

Раздел IV. Новые информационные технологии

УДК 519.68

Ю.И. Рогозов, С.А. Бутенков, Р.М. Микита

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ER++ МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ТИПИЗАЦИИ*

В работе рассматривается решение задачи о формальном моделировании бизнес-процессов с помощью введенных ранее в наших работах визуальных ER++ моделей. Предлагается графовая ER++ модель на основе мультиграфов, которая позволяет выполнить формальную декомпозицию графа модели на ряд подграфов, соответствующих модулям, из которых строится система. Вводится критерий типизации и предлагается алгоритм для решения задачи оптимальной декомпозиции.

CASE-средства; бизнес-процесс; модульная система; мультиграф; изоморфное вложение; оптимальное проектирование.

U.I. Rogozov, S.A. Butenkov, R.M. Mikita

ABOUT BUSINESS-PROCESS ER++ MODELS DECOMPOSITION UNDER UNIFICATION CRITERION

This paper is dedicated to the problem of business-processes modeling problem. The special kind of models (visual ER++ models) was introduced in our recent papers. Also, the new formalization for ER++ model, are based on multigraphs, has been introduced in this paper. As a result, we provide the general theoretical framework and algorithm for the large models decomposition under the maximal unification criterion.

CASE-systems; business-process; unified systems; multigraph; isomorphically embedding; optimal design.

Введение. Современное производство требует оперативного изменения основных показателей и структур (ре-инжиниринг) [1,2]. Такая гибкость может наиболее эффективно (с малыми затратами средств и времени) достигаться за счет модификации структур на основе типовых элементов, путем их комбинирования в разных структурах [3-5]. Для этого надо уметь максимально автоматизированным способом выделять такие типовые элементы и структуры бизнес-процессов и моделировать их взаимодействие в составе единой системы [6]. Обычно модели бизнес-процессов получаются в результате обследования и анализа деятельности предприятия [7], в отличие от моделей вычислительных алгоритмов, конечных автоматов и т.д. [1] и являются плохо формализованными (чаще всего представлены графическими изображениями) [8]. В работе предлагается метод формализации моделей бизнес-процессов с помощью смешанных графов [1]. Этот метод основывается на введенных в наших работах функциональных моделях бизнес-процессов [9,10]. В результате становится возможным применение развитого математического аппарата теории графов для строго формализованного описания и моделирова-

* Работа выполнена при поддержке г/б № 12.8.08.

ния бизнес-процессов и их формализованной же декомпозиции на совокупность функциональных модулей [4], что необходимо для разработки стандартизованного программного обеспечения информационных систем [3].

1. Задачи работы. Известен ряд подходов к задачам формализации сложных систем элементарных модулей (функциональных единиц в нашей терминологии) причем, не обязательно для бизнес-процессов [11]. Математически эквивалентными задачами *проектирования на основе функционального подхода* являются ряд описанных в литературе моделей [1,3,5,12,13]. Каждая подобная модель основывается на описании взаимодействия множества функциональных единиц в заданных условиях [13]. Формализация взаимодействия чаще всего описывается с помощью какого-либо вида графа (либо матрицы связей, также представляющей граф) [1,12]. Цель оптимизации для данной модели задается некоторым числовым критерием, а условия функционирования системы в целом задаются с помощью ряда ограничений. В число подобных моделей входят:

1. Графовые модели, используемые в проектировании электрических схем как объединения элементарных функциональных узлов по критерию *минимизации длины соединений*, при этом ограничениями служат физические требования отсутствия пересечений, минимальных помех и взаимных наводок на проводники и т.д. [13].
2. Матричные модели, построенные на основе матричного представления пространства состояний (переменных системы) и матричных связей между ними. Критерием оптимизации является минимизация связей (обменов с внешними устройствами), что было актуально в эпоху ЭВМ с «медленными» внешними носителями данных [3,15].
3. Графовые модели сетевого планирования, построенные на основе событийного, а не функционального подхода. Критерием оптимизации у них является длина критического пути [16].
4. Графовые модели теории сигналов, близкие, с одной стороны, к идеологии описания состояний, а с другой стороны – структурным графам, для которых критерием оптимизации являются функционалы на переменных состояния системы [14].
5. Графовые модели сетей Петри, также являющиеся событийными (как сетевого планирования), но критерием которых является минимальное время выполнения функций системы [17].

