

Тогда усилия в стержне 4 составят:

$\Delta l$ , мм	Осевое усилие, Н
0	$106\,047 \cdot 0,08 + 63\,591 \cdot (-0,2) = -3\,386$
735	$108\,225 \cdot 0,1 + 128\,311 \cdot (-0,18) = -12\,273$
1 176	$99\,049 \cdot 0,16 + 149\,039 \cdot (-0,1) = 944$
1 764	$82\,120 \cdot 0,18 + 178\,665 \cdot 0,04 = 36\,710$
2 352	$61\,162 \cdot 0,15 + 188\,489 \cdot 0,14 = 35\,563$
3 040	$32\,810 \cdot 0,06 + 200\,376 \cdot 0,26 = 54\,066$

Выполнение аналогичных построений с учетом осевых усилий от весовых нагрузок и с меньшим шагом изменения хода толкателя подъема позволяет для каждого элемента конструкции установить наибольшие усилия в цикле копания при заданном положении толкателя напора.

Таким образом, на примере вычисленных значений реакций в стержне 4 для приведенных примеров нагружения рабочего оборудования верхнего строения в цикле копания видно, что реакция в стержне 4 меняется от  $-180\,000$  Н (случай, когда толкатель напора полностью выдвинут, а толкатель подъема полностью втянут) до  $54\,066$  Н (случай, когда толкатели напора и подъема полностью выдвинуты). Для стержня 4 это два разных случая нагружения, поскольку в первом случае характер нагружения предполагает расчет конструктивного исполнения стержня 4 на устойчивость, а во втором случае – расчет на прочность.

Применение представленной методики обоснования нагрузок для установления расчетных случаев нагружения экскаваторов КТМ-405т позволило выявить случаи нагружения, которые не были учтены разработчиками экскаваторов при проектировании и конструировании.

Методика позволяет существенно упростить установление расчетных случаев нагружения экскаватора и является универсальной, пригодной для любого типа экскаваторов.

#### Библиографические ссылки

1. Домбровский Н. Г. Многоковшовые экскаваторы. М. : Машиностроение, 1972.
2. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев : Наукова думка, 1988.
3. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М. : Наука, 1980.

S. V. Doronin, V. V. Moskvichev, Yu. P. Pokhabov

### LOADS VALIDATION FOR DETERMINATION OF LOADING CASES OF OPEN-MINE EXCAVATOR

*Here we present an approach to determination of design conditions for open-mine modular excavator KTM-405m with electromechanical pushers which is proved and worked in practice.*

*Keywords: excavator; loading cases; design loads.*

© Доронин С. В., Москвичев В. В., Похабов Ю. П., 2010

УДК 519.876.2, 330.46

В. М. Журавлев, Ю. Ю. Якунин

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИЙ\*

*Рассматривается подход к моделированию организационных систем, основанный на описании динамики состояний системы в зависимости от управляющих воздействий на ее структуру, в том числе на структуру информационного поля. Приводится общий принцип декомпозиции организационных систем.*

*Ключевые слова: управление, организационная система, моделирование.*

Управление сложной организационной системой требует наличия формализованной модели. В настоящее время теоретические основы моделирования в данной обла-

сти находятся в стадии развития и не имеют законченных результатов, позволяющих комплексно рассматривать организационную систему как систему с субъектом и

\*Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

объектом управления и на этой основе строить ее динамическую модель. Зарекомендовавшие себя теории в этой области (теория принятия решений, теории игр) позволяют моделировать поведение субъектов в организационной системе или взаимодействие самих организационных систем (агентов) и успешно используются для моделирования частных задач организационного управления, но плохо подходят для построения «полной» модели организационной системы из-за predetermined ограничений, связанных с экспоненциальной зависимостью вариантов взаимодействий (совокупности возможных сочетаний действий) от числа субъектов. Кроме того, использование указанных теорий осложняется особенностями организационных систем, имеющих большое количество важных с точки зрения моделирования причинно-следственных связей внутри системы, а формализация этих связей носит нетривиальный характер и в большинстве случаев либо невозможна, либо возможна частично. Для построения плохо формализуемых зависимостей используют аппараты регрессионного моделирования, факторного анализа, распознавания образов и т. д.

