

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНЖЕНЕРИИ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

**В.Е. Белоусов, Д.В. Дорофеев, Е.Н. Зенкова**

*Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия*

В данной работе формулируется задача и предлагается метод реконфигурации систем организационного управления на основе синтеза функциональной структуры, оказывающей влияние на облик всей системы, в значительной мере определяющей порядок ее функционирования, объединяющей в единое целое средства технического и математического, программного и информационного обеспечения. **Цель исследования** заключается в необходимости повышения эффективности управления организационными системами на основе комплексной разработки, внедрения и освоения средств автоматизированного управления ее элементами. **Методы исследования.** Для синтеза подобных структур применяются экспертные системы на основе декларативных языков программирования. В качестве инструмента для определения базы знаний об области реструктуризации структуры управления использовано вычисление выражений и язык логики предикатов, то есть математическая логика первого порядка. Тогда задачу реконфигурации иерархической структуры системы управления можно представить двояко. Во-первых, как задачу определения изменений известной рациональной иерархической структуры, обеспечивающих минимальные потери от возникших функциональных отказов. Во-вторых, в качестве задачи создания новой рациональной структуры, которая обеспечивает оптимальное использование ресурсов, используемых в процессе достижения определенных целей в меняющихся условиях. **Результаты.** В результате исследования на основе закона де Моргана определяются факторы, влияющие на состояние системы организационного управления в целом. Необходимый состав решаемых задач по всей иерархической структуре определяется степенью влияния различных факторов на характеристики структуры управления. **Заключение.** Работа полученной экспертной системы заключается в последовательном выполнении или невыполнении правил и переходе из одного состояния в другое. В случае тупиковой ситуации экспертная система выдает сообщение в виде требований альтернативного изменения тех или иных правил (факторов). Новые правила запоминаются. Таким образом, система знаний наращивается.

*Ключевые слова:* задача, знания, модели, правила, система, состояние, ресурс, элементы, эксперты.

### Введение

Одним из главных направлений решения проблемы повышения эффективности управления организационными системами является комплексная разработка, внедрение и освоение средств автоматизированного управления (АСУ) элементами этих систем.

Анализ развития автоматизированных систем организационного управления позволяет сделать вывод о необходимости улучшения оперативных, технических, экономических характеристик АСУ не только за счет повышения технических параметров вычислительных средств и средств связи, но и за счет организационно-технических мероприятий, связанных с совершенствованием структурного построения таких систем [1–3].

### Постановка задачи

Особую актуальность структурной оптимизации придают современные условия деятельности предприятий, организаций, учреждений, органов государственной власти, которые вынуждают проводить реконфигурацию структур организационных систем. Например, в настоящее время

стоит вопрос в основе которого – комплексная реконфигурация структур управления всех структур сложных систем организационного управления. Важнейшие задачи структурной оптимизации связаны с синтезом функциональной структуры АСУ, оказывающей влияние на облик всей системы, в значительной мере определяющей порядок ее функционирования, объединяющей в единое целое средства технического и математического, программного и информационного обеспечения.

Создание организационной и соответствующей функциональной структуры управления – это определение рациональной иерархической структуры управления, которая позволяет организации наилучшим образом применять ресурсы, используемые в процессе достижения определенных целей [4–6].

Значительные трудности возникают при поиске оптимального решения в области структур системы управления, что связано с наличием большого количества формальных факторов, влияющих на качественные и количественные характеристики структур системы управления. Для оценки степени их влияния необходимо в сочетании с традиционными методами использование методов информационной инженерии [7–10].

Важные характеристики многоуровневой иерархической структуры включают вертикальный разбор, приоритет активности и взаимозависимости, которые позволяют преобразовывать вход в выход. Каждый элемент (контрольный орган) выполняет определенную операцию, любой верхний орган ограничивает деятельность нижних заданным алгоритмом образом, а связи между ними обеспечивают эффективную работу системы управления и контроля в целом.