В число критериев, используемых в оптимизации моделей динамических процессов, перечисленных выше, не входит критерий *типизации функциональных единиц* [5,6]. Между тем, процесс типизации крайне важен при проектировании, как аппаратного, так и программного обеспечения, которые желательно строить на основе максимально однородного состава модулей, реализующих заданные функции [7]. Понятие *типизации* является ключевым для данной работы. Этот путь, в частности, широко используется при разработке и улучшении (upgrade) вычислительной техники [18]. В разработке программного обеспечения типизация (выделение типовых программных модулей) повышает гибкость модификации ПО в процессе перестройки ПО при устранении недоработок и дальнейшей его модификации [3,5,11,15].

Согласно базовым предположениям, введенным в работах [4,9], процесс типизации можно разделить на два этапа (уровня):

I – построение общей модели сложной системы (бизнес-процесса) либо на основе формального описания алгоритма ее функционирования [1,12,14], либо на основе исследования и формализации функционирования существующей производственной системы [2,6-9];

II – декомпозиция модели сложной структуры на ряд более простых и максимально часто встречающихся подсистем (выделение типовых функциональных модулей).

Отметим, что если для I этапа уже разработан ряд формализованных методик, позволяющих представить результаты обследования в графической форме (например, ER++ модели [9,10] и ряд других типов моделей [6,8]), то II этап проектирования чаще всего выполняется на основе эвристических соображений [5,18].

В работе предлагается на основе принципов функционального подхода и формального моделирования схем динамических процессов [4] разработать методику графового описания сложных функциональных моделей бизнес-процессов [9] и формализованные алгоритмы декомпозиции сложных моделей на типизированные модули, основанные на критерии типизации структурных модулей, входящих в состав модели [14].

2. Визуальные ER++ модели бизнес-процессов. Обычно бизнес-процессы описываются с помощью визуальных моделей [12]. Между тем, общая модель, используемая системным аналитиком, должна обладать определенной степенью интегрированности, т.е. отражать еще и связь различных аспектов деятельности предприятия [4]. Этому требованию удовлетворяет предложенная в наших работах ER++ модель, основой которой является представление бизнес-процессов в виде отдельных, элементарных бизнес-функций, выявляемых в процессе обследования [6], с помощью методик, предложенных в работах [2,9].

С точки зрения цели настоящей работы, важнейшей чертой функционально-ориентированной модели является принцип категоризации сущностей [5]. В приводимом ниже примере моделирования лечебного учреждения имеет место подтипизация на двух уровнях. Из анализа организационной структуры учреждения вытекают модели сущностей, обычно называемых подразделениями: врач, диспетчер и т.д., в состав которых входят атомарные подтипы или функциональные единицы (ФЕ) (рис. 1). Выделение атомарных ФЕ позволяет “собирать” функции каждого подразделения из уникальных типовых атомарных ФЕ, реализованных в виде отдельных программных единиц.

Таким образом, программная реализация подразделений сводится к выявлению состава типовых ФЕ и организации интерфейса между соответствующими им программными единицами. В результате построения модели предметной области в виде набора сущностей и связей получаем связный граф. В полученном графе необходимо избегать циклических связей – они выявляют некорректность модели. На основании структуры системы, описанной с помощью ER-модели, графически представленной на рис. 1, построим графовую модель для данного бизнес-процесса.

3. Графовое представление ER++ модели. Допустим, что бизнес-процесс может выполняться различными видами исполнителей, различных по производительности, специализации и затратам (материальным для автоматических исполнителей и финансовым для гуманитарных исполнителей) [4,9]. Пусть n_s , $s = 1, 2, \dots, k$ – число исполнителей s -го типа, q^s – затраты на работу исполнителя s -го типа [10].