Однако для решения задачи моделирования организационной системы существующие математические аппараты не могут применяться в чистом виде. Решение поставленной задачи может быть достигнуто методами системно-

го анализа, использующего указанные математические аппараты в совокупности, через решение следующих исследовательских задач: 1) построения структуры организационной системы и ее подсистем: подсистемы управления (субъект), подсистемы функционирования (объект), информационного поля, управляющих воздействий, подсистемы поддержки принятия решений; 2) установления иерархической структуры показателей, характеризующих объект, зависимости их от структуры подсистем и возможностей их сведения в комплексные показатели; 3) синтеза структуры объекта; 4) определения общей структуры внешних воздействий и их трансформации в набор управляющих решений.

Задачей исследования является разработка подхода к моделированию организационных систем на основе исследования зависимостей динамики состояний систем от управляющих воздействий на ее структуру, в том числе на структуру информационного поля.

Немаловажную роль в управлении организационной системой играют автоматизированные информационные системы (АИС), которые при наличии в них подсистемы поддержки принятия решений (ППР) значительно повышают эффективность моделирования и эффективность управления. Таким образом, подход к моделированию организационной системы должен учитывать подсистему ППР как неотъемлемую часть модели и системы.

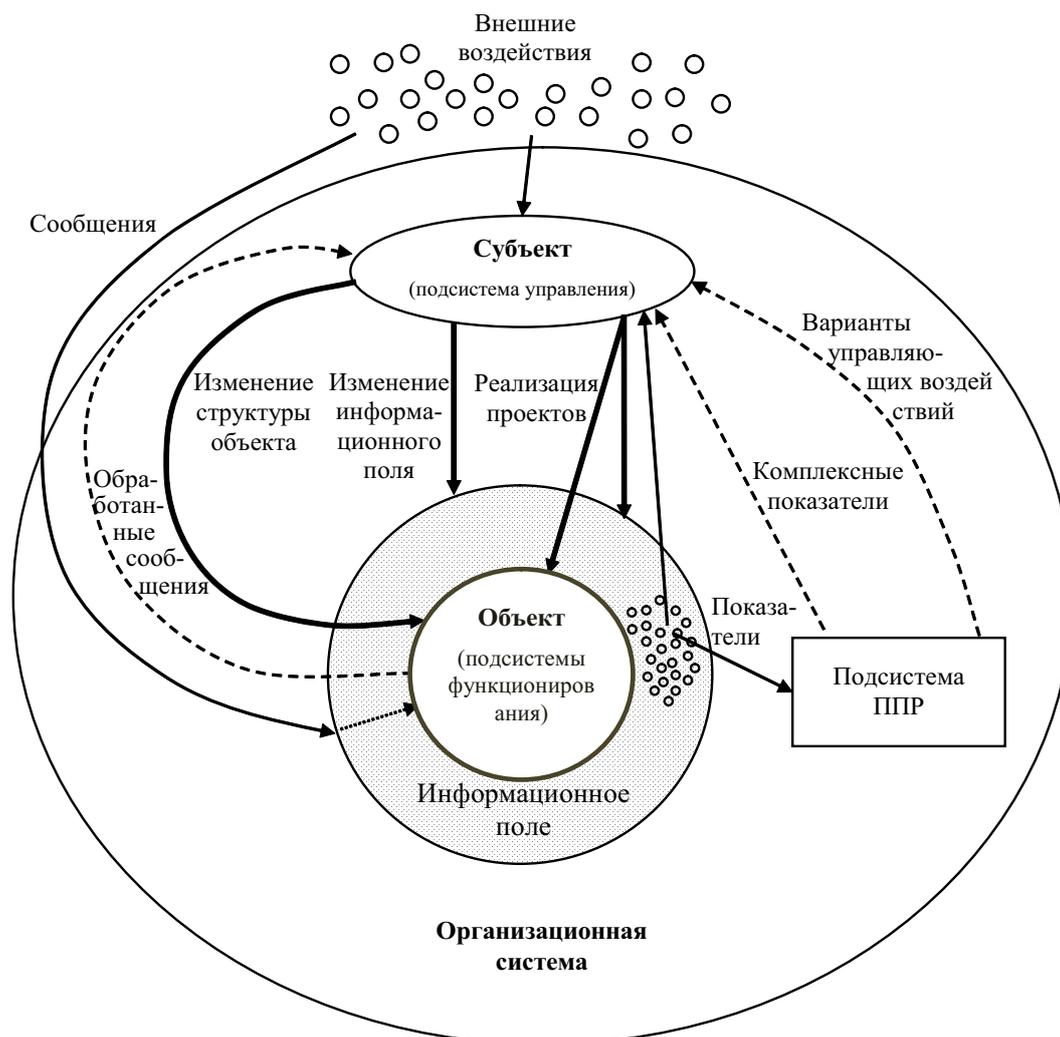


Рис. 1. Общая структура организационной системы

**Общая структура организационной системы.** При моделировании организационной системы в первую очередь необходимо идентифицировать ее структуру, которая с позиции системного подхода должна иметь объект и субъект управления [1]. На основе этого подхода авторами разработана общая структура модели организационной системы (рис. 1), в которой кроме объекта и субъекта управления присутствует подсистема ППР, обеспечивающая обработку информации и генерацию вариантов управляющих воздействий для субъекта управления. Все элементы связаны между собой потоками информации, от субъекта к объекту направлены управляющие воздействия (обозначенные жирными стрелками), а от объекта и подсистемы ППР к субъекту идет обратная связь (пунктирные стрелки). Построение модели такой системы заключается в идентификации структуры описанных элементов и связей между ними.

Особую роль в этой структуре играет информационное поле, которое является носителем всей информации объекта и системы в целом, проводником между объектом и субъектом и поставщиком данных для обработки в подсистему ППР. Информационное поле содержит в себе как структурированную информацию, которая может храниться в базах данных, так и неструктурированную (знания, представления об информации каждым отдельным индивидуумом).

