

На правах рукописи

Клепиков Алексей Константинович

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНВЕРГЕНТНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ



05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных
машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Тула 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Привалов Александр Николаевич

Официальные оппоненты: **Фатуев Виктор Александрович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», профессор кафедры вычислительной техники
Суслин Антон Александрович, кандидат технических наук, ООО «Компания Бревис», генеральный директор

Ведущая организация: ОАО «Центральное конструкторское бюро аппаратостроения»

Защита диссертации состоится 23 апреля 2015 г. в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.271.07 при ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет» по адресу: 300012, г. Тула, проспект Ленина, 92 (9-101).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет» по адресу: 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92 и на сайте <http://tsu.tula.ru>

Автореферат разослан 2 марта 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Федор Алексеевич
Данилкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное развитие информационно-вычислительных сетей предъявляет новые требования к организации вычислительных процессов, проистекающих в них. В соответствии с этим остро стоит проблема повышения эффективности принимаемых решений по проектированию и функционированию математического, алгоритмического и программного обеспечения информационно-вычислительных систем (ИВС) предприятий.

На современном этапе развития информационных технологий предприятия начинают использовать конвергентные вычислительные сети (КВС), представляющие собой совокупность собственных ресурсов ИВС вместе с «облачными» виртуальными вычислительными ресурсами.

Вследствие того, что ИВС предприятия функционирует под управлением программного обеспечения (ПО), в современных и перспективных разработках КВС роль программного обеспечения, отвечающего за распределение информационных объектов, как важнейшей составляющей, неуклонно возрастает и становится доминирующей.

Несмотря на то, что к настоящему времени накопился значительный опыт в области разработки математического аппарата и программного обеспечения для распределения данных в ИВС, вопросы оптимизации вычислительных процессов в конвергентной сети остаются новыми и слабо изученными. Сложность, высокая стоимость содержания и обслуживания ИВС требуют поиска путей повышения эффективности проистекающих в них вычислительных процессов.

Анализ существующих в настоящее время работ в области решения задач оптимизации информационно-вычислительных процессов Алексеева О.Г., Балыбердина В.А., Герасименко В.А., Кульбы В.В., Мамиконова А.Г., Михалевича В.С., Сергиенко И.В., Столярова Б.А., Янбых Г.Ф. и др. показал, что к настоящему времени не разработаны модели, алгоритмы и программное обеспечение оптимизации вычислительных процессов в конвергентной вычислительной сети предприятия, а использование существующих методов оптимизации информационных процессов в вычислительных сетях неприемлемо вследствие того, что они не учитывают специфику конвергентных вычислительных сетей. Поэтому проблематика разработки математических моделей, алгоритмов и программного обеспечения оптимизации информационных процессов в конвергентной вычислительной сети предприятия является **актуальной**.

Объектом исследования является конвергентная вычислительная сеть предприятия.

Предметом исследования являются вычислительные процессы в конвергентной вычислительной сети предприятия.

Целью работы является оптимизация вычислительных процессов в конвергентной сети.

В соответствии с поставленной целью в диссертации могут быть определены следующие **задачи**:

анализ функционирования конвергентной вычислительной сети предприятия;

разработка Петри-Марковской модели вычислительных процессов КВС предприятия;

разработка алгоритма рационального распределения информационных объектов в КВС;

разработка методики рационального распределения информационных объектов (ИО);

разработка структуры программных модулей управления распределением информационных объектов между «облачными» серверами и серверами ИВС предприятия;

разработка программного обеспечения для распределения ИО между «облачными» серверами и серверами ИВС предприятия;

выполнение вычислительного эксперимента с целью проверки разработанного программного обеспечения, моделей и алгоритма.

Методы исследований. Решение задач диссертационной работы основано на применении системного подхода, теории полумарковских процессов и сетей Петри, объединённых в теорию сетей Петри-Маркова, теории массового обслуживания.

На защиту выносятся следующие **новые** научные результаты:

1. Модели представления информационных процессов в конвергентной вычислительной сети предприятия с применением сетей Петри-Маркова для оценки времени выполнения информационно-вычислительных работ в КВС, отличающиеся учетом диспетчеризации информационных объектов программным монитором-распределителем.

2. Алгоритм рационального распределения информационных объектов между «облачными» серверами и серверами ИВС предприятия, позволяющий распределять информационно-вычислительные работы (ИВР) между серверами КВС по критериям времени выполнения или стоимости проведения ИВР.

3. Структура программного обеспечения «монитор-распределитель информационно-вычислительных работ в КВС», позволяющего оптимизировать распределение информационных объектов между «облачными» серверами и серверами ИВС предприятия.

Достоверность научных результатов подтверждена корректным применением используемого математического аппарата, согласованностью результатов теоретических расчётов с данными, полученными в ходе экспериментов с применением разработанного программного продукта на реальной вычислительной сети предприятия и успешным применением разработанных моделей и алгоритма при решении практической задачи по разработке программного распределителя ИВС предприятия финансовой сферы.

Практическая значимость: предложенные модели, алгоритм и разработанное системное программное обеспечение могут быть использованы для оптимизации вычислительных процессов в КВС предприятия.

Внедрение результатов работы. Результаты работы использовались в процессе проектирования и разработки системного программного обеспечения для работы в конвергентной вычислительной сети предприятий: ЗАО «Интел А/О», ООО «Альфа-Страхование Жизнь», ООО «Медоблако». Теоретические результаты исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВПО «ТулГУ» и ФГБОУ ВПО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого».

Апробация работы. Материалы и основные идеи работы были изложены и одобрены на межвузовских конференциях и семинарах: научных сессиях, посвященных Дню радио (г. Тула, 2009 г.); межрегиональной научно-технической конференции «Интеллектуальные и информационные системы» (г. Тула, 2011 г.); всероссийской научно-практической конференции (г. Тула, 2010г.); в ходе международного тренинга Commercialization Pathfinder Boot Camp, проведенного компанией CRDF Global и Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (г. Зеленоград, 2014 г.).

