

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ  
СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА  
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ**

**А. Д. Обухов**

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»; obuhov\_art@mail.ru*

**Ключевые слова:** математическая модель; структурно-параметрический синтез; электронный документооборот.

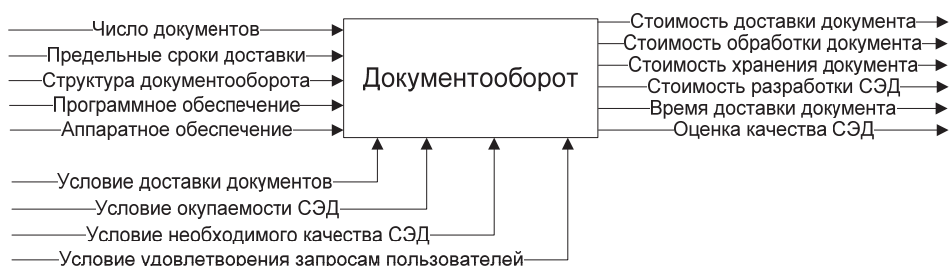
**Аннотация:** Рассмотрена постановка задачи структурно-параметрического синтеза системы электронного документооборота (СЭД). Для ее решения разработана математическая модель СЭД, отличающаяся учетом основных элементов СЭД и позволяющая проводить теоретико-множественный анализ процессов движения и взаимодействия документов. Приведено подробное описание объектов документооборота, проводимых над ними операций и условий их выполнения, рассмотрены программные и аппаратные характеристики СЭД. Решение поставленной задачи структурно-параметрического синтеза позволит повысить экономическую эффективность разрабатываемой СЭД при соблюдении условий необходимой производительности, качества, окупаемости и удовлетворения требований конечных пользователей.

---

**Введение**

Внедрение систем электронного документооборота (СЭД) обусловлено постоянно растущими объемами информации, высокими требованиями к надежности хранения, скорости обработки и передачи данных, необходимостью перехода от бумажного документооборота к электронному. Реализация масштабных, сложно организованных СЭД является трудоемким и длительным процессом, требующим значительного количества ресурсов. Их развитие и адаптация под конкретные задачи, разработка универсальных проектных решений с использованием передовых информационных технологий становится актуальной задачей, решить которую без использования методов системного анализа и математического моделирования невозможно.

Данная задача относится к классу экстремальных комбинаторных. Для ее решения используется структурно-параметрический синтез, в результате которого определяется структура и значения параметров объекта, обеспечивающие оптимальность разработанной системы по некоторому критерию при выполнении необходимых ограничений.



**Рис. 1. Схема процессов документооборота научно-образовательного учреждения**

При проведении анализа подходов к моделированию процессов документооборота выявлены основные типы моделей: теоретико-множественные; теоретико-графовые; автоматные; функциональные; дескрипторные; мультиагентные, а также определены их сильные и слабые стороны [1 – 5]. В результате сделаны следующие выводы: необходимо на основе теоретико-графовой модели документооборота построить математическую модель СЭД, которая будет учитывать структуру документа, описывать операции, приводящие к смене состояний документа, условия их выполнения с учетом правил разграничения доступа к информации, позволит формализовать процессы движения и взаимодействия документов, а также основные программные, аппаратные и структурные параметры информационной системы.

В статье представлена модель СЭД, учитывающая перечисленные аспекты и позволяющая решить задачу структурно-параметрического синтеза СЭД научно-образовательного учреждения для получения оптимальной информационной системы с точки зрения ее структуры и параметров, при которых стоимость разработки СЭД, доставки, обработки и хранения документов будет минимальной, а все документы будут доставлены в установленный срок [6, 7]. К основным параметрам относятся: число документов, предельные сроки их доставки, структура документооборота организации, программное и аппаратное обеспечение. Входные и выходные переменные, а также условия протекания процессов документооборота приведены на рис. 1.

Для решения поставленной задачи необходимо найти область допустимых значений исследуемых характеристик, выбрать критерий оптимизации, формализовать протекающие в объекте процессы и представить их в виде математической модели.

### Математическая модель СЭД

Анализ объектов документооборота и процессов взаимодействия и движения документов, а также информационных систем, направленных на автоматизацию документооборота, позволил определить необходимые компоненты математической модели СЭД, с помощью которой возможно решение задачи структурно-параметрического синтеза. Представим математическую модель СЭД в кортежном виде [1, 2, 8, 9]

$$EDMS = (S, HW, SW, V_s, E_s, Q_s), \quad (1)$$

где  $EDMS$  – модель СЭД;  $S$  – структура электронного документооборота организации;  $HW = (ST, VST, QST, CST)$  – множество аппаратных характеристик СЭД, в которые входят данные о множестве хранилищ информации  $ST$ , их стоимости

$VST$ , объеме  $QST$  и пропускной способности  $CST$ ;  $SW = (SD, SM, SR)$  – множество программных характеристик СЭД, включающие в себя все возможные сочетания используемых средств разработки  $SD$ , структуры модулей СЭД  $SM$  и конкретной программной реализации  $SR$ ;  $V_s$  – оценка годовых экономических затрат на СЭД;  $E_s$  – оценка производительности документооборота;  $Q_s$  – оценка качества работы СЭД.