Следует отметить следующее: родитель системы определяет стратегию поведения потомка для достижения общей цели, связанной с более крупными подсистемами и более медленными аспектами поведения всей системы, поэтому время принятия решений долгое. Определения задач высокого уровня менее структурированы, содержат большую неопределенность и сами по себе представляют сложность квантования; потомок применяет тактические движения системы и определяет ее поведение для ближайшего операционного периода. Время принятия решения определяется с учетом требований регулирования технологического процесса или управления физическим процессом; существование иерархии оправдано при условии предоставления некоторой свободы действий в принятии решений специалистами всех уровней управления; достижение глобальной цели должно превалировать над локальными целями каждого элемента. Это требование обеспечивается интеграцией действий отдельных элементов посредством координации их деятельности элементами систем более высокого уровня, наложением совокупности ограничений, направленных на достижение эффективного функционирования объекта управления в целом.

В качестве инструмента для определения базы знаний об области реструктуризации структуры управления можно использовать вычисление выражений и язык логики предикатов, то есть математическую логику первого порядка.

Для формализации задачи реконфигурации организационной структуры системы управления необходимо ввести следующие обозначения:

$F$  – набор проблем для общего решения,

$|F| = I$ ,  $F_n$  – набор проблем на  $n$ -м уровне системы, тогда

$$F = \bigcup_n F_n, \quad n = \overline{1, N}.$$

В данном случае возможны следующие варианты:

1) некоторые из проблем более низкого уровня могут быть решены задачами более высокого уровня, т. е.

$$F_{n,n-1} = F_n \cap F_{n-1} \neq \emptyset, \quad F_{n,n-1} \subseteq F_{n-1}, \quad \forall n, n = \overline{2, N};$$

2) некоторые (или все) проблемы верхнего уровня могут быть решены задачами более низкого уровня, т. е.

$$F_{n,n-1} = F_n \cap F_{n-1} \neq \emptyset, \quad F_{n,n-1} \subseteq F_{n-1}, \quad \forall n, n = \overline{2, N};$$

3) задачи верхнего уровня не могут быть решены задачами более низкого уровня и наоборот:

$$F_{n,n-1} = F_n \cap F_{n-1} = \emptyset, \quad \forall n, n = \overline{2, N};$$

## Краткие сообщения

4) одно или два, или три условия могут быть выполнены одновременно для разных уровней и подуровней иерархической структуры [11].

Выбор конкретного варианта определяется требованиями к конкретной структуре управления [7, 8, 12].

Для описания взаимосвязей между задачами, входящими в цикл управления, используется матрица:

$$C = \|C_{i' i'}\|, \forall i, i', i, i' = \overline{1, I},$$

где  $C_{i' i'} = \begin{cases} 1, & \text{если для решения } i\text{-й задачи требуется решение } i'\text{-й задачи;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$

Необходимый состав решаемых задач по всей иерархической структуре определяется степенью влияния различных факторов на характеристики структуры управления. Выделение этих факторов из-за большого их количества, сложной взаимосвязи и опосредованности проявлений – задача трудно формализуемая [13]. Ее решение во многом определяется эвристическими правилами эксперта.

Пусть  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_K\}$  – множество факторов, влияющих на решение задач в иерархической структуре,  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_l, \dots, q_L\}$  – множество функций, определяющих характеристики иерархической структуры, где

$$q_l = q_l(t_1^l, t_2^l, \dots, t_k^l, \dots, t_{K_l}^l) \{t_1^l, t_2^l, \dots, t_k^l, \dots, t_{K_l}^l\} \subseteq T, \forall l, l = \overline{1, L}.$$

Тогда возможность решения  $i$ -й задачи в  $m$ -м узле на  $n$ -м уровне иерархической структуры определяется формулой  $P_{nm}^i(T, Q)$ , где  $P_{nm}^i$  – предикат, истинность которого определяется конкретными значениями факторов из множества  $T$  и значениями функций множества  $Q$ .

Для формализации процесса решения задач, входящих в цикл управления, необходимо ввести следующие переменные величины:

$$X_{nm}^i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я задача должна решаться в } m\text{-м узле на } n\text{-м уровне;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Решение  $i$ -й задачи можно определить формулой

$$\bigvee_{n,m} (X_{nm}^i \& P_{nm}^i(T, Q)) \rightarrow \varphi_i(X_{nm}^i),$$

где  $\varphi_i(X_{nm}^i)$  – предикат истинный, если  $i$ -я задача решена.