Публикации. По теме диссертации было опубликовано 26 печатных работ, в том числе 7 – в изданиях, входящих в перечень ВАК, рекомендованных для публикации результатов диссертационных исследований.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, изложена на 146 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка и 16 таблиц, список сокращений, список используемых литературных источников из 139 наименований и 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертации, сформулированы научная задача, цель и новизна исследования, обоснованы положения, выносимые на защиту.

В первой главе на основании проведенного анализа состояния и решаемых задач информационно-вычислительной средой предприятий сделан вывод о сетевой структуре ИВС и наблюдающейся тенденции перехода на конвергентные вычислительные сети.

Сделан вывод о формировании конвергентной вычислительной сети, как одной из перспективных информационных технологий для организации ИВС предприятия, в том числе финансовой сферы, позволяющей совместное использование новых и существующих технологий.

Обосновано применение «облачных» технологий в конвергентных сетях предприятий с целью оптимизации информационно-вычислительных процессов ИВС предприятия. Определены клиент-серверные приложения, как программы, которые могут эффективно использоваться в КВС.

Для описания и формализации процессов функционирования программного обеспечения КВС предложено использовать метод «алгоритмических информационных процессов» (МАИП), который позволяет установить взаимосвязь характеристик вычислительных процессов, таких как количество операций с плавающей точкой выполняемых центральным процессором (ЦП), объем оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), объем дискового пространства, скорость доступа к данным, хранящимся на

дисковых носителях, скорость передачи данных по сети с характеристиками программного обеспечения.

Сущность метода заключается в моделировании информационных процессов в КВС, как совокупности взаимодействий субъектов (автоматизированных рабочих мест (АРМ) сотрудников, серверов предприятия и «облачных» ресурсов), функционирующих по определённым алгоритмам (рис.1).

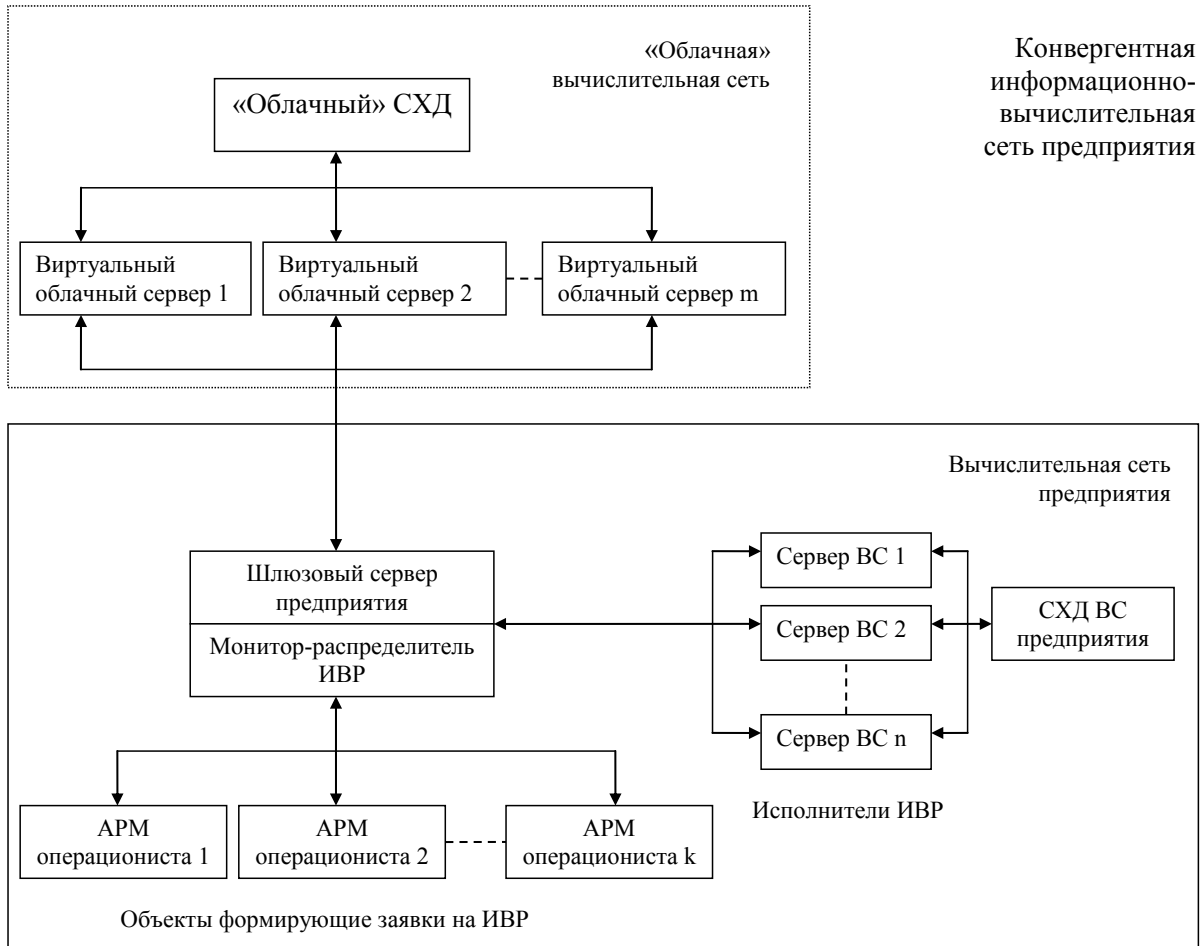


Рис. 1. Функциональная схема информационного взаимодействия в ИВС предприятия

Предложено объединить теорию полумарковских процессов и сетей Петри для формирования сетей Петри-Маркова (СПМ), служащих основой для моделирования конвергентной вычислительной сети.

