

социологии, экономике и бизнесе. Материалы 33-й Международной конференции (Украина, Крым, Ялта – Гурзуф) : прилож. к журн. «Открытое образование». – 2006. – С. 181–182.

2. *Мурынов А. И., Сенилова Е. М.* Тетраэдральная сетевая модель трехмерных пространственных объектов и сцен : Сб. докладов X Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. – Т. 1. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. – С. 162–165.

3. *Сенилова Е. М.* Трехмерное представление геометрико-топологических пространственных объектов с помощью тетраэдральной регулярной пространственной сети // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе : Материалы 37-й Международной

конференции (Украина, Крым, Ялта – Гурзуф) : прилож. к журн. «Открытое образование». – 2010. – С. 309–311.

4. *Александров А. Д., Нецветов Н. Ю.* Геометрия. – М. : Наука, 1990. – 672 с.

6. *Павлидис Т.* Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. – М. : Радио и связь, 1986. – 400 с.

5. *Мурынов А. И., Сенилова Е. М.* Процессы формообразования, анимации и проецирования трехмерных пространственных объектов с использованием тетраэдральной регулярной сетевой модели // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе : Материалы 36-й Международной конференции (Украина, Крым, Ялта – Гурзуф) : прилож. к журн. «Открытое образование». – 2009. – С. 117–119.

A. I. Murynov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

E. M. Senilova, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

3D Object Modeling Based on Tetragonal Regular Spatially Deformable Grid

The article discusses TRN model for the description of the surface structure of spatial 3D objects based on its topological properties: smoothness and possible non-regular features of different types.

Key words: three-dimensional spatial object, three-dimensional graphics, tetragonal regular grid, geometry generation and animation of objects.

УДК 62-5.519.1

Д. И. Барбашин, аспирант, Ижевский государственный технический университет

А. И. Нистюк, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДНИХ ПАНЕЛЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Предложены разработанные модели передних панелей электронных средств, в частности телекоммуникационных устройств, и алгоритм оптимальной компоновки органов управления и средств отображения информации.

Ключевые слова: надежность, передняя панель, телекоммуникационные устройства, оператор электронных средств, компоновка.

Проблема взаимодействия человека и машины, оператора и электронной системы (ЭС) с развитием техники не теряет своей актуальности. Несмотря на развитие и усложнение техники, возможности оператора практически остаются неизменными. Согласованная работа оператора и ЭС во многом определяет безошибочность работы системы «оператор – ЭС» (О – ЭС), а значит, и ее надежность [1]. Таким образом, один из путей повышения общей надежности системы О – ЭС заключается в обеспечении оптимального взаимодействия оператора и технических средств, элементом связи которых является приборная панель (ПП). Оптимальность компоновочного решения ПП возможно оценить минимальным временем регулирования и/или минимальным числом ошибок оператора. Выделен следующий ряд критериев, определяющих оптимальность конструкции ПП.

Функциональная взаимосвязь элементов ПП

K_1 : для элементов группы $x_{fi} \in X_f$, $i = \overline{1, n}$; n – число элементов в функциональной группе f , $f = \overline{1, q}$; q – общее число функциональных групп.

Частота использования

K_2 : при $m \rightarrow \infty$, $a \rightarrow 0$ и $b \rightarrow 0$ для $x_{fi} \in X_f$, $x_{fi}^m(a, b)$, где m – вес элемента x_{fi} ; a, b – координаты по осям абсцисс и ординат соответственно.

Минимальная длина прохождения маршрута обслуживания

K_3 : при $d = \sqrt{(a_{u+1} - a_u)^2 + (b_{u+1} - b_u)^2}$, $d \rightarrow 0$,

где u – номер действия оператора по маршруту обслуживания.

Задача размещения ставится как задача оптимизации многокритериальной функции: $F_{opt} \Rightarrow \Rightarrow \text{opt}[K_1 \wedge K_2 \wedge K_3]$. Входными данными для алгоритма являются: модель передней панели электронного средства (рис. 1), представленная в виде графа G_1 [2], а также состав функциональных групп элементов в виде множества G_f . Данный алгоритм содержит элементы генетического алгоритма [3], так как оценивает и отбирает наиболее благоприятные посадочные места для компонентов, то есть те вари-

анты, которые в наибольшей степени позволяют учитывать вышеизложенные критерии компоновки.

