

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРИРОВАНИЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ УСЛУГАМИ НА ОСНОВЕ РАСКРАШЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

С.В. Яковлев

(Северо-Кавказский государственный технический университет)

В статье разработан метод анализа процессов управления конфигурированием системы управления телекоммуникационными услугами. Для построения имитационной модели этих процессов использована методология иерархических цветных сетей Петри. Разработанный метод позволяет контролировать данный процесс, выявлять наличие тупиковых ситуаций, находить оптимальные длительности работы отдельных его функциональных частей, при необходимости корректировать параметры выполнения процесса.

*Ключевые слова:* системы управления телекоммуникациями; раскрашенные сети Петри; вероятностно-временные характеристики; имитационное моделирование; телекоммуникационная услуга.

**S.V. Jakovlev. Development of the method of the analysis of managerial processes by control system configuration by telecommunication services on the basis of the coloured petri nets.**

In article the method of the analysis of managerial processes is developed by control system configuration by telecommunication services. For construction of the simulation model of managerial processes by control system configuration by telecommunication services the methodology of hierarchical colour petrinets is used. The developed method allows to inspect the given process, to reveal presence of impasses, to find optimal duration of operation of its separate functional parts, if necessary to adjust parameters of performance of process.

*Key words:* control systems of telecommunications; coloured petri nets; likelihood-time characteristics; imitating modeling; telecommunication service.

### Введение

Конкуренция на рынке связи и телекоммуникаций в настоящее время все более смещается в сферу услуг. Залогом успешного развития телекоммуникационного предприятия становится повышение удовлетворенности и лояльности клиентов за счет оперативного предоставления необходимого набора качественных услуг.

Имеющиеся сегодня технологии построения систем управления телекоммуникациями не дают возможности создать интегрированную систему управления целиком на базе концепции сети управления электросвязью (Telecommunication Management Network – TMN). Соответствующие процессы реализуют распределенные системы управления (PCU) нового типа, которые представляют собой систему взаимосвязанных во времени и пространстве протокольных, вычислительных, алгоритмических и коммутационных средств и являются необходимым элементом сетей независимо от их архитектуры и принципа интеллектуализации.

Изменение критериев качества функционирования систем управления приводит к усилению роли системы управления услугами как составной части PCU телекоммуникационными сетями.

Качество функционирования систем управления, в том числе и ведомственных сетей связи, должно оцениваться по конечному результату предоставления пользователям информационных услуг. Это ак-

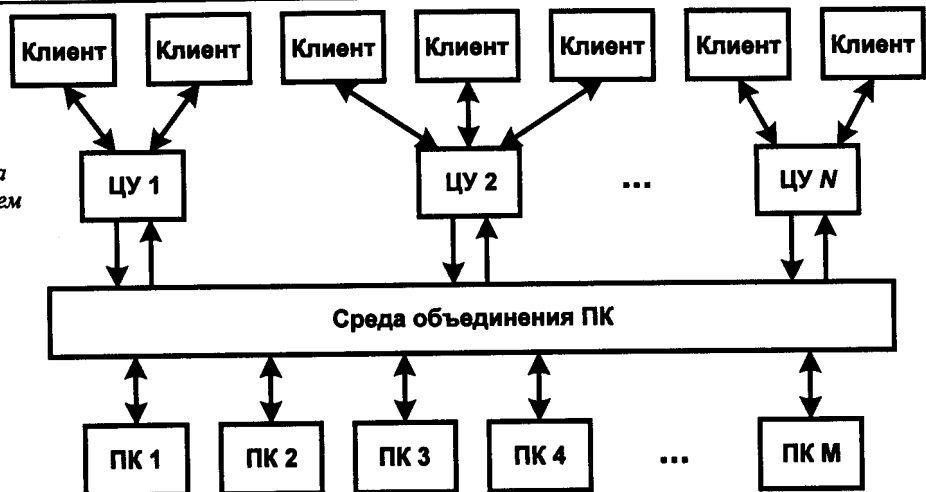
туально и для операторов, удовлетворяющих телекоммуникационные потребности нефтяной отрасли.

### Постановка задачи

Подсистема управления конфигурированием услуги – модель процесса конфигурирования услуг, который начинается с заказа потребителем услуги связи и заканчивается ее правильной и своевременной доставкой клиенту. Согласно структурно-функциональной модели [1], подсистема управления конфигурированием услуги взаимодействует с потребителем услуги, уровнем управления сетью и подсистемами, входящими в состав системы управления телекоммуникационными услугами.