Сформулированы математические модели оптимизации вычислительных процессов в КВС:

а) модель оптимизации по критерию времени выполнения вычислительного процесса в КВС.

$$T = T_{last}(x_{ij}) \rightarrow \min ;$$

при ограничениях:

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1, j = \overline{1, m};$$

$$M = H \cup K ;$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in M} c_{ij} x_{ij} \leq C_{total}, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m};$$

где:

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество информационных объектов;

$M = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество вычислительных серверов КВС;

$H = \{1, 2, \dots, h\}$ – множество вычислительных серверов ИВС предприятия;

$K = \{1, 2, \dots, k\}$ – множество «облачных» серверов;

$T_{last}(x_{ij})$ – время завершения последнего вычислительного процесса;

C_{total} – общее количество средств, которые могут быть задействованы на поддержание КВС;

j_{local} – j -й сервер ИВС;

j_{cloud} – j -й «облачный» сервер;

c_{ij} – количество средств затраченных на информационно-вычислительные работы с i -м ИО на j -м сервере;

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й ИО закреплен за } j\text{-м вычислительным сервером;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

б) модель оптимизации по критерию затрат на выполнение вычислительного процесса в КВС.

$$C = \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min;$$

при ограничениях:

$$T_{last} \leq T_{total}, \quad j = \overline{1, m};$$

$$M = H \cup K;$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in M} c_{ij} x_{ij} \leq C_{total}, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m};$$

где:

T_{total} – количество времени, отведенного на выполнение всех вычислительных процессов в КВС.

Во второй главе предложено каждый из взаимодействующих программных субъектов ИВС предприятия (программное обеспечение автоматизированных рабочих мест (АРМ), серверов предприятия, «облачных» серверов) рассматривать, с одной стороны, как генератор потока запросов на обслуживание, а с другой - как обслуживающий прибор системы массового обслуживания (СМО), что создаёт предпосылки того, что к исследованию процессов, протекающих в ИВС, может быть применен аппарат теории массового обслуживания и сетей Петри-Маркова.

Разработаны модели представления вычислительных процессов в КВС: программных (виртуальных) генераторов различных типов потока заявок в СМО и программного обслуживающего прибора в СМО как Петри-Марковские модели, и всей сети в целом (рис. 2).

По модели может быть рассчитан случайный интервал времени, затрачиваемый на выполнение алгоритма обслуживающим прибором, оценено время обслуживания заявки в системах с прерываниями.

Рассмотрена структура циклического алгоритма, который получается, если оператор «Начало» соединить с оператором «Конец». Алгоритмы указанного типа являются характерными для программного монитора-распределителя. В результате автономного функционирования генерируется поток заявок, передаваемых на обслуживание вычислительным серверам КВС.

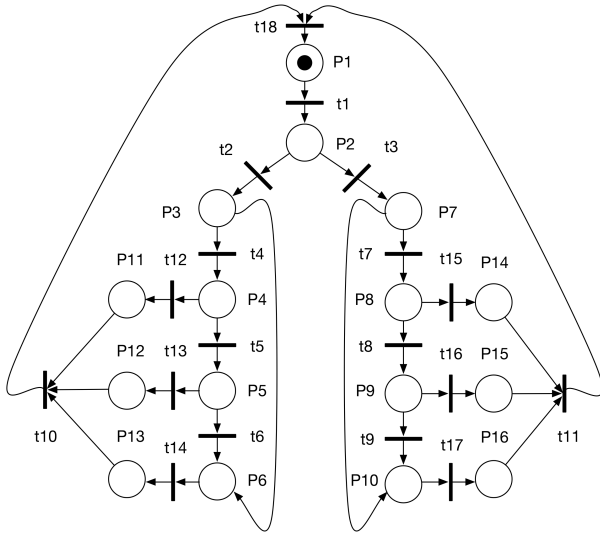


Рис. 2 Сеть Петри КВС предприятия

Модель Петри-Маркова может быть разбита на элементарные подсети Петри-Маркова (ЭППМ); моделью программного средства как автономного генератора является ЭППМ Петри-Маркова, описываемая следующей системой математических выражений:

$$\Psi^k = \{\Pi^k, M^k\}; \Pi^k = \{A^k, Z^k, \tilde{R}^k, \hat{R}^k\};$$

$$M^k = \{\tilde{h}^k(t)\}$$

$$A^k = \{a_{0(ka)}, a_{1(ka)}, \dots, a_{j(ka)}, \dots, a_{J(ka)}\};$$

$$Z^k = \{z_{1(kz)}, \dots, z_{j(kz)}, \dots, z_{J(kz)}\};$$

$$\tilde{R}^k = (\tilde{r}_{j(ka)j(kz)}); \hat{R}^k = (\hat{r}_{j(kz)j(ka)})$$

где $\Pi = \{A, Z, \tilde{R}, \hat{R}\}$ - множество,

описывающее структуру двудольного ориентированного графа, представляющего собой сеть Петри; A - конечное множество позиций; Z - конечное множество переходов; \tilde{R} - матрица смежности, отображающая множество позиций в множество переходов; \hat{R} - матрица смежности, отображающая множество переходов в множество позиций; M - параметры, накладываемые на структуру Π , и определяющие временные, вероятностные и логические характеристики СПМ; q - вектор, определяющий вероятность начала процесса в одном из переходов множества Z ; $h(t)$ - полумарковская матрица; t - время; $\Lambda = (\lambda_{i(z)j(a)})$ - матрица логических условий; $I_A(Z)$ и $O_A(Z)$ - соответственно входная и выходная функции переходов:

$$\tilde{r}_{j(a)j(z)} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{j(a)} \in I_A(z_{j(z)}) \\ 0, & \text{если } a_{j(a)} \notin I_A(z_{j(z)}) \end{cases}$$

$$\hat{r}_{j(z)j(a)} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{j(a)} \in O_A(z_{j(z)}) \\ 0, & \text{если } a_{j(a)} \notin O_A(z_{j(z)}) \end{cases}$$

$$h(t) = p \otimes f(t) = (p_{j(a)j(z)}, f_{j(a)j(z)}(t)) = (h_{j(a)j(z)}(t)),$$

$$\lambda_{j(z)j(a)} = \begin{cases} \lambda[I_A(z_{j(z)})], & \text{если } a_{j(a)} \in O_A(z_{j(z)}); \\ 0, & \text{если } a_{j(a)} \notin O_A(z_{j(z)}); \end{cases}$$

Здесь: p - матрица вероятностей; $f(t)$ - матрица плотностей распределения.

С применением разработанной СПМ функционирования ИВС предприятия как системы массового обслуживания может быть решен ряд технических задач, в частности, задачи рационального распределения информационных объектов между «облачными» серверами и серверами ИВС предприятия.

Разработана методика рационального распределения информационных

объектов в КВС, базирующаяся на постулате зависимости временной сложности выполняемого алгоритма по обработке информационного объекта от таких параметров, как: количество процессорных тактов необходимых для выполнения ИВР; размер оперативной памяти для хранения данных, возникающих во время выполнения ИВР; скорость передачи данных по сети необходимая для выполнения ИВР; размер дискового пространства; минимально необходимая скорость доступа к данным на дисковых носителях.

В третьей главе на основании методики рационального распределения информационных объектов между облачными серверами и серверами ИВС предприятия был разработан алгоритм рационального распределения в КВС.

Алгоритм рационального распределения информационных объектов в КВС позволяет производить распределение информационных объектов x_k , $k=\{1,2,3,\dots,K\}$ поступивших от АРМ f_g , $g=\{1,2,3,\dots,G\}$ на один из вычислительных серверов множества серверов КВС, состоящих из серверов ИВС $L=\{l_1, l_2, l_3,\dots, l_n\}$ и множества «облачных» вычислительных серверов $Cl=\{cl_1, cl_2, cl_3,\dots, cl_m\}$. $SRV=\{L,Cl\}$, образует КВС, $j=\{l_1, l_2, l_3,\dots, l_n, cl_1, cl_2, cl_3,\dots, cl_m\}$ – общее число серверов КВС, t – интервал времени опроса серверов коммуникационным сервером КВС, z_{x_k} – набор пакетов данных, принадлежащих информационным объектам. Алгоритм состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Получение задачи x_k от АРМ f_g , в виде набора пакетов данных z_{x_k} по задаче x_k ;

Шаг 2. Определение объемов вычислительных ресурсов, необходимых для выполнения поступившей задачи $W_{x_k} = \{c_{x_k}, m_{x_k}, l_{x_k}, h_{x_k}, s_{x_k}\}$;

Шаг 3. Из множества серверов $SRV=\{L,Cl\}$ производится определение серверов, для которых вычислительная мощность процессора, объем ОЗУ, скорости передачи данных по сети, объем свободного дискового пространства удовлетворяют требованиям, необходимым для решения задачи. Для каждого SRV_j проверяются условия: если $c_{srv_j} > c_{x_k}$, $m_{srv_j} > m_{x_k}$, $l_{srv_j} > l_{x_k}$, $h_{srv_j} > h_{x_k}$, $s_{srv_j} > s_{x_k}$, то добавляется новый сервер в множество доступных для решения задачи серверов A , если множество A пусто, то переход к шагу 4, иначе к шагу 5;

Шаг 4. Прохождение интервала времени t . Переход к шагу 3;

Шаг 5. Выбор сервера a_{best} из множества A , для которого прогнозируемая временная оценка времени исполнения ИВР минимальна;

Шаг 6. Получение ip адреса сервера a_{best} ;

Шаг 7. Изменение ip адреса получателя в z_{x_k} на ip адрес сервера a_{best} ;

Шаг 8. Изменение ip адреса отправителя в z_{x_k} на адрес сервера P ;

Шаг 9. Отправка ИО z_{x_k} на сервер a_{max} ;

Шаг 10. Добавление в журнал ведения логов информации об отправленной задаче: наименование задачи, компьютер отправителя, компьютер получателя;

Шаг 11. Анализ поступления ответных данных по задаче z_{x_k} от сервера

a_{best} ;

Шаг 12. Проверка: если данные от сервера a_{best} поступили, то выполняется переход к шагу 13, иначе – переход к шагу 11;

Шаг 13. Изменение в z_{x_k} ip адреса отправителя на ip адрес P ;

Шаг 14. Изменение в z_{x_k} ip адреса получателя на ip адрес f_g ;

Шаг 15. Отправка полученных данных на f_g ;

Шаг 16. Переход к шагу 1. (рис. 3).