Под структурой электронного документооборота организации  $S$  будем понимать формализованное представление в виде кортежной модели множества объектов документооборота, меняющих свои состояния в результате проведения операций множеством пользователей в некоторые моменты времени под влиянием множества внешних и внутренних воздействий [10]

$$S = (U, P, E, O, T, G), \quad (2)$$

где  $U = \{u_i \mid i = \overline{1, I}\}$  – множество объектов документооборота – документов;  $I$  – общее число объектов;  $P = \{p_q \mid q = \overline{1, Q}\}$  – множество пользователей,  $Q$  – общее число пользователей;  $T$  – множество дискретных моментов времени, представленных натуральными числами;  $E$  – множество воздействий на объекты, как внешних, так и внутренних;  $O = \{o_l \mid l = \overline{1, L}\}$  – множество операций, выполняемых над объектами,  $L$  – общее их число;  $G = \{G_i(C_i, O) \mid i = \overline{1, I}\}$  – множество структур информационных потоков, каждый из которых отражает жизненный цикл объекта  $u_i$  как последовательную смену состояний  $C_i$  через осуществление множества операций  $O$ .

Объекту  $u_i$  соответствует некоторое множество состояний, каждое из которых определяет содержимое объекта в определенный промежуток его жизненного цикла,

$$u_i \rightarrow C_i, \quad (3)$$

где  $C_i = \{c_{ij} \mid j = \overline{1, J_i}\}$  – множество состояний объекта  $u_i$ ,  $J_i$  – число таких состояний. Каждое состояние определяется как кортеж из множества атрибутов объекта и их значений в заданный промежуток времени

$$c_{ij} = \left( \left\{ (a_{in}, d_{ijn}) \mid a_{in} \in A_i, d_{ijn} \in D_{ij}, n = \overline{1, N_i} \right\}, T_{c_{ij}} \right), \quad (4)$$

где  $A_i = \{a_{in} \mid n = \overline{1, N_i}\}$  – множество атрибутов объекта  $u_i$  с соответствующими им элементами множества значений атрибутов  $D_{ij} = \{D_{ij} \mid j = \overline{1, J_i}\}$  для каждого состояния  $c_{ij}$

$$D_{ij} = \{d_{ijn} \mid n = \overline{1, N_i}\}, \quad (5)$$

где  $N_i$  – число атрибутов объекта;  $T_{c_{ij}}$  – множество дискретных моментов времени  $t$ , в которые существует состояние  $c_{ij}$ .

Воздействия разделяются на внешние  $EE$  и внутренние  $IE$ :  $E = EE \cup IE$ . Внешние воздействия  $EE = \{ee_w \mid w = \overline{1, W_e}\}$  включают в себя распоряжения ми-

нистерств, новые законы и стандарты, заказы от сторонних организаций и прочие воздействия, осуществляемые извне. Внутренние воздействия  $IE = \{ie_w \mid w = \overline{1}, \overline{W}_i\}$  формируются на основе внешних либо самостоятельно внутри организации.

Воздействие направлено на получение конкретного результата – документа или некоторого их множества, которые удовлетворяют условиям, поставленным воздействием. В формализованном виде воздействие можно представить в виде кортежа:

$$\begin{aligned} ee_{we} &= (U^*, p_q, TU), \quad ee_{we} \rightarrow \{ie_w \mid w = \overline{1}, \overline{W}_i, ie_w \in IE\}; \\ ie_w &= (U^*, P^*, O^*, TU); \\ ee_{we} &\in EE, \quad U^* \in U, \quad p_q \in P, \quad P^* \in P, \quad O^* \in O, \quad TU \in T, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $ee_{we}$  – внешнее воздействие, направленное на получение результата ответственным лицом  $p_q$  в виде множества объектов  $U^*$  в течение заданного времени работы  $T^*$ ;  $ie_w$  – внутренние воздействия, порожденные воздействием  $ee_{we}$  и направленные на получение объектов  $U^*$  некоторым подмножеством пользователей  $P^*$  путем выполнения множества операций  $O^*$  за время  $T^*$ .

Для достижения результата в виде конечных документов пользователи используют различные операции над документами. Операции, производимые над объектом  $u_i$  и осуществленные пользователем  $p_q$  в момент времени  $t$ , в общем виде можно представить функцией [10]:

$$\begin{aligned} o_l(u_i, p_q, t): u_i \rightarrow u_m, \quad c_{ij} \rightarrow c_{mk}, \quad (\{(a_{in}, d_{ijn})\}, T_{c_{ij}}) &\rightarrow (\{(a_{mn}, d_{mkn})\}, T_{c_{mk}}); \\ t \rightarrow t + \tau, \quad t \in T_{c_{ij}}, \quad t + \tau \in T_{c_{mk}}, \quad c_{ij} = \Psi(u_i, t), \quad c_{mk} = \Psi(u_m, t + \tau); \\ ie_w &= (U^*, P, O^*, T^*), \quad o_l \in O^*, \quad u_m \in U^*, \quad p_q \in P^*, \quad t \in T; \\ u_i, u_m \in U, \quad l = \overline{1}, \overline{L}, \quad i = \overline{1}, \overline{I}, \quad j = \overline{1}, \overline{J}_i, \quad k = \overline{1}, \overline{J}_m, \quad n = \overline{1}, \overline{N}_i. \end{aligned} \quad (7)$$

К типовым операциям над документами относятся: чтение, редактирование, удаление, копирование, объединение и сжатие состояний документа [1, 10].

На каждую операцию накладываются условия ее выполнения. Данные условия могут быть организованы тремя различными способами: в дискретном, ролевом и атрибутном представлениях, каждое из которых применяется в зависимости от ситуации, структуры объекта, выполняемых над ним операций и требований информационной безопасности [1, 11].

Следующий компонент математической модели СЭД – оценка годовых экономических затрат [12]

$$V_s = V_{hw} + V_{st} + V_p + V_t + V_d, \quad (8)$$

где  $V_{hw}$  – затраты на оборудование;  $V_{st}$ ,  $V_p$ ,  $V_t$  – стоимости хранения, обработки и доставки информации соответственно;  $V_d$  – стоимость разработки системы.