Процесс конфигурирования услуги включает информацию о каждом элементе конфигурации, его статусе и взаимосвязи между ними. Структура процесса управления конфигурированием услуги представлена на рис. 1. Запросы на предоставление услуг поступают от блоков "Клиент" в центры управления (ЦУ). В роли клиентов могут выступать пользователи услуг связи и провайдеры, управляющие данным процессом. Центры управления обрабатывают запросы на предоставления услуг и передают управляющее воздействие, согласно которому "Среда объединения ПК" формирует услугу. Принципы реализации среды объединения ПК могут основываться на разных распределенных технологиях (CORBA, Java RMI, DCOM).

Рис. 1. Структура процесса управления конфигурированием услуги



Формирование разнообразных услуг происходит путем автоматизированной комбинации из одних и тех же элементарных программных компонент (ПК), которые могут быть распределены функционально и территориально. Принцип многократного использования однократно введенных ПК позволяет повысить эффективность обслуживания клиентов и оптимизировать использование ресурсов.

Исходя из распределенного принципа реализации, процесс конфигурирования услуги можно охарактеризовать двумя основными свойствами: параллелизмом и асинхронизмом.

Наиболее распространенными задачами анализа таких систем являются:

- выявление отсутствия тупиковых ситуаций;
- нахождение оптимальных длительностей работы отдельных ее частей.

Для анализа данного процесса необходимо построение адекватной модели, которая позволит оценить распределенную систему управления услугами связи по критериям качества предоставляемых услуг.

#### Решение задачи

Для построения имитационной модели предлагается использовать методологию иерархических цветных сетей Петри Coloured Petri Net (CPN) [2]. Эта методология является обобщением формализма обыкновенных сетей Петри на случай многих видов ресурсов и позволяет более эффективно моделировать сложные системы. На базе методологии CPN разработан специальный язык моделирования – Coloured Petri Net Modelling Language (CPN ML) [3] и созданы соответствующие программные средства.

На рис. 2 изображено формальное представление процесса управления конфигурированием услуги.

фигурированием услуги. Позиции RequestN, CompleteN моделируют соответственно поступление заявок от клиентов и завершение процесса конфигурирования услуги. Позиции P2N, P3N моделируют связи между составными частями. Маркировки позиций PC 1, PC 2, PC M моделируют доступность ПК. Модель включает составные переходы Client, CCN, Integration Agent, представляющие собой отдельные раскрашенные сети Петри, рассматриваемые далее. Необходимые для моделирования цветовые множества, соответствующие им переменные и функции, а также их расшифровка приведены в табл. 1.

Работа сети Client (рис. 3) моделирует поток заявок, поступающий от клиентов в ЦУ. Задержка перехода TC1 моделирует время между поступлением заявок. Переход TC3 моделирует вид услуги. Переход TC4 моделирует окончание конфигурации ус-