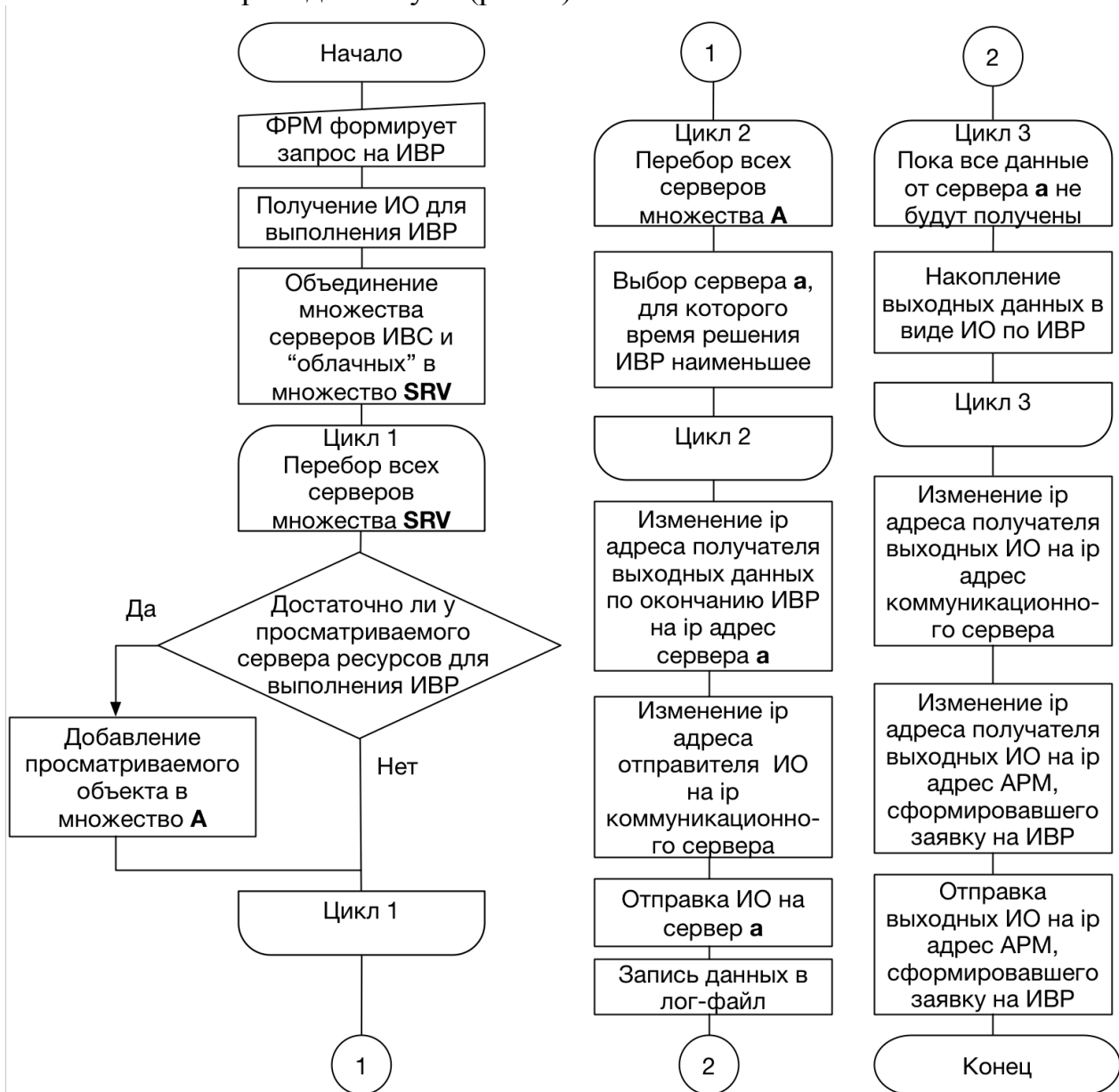


Рис. 3. Алгоритм распределения информационных объектов в КВС

На основе предложенного алгоритма была разработана модульная структура и программный продукт «Монитор-распределитель данных в конвергентных вычислительных сетях TiCloudBalancer» с использованием языков программирования C++, C# (рис. 4).

Разработан способ интеграции системного программного монитора-распределителя данных в КВС предприятия. В процессе эксплуатации монитора-распределителя системный администратор имеет возможность просматривать статистику по производимым операциям, монитор-распределитель данных TiCloudBalancer позволяет отображать: статистику по количеству произведенных распределений; стоимость вычислительных работ, исходя из заданных администратором коэффициентов стоимости вычислительных ресурсов за единицу времени; информацию о загрузке вычислительных узлов.



Рис. 4. Структура модулей монитора-распределителя ИВР TiCloudBalancer

В четвертой главе была осуществлена экспериментальная проверка разработанных моделей, алгоритма и разработанного программного продукта.

Экспериментальная проверка работы монитора распределителя TiCloudBalancer данных производилась на базе ИВС ООО «АльфаСтрахование-Жизнь» – подразделения, входящего в консорциум «Альфа-Групп». Конвергентная сеть в ООО «АльфаСтрахование-Жизнь» построена на основе физической архитектуры: вычислительных серверов HP ProLiant BL460 - 11 шт.; системы хранения данных HP EVA8000.

На 463 шт. АРМ АСЖ установлена ОС MS Windows 7, на 155 шт. АРМ установлена ОС MS Windows XP.

Время решения вычислительных задач определяется путем использования разработанных моделей СПМ и СМО на основе теории планирования эксперимента (табл. 1).

С помощью регрессионного анализа были получены выражения для оценки времени выполнения вычислительных задач. Был рассчитан вектор коэффициентов регрессии с использованием метода наименьших квадратов:

$$T_{enterprise} = (X^T X)^{-1} X^T Y = [3,894 -0,236 -0,205 -0,00418 0,00567 3,173]^T, \text{ где:}$$

X – матрица, полученная добавлением слева единичного вектор-столбца к значениям из таблицы 1 (столбцы 2, 3, 4, 5, 6);

Y – вектор-столбец со значениями из таблицы 1 (столбец 1);

Таблица 1

Зависимость времени решения задачи от количества свободных ресурсов вычислительного сервера ИВС предприятия

Время выполнения вычислительного процесса (с.)	Мощность процессора (Гфлопс)	Объем ОЗУ (Гбайт)	Скорость обмена данными по сети (Мбит/с)	Объем дисковой памяти (ГБ)	Скорость доступа к данным на дисках (Мбит/с)
10,5	70	2	10	100	8
8,76	100	4	10	250	9
5,43	140	32	100	750	12
3,27	160	2	1000	500	12
5,52	160	2	100	200	12
2,27	180	32	1000	300	15
3,15	170	16	1000	400	15
22,47	50	2	100	750	8
21,19	50	4	1000	1000	9
1,17	220	64	1000	10000	15

X^T – транспонированная матрица;

$(X^T X)^{-1}$ – обратная матрица от произведения транспонированной матрицы X^T на матрицу X .