Затраты на оборудование складываются из затрат на все хранилища  $ST_k$ :

$$V_{hw} = \sum_{k=1}^K VST_k; \quad (9)$$

$$VST_k = V_{k1} + V_{k2} + V_{k3} + V_{k4} + V_{k5}; \quad (10)$$

$$V_{k1} = 0,01(V_h + 0,1V_h); \quad (11)$$

$$V_{k2} = m_e T_e V_m k_e; \quad (12)$$

$$V_{k3} = \frac{V_h N_1 + (0,1V_h) N_2}{100}; \quad (13)$$

$$V_{k4} = N_3(V_h + 0,1V_h); \quad (14)$$

$$V_{k5} = 0,01V_{hw}, \quad (15)$$

где  $VST_k$  – сумма годовых затрат на эксплуатацию хранилища  $ST_k$ , р.;  $V_{k1}$  – затраты на основные и вспомогательные материалы, р.;  $V_{k2}$  – затраты на электроэнергию, р.;  $V_{k3}$  – сумма годовых амортизационных отчислений, р.;  $V_{k4}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, р.;  $V_{k5}$  – прочие расходы в размере 1 % от основных капитальных вложений, р.;  $V_h$  – стоимость основного оборудования хранилища  $ST_k$ , р.;  $0,1V_h$  – стоимость вспомогательного оборудования, р.;  $m_e$  – установленная мощность  $ST_k$ -го оборудования, кВт;  $T_e$  – время работы оборудования  $ST_k$  в год, ч;  $V_m$  – цена одного киловатт-часа электроэнергии, р.;  $k_e$  – коэффициент использования мощности, равный 0,9;  $N_1$  и  $N_2$  – нормы амортизации на реновацию для основного и вспомогательного оборудования, соответственно,  $N_1 = N_2 = 25$  %;  $N_3$  – норма отчисления на ремонт в размере 16 %;  $J_i$  – число всех состояний объекта  $u_i$ ;  $a_{ij4}$  – атрибут объекта  $u_i$  в состоянии  $c_{ij}$ , обозначающий занимаемый состоянием объем памяти в МБ.

Стоимость хранения информации

$$V_{st} = \sum_{k=1}^K \frac{VST_k}{QST_k} \sum_{i=1}^I f_{st}(u_i, ST_k) \sum_{j=1}^{J_i} a_{ij4} \quad (16)$$

при ограничении на объем хранимой информации

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I f_{st}(u_i, ST_k) \sum_{j=1}^{J_i} a_{ij4} \leq \sum_{k=1}^K QST_k. \quad (17)$$

Стоимость обработки информации

$$V_p = \sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q \sum_{l=1}^L k_{iql} \lambda_{iql} t_{iql} \frac{v_q^w}{T_q^w}, \quad (18)$$

где  $k_{iql}$  – число проведенных пользователем  $p_q$  операций  $o_l$  над объектом  $u_i$  за год;  $\lambda_{iql}$  – коэффициент, определяющий выполнение пользователем  $p_q$  операции  $o_l$  над объектом  $u_i$  по формуле

$$\lambda_{iql} = \begin{cases} 1, & \text{если } \exists o_l(u_i, p_q, t); \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (19)$$

$t_{iql}$  – время на проведение пользователем  $p_q$  операции  $o_l$  над объектом  $u_i$ ;  
 $v_q^w$  – ежемесячная заработная плата сотрудника  $p_q$ ;  $T_q^w$  – количество рабочих часов в месяц сотрудника  $p_q$ .

Стоимость доставки информации рассчитывается по формуле

$$V_i = \sum_{k=1}^K \frac{VST_k}{QST_k CST_k} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} a_{ij4} \eta_{kij} f_{st}(u_i, ST_k) \quad (20)$$

при ограничении на время доставки информации

$$\frac{1}{CST_k} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} a_{ij4} \eta_{kij} f_{st}(u_i, ST_k) \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} \eta_{kij} t_{ui}, \quad (21)$$

где  $\eta_{kij}$  – число доставок состояния  $c_{ij}$  из хранилища  $ST_k$ ;  $t_{ui}$  – предельный срок работы с  $i$ -м документом,  $t_{ui} \in TU$  ( $TU$  – множество заданных предельных сроков);  $CST_k$  – пропускная способность хранилища  $ST_k$ , определяемая по формуле

$$CST_k = SP_k c_{k1} c_{k2} c_{k3}, \quad c_{ki} = [0; 1], \quad i = 1, \dots, 3, \quad (22)$$

где  $SP_k$  – пропускная способность сетевой карты сервера;  $c_{k1}$ ,  $c_{k2}$ ,  $c_{k3}$  – коэффициенты, определяющие оценку мощности центрального процессора, скорости оперативной памяти и основного накопителя соответственно. Оценки нормированы и определяются путем сравнения характеристик аппаратных средств, единице соответствует решение, обеспечивающее максимальную производительность, нулю – наихудшее решение, приводящее к поломке всей системы.

Стоимость разработки СЭД

$$V_d = V_{dw} + V_{dl} + V_{dt}, \quad (23)$$

где  $V_{dw}$  – затраты на зарплату разработчиков СЭД;  $V_{dl}$  – затраты на покупку лицензионных средств разработки СЭД;  $V_{dt}$  – затраты на технические средства для разработки СЭД.

Оценка производительности документооборота зависит от числа документов, обрабатываемых в единицу времени с учетом затрат на их обработку [13]. Представим производительность документооборота в виде

$$E_s = \frac{\sum_{i=1}^K w_i}{\sum_{i=1}^K \sum_j t_{ij} w_i}, \quad (24)$$

где  $w_i$  – число документов  $i$ -й категории;  $J_i$  – число операций над документом  $i$ -й категории;  $t_{ij}$  – временные затраты на выполнение  $j$ -й операции обработки документа  $i$ -й категории;  $K$  – общее число категорий документов.