Здесь необходимо отметить, что

$$\exists q_l (q_l \in Q) \forall i, n, m (t_k^l = X_{nm}^i)$$

либо

$$\forall q_l (q_l \in Q) \forall i, n, m (t_k^l = X_{nm}^i),$$

т. е. характеристики иерархической структуры зависят от варианта размещения задач в этой структуре.

Если предположить, что для решения  $i$ -й задачи требуется решить  $i'$ -е задачи, для которых  $C_{i' i'} = 1$ , то соответствующая формула с учетом преобразований, выполненных по закону де Моргана, будет иметь вид:

$$\&_{i', c_{i' i'}=1} (\varphi_{i'}(X_{nm}^{i'})) = \&_{i', c_{i' i'}=1} \left( \bigvee_{n,m} (X_{nm}^{i'} \& P_{nm}^{i'}(T, Q)) \right) = \bigvee_{i'} C_{i' i'} \&_{i'} \left( \bigvee_{n,m} (X_{nm}^{i'} \& P_{nm}^{i'}(T, Q)) \right) \rightarrow \varphi_i.$$

Пусть  $\varphi_{i_1}$  – предикат истинный, если задача  $\varphi_{i_1}$ , включающая весь цикл управления, решена.

Тогда ее решение в иерархической структуре определяется формулой

$$\&_{i_2, c_{i_1 i_2}=1} \left[ \&_{i_3, c_{i_2 i_3}=1} \left[ \& \dots \left[ \&_{i, c_{i-1, i}=1} \left( \bigvee_{n,m} (X_{nm}^i \& P_{nm}^i(T, Q)) \right) \right] \right] \right] \rightarrow \varphi_{i_1}. \quad (1)$$

Необходимо отметить, что в качестве одной из функций множество  $Q$  выбирается

$q_i = \sum_n \sum_m X_{nm}^i$ , так как может рассматриваться однозначное выполнение цикла управления, т. е.

$q_i = I, \forall i, i = \overline{1, I}$ , так и с учетом дублирования ( $q_i > 1$  для заданных  $i$ ).

Задачу реконфигурации иерархической структуры системы управления можно представить двояко [14, 15].

Во-первых, как задачу определения изменений известной рациональной иерархической структуры, обеспечивающих минимальные потери от возникших функциональных отказов.

Во-вторых, в качестве задачи создания новой рациональной структуры, которая обеспечивает оптимальное использование ресурсов, используемых в процессе достижения определенных целей в меняющихся условиях.

Предложенное деление условно, но очевидно, что вторая задача значительно сложнее первой, так как требует учета большего числа факторов.

Действительно, пусть изначально задана рациональная иерархическая структура, т. е. известно множество

$$X^* = \{X_{nm}^i, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}, m = \overline{1, M}\}, X_{nm}^i = \text{const}, \forall i, n, m.$$

Функциональные отказы иерархической структуры системы управления описываются множеством состояния узлов структуры:

$$W = \{w_{nm}, n = \overline{1, N}, m = \overline{1, M}\},$$

где  $w_{nm}$  – предикат истинный, если  $m$ -й узел на  $n$ -м уровне исправен.

$$\text{Тогда } \forall n, m \quad \bar{w}_{nm} \rightarrow \left( \sum_i X_{nm}^i = \tilde{I} \right),$$

где  $\tilde{I}$  – число задач, требующих распределения, которое определяется мощностью множества неисправных узлов:

$$|\bar{W}|, \text{ где } \bar{W} = \{\bar{w}_{nm}\}, n = \overline{1, N}, m = \overline{1, M}.$$

Очевидно, что  $\tilde{I} \leq I$  и  $\tilde{Z} \subseteq Z$ , где  $\tilde{Z}$  – комбинаторное пространство, соответствующее множеству  $\tilde{X} = \{X_{nm}^i, i = \overline{1, \tilde{I}}, n = \overline{1, N}, m = \overline{1, M}\}$ ,  $Z$  – комбинаторное пространство, соответствующее множеству  $X^*$ .