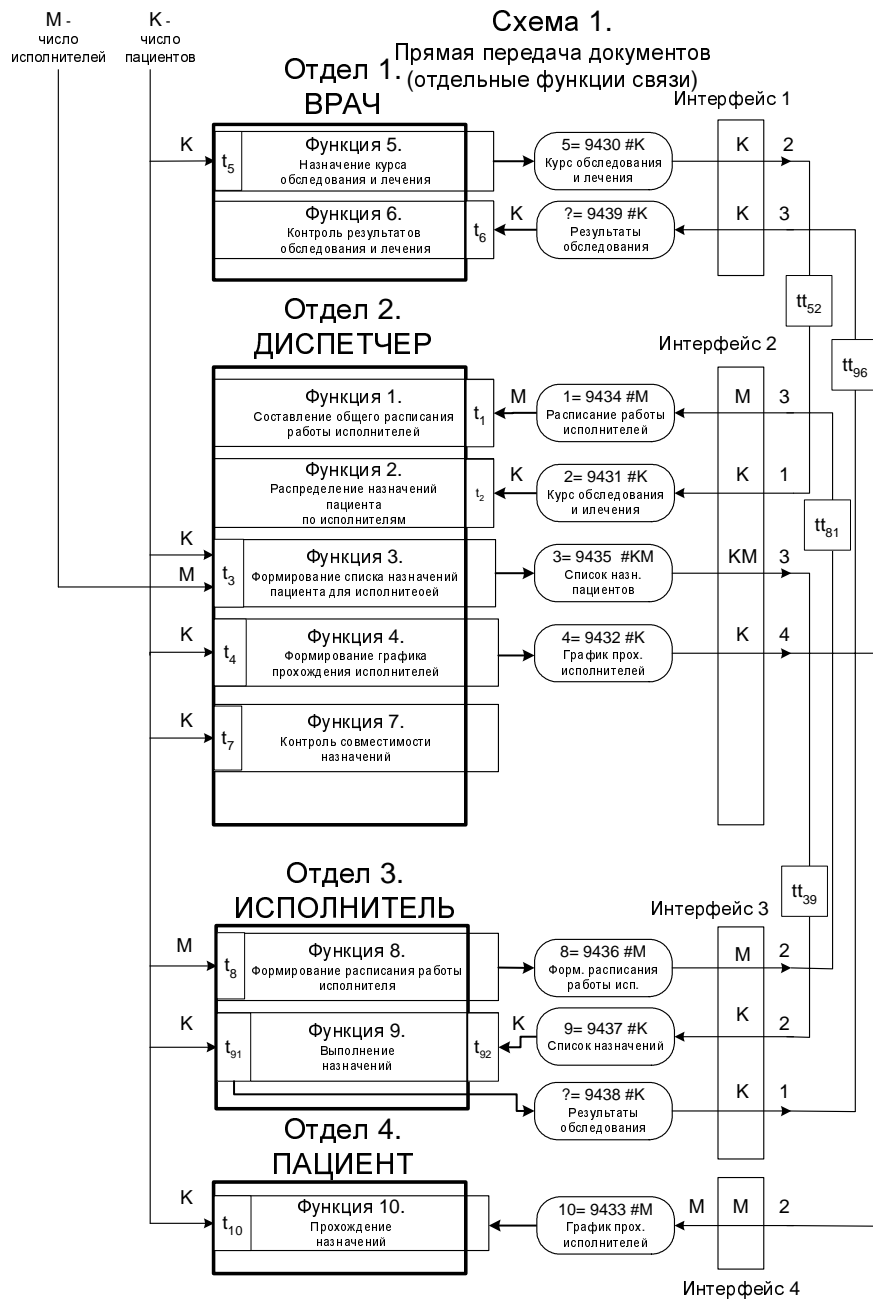


Рис. 1. Визуальная ER++ модель бизнес-процесса диспансеризации пациента в лечебном учреждении

Граф такого типа может содержать одновременно, как дуги, так и звенья [1] и для его описания обычно задаются множества вершин и ребер графа. Инцидентность определенных вершин и ребер задается с помощью трехместного предиката. Графовую ER++ модель бизнес-процесса можно представить в форме

$G = (X, U, P)$, где даны два множества элементов X и U ($X \cap U = \emptyset$), причем, каждая вершина $x_i \in X$, $i = 1, \dots, m$ соответствует определенной неделимой составляющей бизнес-процесса (i -й элементарной ФЕ бизнес-процесса) [9], а каждое ребро $u_j \in U$, $j = 1, \dots, n$ соответствует j -й материальной (дуга) или информационной (звено) связи между ФЕ этого процесса. Трехместный предикат P , называемый *инцидентором*, обеспечивает выполнение условий введенных для графов этого типа в [1].