На производительность документооборота оказывает прямое влияние мощность аппаратных средств информационной системы, а также быстрдействие ее программных компонентов, что выражается формулой

$$t_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} a_{ij4} \eta_{ij}}{CST_k} + \tau(u_i, o_j), \quad (25)$$

где  $\tau(u_i, o_j)$  – время выполнения  $j$ -й операции обработки документа  $i$ -й категории при использовании конкретной программной реализации СЭД  $SR$ , полученной в результате разработки средствами  $SD$  при структуре модулей  $SM$ .

Под качеством работы СЭД будем понимать результат оценки разработанной СЭД экспертной группой по ряду показателей. В качестве показателей используем утвержденный в ГОСТ 28195–89 «Оценка качества программных средств» перечень показателей качества

$$Q_s = \{Q_{ijk}, q_{ijk}\}, \quad 0 \leq q_{ijk} \leq 1, \quad (26)$$

где  $Q_{ijk}$  – множество оценочных элементов;  $i, j, k$ ,  $q_{ijk}$  – номера фактора, метрики, оценочного элемента и его значение соответственно.

Введем весовые коэффициенты для оценочных элементов всех уровней:

$$\sum_{k=1}^K V_{jk} = 1, \quad \sum_{j=1}^J V_{ij} = 1, \quad \sum_{i=1}^I V_i = 1. \quad (27)$$

Оценка качества работы СЭД рассчитывается по формуле

$$Q_s = \sum_{i=1}^I (V_i Q_i), \quad Q_i = \sum_{j=1}^J (V_{ij} Q_{ij}), \quad Q_{ij} = \sum_{k=1}^K q_{ijk} V_{jk}. \quad (28)$$

На оценку качества работы СЭД влияет стабильность и быстрдействие информационной системы, что обеспечивается выбором конкретной программной реализации СЭД  $SR$ , полученной в результате использования средств разработки  $SD$  при структуре модулей  $SM$ ,

$$(SD, SM, SR) \rightarrow \{q_{ijk}\}. \quad (29)$$

Отметим, что не всегда самое качественное программное обеспечение является наилучшим и удобным для конечного пользователя. При внедрении новых информационных систем важно учитывать предпочтения сотрудников, выбирать средства разработки, формы интерфейса и инструменты взаимодействия с СЭД, обеспечивающие большее удобство при работе, интуитивность интерфейса, меньший срок адаптации и переобучения сотрудников. В формализованном виде это можно представить в виде

$$\varphi(SD_r, SR_r) = [0; 100], \quad (30)$$

где  $\varphi(SD_r, SR_r)$  – функция, возвращающая в процентном соотношении число сотрудников организации, способных взаимодействовать с СЭД при конкретной

программной реализации СЭД  $SR_r$ , полученной в результате разработки средствами  $SD_r$ , от общего числа сотрудников, использующих СЭД.

Для постановки задачи структурно-параметрического синтеза СЭД необходимо выбрать критерии оптимизации [14]. Как показал анализ научных трудов, посвященных оптимизации документооборота, рассматривать только экономические затраты при проектировании информационной системы недостаточно, так как это приводит к необъективной оценке системы только в свете затраченных на нее денежных средств [1]. Иными словами, не учитываются такие важные характеристики системы, как ее быстродействие, удобство, соответствие поставленным пользователями условиям, поэтому необходимо рассматривать их как обязательные условия решения задачи.

Таким образом, для оценки варьируемых переменных и оптимизации СЭД будем использовать критерий экономической эффективности, имеющий следующий вид:

$$H = \frac{V_0 - V_s}{V_0}; \quad (31)$$

$$V_0 = V_h^0 + V_{st}^0 + V_p^0 + V_t^0 + V_d; \quad (32)$$

$$0 \leq H \leq 1, \quad (33)$$

где  $V_0$  – максимально допустимые экономические затраты, получаемые из суммы затрат на оборудование  $V_h^0$ , стоимости хранения  $V_{st}^0$ , обработки  $V_p^0$ , получения информации  $V_t^0$  до внедрения СЭД и стоимости разработки СЭД  $V_d$ .

В случае, если до внедрения СЭД отсутствовали информационные системы по управлению документацией, то для расчетов годовых затрат на хранение, обработку и доставку информации в бумажном виде будем использовать соответственно следующие формулы:

$$V_{st}^0 = \sum_{i=1}^I V^{pp} n_i^{pp} \omega_i; \quad (34)$$

$$V_p^0 = \sum_{i=1}^I n_i^p t_{iq} \omega_i \frac{v_q^w}{T_q^w}; \quad (35)$$

$$V_t^0 = \sum_{i=1}^I n_i^t t_{iq} \omega_i \frac{v_q^w}{T_q^w}, \quad (36)$$

где  $V^{pp}$  – стоимость одного листа бумаги;  $n_i^{pp}$  – число листов в  $i$ -м документе;  $\omega_i$  – число  $i$ -х документов за год;  $n_i^p$  – число обработок  $i$ -го документа в год;  $t_{iq}$  – время на обработку (доставку)  $i$ -го документа пользователем  $p_q$ ;  $v_q^w$  – ежемесячная заработная плата сотрудника  $p_q$ ;  $T_q^w$  – число рабочих часов в месяц сотрудника  $p_q$ ;  $n_i^t$  – число запросов на доставку  $i$ -го документа в год.



### Постановка задачи

Постановка задачи структурно-параметрического синтеза СЭД научно-образовательного учреждения формулируется следующим образом.