Таким образом, трудоемкость решения задачи реконфигурации иерархической структуры определяется величиной  $|Z| - |\tilde{Z}|$ .

При  $|Z| - |\tilde{Z}| = 0$  задача реконфигурации совпадает с задачей построения рациональной иерархической структуры.

Для формализации пространства реконфигураций известной рациональной иерархической структуры системы управления в условиях функциональных отказов ее элементов необходимо определить факторы, определяющие состояние системы в целом.

Таким образом, известно множество  $X^*$  и соответствующие параметры рациональной иерархической структуры системы управления – множества  $T^*, Q^*$ , а также заданы допустимые диапазоны изменения параметров  $T_{\text{доп}}, Q_{\text{доп}}$ .

Необходимо определить значения элементов множества  $\tilde{X}$ , которые обеспечивали бы выполнение условия (1) при  $T \subseteq T_{\text{доп}}, Q \subseteq Q_{\text{доп}}$ .

В качестве примера можно привести упрощенный прототип экспертной системы «Реструктуризация иерархических структур систем организационного управления». Данный прототип использует типовые факторы, влияющие на функциональную структуру управления:

- 1)  $n$  – номер уровня;
- 2)  $m$  – номер узла;
- 3)  $i$  – номер задачи;
- 4)  $X_{nm}^i$  – переменная, связывающая решение  $i$ -й задачи с  $m$ -м узлом и  $n$ -м уровнем;

## Краткие сообщения

- 5)  $w_{nm}$  – характеристика  $m$ -го узла на  $n$ -м уровне (исправен/неисправен/возможно исправен);
- 6)  $C_{ii'}$  – величина, устанавливающая причинно-следственную связь между решением  $i$ -й задачи и решением  $i'$ -й задачи;
- 7)  $\rho_i^{\text{авт}}$  = const – величина, характеризующая трудоемкость решения  $i$ -й задачи с учетом автоматизации;
- 8)  $\rho_i^{\text{руч}}$  = const – величина, характеризующая трудоемкость «ручного» решения  $i$ -й задачи;
- 9)  $\alpha_{nm}$  = const – величина, характеризующая производительность  $m$ -го узла на  $n$ -м уровне;
- 10)  $\lambda_{nm} = (\lambda_{nm}^i) \forall i, i = \overline{1, I}$  – булевый вектор, отражающий максимально общий состав задач, возможно решаемых  $m$ -м узлом на  $n$ -м уровне;
- 11)  $\xi_{nm}^{n'm'}$  – величина, характеризующая типовость узлов структуры по задачам (рассчитывается исходя из  $\lambda_{nm}$ );
- 12)  $\xi^*$  – величина порога типовости (задается);
- 13)  $T_{\text{цикла}}$  = const – ограничение на время цикла;
- 14)  $\gamma_i$  = const – важность  $i$ -й задачи (например,  $\gamma_i = 1$ , если  $i$ -я задача существенна в цикле управления и  $\gamma_i = 0$  в противном случае);
- 15)  $\beta_{nm}$  – величина, характеризующая максимальное число узлов подуровня  $n$ -го уровня  $m$ -го узла (как правило, определяется техническими возможностями системы);
- 16)  $v_{nm}$  – важность узлов (предполагается использование взвешенных оценок важности узлов);
- 17)  $X_{nm}$  – предпочтительность передачи задач  $m$ -го узла (на нижний уровень, текущий уровень, верхний уровень).