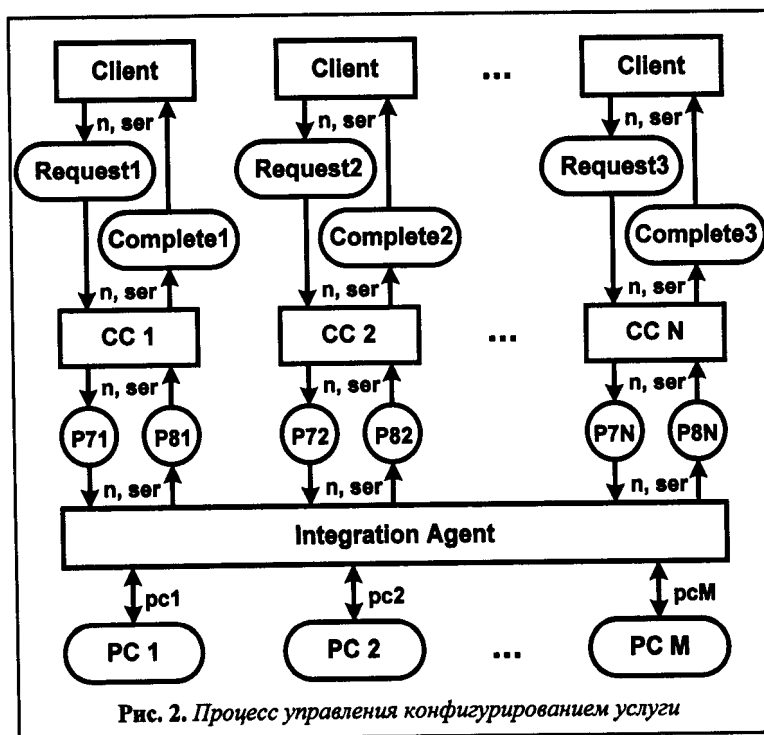


Рис. 2. Процесс управления конфигурированием услуги

Таблица 1

## Цветовые множества, переменные и функции

color INT = integer; var ser: INT;	Описание типа услуги
color N = integer timed; var n, pc: N;	Описание порядкового номера услуги и типа ПК
color SER = product N*INT timed;	Описание услуги
color PC = product N*N*INT timed;	Описание сконфигурированного ПК
color DEL1 = int with $t_1 \dots t_2$ ; fun Del1 () = DEL1.ran();	Случайная величина времени между поступлениями запросов на предоставление услуг в ЦУ 1, лежащая в пределах от $t_1$ до $t_2$
color DELN = int with $t_3 \dots t_4$ ; fun DelN () = DELN.ran();	Случайная величина времени между поступлениями запросов на предоставление услуг ЦУ N, лежащая в пределах от $t_3$ до $t_4$
color S1 = int with 1...L; fun s1 () = S1.ran();	Случайная величина, характеризующая выбор типа услуги в ЦУ 1
color SN = int with 1...L; fun sN () = SN.ran();	Случайная величина, характеризующая выбор типа услуги в ЦУ N

луги. Сеть CCN изображена на рис. 4. Она служит для моделирования работы ЦУ. В позиции P5N находятся метки, соответствующие доступным видам услуг. Допустим, что ЦУ одновременно обрабатывает одну заявку. В позиции P6N находится метка, соответствующая номеру обрабатываемой заявки.

Сеть Integration Agent изображена на рис. 5, здесь  $L$  – количество услуг, реализуемых данным ЦУ;  $N$  – число ЦУ;  $M$  – число ПК;  $Q$  – количество связей данного ПК с различными ЦУ. Выражения на дугах, не приведенные на рис. 5, соответствуют (pc, n, ser).

Задержки переходов (T1PC1, ..., TJPC1, ..., TQPC1, ..., T1PCM, ..., TJPCM, ..., TQPCM) моделируют время занятости ПК при обращении к нему ЦУ. В данной сети можно выделить три уровня: уровень услуг, уровень конфигурации и уровень ПК. Уровень ПК характеризуется наличием коллективно используемых ресурсов (PC1, PC2, ..., PCM).

Время конфигурации услуги  $L$  можно выразить следующим образом:

$$T_L = \sum_M \frac{X_{L,M} \cdot T_{M,Q}}{D_M},$$

где  $X_{L,M}$  – число обращений ЦУ к программному компоненту  $M$  при конфигурации услуги  $L$ ;

$T_{M,Q}$  – время занятости программного компонента  $M$  при обращении к нему ЦУ;

$D_M$  – коэффициент доступности программного компонента  $M$ .