Необходимо для системы электронного документооборота *EDMS* определить такой вектор переменных  $x^* = (S^*, HW^*, SW^*)$  из множества допустимых решений  $X$ , при котором значение целевой функции достигает своего максимума

$$\{S^*, HW^*, SW^*\} = \arg \max_{S, HW, SW} (H), \quad (37)$$

при выполнении уравнений связи в виде математической модели СЭД (1) – (30) и ограничений на следующие параметры:

– окупаемость СЭД

$$V_s \leq V_0 - V_d; \quad (38)$$

– необходимую производительность документооборота:

$$E_s \geq \sum_{i=1}^K \frac{w_i}{tu_i}; \quad (39)$$

$$0 < \sum_{j=1}^{J_i} t_{ij} \leq tu_i; \quad (40)$$

– необходимое качество работы СЭД

$$Q_s \geq Q_s^*, \quad (41)$$

где  $Q_s^*$  – базовое значение оценки качества информационной системы, определяемые экспертной группой или оценкой программного обеспечения конкурентов;

– степень удовлетворенности сотрудников организации, взаимодействующих с СЭД

$$\varphi(SD^*, SR^*) \geq \frac{\sum_{r=1}^{|SD||SR|} \varphi(SD_r, SR_r)}{|SD||SR|}. \quad (42)$$

Сформулированная постановка задачи структурно-параметрического синтеза СЭД научно-образовательного учреждения учитывает аппаратные и программные характеристики системы и позволяет провести оптимизацию по критерию экономической эффективности с учетом ряда дополнительных условий.

### Практическое применение

Результаты теоретических исследований легли в основу практической реализации СЭД ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», общая схема которой представлена на рис. 2. Использовались при проектировании информационных подсистем для отдела патентования и защиты интеллектуальной собственности [15], управления фундаментальных и прикладных исследований [16] и управления подготовки и аттестации кадров высшей квалификации (УПиАКВК) [17].

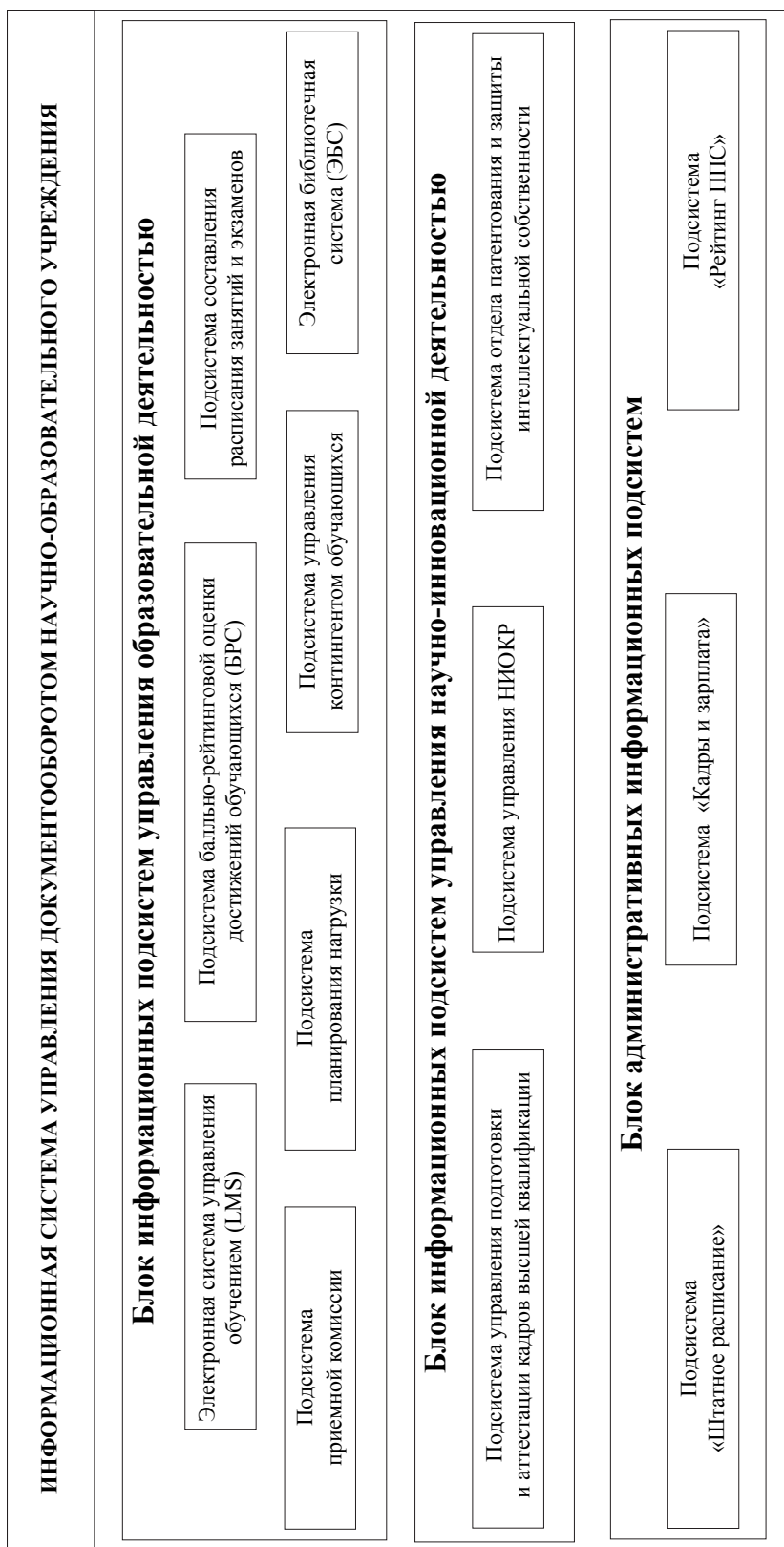


Рис. 2. Структура СЭД ФГБОУ ВО «ТГТУ»