В отличие от графов, введенных в [1], в данной модели каждая вершина $x_i \in X$ снабжена вектором $t_{i1}, \dots, t_{ik} \in T$, где t_{ij} , $j = 1, \dots, k$ – затраты на выполнение i -й элементарной функции исполнителем j -го типа [10]. В данной работе будем считать $t_{ij} = \infty$ в случае, когда в соответствии со специализацией j -го исполнителя или i -го процесса функция не может выполняться исполнителем данного типа. В применении к задачам анализа и планирования бизнес-процессов с помощью ER++ моделей такой граф назовем *структурным графом* ER++ модели. Отметим, что в отличие от методов планирования работы вычислительных систем [12,17], в настоящей работе допускается наличие кратных ребер [19], т.е., в общем случае, структурная ER++ модель бизнес-процесса представляется мультиграфом [1].

Это существенное отличие новой ER++ модели от известных графовых моделей процессов вызвано тем, что в ER++ моделях введены несколько уровней подтипизации, на которых формируются важные для реализации фреймы исполнителей (отделы в терминологии учреждений). Фреймы представляют собой подграфы общей схемы, выявляемые в процессе обследования исходного процесса [2,7]. Вторым существенным отличием графовых ER++ моделей является возможность присвоения весов отдельным ребрам мультиграфа модели (рис. 2).

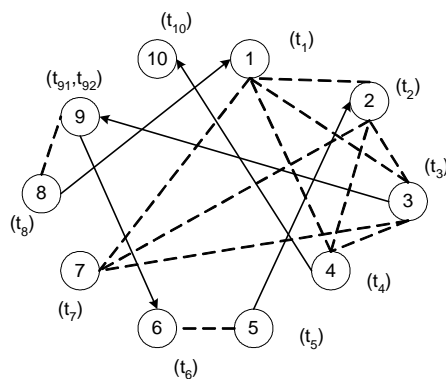


Рис. 2. Графовая ER++ модель бизнес-процесса диспансеризации пациента на основе мультиграфа с векторными весами вершин

Здесь каждая вершина и ребро могут иметь векторную весовую функцию, которая включает номер элементарной функции (с одной стороны) и вектор затрат (с другой стороны). Отметим также, что в задачах планирования операций в вычислительных системах часто рассматривают случай, когда необходимо учитывать параметры обмена информацией между функциями (например, если вычислительная система не имеет общей памяти [3]). В этом случае, каждой дуге, соединяющей

вершины α и β , присваивается некоторый вес $R_{\alpha \rightarrow \beta}$. Такой *взвешенный* граф обозначают как $G = (X, T, R, U, P)$. В моделях бизнес-процессов такое представление структурного графа необходимо использовать в случае, когда стоимостью и длительностью обмена ресурсами нельзя пренебречь.

С точки зрения введенной графовой ER++ модели, определение *функционального модуля* формализуется на множестве задач обработки данных $\Phi = \{f_h; h = 1, \dots, H\}$ в котором h -я задача из Φ считается реализуемой в моделируемой системе, если существует отображение вектора входных переменных задачи X^h в вектор выходных значений задачи $Y^h = \pi^h(X^h)$, где π^h – некоторое преобразование, описываемое мультиграфом с петлями. Вершинами этого мультиграфа являются элементарные функции обработки данных, а ребрами – переменные пространства состояния информационной системы, являющиеся общими для этих функций [19]. Если преобразование $Y^h = \pi^h(X^h)$ представимо в виде графа $G = (\Gamma_v, S)$, где Γ_v – множество подграфов графа модели, а S – множество дуг агрегированного графа, то подмножества $\Gamma_v = (M_v, D_v)$, где M_v – множество вершин модуля, D_v – множество инцидентных им ребер. В этом случае говорят, что преобразование π^h *обладает свойством модульности* [11].

