркнуть, что в рассматриваемом коллективе создать благоприятную атмосферу между всеми сотрудниками существенно труднее, чем в коллективе с архитектурой С. Во-первых, потому что здесь взаимодействуют уже не два человека — руководитель и сотрудник, а много сотрудников. Во-вторых, большая часть взаимодействий происходит без участия руководителя. Наконец, в рассматриваемом коллективе все сотрудники участвуют в решении одной задачи, все они имеют право претендовать на приоритет. В коллективе же с архитектурой С приоритетные вопросы могут возникнуть только между руководителем и одним из сотрудников.

Из сказанного ясно, что руководство коллективом с архитектурой К — задача куда более трудная, чем руководство коллективом с архитектурой С и даже $С^2$. Отсюда следует, что справляющийся с порученной работой руководитель коллектива с архитектурой К заслуживает гораздо больше уважения.

Перечислено много трудностей, которые ждут руководителя коллектива с архитектурой К. Однако у такого коллектива есть и "приятные моменты". Главный из них связан с тем, что наибольший корень λ (37) характеристического уравнения, определяющий эффект коллективного творчества, здесь пропорционален числу членов коллектива n, а не $\sqrt{n}$, как это было в коллективе с архитектурой С (см. разд. 3). Второй момент, на который хочется обратить внимание, — что наибольший корень λ из (37) менее чувствителен к параметрам $k_{1,1}$ и $k_{2,2}$. Здесь большую роль играют коэффициенты $k_{1,2}$, $k_{2,1}$ и $k_{2,3}$. Это означает, что руководителю коллектива с архитектурой К следует уделять организации общения между сотрудниками больше времени, чем руководителю коллектива с архитектурой С.

Наконец, надо отметить, что в коллективе с архитектурой К все сотрудники работают, как один человек, обладающий полным объемом знаний и коллективной скоростью пополнения этих знаний. В частности, в тех случаях, когда не хватает возможностей самого талантливого члена коллектива, делу может помочь коллективный разум. Обычно такой "мозговой штурм" применяется при поисках решения очень трудных вопросов.

6. Конфликтные ситуации в коллективе с архитектурой С

В реальной жизни нет таких коллективов, внутри которых не возникают, хотя бы временно, острые проблемы в межличностном общении. Как правило, возникающие противоречия успешно разрешаются опытным и умелым руководством и являются источником развития коллектива. Однако иногда тот или иной руководитель не находит правильных средств для своевременного преодоления противоречий и тем самым способствует рождению конфликтных ситуаций, которые могут даже поставить под угрозу существование коллектива.

В этом разделе в рамках модели коллектива с архитектурой С рассматриваются два примера нарушений нормального творческого обмена знаниями в таком коллективе и оценивается влияние этих нарушений на величину эффекта коллективного творчества (скорость роста квалификации членов коллектива).

Для большей наглядности получаемых формул и смысла конечных результатов будем предполагать, что в "здоровом" коллективе параметры всех сотрудников, включая руководителя, одинаковы и равны

$$k_{i,i} = \alpha, \quad k_{1,i} = \beta, \quad k_{i,1} = \beta, \quad i = \overline{1,n}. \tag{38}$$

Пример 1. Пусть несколько сотрудников по каким-то причинам перестали сообщать руководителю получаемые ими результаты. Руководитель же, несмотря на это, продолжает делиться с указанными сотрудниками своими знаниями так же, как и с другими членами коллектива. Схема информационных потоков, имеющая место в данном случае, приведена на рис. 4, *а*.

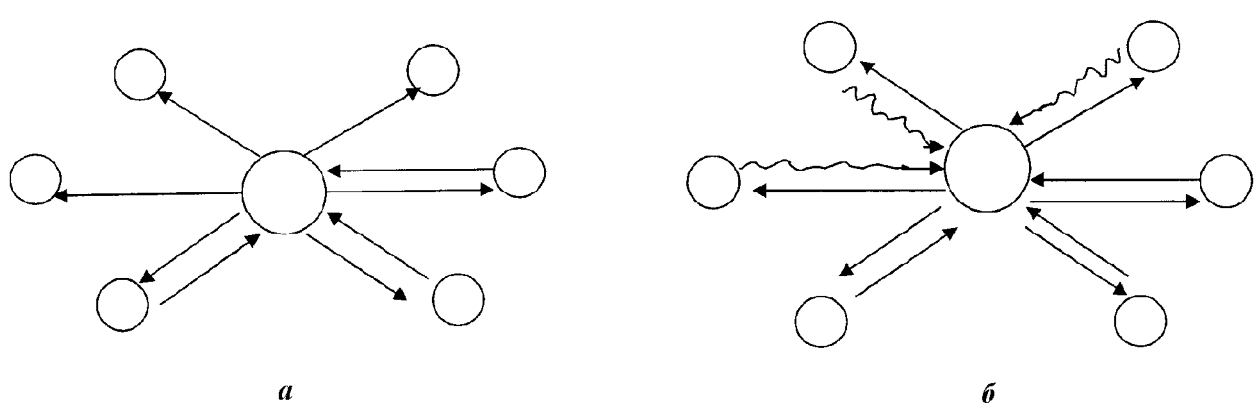


Рис. 4. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой С при конфликтных ситуациях: *а* — пример 1; *б* — пример 2

Этот случай реализуется обращением в нуль соответствующих коэффициентов $k_{1,i}$. Если номера сотрудников, не сообщающих информацию руководителю, обозначить через $i = m+1, m+2, \ldots, m+\ell$ $(m + \ell = n)$, то матрица информационных потоков примет вид

$$A = \frac{1}{2}\begin{array}{c}\begin{array}{cc}\overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}^{m} & \overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}^{\ell}\end{array}\\ \begin{pmatrix}
\alpha & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \alpha & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & \alpha & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & 0 & 0 & \cdots & \alpha & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & \alpha & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \alpha & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \alpha & \cdots & 0 & 0 & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \alpha & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \alpha & 0\\
\beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \alpha
\end{pmatrix}\end{array}
\begin{array}{l}\\ \left.\begin{array}{c}\\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array}\right\}m\\ \left.\begin{array}{c}\\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array}\right\}\ell\end{array}.$$

Легко видеть, что наибольший корень соответствующего матрице A характеристического уравнения равен

$$\lambda_1 = \frac{\alpha + \sqrt{m-1}\,\beta}{2}. \tag{39}$$

По скорости накопления знаний такой коллектив оказывается эквивалентным коллективу, состоящему из m сотрудников, но с нормальными творческими отношениями. Таким образом, переставшие делиться своими знаниями сотрудники уменьшили величину эффекта коллективного творчества. Безусловно, такие сотрудники в известном смысле перестали приносить пользу. Однако они продолжают участвовать в научном поиске и, по-видимому, у руководителя нет оснований для применения крайних мер воздействия, ему следует постараться восстановить их доверие.