При этом величина  $D_M$  зависит от многих факто-

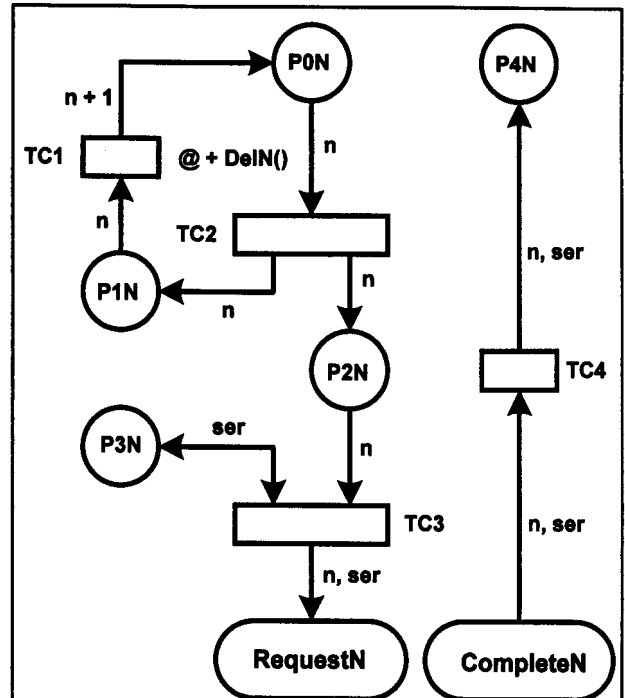


Рис. 3. Сеть Client

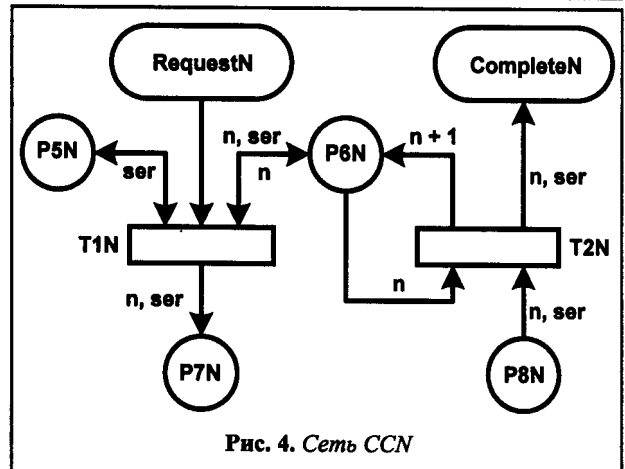


Рис. 4. Сеть CCN

ров, в том числе от количества однотипных ПК, интенсивности обращения к ПК, времени занятости ПК. Предлагаемая модель процесса управления конфигурированием системы управления услугами позволяет, изменяя параметры исследуемого процесса (число меток в позициях PC1, PC2, ..., PCM, величина задержки переходов (T1PC1, ..., TJPC1, ..., TQPC1, ..., T1PCM, ..., TJPCM, ..., TQPCM), величина задержки переходов TC1 сетей Client) оптимизировать процесс конфигурации услуг.

Имитационная модель процессов управления конфигурированием системы управления телекоммуникационными услугами разработана с помощью инструментальной системы CPN Tools [2, 3]. Она служит для графического ввода моделей, имитации их динамики и определения основных свойств. Кроме средств рисования в CPN Tools используется, для описания атрибутов графических объектов, язык CPN ML.