2 семестр 2014/2015 Выход

**Кабинет аспиранта - Обухов Артём Дмитриевич**

Электронное портфолио    Анкетирование

**Индивидуальный план**

Список планов по периодам    [Закрывать период отчетности](#)

[Открыть индивидуальный план работы аспиранта](#)    [Открыть информацию о диссертационной работе](#)

Отчет по текущему периоду

**Блок 1. Дисциплины (Модули)**    [Добавить новую дисциплину](#)

Ред.	Индикс	Наименование	Форма контроля	Семестр	Отметка о сдаче	Подпись аспиранта	Подпись науч. руководителя	Подпись инспектора
	A1.B.2	Иностранный язык	Экзамен	2	Отлично	-	-	-
	A1.B.1	Методология научных исследований	Зачет	1	Зачтено	-	-	-
	A1.B.2	Методы анализа и обработки данных в научных исследованиях	Зачет	2	Зачтено	-	-	-
	A2.0.1	Научно-исследовательская практика	Практика	2	Отлично	-	-	-
	A3.NIP.1	Научно-исследовательская работа	Зачет	2	Отлично	-	-	-

1-5

**Блок 2. Практики**    [Добавить показатель практики](#)

Ред.	Показатель	Доп. сведения	Форма контроля	Отчетность	Подпись аспиранта	Подпись науч. руководителя	Подпись инспектора
	Научно-исследовательская практика	-	отчет	Открыть	-	-	-

1-1

**Блок 3. Научные исследования**    [Добавить отчеты](#)

Ред.	Показатель	Доп. сведения	Форма контроля	Отчетность	Подпись аспиранта	Подпись науч. руководителя	Подпись инспектора
	Научно-исследовательская деятельность	-	зачет	Открыть	-	-	-

1-1

**Рис. 3. Пример работы подсистемы управления подготовки и аттестации кадров высшей квалификации**

Применение изложенного в статье подхода к разработке СЭД на примере информационной подсистемы УПиАКВК позволило повысить экономическую эффективность в 1,84 раза по сравнению с затратами на документооборот до внедрения СЭД. При этом в качестве платформы выбрана среда разработки Oracle APEX, система реализована в виде веб-приложения Oracle Application, а оптимальные значения аппаратных характеристик СЭД приняли значения: объем хранилища  $QST$  – 500 ГБ, пропускная способность сервера  $CST$  – 3 МБ/с, при которых затраты на оборудование  $VST$  составили 30000 р., годовые экономические затраты  $V_s$  – 92605 р.

Разработанная подсистема СЭД позволила сотрудникам УПиАКВК перейти от бумажного документооборота к электронному, автоматизировать работу с электронными индивидуальными планами аспирантов, формирование отчетов и статистики. Пример работы информационной системы приведен на рис. 3.

### Заключение

На основе методов системного анализа поставлена и решена задача структурно-параметрического синтеза СЭД научно-образовательного учреждения, основанная на теоретических и прикладных исследованиях системных связей, закономерностей движения и жизненного цикла документов, позволяющая повысить экономическую эффективность электронного документооборота за счет оптимизации структуры, программных и аппаратных характеристик СЭД.

На основе проведенного теоретико-множественного анализа предметной области разработана математическая модель СЭД научно-образовательного учреждения, отличающаяся описанием программных и аппаратных параметров информационной системы, операций смены состояний документов и условий их выполнения с учетом правил разграничения доступа. Разработан критерий оптимизации СЭД, основанный на оценке экономической эффективности информационной системы и отличающийся от существующих учетом затрат на бумажный документооборот и разработку системы, а также наличием дополнительных ограничений на производительность, качество работы и степень удовлетворенности сотрудников. Это позволяет в результате получить не только удовлетворяющую поставленным в техническом задании требованиям, но и оценить экономическую эффективность полученного решения.

Изложенные подходы нашли практическое применение при решении задачи структурно-параметрического синтеза подсистемы СЭД для управления подготовки и аттестации кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». Полученные результаты подтверждают адекватность математической модели и эффективность предложенного метода оптимизации СЭД. Результаты проведенных исследований могут быть использованы для создания, оценки и оптимизации информационных систем управления документооборотом различного масштаба и сложности.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания ФГБОУ ВПО ТГТУ 2014/219 «Разработка единой информационной системы управления образовательной и научно-инновационной деятельностью университета как опорного вуза региональной экономики» от 30.01.2014.*

### Список литературы

1. Проектирование информационных систем управления документооборотом научно-образовательных учреждений : монография / М. Н. Краснянский [и др.]. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 216 с.