Так как подкоренное выражение (25) содержит произведения $k_{1,i}k_{i,1}$, то аналогичная картина получится при обращении в нуль $k_{i,1}$, вместо $k_{1,i}$. То есть если руководитель перестанет передавать некоторым сотрудникам новую информацию, то коллектив также понесет потери.

Пример 2. Рассмотрим случай, когда в одном коллективе работают сотрудники, придерживающиеся двух различных, взаимоисключающих, мнений. Будем считать, что одно из этих мнений положительное, другое — отрицательное. Пусть сотрудники с номерами $i = 2, 3, \ldots, m$ передают руководителю положительные знания, при этом $k_{1,i} = k_{1,2} > 0$ $(i = 3, \ldots, m)$, а сотрудники с номерами $i = m+1, m+2, \ldots, m+\ell$ сообщают руководителю отрицательную информацию, при которой $k_{1,i} = k_{1,m+1} < 0$ $(i = m+2, \ldots, m+\ell)$. График потоков информации, соответствующий этому случаю, представлен на рис. 4, *б*, где волнистыми стрелками изображены потоки отрицательной информации.

С учетом обозначений (38) матрица информационных потоков принимает вид

$$A=\frac{1}{2}\begin{array}{c}\begin{array}{cc}\overbrace{\hphantom{\alpha\quad\beta\quad\beta\quad\ldots\quad\beta\quad\beta}}^{m} & \overbrace{\hphantom{-\beta\quad-\beta\quad\ldots\quad-\beta\quad-\beta\quad-\beta}}^{\ell}\end{array}\\ \left(\begin{array}{cccccccccccc}
\alpha & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \alpha & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & \alpha & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & 0 & 0 & \ldots & \alpha & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & \alpha & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & \alpha & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & \alpha & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & \alpha & 0 & 0\\
\beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & \alpha & 0\\
\beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & \alpha
\end{array}\right)\end{array}\begin{array}{l}\left.\vphantom{\begin{array}{c}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\}m\\ \left.\vphantom{\begin{array}{c}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\}\ell\end{array}, \tag{40}$$

а соответствующий наибольший характеристический корень оказывается равным

$$\lambda_1=\frac{\alpha+\beta\sqrt{n-2\ell-1}}{2}.$$

Отсюда видно, что сообщающие отрицательную информацию сотрудники не просто исключают себя из коллективной работы, а значительно снижают величину эффекта коллективного творчества, гораздо сильнее, чем это было в примере 1. В частности, если заблуждается половина сотрудников, то эффект коллективного творчества сводится к нулю.

Интересно также отметить, что при $\ell > \dfrac{n-1}{2}$ у характеристических корней λ_1 и λ_2 появляются мнимые части и соответствующее им решение перестает быть монотонным, в нем появляются периодические составляющие. Особенно сильно это влияние, когда заблуждается руководитель, т. е. вместо матрицы A (40) имеем матрицу A^T. В этом случае $2\lambda_{1,2}=\alpha+\beta\sqrt{1-n}$. Если такая ситуация сохраняется достаточно долго, то, как нетрудно видеть, решение может выйти в отрицательную область. Очевидна альтернатива: либо сотрудники не пожелают работать в коллективе, где скорость прироста знаний ниже, чем при индивидуальной работе, и тогда, скорее всего, коллектив перестанет существовать, либо руководители более высокого ранга успеют поправить руководителя рассматриваемого коллектива или отстранят его от работы. Обе ситуации делают положение руководителя незавидным.

Напрашивается следующий вывод: правильный стиль руководства состоит в том, что, как только руководитель заметит свою ошибку, он должен немедленно сообщить об этом каждому из своих сотрудников и отдать распоряжение об отмене своих более ранних неправильных указаний. Это требуется для того, чтобы успеть задержать выход коллективных знаний в отрицательную область. Ведь прежде чем руководитель ошибся, коллектив успел приобрести некоторый багаж знаний, который будет быстро уменьшаться вследствие ошибки руководителя. Если руководитель достаточно быстро обнаружит свою ошибку и отменит ошибочные указания, то коллективные знания сильно не пострадают. Если же руководитель будет "воевать за честь мундира" или окажется неспособным своевременно заметить свою ошибку, то и напряженно работающий коллектив может прийти к нулевым знаниям.

7. Конфликтные ситуации в коллективе с архитектурой К

В коллективе с архитектурой К количество информационных связей заметно возрастает по сравнению с коллективом с архитектурой С. Одно это уже может породить гораздо большее число конфликтных ситуаций, отрицательно влияющих на жизнь коллектива. Отношение к различным факторам, нарушающим здоровый нравственно-психологический климат в рассматриваемом коллективе, острее, чем в коллективе с архитектурой С.

Для упрощения получающихся формул снова будем предполагать, что все сотрудники имеют одинаковые параметры знаний. Последнее обстоятельство к тому же значительно облегчает понимание конечных результатов.

Пример 3. Рассмотрим коллектив, в котором часть сотрудников (их номера $i = m+1, m+ +2, \ldots, m+\ell$) перестала общаться между собой и с другими членами коллектива, включая руководителя. Такие отношения между сотрудниками можно характеризовать как безразличные, равнодушные конфликтные отношения. График информационных потоков для такого коллектива при $m = 3$ и $\ell = 2$ изображен на рис. 5, *а*.