Формализуя описанную структуру системы, можно как получить срез этой системы в некоторый момент времени, характеризуемый значениями показателей (состояние системы), так и построить ее динамическую модель, которая может носить дискретный или непрерывный характер. Принцип дискретной динамической модели в пространстве одного показателя, где в заданный момент

времени  $t_i$  система может принимать определенное количество состояний по этому показателю, приведен на рис. 2. В этом случае субъектом может задаваться либо желательный «путь», который система должна пройти, либо цель в момент времени  $i$ . Решение такой задачи может выполняться средствами динамического программирования [2].

**Структура подсистем организационной системы.** Для обеспечения адекватности модели и достоверности результатов, получаемых с ее помощью, требуется определенного уровня формализация подсистем моделируемой системы (см. рис. 1). В данной статье формализация подсистем рассматривается пока на уровне подходов к возможной декомпозиции и описания существующими математическими или другими аппаратами.

Одной из основных задач построения модели является задача идентификации управляющих переменных, которые определяются управляющими воздействиями (см. рис. 1) и структурой управляемых элементов. Выделены три вида управляющих воздействий, каждый из которых может декомпозироваться (см. таблицу).

В общем случае функции структуры деятельности организационной системы количественно и качественно могут быть определены в соответствии с рис. 3, а структура организационных единиц – с рис. 4.

**Структура информационного поля.** Для описания структуры информационного поля предлагается выделять следующие категории информации: 1) показатели – количественные характеристики; 2) классификаторы – структурообразующие данные, состоящие из взаимосвязанных классов и их экземпляров; 3) фактографические данные – значения показателей в отношении одного или нескольких классификаторов. Для представления каждой

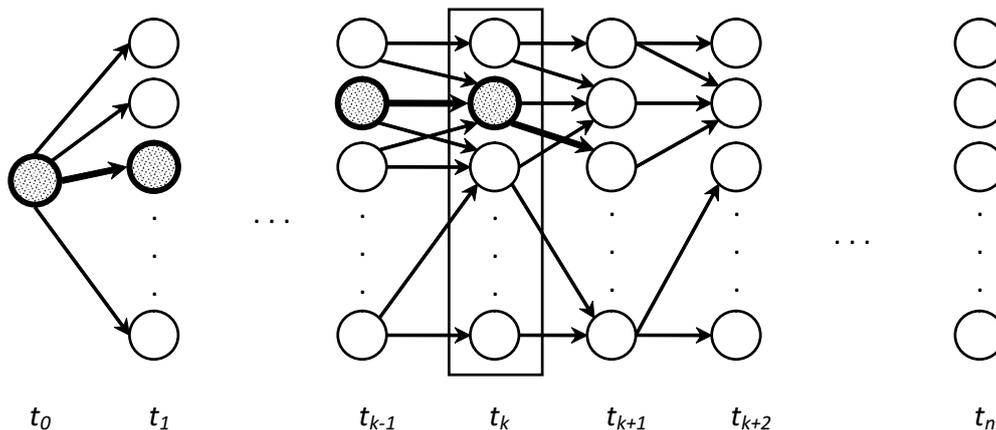


Рис. 2. Принцип динамической модели в дискретном пространстве одного показателя



Рис. 3. Функция и формула оценки качества ее выполнения (п. 1.1.2 таблицы)

категории информации будем использовать соответствующее графовое описание.