2. Круковский, М. Ю. Автоматная модель композитного документооборота / М. Ю. Круковский // *Мат. машины и системы*. – 2004. – № 4. – С. 37 – 49.
3. Коськин, А. В. Информационная макро модель развития образовательной среды / А. В. Коськин // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2004. – Т. 10, № 2. – С. 586 – 590.
4. Гудов, А. М. Выбор архитектуры системы распределенных информационных хранилищ на основе решения задачи оптимизации стоимости документопотоков / А. М. Гудов, В. В. Мешечкин, С. Ю. Завозкин // *Вестн. Кемер. гос. университета*. – 2011. – № 3. – С. 13 – 19.
5. Гмарь, Д. В. Система электронного документооборота вуза / Д. В. Гмарь, В. В. Крюков, К. И. Шахгельдян // *Новые информационные технологии и менеджмент качества : материалы VII Междунар. науч. конф., Белек, Турция, 21 – 28 мая 2010 г. / М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГУ «Гос. науч.-исслед. ин-т информ. технологий и телекоммуникаций» (ФГУ ГНИИ ИТТ «ИНФОРМИКА»)*, Европ. центр по качеству [и др.]. – Белек, Турция, 2010. – С. 64 – 66.
6. Гребенюк, Д. С. Место реинжиниринга бизнес-процессов в управлении предприятием / Д. С. Гребенюк // *Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2008. – № 4 (14). – С. 178 – 187.
7. Попов, Н. С. К задаче параметрической идентификации моделей сложных систем / Н. С. Попов, Ч. М. Тьинь // *Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2015. – № 2 (56). – С. 157 – 169. doi: 10.17277/voprosy.2015.02.pp.157-169
8. Дмитриевский, Б. С. Автоматизированное управление производственной системой: построение модели и перевод в инновационное состояние / Б. С. Дмитриевский, О. В. Дмитриева // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2014. – Т. 20, №. 2. – С. 284 – 291.
9. Представление модели параметрического синтеза технического объекта в реляционной базе данных / В. Г. Мокрозуб [и др.] // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 462 – 465.
10. Model of Documents Management for Academic and Research Universities on Basis Set Theory / A. V. Ostroukh [et al.] // *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* – 2015. – No. 15 (5). – P. 824 – 831.
11. Обухов, А. Д. Разграничение доступа к информации в системе электронного документооборота / А. Д. Обухов, М. Н. Краснянский // *Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II-й Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 т. / под общ. ред. В. А. Немтинова*. – Тамбов, 2015. – Т. 2. – С. 309 – 313.
12. Немтинова, Ю. В. Методы оценки экономической эффективности в управлении качеством инвестиционного проекта / Ю. В. Немтинова // *Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2007. – № 1(7). – С. 86 – 93.
13. Гуда, А. Н. Модели оценки параметров телекоммуникационного трафика в автоматизированных информационно-управляющих системах / А. Н. Гуда, М. А. Бутакова, Н. А. Москат // *Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского*. – 2010. – № 4-6 (29). – С. 71 – 86.
14. Львов, А. А. Критерий эффективности математических моделей информационных каналов / А. А. Львов, М. С. Светлов, Ю. А. Ульянина // *Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского*. – 2015. – № 3. – С. 263 – 269. doi: 10.17277/voprosy.2015. 03.pp.263-269
15. Обухов, А. Д. Автоматизация документооборота отдела защиты интеллектуальной собственности образовательного учреждения / А. Д. Обухов, М. Н. Краснянский, С. В. Карпушкин // *Развитие современного образования: теория, методика и практика : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., 15 июля, 2014 г. / редкол.: О. Н. Широков [и др.]*. – Чебоксары, 2014. – С. 186 – 191.

16. Разработка информационной системы электронного документооборота управления фундаментальных и прикладных исследований / М. Н. Краснянский [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 216 – 230. doi: 10.17277/vestnik.2015.02.pp.216-230

17. Обухов, А. Д. Автоматизированная система поддержки процесса подготовки в аспирантуре / А. Д. Обухов, Е. И. Муратова, М. Н. Краснянский // Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-28) : сб. тр. XXVIII Междунар. науч. конф., 22 – 24 апреля 2015 г. – Саратов, 2015. – Т. 3. – С. 67 – 70.

---

## Formulation of the Problem of Structural and Parametric Synthesis of Electronic Document Management System of Research and Education Institute

A. D. Obukhov

*Department “Computer-Integrated Systems in Engineering”, TSTU;  
obuhov\_art@mail.ru*

**Keywords:** electronic document management system; mathematical model; structural and parametric synthesis.

**Abstract:** Abstract: The paper gives the formulation of the problem of structural and parametric synthesis of electronic document management system (EDMS). We propose a mathematical model of the EDMS that accounts for key elements and permits a set-theoretic analysis of document management processes. We provide a detailed description of documentation, operations and conditions of their implementation; we consider hardware and software characteristics of the EDMS. The solution of the problem of structural-parametric synthesis will increase the economic efficiency of the developed EDMS, meet the requirements of productivity, quality, and profitability and satisfy end-user needs.

### References

1. Krasnyanskii M.N., Karpushkin S.V., Ostroukh A.V., Obukhov A.D. *Proektirovanie informatsionnykh sistem upravleniya dokumentooborotom nauchno-obrazovatel'nykh uchrezhdenii: monografiya* [Designing management information systems document scientific and educational institutions: monograph], Tambov: Izd-vo FGBOU VPO “TGTU”, 2015, 216 p. (In Russ.)

2. Krukovskii M.Yu. [Automatic model of the composite docflow], *Matematichni mashini i sistemi* [Mathematical Machines and Systems], 2004, no. 4, pp. 37-49. (In Ukrainian., abstract in Eng.)