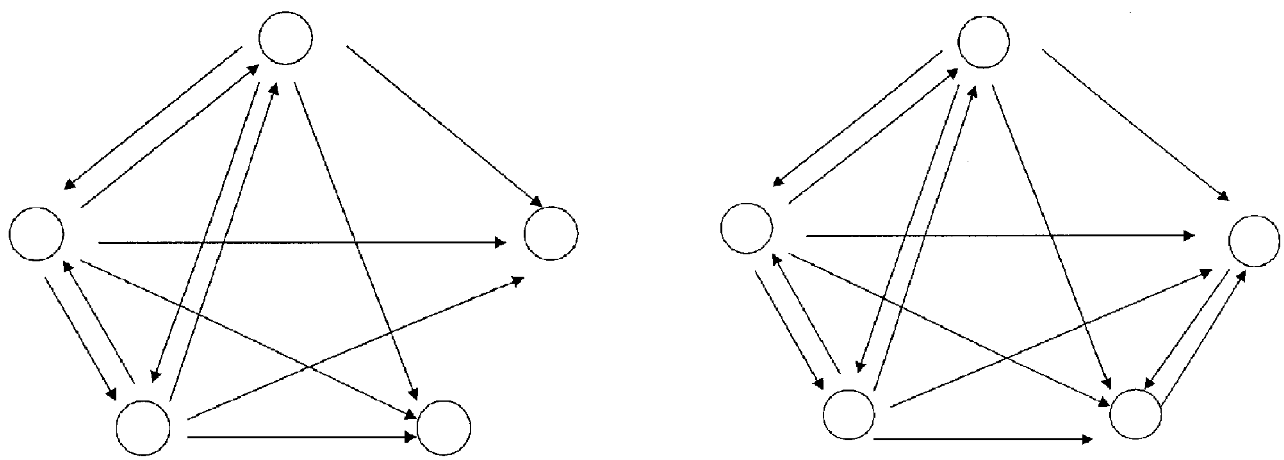
Матрица информационных потоков в рассматриваемом случае с учетом обозначений (38) имеет вид

$$
A=\frac{1}{2}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cc}
\overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}^{m} & \overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}^{\ell}
\end{array}\\
\left(\begin{array}{cccccccccccc}
\alpha & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \alpha & \beta & \ldots & \beta & \beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \beta & \alpha & \ldots & \beta & \beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \alpha & \beta & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \alpha & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \alpha & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & 0 & \alpha & \cdots & 0 & 0 & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & 0 & 0 & \cdots & \alpha & 0 & 0\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & \alpha & 0\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \alpha
\end{array}\right)
\end{array}
\begin{array}{l}
\\
\left.\vphantom{\begin{array}{c}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\}m\\
\left.\vphantom{\begin{array}{c}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\}\ell
\end{array}.
$$

Из (37) следует, что при этом наибольший корень характеристического уравнения равен

$$
\lambda_1 = \frac{\alpha + \beta\,(n - \ell - 1)}{2}. \tag{41}
$$

Остальные же корни принимают значения $\dfrac{\alpha-\beta}{2}$ и $\alpha-\beta$. Сравнивая полученное λ_1 с λ_1 для здорового коллектива (37), видим, что произошло простое уменьшение величины эффекта коллективного творчества. Других отрицательных последствий нет.



а *б*

Рис. 5. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой К при конфликтных ситуациях: *а* — пример 3; *б* — пример 4

Пример 4. Рассмотрим коллектив, в котором часть сотрудников организовала фракцию и перестала делиться своими знаниями с другими сотрудниками, не входящими в их группу. Эти отношения можно охарактеризовать как недружелюбные конфликтные отношения. Отметим, что фракционеры обычно сохраняют хорошие творческие отношения между собой. График архитектуры такого коллектива для $n = 5$ ($m = 3$, $\ell = 2$) приведен на рис. 5, *б*.

Матрица информационных потоков в рассматриваемом случае имеет вид

$$A = \frac{1}{2}\begin{array}{c}
\qquad\overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}^{m}\ \overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}^{\ell}\\
\begin{pmatrix}
\alpha & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \alpha & \beta & \dots & \beta & \beta & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \beta & \alpha & \dots & \beta & \beta & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \dots & \alpha & \beta & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \alpha & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0\\
\beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \alpha & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta\\
\beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \alpha & \dots & \beta & \beta & \beta\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \dots & \alpha & \beta & \beta\\
\beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \alpha & \beta\\
\beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \alpha
\end{pmatrix}
\end{array}
\begin{array}{l}
\left.\vphantom{\begin{matrix}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{matrix}}\right\}m\\
\left.\vphantom{\begin{matrix}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{matrix}}\right\}\ell
\end{array}.$$

Нетрудно проверить, что наибольшим корнем соответствующего характеристического уравнения будет одно из двух чисел:

$$\lambda_1 = \begin{cases} \dfrac{\alpha + \beta\,(n-\ell-1)}{2}, & \text{если} \quad \ell \le \dfrac{n}{2}; \\ \dfrac{\alpha + \beta\,(\ell - 1)}{2}, & \text{если} \quad \ell > \dfrac{n}{2}. \end{cases}$$

В том и другом случаях налицо потери в величине эффекта коллективного творчества по сравнению с коллективом, в котором налажены нормальные творческие отношения.

Пример 5. Теперь предположим, что некоторые сотрудники коллектива перестали разговаривать между собой, но поддерживают нормальные творческие отношения с другими членами коллектива. Этот случай является в некотором смысле обратным к только что рассмотренному. График архитектуры такого коллектива при $m = 3$ и $\ell = 2$ приведен на рис. 6, *а*.