Аналогичным образом были получены выражения для T_{cloud} , $C_{enterprise}$, C_{cloud} .

$$\begin{cases} T_{enterprise} = 3,89 - 0,24c - 0,2m - 0,0418l + 0,00567h + 3,17s \rightarrow \min \\ T_{cloud} = 2,49 - 0,00815c - 0,00303m + 1E - 5l + 1,7E - 5h - 0,0133s \rightarrow \min, \end{cases}$$

где $T_{enterprise}$ – время выполнения вычислительного процесса на сервере ИВС предприятия;

T_{cloud} – время выполнения вычислительного процесса на «облачном» сервере.

Показатели стоимости вычислительного процесса были получены экспериментально, после чего были составлены соответствующие выражения:

$$\begin{cases} C_{enterprise} = 1,56 + 0,0252c + 0,0228m + 0,000435l - 0,000133h - 0,27s \rightarrow \min \\ C_{cloud} = 4,96 - 0,0126c - 0,00539m - 0,000611l - 7,2E - 5h + 0,00416s \rightarrow \min, \end{cases}$$

где $C_{enterprise}$ – стоимость выполнения вычислительного процесса на сервере ИВС предприятия;

C_{cloud} – стоимость выполнения вычислительного процесса на «облачном» сервере.

Задачи в процессе проведенного эксперимента были классифицированы (табл. 2). На этапе внедрения и ввода в эксплуатацию монитор-распределитель был установлен на сервере под управлением ОС Windows Server 2012 r2, при этом было обработано 1105 задач (рис. 5).

Были использованы настройки оптимизации по критериям времени исполнения и стоимости производимых ИВР.

Таблица 2

Типы задач ИВС «АльфаСтрахование-Жизнь»

ИД типа задач	Описание типа	Количество подтипов внутри типа	Общее количество задач внутри типа
1	Задачи сохранения данных в централизованных хранилищах	32	134
2	Задачи получения данных из централизованных хранилищ	25	324
3	Задачи быстрой обработки (задачи на быстрое сопоставление данных и выдачу быстрого результата операционисту)	76	623
4	Поддерживающие системные операции долговременной обработки хранимых данных	10	24

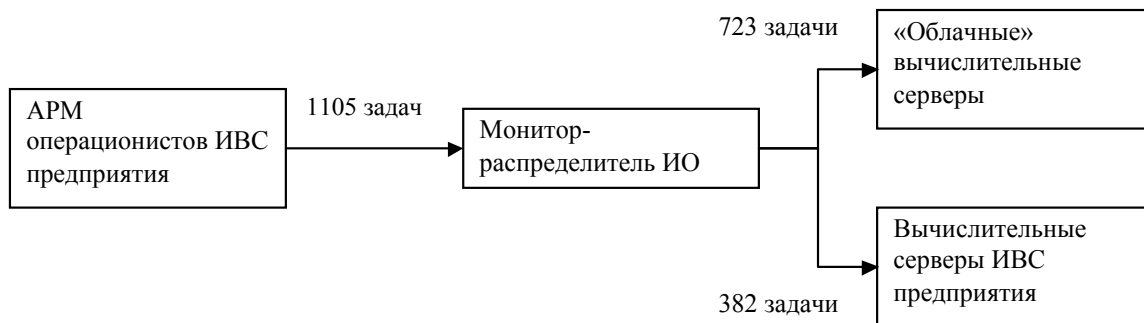


Рис. 5. Распределенные ИВР в конвергентной ИВС в ООО «АльфаСтрахование-Жизнь»

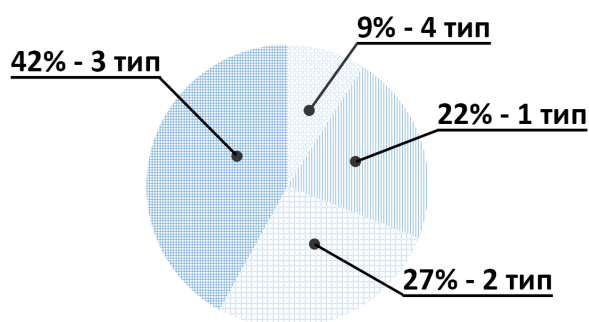


Рис. 6. Соотношение типов задач, распределенных за время тестирования

Во время проведения эксперимента были получены значения по количеству и типу задач, возникающих в конвергентной сети ООО «АльфаСтрахование-Жизнь» (рис. 6). Результатами внедрения монитора-распределителя в КВС предприятия являются следующие показатели:

1. Разгружены серверы, на которые приходилась большая часть нагрузки по вычислительным операциям по причине размещения на них наиболее востребованных информационных объектов.
2. Время выполнения наиболее ресурсоемких задач уменьшилось на 12%.
3. Затраты на использование «облачных» серверов уменьшилось на 8%.
4. Время обработки вычислительных задач всех типов уменьшилось в среднем на 10%.

Для исследования эффективности применения монитора-распределителя вычислительных задач был проведён сравнительный эксперимент.