Граф показателей состоит из двух частей, одна из которых – дерево (рис. 5), содержащее вершины-категории (классификация показателей), а другая – простой граф с

произвольным числом долей этого графа, вершины которого представляют собой показатели.

В части категорий ребра показывают (слева направо) разбиение категорий на подкатегории, а в части показателей ребра показывают (слева направо) разбиение агре-

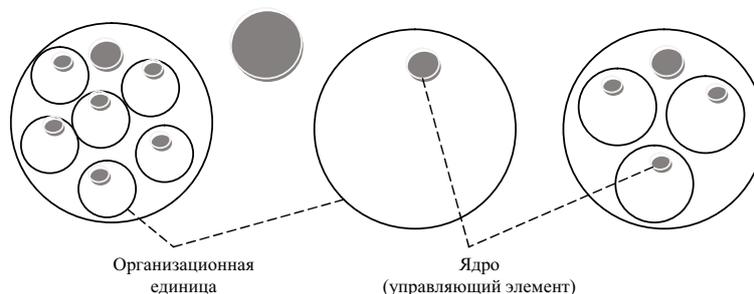


Рис. 4. Структура организационных единиц (п. 1.2.1 таблицы) в организационной системе

### Структура управляющих воздействий

№	Воздействия	Описание
1	На структуру объекта	–
1.1	На структуру деятельности	–
1.1.1	На целеобразование	Все цели от стратегических до текущих описываются в виде дерева, в корне которого находится главная цель. Цели могут иметь количественные характеристики и соотноситься с показателями (п. 2.1). Например, к 2011 г. количество выпускаемой продукции в соответствии с номенклатурой должно увеличиться на 20 %
1.1.2	Формирование дерева функций в соответствии с целями	Для каждой функции определяется входная и выходная информация, входные и выходные ресурсы и критерии оценки качества функции (рис. 3)
1.1.3	Формирование бизнес-процессов	Формализованное дерево функций позволит разработать алгоритмы генерации цепочек бизнес-процессов, в основу которых могут лечь принципы тождественности входных и выходных структур информации и ресурсов
1.2	На организационную структуру	–
1.2.1	Создание, изменение и ликвидация организационных единиц	Самой простой организационной единицей может являться один человек или группа лиц с одним управляющим во главе (рис. 4). Из простых элементов может образовываться структура любой сложности. Организационные единицы охватывают и субъект, и объект управления. На уровне объекта находятся сами организационные единицы, а на уровне субъекта – ядра (управляющие элементы)
1.2.2	Формирование штатного расписания	Определение качественного состава организационных единиц (из каких должностей они должны состоять и какие требования предъявляются к кандидатам)
1.2.3	Определение условий поощрения и наказания	Формализуются зависимости от качества выполнения функций (п. 1.1.2)
1.3	На структуру услуг	–
1.3.1	Формирование структуры оказываемых услуг	Для каждого элемента могут задаваться количественные характеристики. Например, число бюджетных мест на специальности в вузе
1.3.2	Формирование структуры потока клиентов	Число клиентов, вид и объем услуги, которая будет оказана, время оказания услуги
1.4	На структуру финансовых потоков и материальных ресурсов	–
2	На информационное поле	Основная задача информационного поля состоит в накоплении информации и передачи её в нужные места в нужное время
2.1	На структуру информационного поля	В общем виде информационное поле может быть представлено динамическими структурами данных [3], в которых структура конкретного информационного объекта может меняться, а структура самого поля описывается графом фактографических данных (рис. 9)
2.2	На структуру доступа к информации	Для организационных единиц и должностей может устанавливаться собственная подструктура информации, необходимой для выполнения их функций. На основе этих подструктур могут формироваться потоки информации для подразделений, в том числе и в виде документооборота
3	На объект посредством проектов	Реализация проектов может использоваться как для увеличения эффективности текущей деятельности, так и для ускорения достижения заданных целей

гированных показателей на более частные до элементарных показателей (неделимых). Агрегированные показатели могут состоять не только из показателей предыдущего уровня ( $k$ ), но и из показателей следующего уровня ( $k + 1$ ), через уровень ( $k + 2$ ) и т. д.