Критерием модульного представления является множество функций, определенных на множестве разбиений F графа модели Γ . Тогда задача оптимальной декомпозиции на *функциональные модули* формализуется в виде

$$\underset{M_1(A) \subset P_D \subset P}{extr} f(M_1(A)), \quad (1)$$

где $f(M_1(A))$ – функция, определенная на множестве P , а P_D – множество допустимых разбиений P .

На основе введенных формализаций графовой ER++ модели и критерия ее декомпозиции введем конструктивный алгоритм декомпозиции по критерию (1).

4. Алгоритм декомпозиции модели модульной структуры. Для построения алгоритма декомпозиции следует учитывать особенности алгебраических операций над графами, описывающими дискретные системы обработки (в нашем случае, как данных, так и материальных потоков). В [1] показано, что такие операции позволяют формализовать модель, в которой автоматы (в нашем случае – функциональные модули) выполняют совместную обработку потока. Имеют место операции умножения, суммирования, композиции и суперпозиции графов, которые основываются на декартовом произведении на графах [19]. В этом базисе фундаментальную роль играет задача *декомпозиции графов моделей*, т.е. разложения сложных графов на более простые по различным алгебраическим операциям [1]. В настоящей работе такая постановка дополняется требованием учета при декомпозиции критерия (1).

Рассмотрим теперь один из возможных алгоритмов декомпозиции графа модели, модифицирующий алгоритм разложения мультиграфа по суперпозиции, предложенный в [1]. Для этого представим мультиграф в виде $G = (X, Z)$,

где X – множество вершин, а Z – отображение X в множество слов над X [1]. В [1] показано, что матрицу смежности исходного мультиграфа можно представить в виде k -правильной клеточной матрицы $R_G = \parallel r_{ij} \parallel, i, j \in \{1, 2, \dots, k\}$, содержащей m подматриц, при этом общий размер матрицы $k = m^2$. Тогда декомпозиция сводится к применению к матрице смежности групп подстановок, не выводящих ее из класса k -правильных [1]. Это дает основу для построения следующего алгоритма декомпозиции графа модели на графы ее модулей.

Алгоритм декомпозиции модели по суперпозиции.

1. Подсчитать число n вершин мультиграфа G . Если $n = k \cdot m$, то переходим к п. 2, иначе – к п. 9;
2. Для матрицы смежности R графа G проверить условие правильности $m \leq k \cdot m^2$. Если условие выполняется, перейти к п. 3, иначе – к п. 9;
3. Разбить матрицу R графа G на k^2 клеток. Если полученная R является k -правильной, то перейти к п. 8, иначе – перейти к п. 9;
4. Множество вершин X графа G разбить (использованием визуальной модели Рис. 1) на k непересекающихся подмножеств по m вершин в каждом, образуя классы π_i разбиения π . Для данного разбиения вычислить и запомнить значение критерия (1). Выбирая по одному элементу (модулю) из каждого класса разбиения π , построить классы ρ_j разбиения ρ . Перейти к п. 5;
5. Найти попарные пересечения классов π_i и ρ_j всех изоморфных пар (π, ρ) разбиений, получая множество подстановок $t \cdot T$. Перейти к п. 6;
6. Применить обратную подстановку t^{-1} любой подстановки из класса $t \cdot T$ к исходной матрице R . Если полученная R является k -правильной, то перейти к п. 8, иначе – перейти к п. 7;
7. Образовать новую пару (π, ρ) , вычислить новое значение критерия (1). Если оно меньше найденного, получить новую пару (π, ρ) и перейти к п. 5, иначе – перейти к п. 9;
8. По k -правильной матрице построить графы декомпозиции по [1];
9. Сделать вывод о том, что исходный граф неразложим по данному алгоритму.

Приведенный алгоритм является конечным [1] и позволяет получить декомпозицию исходного графа ER++ модели с учетом критерия модульности функциональных элементов модели [4]. Он позволяет формально пересматривать структуру бизнес-процесса, полученную по результатам обследования предприятия [2,4] с целью оптимизации его деятельности по критериям, предложенным в [10].