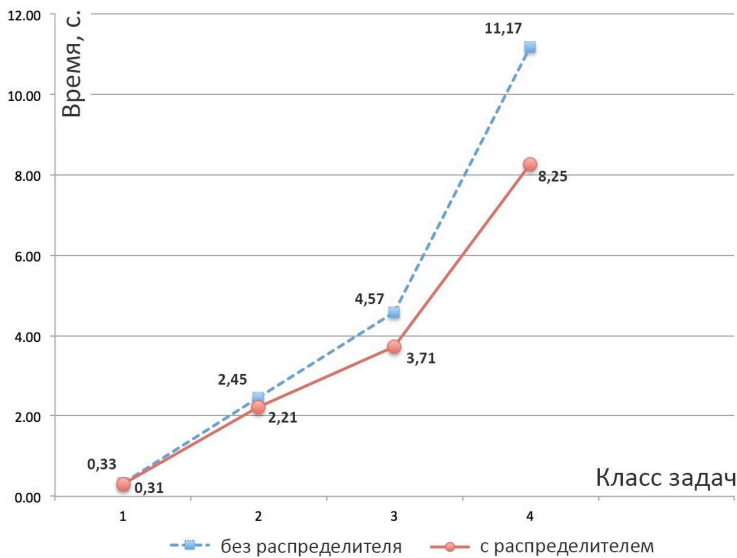


Рис. 7. Зависимость времени решения вычислительных задач различных типов при использовании монитора-распределителя

Были использованы идентичные условия: 4 задачи из 4-х типов с одинаковой сложностью, взятых из таблицы типов задач. Среднее уменьшение времени обработки вычислительных задач по совокупности типов составляет 10% (рис. 7). Общее количество выполненных ИВР в ООО «АльфаСтрахование-Жизнь» за 24 часа отражено на рис. 8.

В заключении были сформулированы основные результаты исследования.

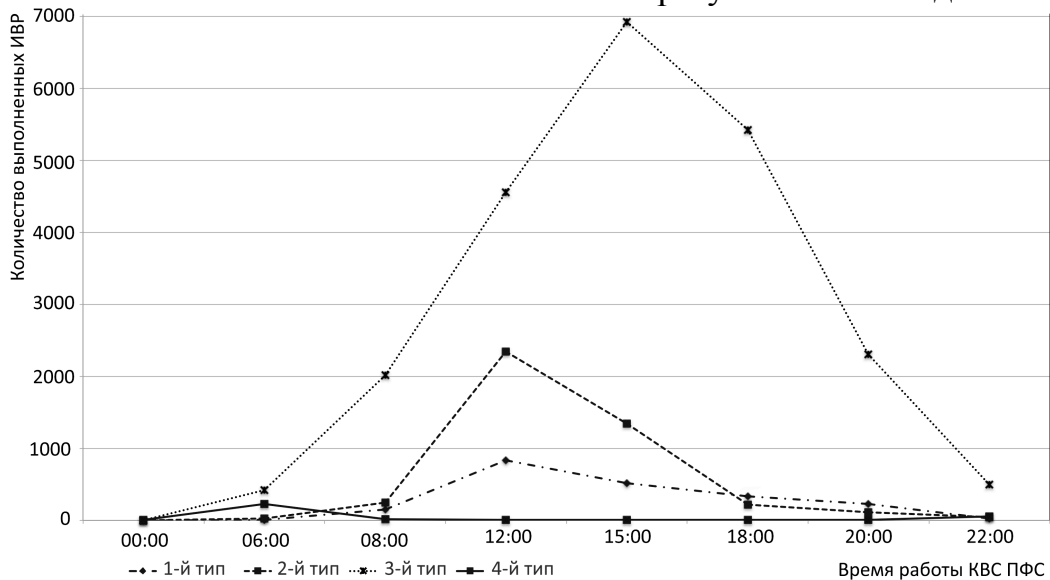


Рис. 8. Количество выполненных ИВР за 24 часа работы монитора-распределителя в ООО «АльфаСтрахование-Жизнь»

В приложении приведены акты о внедрении результатов диссертационного исследования, пояснительная записка к разработанному монитору-распределителю, основные фрагменты кода ядра, конфигурационные файлы разработанного системного программного монитора-распределителя.

Основные результаты работы:

1. Проведен анализ функционирования конвергентной вычислительной сети предприятия.
2. Сформированы модели представления информационных процессов с помощью сетей Петри-Маркова, описывающие функционирование КВС предприятия, отличающиеся учетом диспетчеризации информационных объектов монитором-распределителем.
3. Разработан алгоритм рационального распределения информационных объектов между «облачными» серверами и серверами ИВС предприятия,

позволяющий распределять ИВР по серверам КВС по критериям времени выполнения или стоимости проведения ИВР.

4. Разработаны математические модели рационального распределения информационных объектов по вычислительным серверам КВС.

5. Разработана методика рационального распределения информационных объектов в конвергентной вычислительной сети.

6. Разработана структура модулей программного обеспечения «монитор-распределитель информационно-вычислительных работ в КВС», позволяющая оптимизировать распределение информационных объектов между «облачными» серверами и серверами ИВС предприятия.

7. Разработано программное обеспечение рационального распределения информационных объектов между вычислительными серверами КВС.

8. Проведено практическое испытание программного обеспечения в КВС предприятия финансовой сферы, доказана эффективность разработанных моделей и алгоритма.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Клепиков, А.К. Модель распределения ресурсов при «облачных» вычислениях / А. К. Клепиков, А.Н. Привалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: ТулГУ, 2012. – № 3 – С. 151-157.

2. Клепиков, А.К. Распределение вычислительной нагрузки в комбинированных сетях учебных заведений / А. К. Клепиков, А.Н. Привалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: ТулГУ, 2012. – № 10 – С. 206-210.

3. Клепиков, А.К. Программный распределитель вычислительных задач с функцией мониторинга / А. К. Клепиков, А.Н. Привалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: ТулГУ, 2013. – № 1 – С. 274-280.