3. Kos'kin A.V. [Information Macromodel of the Educational Environment Development], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2004, vol. 10, no. 2, pp. 586-590. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Gudov A.M., Meshechkin V.V., Zavozkin S.Yu. [Choice of Architecture of Distributed Information Stores System Based on the Solution of the Information Flows Cost Optimization Problem], *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Kemerovo State University], 2011, no. 3, pp. 13-19. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Gmar' D.V., Kryukov V.V., Shakhgel'dyan K.I. [Electronic document management system of the university], *Novye informatsionnye tekhnologii i menedzhment kachestva* [New information technologies and quality management], Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference, 21-28 May, 2010, Belek, Turkey, 2010, pp. 64-66. (In Russ.)
6. Grebenyuk D.S. [Place re-engineering of business processes in enterprise management], *Vopr. sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice Vernadsky University], 2008, no. 4 (14), pp. 178-187. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Popov N.S., T'in' Ch.M. [On the Problem of Parametric Identification of Models of Complex Systems], *Vopr. sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice Vernadsky University], 2015, no. 2 (56), pp. 157-169, 10.17277/voprosy.2015.02.pp.157-169 (In Russ., abstract in Eng.)
8. Dmitrievskii B.S., Dmitrieva O.V. [Automated Control of Production Systems: Model Development and its Translation into Innovative State], *Transactions of Tambov State Technical University*, 2014, vol. 20, no. 2, pp. 284-291. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Mokrozub V.G., Serdyuk A.I., Shamaev S.Yu., Kamenev S.V. [Presentation of the model of parametric synthesis of a technical object in a relational database], *Transactions of Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 462-465. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Ostroukh A.V., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V., Obukhov A.D. Model of Documents Management for Academic and Research Universities on Basis Set Theory, *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 2015, no. 15 (5), pp. 824-831, doi: 10.5829/idosi.aejaes.2015.15.5.12639
11. Obukhov A.D., Krasnyanskiy M.N. [Differentiation of access to the information in the electronic document management system], *Virtual'noe modelirovanie, prototipirovanie i promyshlennyi dizain* [Virtual simulation, prototyping and industrial design], Proceedings of the Second International Scientific and Practical Conference, Tambov, 2015, vol. 2, pp. 309-313. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Nemtinova Yu.V. [Methods of Economic Effectiveness Evaluation in Quality Control over Investment Project], *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2007, no. 1(7), pp. 86-93. (In Russ., abstract in Eng.)
13. Guda A.N., Butakova M.A., Moskat N.A. [Models of Parameters Estimation of Telecommunication Traffic in Computer-Aided Management Information Systems], *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2010, no. 4-6 (29), pp. 71-86. (In Russ., abstract in Eng.)
14. Lvov A.A., Svetlov M.S., Ulyanina Yu.A. [Criterion of Mathematical Model Efficiency for Information Channels], *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2015, no. 3, pp. 263-269, doi: 10.17277/voprosy.2015.03.pp.263-269 (In Russ., abstract in Eng.)
15. Obukhov A.D., Krasnyanskiy M.N., Karpushkin S.V. [Automate document protection department of intellectual property of the educational institution], *Razvitie sovremennogo obrazovaniya: teoriya, metodika i praktika* [The development of modern education theory, methodology and practice], Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Scientific and Practical Conference, 15 July, 2014, Cheboksary, 2014, pp. 186-191. (In Russ.)
16. Krasnyanskiy M.N., Obukhov A.D., Karpushkin S.V., Ostroukh A.V. [Development of Information System of Electronic Document Control Basic and Applied Research], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 216-230, doi: 10.17277/vestnik.2015.02.pp.216-230 (In Russ., abstract in Eng.)

17. Obukhov A.D., Muratova E.I., Krasnyanskii M.N. [Automated support system preparation process in graduate school], *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh (MMTT-28)* [Mathematical Methods in Engineering and Technology (MMTT-28)], Proceedings of the 28<sup>th</sup> International Conference, 22-24 April 2015, Saratov, 2015, vol. 3, pp. 67-70. (In Russ.)

---

### **Aufgabenstellung der strukturell-parametrischen Synthese des Systems des elektronischen Dokumentenumsatzes der wissenschaftlichen Ausbildungsinstitution**

**Zusammenfassung:** Es ist die Aufgabenstellung der strukturell-parametrischen Synthese des Systems des elektronischen Dokumentenumsatzes (SED) betrachtet. Für ihre Lösung ist das mathematische Modell von SED, das sich von der Berücksichtigung der Hauptelemente von SED unterscheidet und die theorievielfachen Analyse der Prozesse der Bewegung und der Wechselwirkung der Dokumente durchzuführen zulässt, ausgearbeitet. Es ist die ausführliche Beschreibung der Objekte des Dokumentenumsatzes, der über ihnen durchführenden Operationen und der Bedingungen ihrer Erfüllung angeführt, es sind die Programm- und Apparatencharakteristiken von SED betrachtet. Die Lösung der gestellten Aufgabe der strukturell-parametrischen Synthese wird zulassen, die Wirtschaftseffektivität vom entwickelten SED bei der Beachtung der Bedingungen der notwendigen Produktivität, der Qualität, der Deckung der Investitionen und der Befriedigung der Forderungen der Endbenutzer zu erhöhen.

---

### **Problème de la synthèse paramétrique du système du jeu d'écriture électronique de l'établissement de l'enseignement scientifique**

**Résumé:** Est considéré le problème de la synthèse paramétrique du système du jeu d'écriture électronique (JEE). Pour résoudre ce problème est élaboré le modèle mathématique de JEE, caractérisé par ce qu'on tient en compte des principaux éléments du JEE et par ce qu'il permet d'effectuer l'analyse théorique et multiple des processus du mouvement et de l'interrelation des documents. Est réalisée une description détaillée des objets du jeu d'écriture, des opérations et des conditions de l'exécution, sont examinées les caractéristiques de logiciel et de matériel du JEE. La solution de ce problème de la synthèse structurelle-paramétrique permettra d'augmenter l'efficacité économique de l'élaboration du JEE en respectant les conditions nécessaires de performance, de qualité, de récupération et de satisfaction des besoins de l'utilisateur final.

---

**Автор:** *Обухов Артём Дмитриевич* – аспирант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Муромцев Дмитрий Юрьевич* – доктор технических наук, профессор, проректор по научно-инновационной деятельности, ФГБОУ ВО «ТГТУ».

---