Матрица информационных потоков для этого коллектива имеет вид

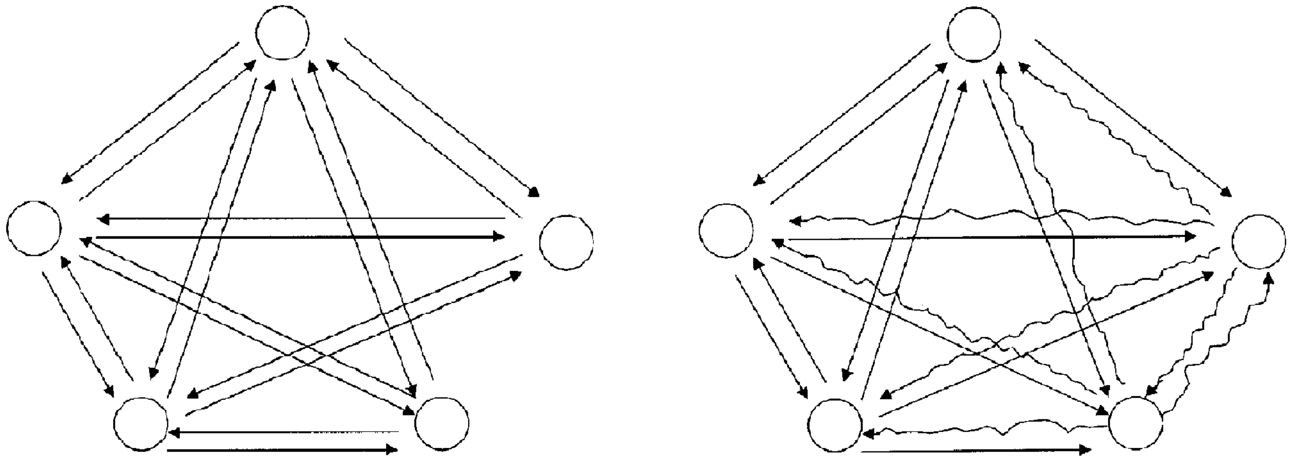
$$A = \frac{1}{2}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} \overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\quad}^{m} & \overbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad\quad}^{\ell} \end{array} \\ \begin{pmatrix} \alpha & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \alpha & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \beta & \alpha & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \beta & \beta & \beta & \dots & \alpha & \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \alpha & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \alpha & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & 0 & \alpha & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & 0 & 0 & \dots & \alpha & 0 & 0 \\ \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha & 0 \\ \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \alpha \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{l} \left.\vphantom{\begin{matrix} a \\ a \\ a \\ \vdots \\ a \\ a \end{matrix}}\right\} m \\ \left.\vphantom{\begin{matrix} a \\ a \\ \vdots \\ a \\ a \\ a \end{matrix}}\right\} \ell \end{array}.$$

Корни характеристического уравнения этой матрицы определяются равенствами

$$\begin{aligned} &2\lambda_{1,2} = \alpha + \frac{\beta}{2}\,(n-\ell-1) \pm \sqrt{(n-\ell-1)^2 + 4\,(n-1)}\,\beta; \\ &2\lambda_{m+1} = \alpha + \beta; \\ &2\lambda_{m+2,\dots,n} = \alpha. \end{aligned}$$

Сравнивая полученные λ с (41) для примера 3, видим, что теперь потери в значении наибольшего корня уменьшились. Это показывает, что руководителю следует стараться сохранить в коллективе наибольшее число нормально функционирующих информационных связей.

В последующих примерах будут рассмотрены более "тяжелые" формы коллективных "болезней", когда часть сотрудников не только замалчивает информацию, но вместо положительной информации распространяет отрицательную.



а ***б***

Рис. 6. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой К при конфликтных ситуациях: *а* — пример 5; *б* — пример 6

Пример 6. Сначала рассмотрим ситуацию, когда каждый из сотрудников с номерами $i = m+1, m+$ $+2, \ldots, m+\ell$ всем своим коллегам сообщает отрицательную информацию, т. е. дезинформирует их. Соответствующий график потоков информации изображен на рис. 6, *б* ($m = 3$, $\ell = 2$).

Матрица информационных потоков в этом случае имеет вид

$$A=\frac{1}{2}\begin{array}{c}\begin{array}{cc}\overbrace{\hphantom{\alpha\quad\beta\quad\beta\quad\ldots\quad\beta\quad\beta}}^{m} & \overbrace{\hphantom{-\beta\quad-\beta\quad\ldots\quad-\beta\quad-\beta\quad-\beta}}^{\ell}\end{array}\\ \left(\begin{array}{cccccccccccc}
\alpha & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \alpha & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \alpha & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \alpha & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \alpha & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \alpha & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & \alpha & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & \alpha & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & \alpha & -\beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & \alpha
\end{array}\right)\end{array}
\begin{array}{l}\left.\vphantom{\begin{array}{c}\beta\\ \beta\\ \beta\\ \vdots\\ \beta\\ \beta\end{array}}\right\}m\\ \left.\vphantom{\begin{array}{c}\beta\\ \beta\\ \vdots\\ \beta\\ \beta\\ \beta\end{array}}\right\}\ell\end{array}.$$

С помощью прямых выкладок убеждаемся, что корни характеристического уравнения для этой матрицы определяются равенствами

$$2\lambda_{1,2} = \alpha + \frac{\beta}{2}\left[(m-1) \pm \sqrt{(m-\ell)^2 - 4\,(n-1)}\right];$$

$$2\lambda_{3,\dots,n} = \alpha \pm \beta.$$

Сравнивая полученный наибольший корень λ с аналогичным корнем (41) из примера 3, когда такое же количество сотрудников держало свою информацию в секрете, видим, что урон, приносимый коллективу в рассматриваемом случае, заметно больше: как и в примере 2 (разд. 6), возможен выход на комплексные корни. Это случится, если подкоренное выражение станет отрицательным, т. е. окажется выполненным неравенство

$$\frac{\ell}{n} > \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{n-1}}{n}.$$

Рассмотрим последнее неравенство более подробно. Составим для различных n таблицу наименьших целых ℓ, при которых данное неравенство выполняется. Выпишем наименьшие значения ℓ, при которых уже появляются комплексные корни или, что то же самое, наименьшую численность оппозиции, которая способна разрушить коллектив.

Зависимость наименьших целых ℓ от n

n	ℓ	$\frac{\ell}{n}$	n	ℓ	$\frac{\ell}{n}$
2	1	0,5	10	2	0,20
3	1	0,33	15	4	0,27
4	1	0,25	20	6	0,30
5	1	0,20	30	10	0,33
6	1	0,18	40	14	0,35
7	2	0,29	50	18	0,36
8	2	0,25	100	41	0,41
9	2	0,22	200	86	0,43

Из таблицы видно, что в малочисленном коллективе ($n \leq 6$) появление даже одного человека, занимающегося дезинформацией, приводит к комплексным корням. При большом же числе сотрудников даже относительно большое число дезинформаторов не опасно для самого существования коллектива, лишь бы каждый из них вводил в заблуждение всех сотрудников, в том числе и тех, кто сам распространяет отрицательную информацию. Однако при этом скорость накопления коллективных знаний, конечно, уменьшится и, может быть, очень сильно. По-видимому, описываемая ситуация отражает известный принцип "разделяй и властвуй", когда сотрудники перессорились между собой и заняты только тем, чтобы ввести в заблуждение друг друга. Правда, при этом эффективность коллективной работы оказывается низкой.

Следствием полученной зависимости наибольшего характеристического корня от n и ℓ является тот факт, что малочисленный коллектив, если он существует достаточно долго, должен быть дружным, состоять из единомышленников и, следовательно, работать с высшей эффективностью. В противном случае у характеристического уравнения появляются комплексные корни и решение оказывается периодическим. В связи с этим в некоторые моменты времени полный объем знаний коллектива будет менять знак. Такой коллектив, скорее всего, должен распасться.