Основным правилом реконфигурации иерархической структуры для данного примера считается следующее:

$$\sum_n \sum_m X_{nm} = 1, \forall i, i = \overline{1, I},$$

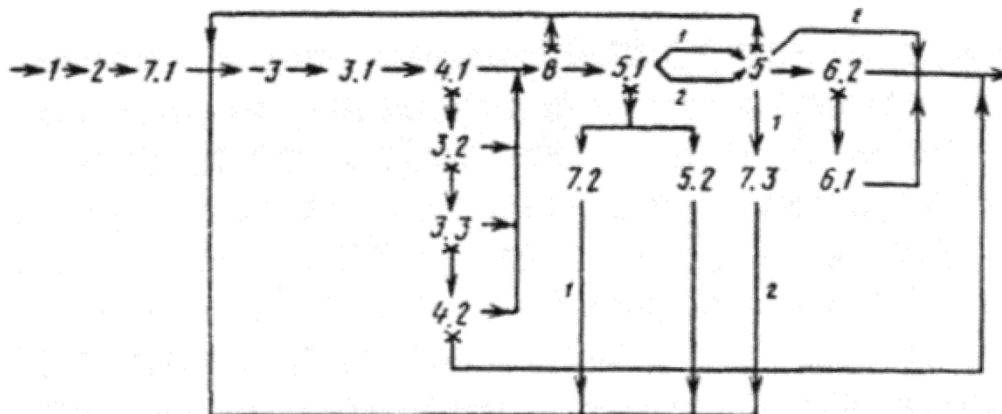
т. е. при неисправности отдельных узлов реконфигурированная иерархическая структура должна решать все задачи исходной структуры.

Остальные правила имеют следующий вид.

1. В первую очередь распределяются задачи неисправного узла  $N$ -го уровня, затем  $(N - 1)$ -го и т. д.
2. В первую очередь распределяются задачи наиболее важного неисправного узла текущего уровня.
3. Подчиненная задача не может быть на один или более уровней выше подчиняющей. Задачи распределяются с учетом предпочтительности:
  - 3.1. В текущий уровень.
  - 3.2. В нижестоящий уровень.
  - 3.3. В вышестоящий уровень.
4. Задачи не могут распределяться в неисправные узлы:
  - 4.1. Распределяются только в исправные узлы.
  - 4.2. Распределяются только в возможно исправные узлы.
5. Задачи распределяются в узлы, производительность которых была бы достаточной для решения задач в заданное время:
  - 5.1. С учетом автоматизации.
  - 5.2. С учетом «ручной» обработки.
6. Задачи распределяются в узлы с учетом их типовости:
  - 6.1. С максимальной типовостью (общностью задач).
  - 6.2. С типовостью, удовлетворяющей порогу типовости.
7. Задачи распределяются в узлы совместно и отдельно:
  - 7.1. В один узел – все задачи.

- 7.2. Распределяются существенные для цикла задачи.
- 7.3. Распределяются несущественные для цикла задачи.
8. Задачи распределяются в узел, для которого число узлов подуровня текущего уровня будет не больше максимально возможного.

Сетевой график выполнения рассмотренных правил представлен на рисунке.



Сетевой график выполнения правил экспертной системы  
Network diagram of execution of rules of expert system

На графике знак «\*» означает невыполнение правила, условия выполнения правил 7.2, 7.3 заданы соответственно маркерами 1, 2.

### Выводы

Работа ЭС заключается в последовательном выполнении или невыполнении правил и переходе из одного состояния в другое. В случае тупиковой ситуации ЭС выдает сообщение в виде требований альтернативного изменения тех или иных правил (факторов). Новые правила запоминаются. Таким образом, система знаний наращивается.

### Литература

1. Бурков, В.Н. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В.Н. Бурков, Б.К. Данев, А.К. Еналеев. – М.: Наука, 1989. – 245 с.
2. Белоусов, В.Е. Ресурсно-временной анализ в задачах календарного планирования строительных предприятий / В.Е. Белоусов, С.А. Баркалов, К.А. Нижегородов // Материалы XVI Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2019. – Т. 1. – С. 98–101.
3. Губко, М.В. Согласование интересов в матричных структурах управления / М.В. Губко, А.П. Караваяев // Автоматика и телемеханика. – 2001. – № 10. – С. 112–119.
4. Бурков, В.Н. Механизмы функционирования организационных систем / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев. – М.: Наука, 1981. – 301 с.
5. Баркалов, С.А. Механизмы активной экспертизы в задачах комплексного оценивания / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, В.Л. Порядина // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, № 6. – С. 64–67.
6. Афанасьев, В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 2001. – С. 203–211.
7. Белоусов, В.Е. Алгоритм для оперативного определения состояний объектов в многоуровневых технических системах / В.Е. Белоусов, С.А. Кончаков // Экономика и менеджмент систем управления. – 2015. – № 3.2 (17). – С. 227–232.
8. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Издат. центр «Академия», 2003. – 576 с.
9. Горелик, А.Л. Методы распознавания / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин. – М.: Высшая школа, 2004. – 341 с.