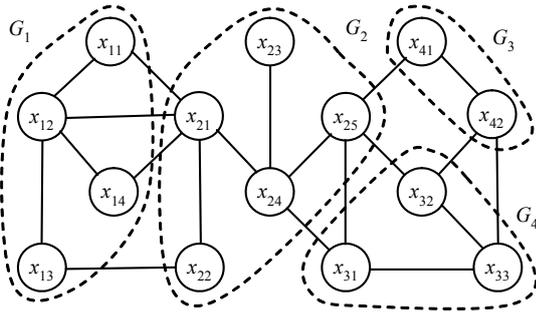


Рис. 1. Модель приборной панели

Модель передней панели представляется виде графа обслуживания системы $G_1 = (X, U)$, где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множество элементов передней панели и U – множество возможных переходов от элемента x_i к x_k в процессе работы оператора. Граф G_1 разбивается на множество подграфов $G_f = (X_f, U)$, множество вершин $X_f \in f$. Множество подграфов G_f может быть рассмотрено как множество вершин некоторого графа $G_2 = (G_f, U_f)$, $G_f = \{G_{f1}, G_{f2}, \dots, G_{fq}\}$ – множество функциональных.

Описание алгоритма компоновки

Шаг 1. Сформировать $G_2 = (G_f, U_f)$ из $G_1 = (X, U)$ заменой функциональных групп f вершинами G_f (рис. 2). Определить вес ребер U_f . Вес ребра в графе G_2 равен числу ребер, соединяющих пару рассматриваемых вершин множества G_f . Определить вес вершин G_{fi} как сумму весов инцидентных ей ребер. Шаг координатной сетки выбирается равным единице.

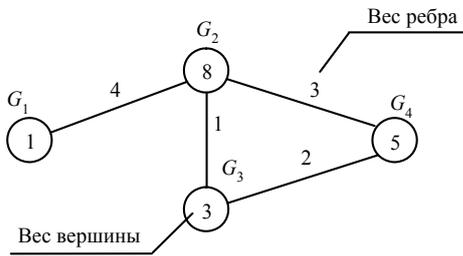


Рис. 2. Граф функциональных групп G_2

Шаг 2. Из множества G_f выбрать вершину G_{fi} с наибольшим весом (если таких несколько, то выбрать одну из них). Если ни одна из вершин не установлена, то установить на координатной плоскости в центр визирования ПП, иначе установить так, чтобы суммарное взвешенное расстояние от нее до уже установленных вершин было минимальным. *Взвешенное расстояние* между парой вершин определяется

как произведение веса ребра между этой парой на фактическое расстояние между ними (на плоскости координат). На данном этапе алгоритм определяет взаимное расположение функциональных групп на плоскости. Далее каждой установленной вершине G_{fi} присвоить порядковый номер $f = \overline{1, q}$. Если все вершины множества G_f установлены, то переход к шагу 3, иначе – к шагу 2.

Шаг 3. Увеличить значения координат вершин G_f в 10 раз. Присвоить $f = 1$.

Шаг 4. Заменить G_f соответствующим множеством вершин X_f (рис. 3).

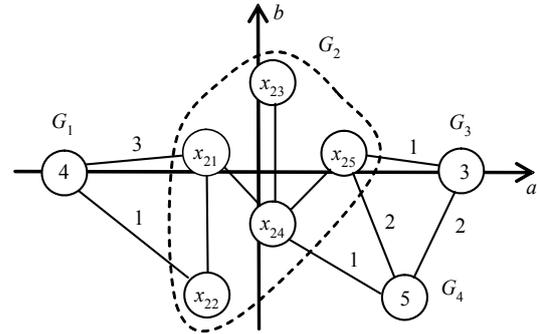


Рис. 3. Преобразование графа G_2 в G_1

Шаг 5. Из X_f выбрать вершину с наибольшим весом (если таких несколько, то выбрать одну из них). При $f = 1$ установить вершину на координатной плоскости в центр, иначе установить так, чтобы суммарное взвешенное расстояние от нее до уже установленных вершин было минимальным. Если все вершины текущего множества X_f установлены, то увеличить значение f на единицу и перейти к шагу 4, иначе – к шагу 5.

Алгоритм продолжает работу пока все вершины G_f не будут установлены.