Заключение. Новые результаты, полученные в данной работе, позволяют по экспериментальным данным, получаемым в процессе обследования деятельности предприятия, строить сначала визуальную, а затем формальную ER++ модель, основанную на моделировании основных функциональных единиц предприятия.

От известных описательных моделей типа IDEF и др. данная модель отличается наличием формального аппарата, позволяющего переходить от визуальной структуры к формальной. В дальнейшем на графовой модели возможна постановка и решение задач оптимизации деятельности предприятия.

От моделей дискретных устройств и автоматов данная модель отличается введением дополнительного критерия качества разбиения исходной схемы на функциональные модули.

Благодаря этим особенностям новые ER++ модели бизнес-процессов могут использоваться для построения нового типа CASE-средств – оптимизирующих как структуру, так и количественные показатели предприятия [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Курейчик В.М. Применение графов для проектирования дискретных устройств. – М.: Наука, 1974.
2. Микита Р. М., Rogozov Ю.И., Свиридов А.С., Стукотий Л.Н. Концепция построения информационной модели предприятия // Телекоммуникации. – 2004, №8.
3. Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем. – М.: Физматлит, 2002. – 800 с.
4. Rogozov Ю.И., Бутенков С.А., Свиридов А.С. Систематизация моделей жизненного цикла информационных систем в рамках модели J. Zakhman // В сб. трудов Международной научно-технической конференции "Системный анализ и информационные технологии" (САИТ-2007), Обнинск, 10-14 сентября 2007 г., т.2. – С. 195-199.
5. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
6. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам. – М.: Лори, 2002. – 288с.
7. Друшков С.А., Микита Р.М. Методика поэтапного формирования технического задания на разработку информационной системы по результатам обследования предприятия. – Известия ТРТУ, 2006, №11.
8. Верников Г. Основные методологии обследования организаций. Стандарт IDEF0 // Директору информационной службы, №5, 2001.
9. Rogozov Ю.И., Бутенков С.А., Кодачигов В.И., Микита Р.М., Свиридов А.С. Информационные ER++ модели – новый подход к интеграции основных этапов проектирования информационных систем // Известия ТРТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, №9, 2006. – С. 70-74.
10. Бобнев С.В., Rogozov Ю.И. Применение оптимизационных моделей информационных потоков для построения CASE – средств // Материалы Научно – практической конференции «Приоритетные направления развития науки и образования в рыночных условиях», Лимассол-Кипр, 2005 г. – С.142-151.
11. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. – М.: Мир, 1981.
12. Барский А.Б. Параллельные процессы в вычислительных системах. Планирование и организация. – М.: Радио и связь, 1990.
13. Сигорский В.П., Петренко А.И. Алгоритмы анализа электронных схем. – М.: Сов. радио, 1976.
14. Морозов К.К., Одинокоев В.Г., Курейчик В.М. Автоматизированное проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь, 1983.
15. Ашимов А.А., Мамиконов А.Г., Кульба В.В. Оптимальные модульные системы обработки данных. – Алма-Ата: Наука, 1981.
16. Кофман А., Дебазей Г. Сетевые методы планирования. – М.: Прогресс, 1968.
17. Сапатый П.С. О решении разветвленных и циклических задач на многопроцессорных ВС // Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1974, №1. – С. 166-178.
18. Rumbaugh J., Blaha M. Object-Oriented Modeling and Design.- Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1991.
19. Харари Ф. Теория графов. – М.: Мир, 1973.

Рогозов Юрий Иванович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: rogozov@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)371-787.

Кафедра системного анализа и телекоммуникаций.

Заведующий кафедрой.

Бутенков Сергей Андреевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: saab@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634) 371-668.

Заведующий отделом обучения иностранных граждан.

Микита Роман Михайлович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: roman.mikita@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)312-165.

ООО НПП «Дейманд»; заместитель директора.

Rogozov Jury Ivanovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: rogozov@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634)371-787.

Department of System Analysis and Telecommunications.

Head chair.

Butenkov Sergey Andreevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: saab@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634) 371-668.

Chief of the office for foreign studies.

Mikita Roman Mihailovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: roman.mikita@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634)312-165.

Research-and-production enterprise ‘Deimand’; executive director.