10. Hart, O.D. *Theory of contracts* / O.D. Hart, B. Holmstrom // *Advances in economic theory. 5-th World Congress.* – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987. – P. 71–155.

11. Моделирование системы оценки компетенций в управлении профессорско-преподавательским составом вуза / С.А. Баркалов, В.Е. Белоусов, Н.Ю. Калинина и др. // XXI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018): сб. докл.: в 2 т. Санкт-Петербург, 23–25 мая 2018 г. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – Т. 1. – С. 355–358.

12. Белоусов, В.Е. Алгоритм выбора наилучшего варианта проведения натурального эксперимента в многокритериальных задачах моделирования сложных технических объектов / В.Е. Белоусов, Нгуен Вьет Туан // *Системы управления и информационные технологии.* – 2016. – № 1 (63). – С. 55–59.

13. Белоусов, В.Е. Алгоритмы получения упорядоченных правил предпочтения в задачах принятия решений при планировании производственных программ / В.Е. Белоусов, К.И. Нижегород, И.С. Соха // *Научный журнал «Управление строительством».* – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. – № 1 (14). – С. 105–111.

14. Jordan M.I. *Attractor dynamics and parallelism in a connectionist sequential machine* / M.I. Jordan // *The Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society.* – Amherst, MA, 1986. – P. 531–546.

15. Вапник, В.Н. *Восстановление зависимости по эмпирическим данным* / В.Н. Вапник. – М.: Наука, 1979. – 295 с.

**Белоусов Вадим Евгеньевич**, канд. техн. наук, доцент, заведующий базовой кафедрой кибернетики в системах организационного управления, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; belousov@vgasu.vrn.ru.

**Дорофеев Дмитрий Валериевич**, аспирант кафедры управления, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; upr\_stroy\_kaf@vgasu.vrn.ru.

**Зенкова Евгения Николаевна**, аспирант кафедры управления, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж; eng@gmail.com.

*Поступила в редакцию 19 января 2021 г.*

---

DOI: 10.14529/ctcr210213

## APPLICATION OF METHODS OF INFORMATION ENGINEERING FOR CHANGE OF STRUCTURE OF MULTILAYER SYSTEMS OF ORGANIZATIONAL MANAGEMENT

**V.E. Belousov**, belousov@vgasu.vrn.ru,

**D.V. Dorofeev**, upr\_stroy\_kaf@vgasu.vrn.ru,

**E.N. Zenkova**, eng@gmail.com

*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation*

In this work the task is formulated and the method of reconfiguration of systems of organizational management on the basis of synthesis of the functional structure having an impact on an appearance of all system considerably defining an order of its functioning, integrating in a whole of means of technical and mathematical, program and information support is offered. **The research objective** consists in need of increase in effective management of organizational systems on the basis of complex development, implementation and application of funds of automated management of

its elements. Expert systems on the basis of declarative programming languages are applied to synthesis of similar structures. **Research methods.** As the tool for definition of the knowledge base about the field of restructuring of structure of management calculation of expressions and language of a predicate logic, that is a logic theory of first order is used. Then, the problem of reconfiguration of hierarchical structure of management system can be presented doubly. First, as a problem of definition of the changes of the known rational hierarchical structure providing minimum loss from the arisen functional failures. Secondly, as a problem of creation of new rational structure which provides optimum use of the resources used in the course of achievement of definite purposes in the changing conditions. **Results.** As a result of a research, on the basis of de Morgan's law the factors influencing a system status of organizational management in general are defined. The necessary structure of solvable tasks of all hierarchical structure is defined by extent of influence of different factors on characteristics of structure of management. **Conclusion.** Work of the received expert system consists in consecutive execution or failure to follow rules and transition from one status to another. In case of an impasse the expert system gives the report in the form of requirements of alternative change of these or those rules (factors). New rules are remembered. Thus, the system of knowledge is increased.