4. Клепиков, А.К. Автоматическая балансировка нагрузки в гибридных вычислительных сетях / А. К. Клепиков, А.Н. Привалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: ТулГУ, 2013. – № 9 – С. 188-193.

5. Клепиков, А.К. Разработка балансировщика нагрузки в гибридных сетях / А. К. Клепиков, Е.В. Ларкин, А.Н. Привалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: ТулГУ, 2013. – № 9 – С. 99-107.

6. Клепиков, А.К. Алгоритм последовательных упрощений при оценке временной сложности алгоритмов с применением полумарковских моделей / А. К. Клепиков, Е.В. Ларкин, А.Н. Привалов // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: ТулГУ, 2014. – № 9 – С. 83-98.

7. Клепиков А.К. Программное обеспечение распределения вычислительных задач в конвергентной сети // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-17202> (дата обращения: 30.01.2015).

Другие статьи и материалы конференций:

8. Клепиков, А.К. Интерактивная доска. Возможности и применение / А. К. Клепиков // Молодежь и наука третье тысячелетие. – Тула: ТГПУ, 2010. – С. 201-203.

9. Клепиков, А.К. Информационные технологии в обучении: за и против / А. К. Клепиков // Сборник материалов VI регионально-практической конференции аспирантов, соискателей и молодых ученых. – Тула: ТГПУ, 2010. – С. 154-158.

10. Клепиков, А.К. Современная классификация систем «электронного» обучения / А.К. Клепиков // Сборник материалов V регионально-практической конференции аспирантов, соискателей и молодых ученых. – Тула: ТГПУ, 2010. – С. 136-139.

11. Клепиков, А.К. Синтез социальных сетей и сред электронного обучения - новейший подход к актуализации процесса образования / А. К. Клепиков // Материалы всероссийской

научно-практической конференции 5-7 октября 2010 г. – Тула: ТГПУ, 2010. – С. 66-69.

12. Клепиков, А.К. Сравнение популярных систем электронного обучения / А. К. Клепиков // Проблемы инновационного развития в исследованиях вуза. Институт экономики и управления. – Тула: ИЭиУ, 2011. – С. 56-58.

13. Клепиков, А.К. Применение облачных технологий для проектирования информационных обучающих систем / А.К. Клепиков, А.Н. Привалов, Л. В. Пятницкая // Приборы и управление. Сборник статей. – Тула: ТулГУ, 2011. – Выпуск 9 – С. 38-41.

14. Клепиков, А.К. Индивидуализация обучения с помощью облачных технологий / А.К. Клепиков, А.К. Модернизация web-сайта «спринт-информ» / А. К. Клепиков // Труды XVII Всероссийской научно-методической Конференции Телематика. 2010 – Спб.: ГУ ИТМО, 2010. – С. 212.-215.

15. Клепиков, А.К. Обеспечение информационной безопасности в образовательных информационных системах / А. К. Клепиков, Л. В. Пятницкая // Интеллектуальные и информационные системы. – Тула: ТГПУ, 2011. – С. 105-107.

16. Клепиков, А.К. Обеспечение информационной безопасности в образовательных системах / А. К. Клепиков, А.Н. Привалов, Л. В. Пятницкая // Приборы и управление. Сборник статей. – Тула: ТулГУ, 2011. – Выпуск 9 – С. 75-77.

17. Клепиков, А.К. Обзор некоторых популярных систем электронного обучения / А.К. Клепиков // Научное творчество молодых. Сборник статей международной научно-практической конференции. – Тула: ТГПУ, 2011. – С. 219-226.

18. Клепиков, А.К. Облачные технологии в автоматизированных обучающих системах // Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник научных работ. – Белгород: БелГУ, 2011. – С. 305-309.

19. Клепиков, А.К. Облачные технологии в международных системах e-learning / А. К. Клепиков, Л. В. Пятницкая // Актуальные проблемы обучения иностранных граждан в Российском вузе: Сборник статей. – Тула: ТГПУ, 2012. – С. 318-321.

20. Клепиков, А.К. Облачные технологии как фактор развития информационно-образовательной среды вуза / А.К. Клепиков, А.Н. Привалов // «Развитие отечественной системы информатизации образования». – Выпуск 11.2012. – М.: ИИО РАО, 2012.

21. Клепиков, А.Н. Привалов // Информатизация образования – 2012: Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел: ОГУ, 2012. – С. 248-250.

22. Клепиков, А.К. Информационная система ИМО / А. К. Клепиков, Л. В. Пятницкая // Актуальные проблемы обучения иностранных граждан в Российском вузе: Теория и практика. – Тула: ТГПУ, 2012. – С. 321-323

23. Клепиков, А.К. Методические аспекты применения облачных технологий в дисциплине «параллельное программирование» / А. К. Клепиков, А.Н. Привалов // Ученые записки ИИО РАО. – Выпуск 45. – М.: ИИО, 2012. – С. 5-9.

24. Клепиков, А.К. Облачные технологии, как один из факторов обогащения информационной среды вуза /А.К. Клепиков // «Новые информационные технологии в образовании» – М.: 1С-Паблишинг, 2013. – С. 798-801.

25. Клепиков, А.К. Региональная информационная система поддержки одаренных детей/ А.К. Клепиков, А.Н. Привалов, Ю.И. Богатырева // Материалы Одиннадцатой открытой Всероссийской конференции. – Воронеж: ВГУ, 2013. – С. 140-141.

Подписано в печать 05.02.2015. Формат бумаги 60x90/16. Бумага офсетная.

Печать трафаретная Усл. печ. Л. 26,7 Уч.ю-изд. л. 27,0.

Усл. печ. 2.2. Уч. изд. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ 121.

Издательство Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого.

300026, г.Тула, пр.Ленина, 125.