Граф классификаторов (рис. 6) состоит из трех уровней: 1) уровня категорий, предназначенного для разбиения классификаторов на укрупненные категории, т. е. описания структуры классификационного дерева; 2) уровня классификаторов, представляющего собой множество вершин (классификаторов) с ребрами между уровнем категорий, показывающими принадлежность каждого

классификатора к какой-либо категории и ребрами между вершинами классификаторов, показывающими связи между ними; сама вершина характеризуется не только ее наименованием, но и набором атрибутов; 3) уровня значений классификаторов, содержащего множество вершин, каждая из которых имеет одно обязательное ребро, показывающее принадлежность значения к какому-либо классификатору и несколько необязательных ребер, показывающих зависимость между значениями разных классификаторов.

Проведем аналогию графового представления структуры классификаторов с другими способами представ-

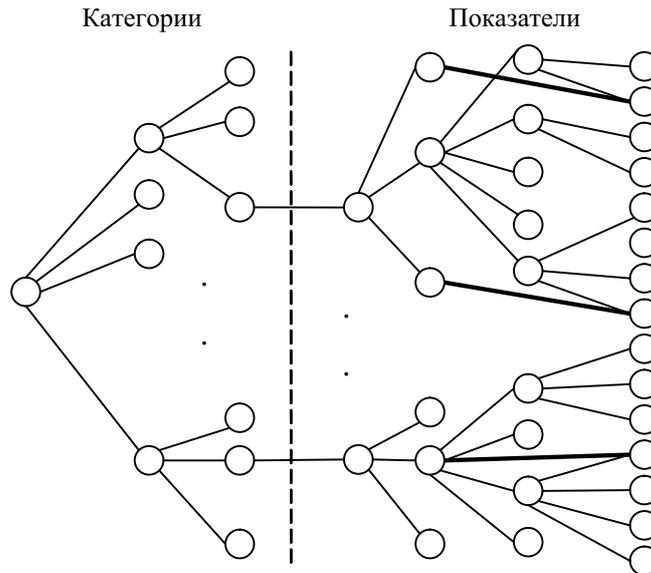


Рис. 5. Граф показателей

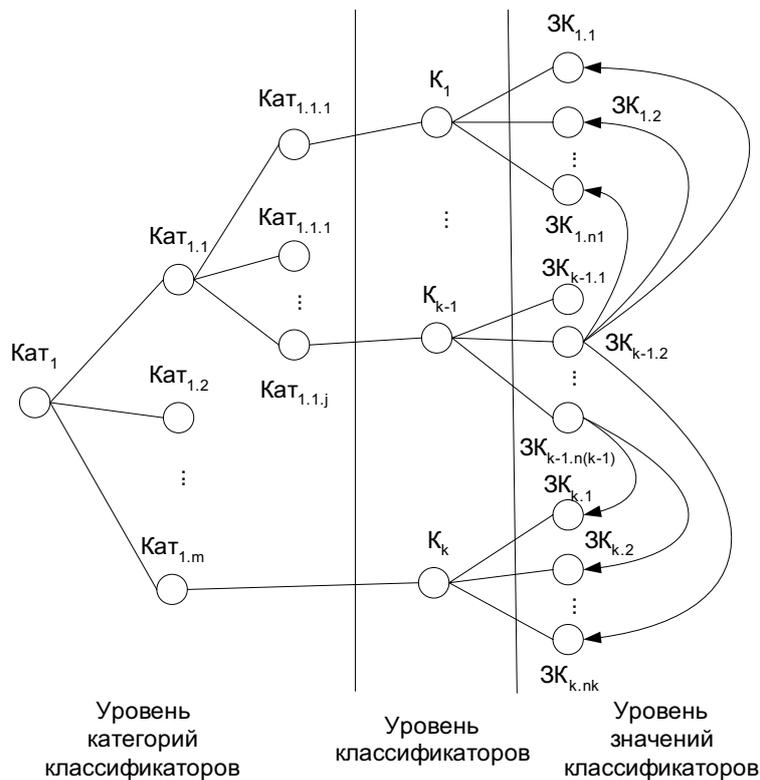


Рис. 6. Граф классификаторов: Кат – категория классификаторов; К – классификатор; ЗК – значение классификатора

ления данных, например с объектным (рис. 7). Рассмотрим в качестве примера структуру организационных единиц некоторой организационной системы и выделим две сущности в этом примере – управление и отдел. Графовая модель этого примера представлена на рис. 7, а, а объектная – на рис. 7, б.