*Keywords: task, knowledge, models, rules, system, status, resource, elements, experts.*

### References

1. Burkov V.N., Danaev B.K., Enaleev A.K. *Bol'shiye sistemy: modelirovaniye organizatsionnykh mekhanizmov* [Big systems: modeling of organizational mechanisms]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 245 p.
2. Belousov V.E., Barkalov S.A., Nizhegorodov K.A. [Resource timing analysis in problems of scheduling of the construction enterprises]. *Materials of the XVI All-Russian school conference of young scientists "Management of big systems"*. Tambov, TGTU Publ., 2019, vol. 1, pp. 98–101. (in Russ.)
3. Gubko M.V., Karavaeva A.P. [Approval of interests in array structures of management]. *Automatic equipment and telemechanics*, 2001, no. 10, pp. 112–119. (in Russ.)
4. Burkov V.N., Kondratyev V.V. [Mechanisms of functioning of organizational systems]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 301 p.
5. Barkalov S.A., Burkov V.N., Poryadina V.L. [Mechanisms of active examination in problems of complex estimation]. *Bulletin of Voronezh State Technical University*, 2009, vol. 5, no. 6, pp. 64–67. (in Russ.)
6. Afanasyev V.N., Yuzbashev M.M. *Analiz vremennykh ryadov i prognozirovaniye* [Analysis of time series and forecasting]. Moscow, Finance and statistics Publ., 2001, pp. 203–211.
7. Belousov V.E., Konchakov S.A. [Algorithm for operational definition of statuses of objects in multilayer technical systems]. *Economy and management of management systems*, 2015, no. 3.2. (17), pp. 227–232. (in Russ.)
8. Venttsel E.S. *Teoriya veroyatnostey* [Probability theory]. Moscow, Publishing center "Akademiya", 2003. 576 p.
9. Gorelik A.L., Skripkin V.A. *Metody raspoznavaniya* [Recognition methods]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2004. 341 p.
10. Hart O.D., Holmstrom B. Theory of contracts. *Advances in economic theory. 5-th World Congress*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1987, pp. 71–155.
11. Barkalov S.A., Belousov V.E., Kalinina N.Yu., Nasonova T.V., Fomina M.A., Leksashov A.V. [Modeling of a system of assessment of competences of management of the faculty of higher education institution]. *XXI International conference on soft calculations and measurements (SCM-2018), 2 volumes, St. Petersburg, 23–25 May 2018*. St. Petersburg, ETU "LETI" Publ., 2018, vol. 1, pp. 355–358. (in Russ.)
12. Belousov V.E., Nguyen Vyet Tuang [An algorithm of the choice of the best option of carrying out a natural experiment in multicriteria problems of modeling of difficult technical objects]. *Management systems and information technologies*, 2016, no. 1 (63), pp. 55–59. (in Russ.)
13. Belousov V.E., Nizhegorodov K.I., Plough I.S. [Algorithms of obtaining ordered rules of pre-



## Краткие сообщения

---

ference in problems of decision-making when planning production programs]. *Scientific journal "Management of Construction"*. Voronezh, 2019, no. 1 (14), pp. 105–111. (in Russ.)

14. Jordan M.I. Attractor dynamics and parallelism in a connectionist sequential machine. *The Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Amherst, MA, 1986, pp. 531–546.

15. Vapnik V.N. *Vosstanovleniye zavisimosti po empiricheskim dannym* [Recovery of dependence according to empirical data]. Moscow, Nauka Publ., 1979, 295 p.

*Received 19 January 2021*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Белоусов, В.Е. Применение методов информационной инженерии для изменения структуры многоуровневых систем организационного управления / В.Е. Белоусов, Д.В. Дорофеев, Е.Н. Зенкова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 136–144. DOI: 10.14529/ctcr210213

### FOR CITATION

Belousov V.E., Dorofeev D.V., Zenkova E.N. Application of Methods of Information Engineering for Change of Structure of Multilayer Systems of Organizational Management. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 136–144. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr210213