Пример 7. Пусть матрица информационных потоков коллектива имеет вид

$$A=\frac{1}{2}\begin{array}{c}
\overbrace{\hphantom{\alpha\quad\beta\quad\beta\quad\ldots\quad\beta\quad\beta}}^{m}\quad\overbrace{\hphantom{-\beta\quad-\beta\quad\ldots\quad-\beta\quad-\beta\quad-\beta}}^{\ell}\\
\begin{pmatrix}
\alpha & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \alpha & \beta & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \alpha & \ldots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \alpha & \beta & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \alpha & -\beta & -\beta & \ldots & -\beta & -\beta & -\beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \alpha & \beta & \ldots & \beta & \beta & \beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \beta & \alpha & \ldots & \beta & \beta & \beta\\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \beta & \beta & \ldots & \alpha & \beta & \beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \alpha & \beta\\
\beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \beta & \beta & \ldots & \beta & \beta & \alpha
\end{pmatrix}
\end{array}
\begin{array}{l}
\left.\vphantom{\begin{array}{c}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\}m\\
\left.\vphantom{\begin{array}{c}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\}\ell
\end{array}.$$

Соответствующий график потоков информации при $m = 3$ и $\ell = 2$ приведен на рис. 7, *а*.

В отличие от примера 4 в настоящем примере рассматривается фракция, которая распространяет отрицательную информацию среди остальных сотрудников коллектива. Наибольший корень характеристического уравнения в этом случае определяется равенством

$$2\lambda_1 = \alpha + \frac{\beta}{2}\left(n - 2 + \sqrt{n^2 - 8n\ell}\right).$$

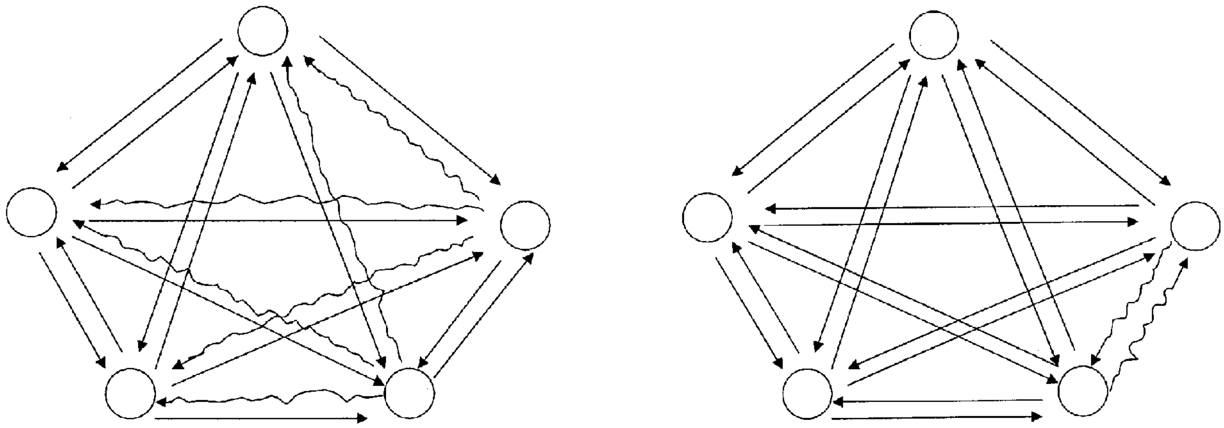
Подкоренное выражение становится отрицательным, если будет выполнено одно из неравенств

$$0{,}85355 = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{4} > \frac{\ell}{n} > \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4} = 0{,}14645. \tag{42}$$

Таким образом, если фракция достаточно мала $\left(\dfrac{1}{n} < \dfrac{1}{2} - \dfrac{\sqrt{2}}{4}\right)$, то она просто снижает эффект коллективного творчества. Аналогичная картина складывается, когда численность фракции становится очень большой, приближается к численности всего коллектива $\left(\dfrac{1}{n} > \dfrac{1}{2} + \dfrac{\sqrt{2}}{4}\right)$, и ее точка зрения становится доминирующей.

При промежуточных же значениях численности фракции, удовлетворяющих неравенствам (42), появляются комплексные корни, и в этом случае появляется периодическое решение. Это значит, что не может быть монотонного накопления коллективных знаний, они становятся то положительными, то отрицательными. Легко видеть, что это наиболее опасный случай "заболевания" коллектива, так как он возможен уже при 15 % организованной оппозиции. По-видимому, есть все основания ожидать, что такой коллектив со временем должен прекратить свое существование.

Как и в примере 6, напрашивается вывод, что малочисленный коллектив ($n \leq 6$) должен состоять только из единомышленников, появление хотя бы одного фракционера делает корни характеристического уравнения комплексными.



а *б*

Рис. 7. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой К при конфликтных ситуациях: *а* — пример 7; *б* — пример 8

В этом случае для сохранения коллектива руководителю следует постараться максимально уменьшить численность организованной оппозиции или хотя бы расколоть ее на несколько противоборствующих друг с другом частей, т. е. приблизить архитектуру коллектива к архитектуре, описанной в следующем примере.

Пример 8. В качестве последнего примера рассмотрим коллектив, в котором часть сотрудников сообщает друг другу отрицательную информацию, а остальным членам коллектива — нормальную, положительную. В отличие от предыдущего примера фракционеры вводят друг друга в заблуждение и вполне лояльно относятся к другим членам коллектива. График информационных потоков при $m = 3$ и $\ell = 2$ приведен на рис. 7, *б*.