В случае нескольких вариантов установки вершины-кандидата (суммарное взвешенное расстояние для разных точек установки одинаково) алгоритм итерационно перебирает все возможные варианты. Каждая итерация алгоритма является одним компоновочным решением.

Графически процесс перебора всех возможных вариантов можно представить в виде дерева [4]. Узлы c_i дерева H – возможные варианты установки вершин графа (рис. 4). С каждой итерацией алгоритм проходит по одной из ветвей дерева.

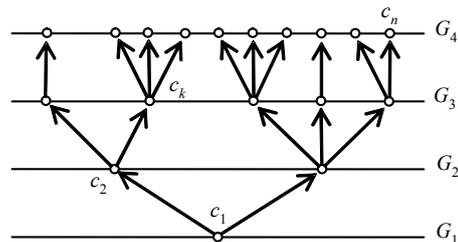


Рис. 4. Дерево вариантов

Таким образом, оптимальная конструкция ПП позволит увеличить степень согласованности оператора и технических средств в системе О – ЭС, сократить время поиска компонентов на ПП, уменьшить число ошибок оператора в процессе работы, повысить надежность всей системы О – ЭС.

Список литературы

1. Барбашин Д. И. Разработка математических моделей и алгоритмов для автоматизированного проектирования

передних панелей информационно-измерительных систем // Измерения, контроль и диагностика : докл. I Всерос. науч. конф. – Ижевск : Проект-2010. – С. 80–84.

2. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах : пер. с англ. – М. : Мир, 1981. – 323 с.

3. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы : учеб. пособие. – 2-е изд. – М. : Физматлит, 2006 – 320 с.

4. Рейнгольд Э., Невергель Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы, теория и практика. – М. : Мир, 1980. – 476 с.

D. I. Barbashin, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

A. I. Nistyuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

Modeling of Telecommunications Equipment Front Panels

The models of electronic equipment front panels and a novel way of optimal packaging of electronic equipment front panel units are presented.

Key words: reliability, front panel, telecommunications equipment, human-operator, packaging.

УДК 004.94 + 532.685

В. Е. Лялин, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет

В. А. Санников, Ижевский государственный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАПИЛЛЯРНОГО ЧИСЛА НА ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ФЛЮИДОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЛИНИЙ ТОКА

Предложен способ учета влияния капиллярного числа на выбор функции относительной проницаемости пласта при моделировании двухфазного вытеснения нефти водой на базе метода линий тока.

Ключевые слова: капиллярное число, гидродинамическое моделирование месторождений, программный симулятор, метод линий тока (МЛТ).

При заводнении и добыче нефти с применением различных методов интенсификации происходит захват нефти вследствие сложных взаимодействий между вязкими, массовыми и капиллярными силами. Метод добычи с воздействием на пласт с целью повышения нефтеотдачи месторождения обычно включает непостоянную информацию об относительной роли вязких и капиллярных сил. Капиллярное число, которое определяется как отношение вязких сил к капиллярным, устанавливает основное выражение для количественного сопоставления этих сил. Капиллярное число зависит от скорости v , вязкости μ и межфазного натяжения σ смачивающего флюида и часто представляется в виде [1, 2]

$$N_c = \frac{v\mu}{\sigma}$$

Большинство процессов вытеснения осуществляются в условиях увеличения вязких сил и/или уменьшения капиллярных сил, чтобы понизить остаточную нефтенасыщенность и повысить добычу

нефти. Множество авторов (см. ссылки в [1, 2]) исследовали влияние капиллярного числа на нормализованную остаточную нефтенасыщенность в керновом масштабе. Эту зависимость часто представляют в виде кривой капиллярного вытеснения, как схематично показано на рис. 1 (capillary desaturation curve или CDC). CDC является графиком, где по оси x откладывают капиллярное число, а ось y соответствует нормализованной остаточной нефтенасыщенности. Эти кривые содержат пологий участок нормализованной остаточной нефтенасыщенности в отрезке от очень небольших капиллярных чисел и приблизительно до $N_c \approx 10^{-6}$, после которого нормализованная остаточная нефтенасыщенность уменьшается с увеличением капиллярного числа. Точка, в которой нормализованная остаточная нефтенасыщенность начинает снижаться при возрастании капиллярного числа, называется критическим капиллярным числом (N_{cc}). Величина N_{cc} варьируется от участка к участку вследствие множества факторов, таких как строение породы, ее смачиваемость, режим испытаний и тип флюидов.