Фактографические данные представляют собой граф с множеством вершин, не имеющих ребер между собой, но имеющих ребра с вершинами графов классификаторов и показателей (рис. 8). Вершины фактографических данных представляют собой числа, которые являются количественными характеристиками одного или нескольких показате-

лей в отношении с одним или несколькими классификаторами. Например, для показателя «зарплата» и значения классификатора «отдел 1.1», значение фактографического данного может равняться  $X$  рублей в год.

Таким образом, вершины фактографических данных, соединяясь с вершинами графов классификаторов и показателей, образуют граф со сложными взаимосвязями (рис. 9).

Над графом фактографических данных можно проводить аналитические операции с целью вычисления комплексных показателей. Например, для расчета суммарной годовой заработной платы в организационной еди-

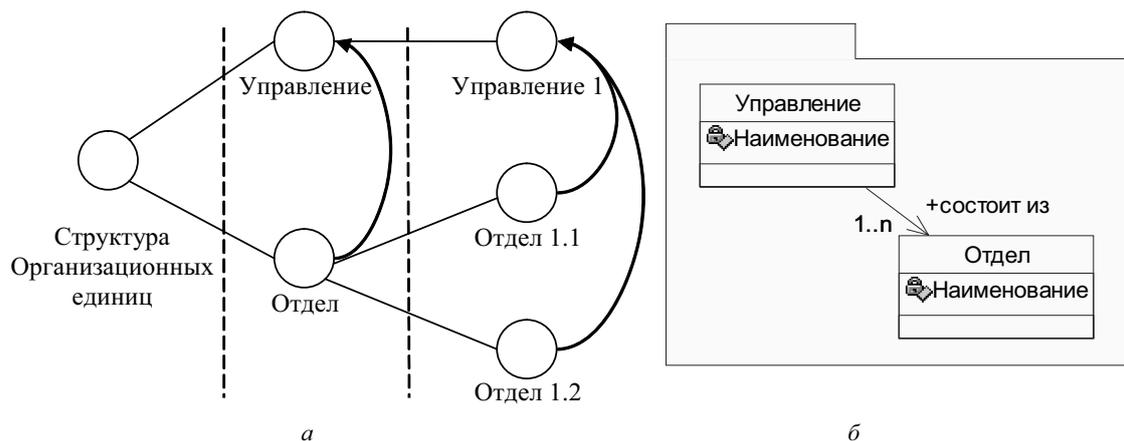


Рис. 7. Пример представления структуры информации в графовом и объектном видах: а – графовый вид; б – объектный вид

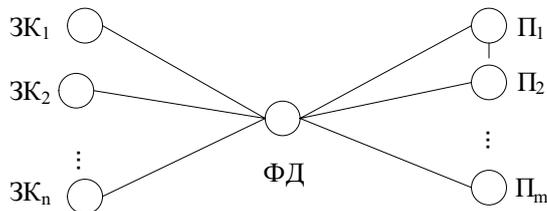


Рис. 8. Фрагмент графа фактографических данных: ЗК – значение классификатора; П – показатель; ФД – фактографической данное