Матрица информационных потоков в этом случае принимает вид

$$A = \frac{1}{2}\begin{array}{c} \overbrace{\hphantom{\alpha\quad\beta\quad\beta\quad\cdots\quad\beta\quad\beta}}^{m}\quad\overbrace{\hphantom{\beta\quad\beta\quad\cdots\quad\beta\quad\beta\quad\beta}}^{\ell} \\ \begin{pmatrix} \alpha & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \alpha & \beta & \dots & \beta & \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \beta & \alpha & \cdots & \beta & \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & \beta \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \beta & \beta & \beta & \cdots & \alpha & \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \alpha & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & \beta \\ \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & \alpha & -\beta & \cdots & -\beta & -\beta & -\beta \\ \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & -\beta & \alpha & \cdots & -\beta & -\beta & -\beta \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \cdots & \alpha & -\beta & -\beta \\ \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \cdots & -\beta & \alpha & -\beta \\ \beta & \beta & \beta & \cdots & \beta & \beta & -\beta & -\beta & \cdots & -\beta & -\beta & \alpha \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{l} \left.\vphantom{\begin{matrix}a\\a\\a\\a\\a\\a\end{matrix}}\right\} m \\ \left.\vphantom{\begin{matrix}a\\a\\a\\a\\a\\a\end{matrix}}\right\} \ell \end{array} . \qquad (43)$$

Наибольшим характеристическим корнем матрицы (43) является число

$$\lambda_1 = \frac{\alpha + \beta\,(m-1)}{2},$$

которое показывает, что вводящие в заблуждение друг друга фракционеры не могут нанести коллективу более существенный урон, чем снижение эффекта коллективного творчества.

8. Конфликтные ситуации в коллективе с архитектурой C^2

В коллективе с архитектурой C^2 работают три типа сотрудников, каждый из которых по-своему взаимодействует с коллегами. Это обстоятельство накладывает свои особенности при оценке эффекта коллективного творчества. Не будем подробно рассматривать все возможные ситуации, рассмотрим только некоторые, в каком-то смысле наиболее легко оцениваемые.

Сначала отметим, что в коллективе с архитектурой C^2 в зависимости от его параметров могут реализоваться все конфликтные ситуации, характерные для коллектива с архитектурой С. Их рассматривать не будем. Попробуем в пределах возможного рассмотреть новые ситуации, характерные для архитектуры C^2.

Для простоты и краткости оценок будем считать, что имеют место следующие соотношения: $\rho = \gamma$, $\delta^2 = \beta^2$, $\varepsilon^2 = \nu^2$ (см. разд. 4). При этом из (31), (32) видно, что наибольшим корнем уравнений (30) при положительных коэффициентах будет

$$\lambda_4 = \frac{\alpha + \gamma + \sqrt{(\alpha-\gamma)^2 + 4\,(m-1)\,\beta\delta + 4(n-1)\varepsilon\nu}}{4}. \tag{44}$$

Отсюда следует, что при $\beta^2 = 0$ или $\varepsilon^2 = 0$ коллектив с архитектурой C^2 соответственно превращается либо в нормальный коллектив из n сотрудников с архитектурой С, либо в такой же коллектив с конфликтными ситуациями с m "бесконфликтными" сотрудниками (см. разд. 6).

Если $\beta\varepsilon \neq 0$, то возможна реализация некоторых интересных случаев.

Пусть коэффициенты α, β, γ, δ, ε, ν таковы, что подкоренное выражение в уравнении (44) обращается в нуль, тогда поведение решения будет определяться наибольшим по модулю корнем из λ_1, λ_2 и λ_3 (31).

Если наибольшим является $\lambda_1 = \gamma/2$, то скорость роста квалификации коллектива окажется равной скорости роста квалификации индивидуально работающих рядовых сотрудников, никакого эффекта коллективного творчества наблюдаться не будет. Однако существуют случаи, когда такие коллективы имеют право на существование. Один из случаев — когда перед коллективом поставлено очень много задач (например больше, чем полная численность коллектива) и каждый результат надо получить максимально быстро. Другой такой случай — когда коллектив занят решением очень секретных задач и сотрудникам запрещено обсуждать с коллегами свои подходы к решению.

Если наибольшими по абсолютной величине окажутся корни λ_2 или λ_3, реализуется один из конфликтов, описанных в разд. 6.

Наконец, рассмотрим случай, когда подкоренное выражение в (44) отлично от нуля. Если оно положительно, то может существовать монотонное решение, несмотря на то, что подкоренное выражение у λ_2 и λ_3 будет иметь отрицательный знак.

Монотонного решения при $t > \infty$ не будет, если подкоренное выражение в (44) будет отрицательно.

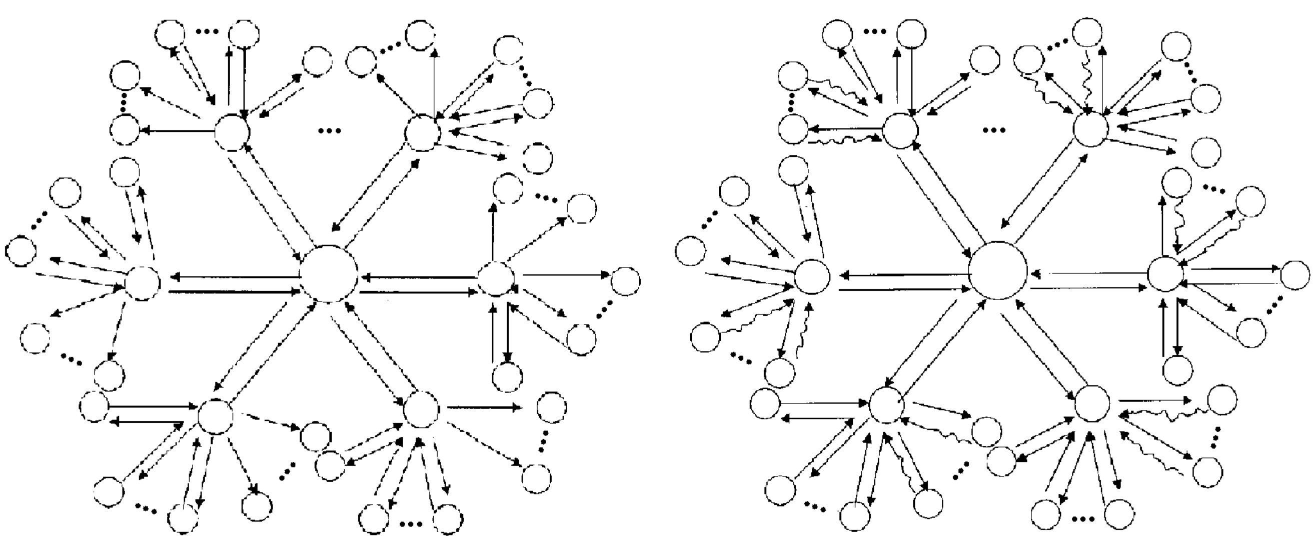
Рассмотрим еще несколько примеров конфликтных ситуаций в коллективе с архитектурой C^2.

Пример 9. Пусть во всех первичных коллективах часть сотрудников с номерами $\ell+1$, $\ell+2$, ..., m перестала докладывать своим руководителям о полученных ими достижениях. Таким образом, каждый такой первичный коллектив является аналогом коллектива с архитектурой С из примера 1. Для простоты вычислений будем считать, что во всех первичных коллективах в конфликт вошло одинаковое количество сотрудников. На рис. 8, *а* приведена схема потоков информации для рассматриваемого коллектива.

Матрица информационных потоков в данном случае имеет вид

$$A=\frac{1}{2}\left(\begin{array}{c|ccccccc|ccccccc|c|ccccccc}
\rho & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \varepsilon & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\nu & \alpha & \beta & \dots & \beta & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & \delta & \gamma & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & \delta & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & \gamma & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\nu & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \alpha & \beta & \dots & \beta & 0 & \cdots & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & \gamma & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & \gamma & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hline
\nu & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \dots & \alpha & \beta & \dots & \beta & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \dots & \delta & \gamma & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \dots & \delta & 0 & \dots & 0 & 0 & \cdots & \gamma
\end{array}\right). \qquad (45)$$

В примере 1 показано, что в первичном коллективе, состоящем из m сотрудников, среди которых лояльность руководителю сохранили только ℓ сотрудников, а остальные $m-\ell$ перестали с ним взаимодействовать, скорость накопления знаний эквивалентна скорости накопления знаний нормального



а *б*

Рис. 8. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой C^2 при конфликтных ситуациях: *а* — пример 9; *б* — пример 10 коллектива из ℓ сотрудников. Следовательно, можно считать, что имеется $n-1$ первичных коллективов по ℓ сотрудников в каждом. Наибольшим корнем характеристического уравнения при $\varepsilon\nu > 0$ в этом случае будет корень

$$\lambda = \frac{\alpha+\gamma+\sqrt{(\alpha-\gamma)^2+4(\ell-1)\delta\beta+4(n-1)\varepsilon\nu}}{4}.$$

Именно с такой скоростью рассматриваемый коллектив будет накапливать знания при $t \to \infty$.

Такое же характеристическое уравнение, как для матрицы (45), будет иметь место и в том случае, когда не сотрудники первичных коллективов перестали взаимодействовать со своими руководителями, а наоборот, руководители перестали взаимодействовать со своими сотрудниками.

Пример 10. Теперь рассмотрим случай, когда ℓ сотрудников в каждом первичном коллективе стали снабжать своего руководителя отрицательной информацией. Схема информационных потоков для этого случая представлена на рис. 8, *б*.

Первичным коллективом, входящим в коллектив с архитектурой C^2, изображенной на рис. 8, *б* вполне можно считать коллектив из примера 2.

Матрица информационных потоков в этом случае принимает вид

$$A = \frac{1}{2}\left(\begin{array}{c|ccccccc|ccccccc|c|ccccccc}
\rho & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\hline
\nu & \alpha & \beta & \cdots & \beta & -\beta & \cdots & -\beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & \delta & \gamma & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & \delta & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & \gamma & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\hline
\nu & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \alpha & \beta & \cdots & \beta & -\beta & \cdots & -\beta & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & \gamma & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & \gamma & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\hline
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
\hline
\nu & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \alpha & \beta & \cdots & \beta & -\beta & \cdots & -\beta \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \delta & \gamma & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \delta & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & \gamma
\end{array}\right).$$

Наибольшим корнем характеристического уравнения может быть

$$\lambda = \frac{\alpha+\gamma+\sqrt{(\alpha-\gamma)^2+4\,(m-2\ell-1)\,\delta\beta+4(n-1)\nu\varepsilon}}{4}.$$

При больших ℓ второе слагаемое подкоренного выражения вполне может стать отрицательным, однако отсюда никак не следует, что λ станет комплексным числом. Во-первых, здесь есть заведомо положительное первое слагаемое, и, во-вторых, последнее слагаемое тоже может быть положительным. Здесь оказываются существенными значения ε и ν.

Пример 11. Пусть в коллективе с архитектурой С^2 несколько руководителей первичных коллективов перестали взаимодействовать с руководителем всего большого коллектива. Пусть номера таких первичных коллективов $L+1,\ L+2,\ \ldots,\ n-1$. Остальные руководители сохранили лояльность к руководителю всего коллектива. Схема информационных потоков для описываемого случая изображена на рис. 9, *а*.

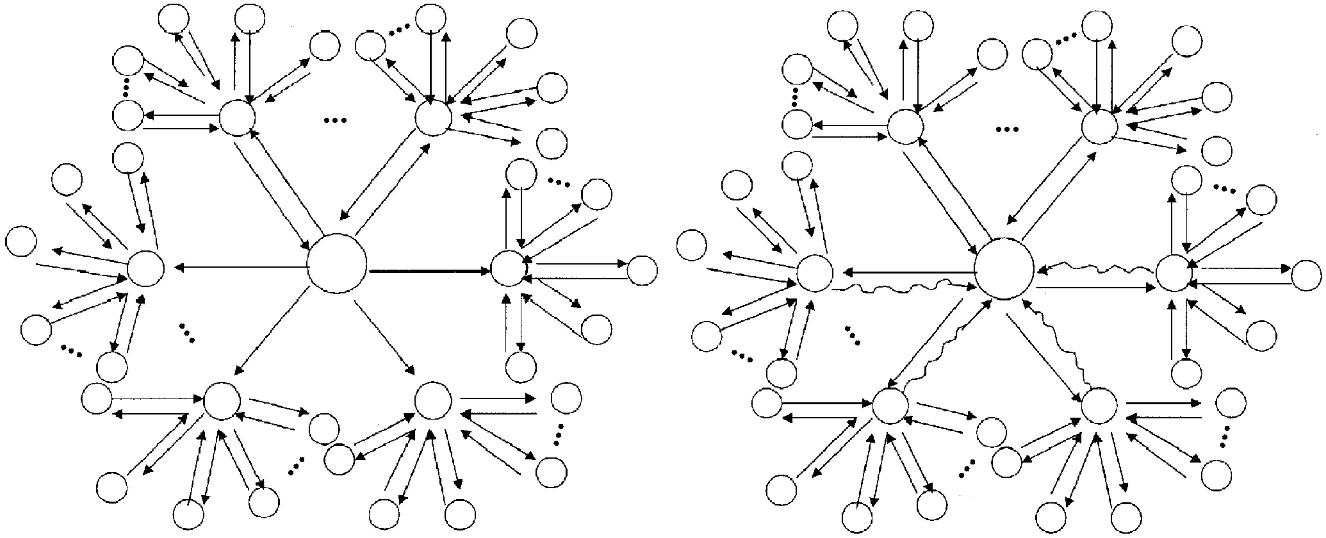
Соответствующая матрица информационных потоков:

$$A=\frac{1}{2}\left(\begin{array}{c|cccc|cccc|c|cccc|cccc|c|cccc}
\rho & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \varepsilon & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\nu & \alpha & \beta & \cdots & \beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & \delta & \gamma & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & \delta & 0 & \cdots & \gamma & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\nu & 0 & 0 & \cdots & 0 & \alpha & \beta & \cdots & \beta & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & \gamma & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & 0 & \cdots & \gamma & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \ldots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hline
\nu & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \alpha & \beta & \cdots & \beta & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \delta & \gamma & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \ldots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \delta & 0 & \cdots & \gamma & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\nu & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \alpha & \beta & \cdots & \beta & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & \gamma & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \ldots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & \delta & 0 & \cdots & \gamma & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \hline
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hline
\nu & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \alpha & \beta & \cdots & \beta \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \delta & \gamma & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & \delta & 0 & \cdots & \gamma
\end{array}\right). \tag{46}$$

Из структуры матрицы (46) видно, что никакая информация от сотрудников первичных коллективов с номерами $L+1, L+2, \ldots, n-1$ до руководителя всего коллектива не доходит, т. е. здесь сложилась ситуация, когда $n-1-L$ человек заблокировали всю работу $(n-1-L)m$ сотрудников.

Выражение для наибольшего корня характеристического уравнения принимает вид

$$\lambda=\frac{\alpha+\gamma+\sqrt{(\alpha-\gamma)^2+4m\delta\beta+4\,(n-1-L)\,\varepsilon\nu}}{4}.$$



а *б*

Рис. 9. Схема информационных потоков в коллективе с архитектурой C^2 при конфликтных ситуациях: *а* — пример 11; *б* — пример 12

Из последнего уравнения видно, что весь коллектив несет потери от поведения $n-1-L$ руководителей первичных коллективов. Но эти потери не фатальны, они только приведут к уменьшению скорости накопления знаний коллективом.

Пример 12. Перейдем к рассмотрению последнего примера, когда руководители первичных коллективов с номерами $L+1,\ L+2,\ \ldots,\ n-1$ стали искажать информацию, полученную от своих сотрудников, а именно из положительной делать отрицательную. Схема информационных потоков приведена на рис. 9, *б*.

Представляющий интерес корень характеристического уравнения в данном случае принимает вид

$$\lambda = \frac{\alpha+\gamma+\sqrt{(\alpha-\gamma)^2+4\,(m-1)\,\delta\beta+4\,(n-2L-1)\,\varepsilon\nu}}{4}. \tag{47}$$

Ущерб, который несет коллектив, при этом существенно больше, чем в предыдущем примере. Вполне возможна ситуация, когда подкоренное выражение в (47) может стать отрицательным. Тогда, конечно, решение не будет монотонным и его действительная часть будет изменять знак при $t \to \infty$. Правда, и здесь есть некоторый "запас прочности" коллектива. Он состоит в том, что с ростом L сначала отрицательным станет последнее слагаемое подкоренного выражения, но его абсолютная величина будет меньше чем сумма двух первых слагаемых. При этом монотонность решения еще не нарушится, уменьшится только корень λ, т. е. уменьшится скорость накопления коллективных знаний. Только при дальнейшем росте L отрицательным станет все подкоренное выражение.

Заключение

Рассмотрено три наиболее часто встречающиеся архитектуры научных коллективов: С, К и C^2.

Первые две из них используются в сравнительно малочисленных коллективах. Третья же предназначается для коллективов с большим количеством сотрудников, когда один человек уже не может обеспечить эффективное руководство, т. е. когда руководитель либо плохо обеспечивает обмен знаниями между сотрудниками, либо у него не хватает времени для самостоятельной работы. В том и другом случаях потери в виде снижения эффекта коллективного творчества несет весь научный коллектив.

В коллективе с архитектурой К, как и с архитектурой С, не может быть очень много сотрудников. В таком коллективе все сотрудники должны участвовать в обсуждении результатов, полученных каждым из них. Следовательно, на это тратится очень много времени и не хватает времени для самостоятельной работы, что приводит к снижению эффекта коллективного творчества. Кроме того, архитектура К наименее устойчива при появлении оппозиционных мнений и теорий, хотя по скорости накопления коллективных знаний у нее нет конкурентов.

Что касается архитектуры C^2, то, позволяя задействовать большое количество сотрудников, она не может обеспечить очень высокий эффект коллективного творчества. Однако возможность большой численности коллектива делает незаменимой эту архитектуру во многих больших проектах.

В работе рассмотрен вопрос о моделировании работы научного коллектива, однако без больших изменений построенные модели могут быть обобщены и на другие коллективы, в которых имеют место подобные процессы. Для применения рассмотренных моделей существенен не предмет занятий коллектива, а технология его работы и механизм повышения профессионального мастерства каждым членом коллектива.

При сделанных предположениях каждый сотрудник выполняет работу от начала до конца, т. е. речь идет о технологическом процессе без разделения труда. Второе существенное предположение состоит в том, что сотрудник, передавая свои знания коллегам, никак не уменьшает собственный запас знаний. Таким образом в процессе не участвуют никакие материальные предметы его труда, а участвуют такие категории, как информация, опыт, умение, осторожность, уверенность и т. д., т. е. все, что можно назвать квалификацией сотрудника.

С учетом высказанных ограничений большую часть полученных результатов можно перенести на спортивные, политические и другие коллективы. При этом, конечно, придется дополнительно учесть особенности и отличия этих коллективов, однако основные моменты, такие как эффект коллективного творчества, его зависимость от архитектуры и численности коллектива, окажутся справедливыми.

Список литературы

1. *Sofronov I. D.* A model of a Scientist. Problems of the Science of Science. Special issue of the Polish quarterly Lagadnienie Naukoznawstws, 1974.
2. *Степанов В. К.* Дифференциальные уравнения. М., 1959.
3. *Камке Э.* Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Издательство иностранной литературы, 1951.

Статья поступила в редакцию 20.04.04.