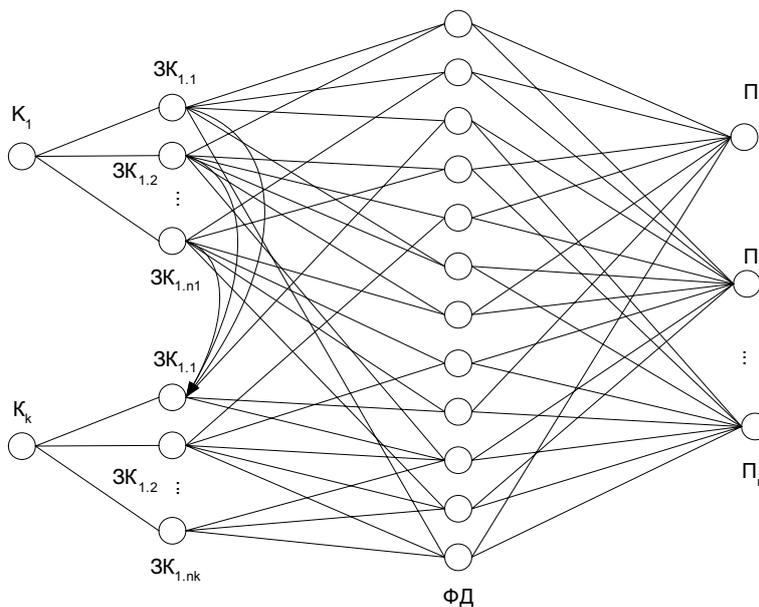


Рис. 9. Граф фактографических данных: К – классификатор; ЗК – значение классификатора; П – показатель; ФД – фактографической данное

нице «управление 1» нужно просуммировать значения фактографических данных, у которых есть связи с вершинами, представляющими отделы этого управления, и величиной показателя «заработная плата».

Таким образом, предложен подход к моделированию организационных систем, предусматривающий описание динамики состояний системы в зависимости от управляющих воздействий на ее структуру, в том числе на структуру информационного поля. Такой подход снимает проблему сложности моделирования организационных систем на базе совокупности взаимодействий элементов систем. При этом предлагаемая структура информационного поля позволяет описывать информацию в виде, удобном для представления простых показателей и последующего вычисления комплексных. Такая структура является обобщением для одних известных подходов хра-

нения и обработки информации (реляционного, объектного представления) и аналогом для других (иерархических, сетевых структур), но со специфическими для данной задачи особенностями.

#### Библиографические ссылки

1. Новиков Д. А. Структура теории управления социально-экономическими системами // Управление большими системами : сб. тр. / Ин-т проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. 2009. № 24. С. 216–257.
2. Bellman R. On a Routing Problem // Quarterly of Applied Mathematics. 1958. Vol. 16. №. 1. P. 87–90.
3. Якунин Ю. Ю., Городилов А. А. Алгоритмы расчета комплексных показателей в динамических структурах представления данных // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2010. Вып. 1(27). С. 59–63.

V. M. Zhuravlev, Yu. Yu. Yakunin

### SYSTEM APPROACH TO MODELING OF ORGANIZATIONS

*In the article we consider an approach to modeling of organizational systems based on description of system states dynamics according to influence of control actions on its structure, including the structure of the information field, and present the general principle of decomposition of organizational systems.*

*Keywords: control, organizational system, modeling.*

© Журавлев В. М., Якунин Ю. Ю., 2010

УДК 681.3.082.5

Н. В. Мерзликина, Д. И. Морозов, Н. А. Колбасина, В. А. Титов

### ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОРЦЕВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ МАТЕРИАЛОВ\*

*Описана методика автоматизированного построения трехмерной параметрической модели передачи торцевого зацепления, предназначенная для исследования характеристик измельчителя.*

*Ключевые слова: зубчатые зацепления, цилиндрическая передача торцевого зацепления, автоматизированное моделирование, измельчитель сырья и материалов.*

В настоящее время создание твердотельной модели проектируемой передачи является необходимым условием обеспечения эффективности ее работы.

Особое внимание уделяется оптимизации параметров на изготовление зубчатой передачи торцевого зацепления как основного рабочего органа измельчителя [1]. Автоматизированное создание твердотельной модели передачи, позволяющей варьировать ее геометрические параметры, актуально и открывает широкие возможности для дальнейшего анализа качественных характеристик передачи.

Для реализации автоматизированного параметризованного построения передачи была выбрана среда

SolidWorks [2; 3]. Этот инструментарий позволяет реализовывать гибридное параметрическое моделирование, проектирование деталей, экспресс-анализ (массово-инерционные характеристики, анализ прочности и кинематики), вносить любые изменения в модель на любом этапе проектирования, проводить проверку на наличие коллизий сборки (интерференции, зазоров и т. д.), проводить анализ напряженно-деформированного состояния деталей, автоматически создавать чертежи по нормам ЕСКД и вносить в них изменения.

Разработка модуля параметризованного построения зубчатой торцевой передачи осуществлялась в про-

\*Работа проводилась при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский фонд поддержки научной и научно-инновационной деятельности».