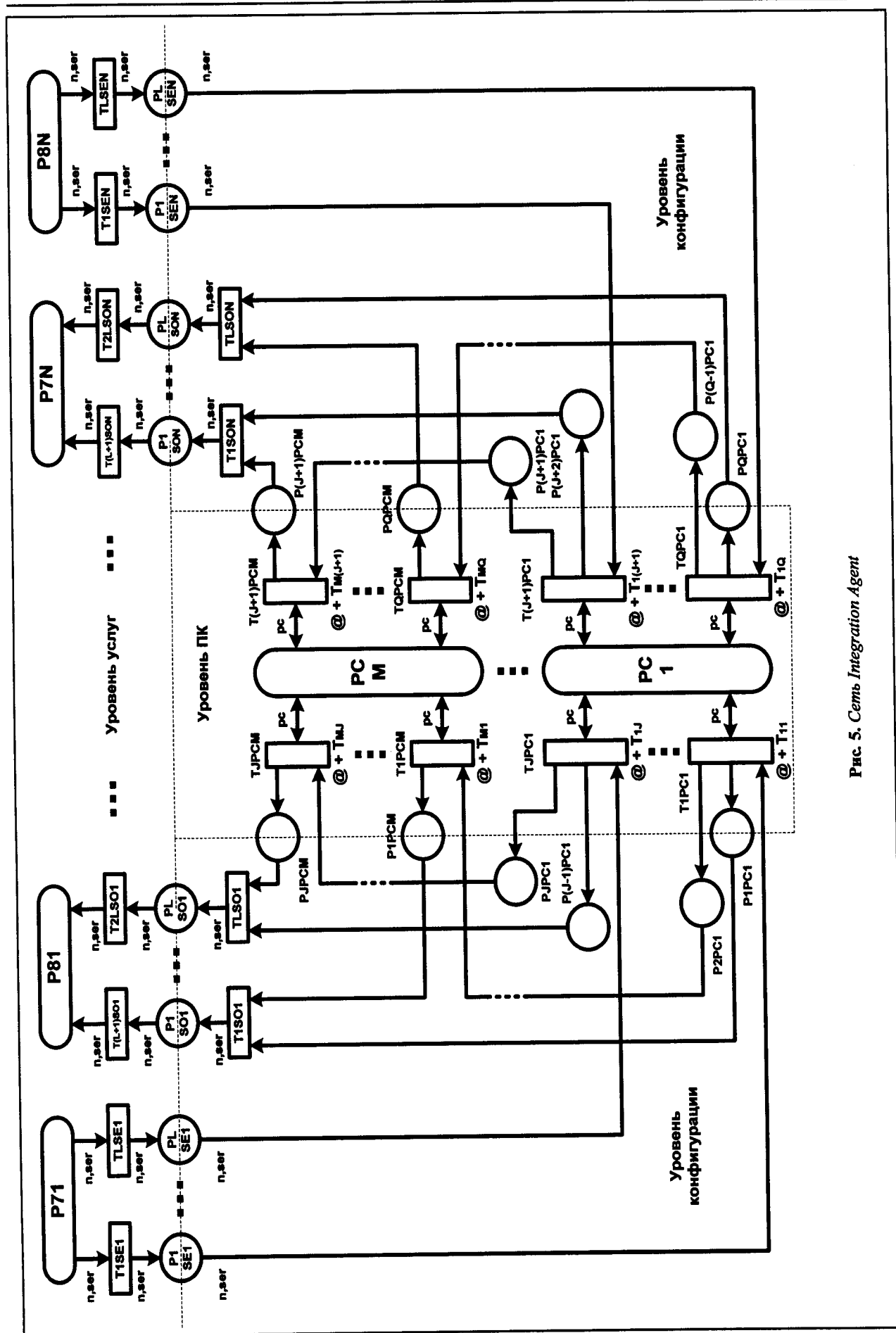


Рис. 5. Сеть Integration Agent

# Результаты имитационного моделирования процессов управления конфигурированием системы управления телекоммуникационными услугами

Анализ модели процессов управления конфигурированием проведем для следующих исходных данных:

- число реализуемых услуг  $L = 3$ ;
- число используемых ПК  $M = 3$ ;
- число моделируемых ЦУ  $Q = 2$ ;
- время занятости ПК при обращении к нему ЦУ  $T_{M,Q}$  приведено в табл. 2.

Таблица 2

Время занятости ПК

ПК	Время занятости ПК, мс					
	ЦУ 1			ЦУ 2		
	Услуга 1	Услуга 2	Услуга 3	Услуга 1	Услуга 2	Услуга 3
ПК 1	200	200	200	150	150	100
ПК 2	–	50	–	–	10	–
ПК 3	150	–	–	20	–	–

При анализе использовались различные соотношения интенсивностей поступления запросов на предоставление услуг обрабатываемых ЦУ 1 и ЦУ 2.

Ввиду того, что ПК являются совместно используемыми ресурсами, интерес представляет исследование зависимости задержки при конфигурации услуги от интенсивностей поступления запросов на предоставление услуг  $\lambda$  и числа используемых однотипных ПК. Величину задержки при конфигурации услуги можно выразить, используя формулу

$$T_{\text{зад}} = \sum_M \left( \frac{X_{L,M} \cdot T_{M,Q}}{D_M} - X_{L,M} \cdot T_{M,Q} \right).$$

Из этой формулы видно, что величина задержки  $T_{\text{зад}}$  зависит от коэффициента доступности ПК  $D_M$ , на который, в свою очередь, влияют число однотипных ПК, интенсивность обращения к ПК и время  $T_{M,Q}$ .

Зависимости среднего времени задержки конфигурации услуги первым ЦУ  $T_{\text{зад,сред}}$  от интенсивности потока заявок  $\lambda_1$  для различного числа однотипных ПК (ресурсов) приведены на рис. 6–8. На рис. 6 представлены результаты моделирования для случая, когда средняя интенсивность потока заявок, поступающих в ЦУ 2  $\lambda_{2\text{сред}} = 1$  заявка/с. На рис. 7 приведены аналогичные зависимости при средней интенсивности потока заявок, поступающих в ЦУ 2,  $\lambda_{2\text{сред}} = 10$  заявок/с. На рис. 8 представлены результаты моделирования

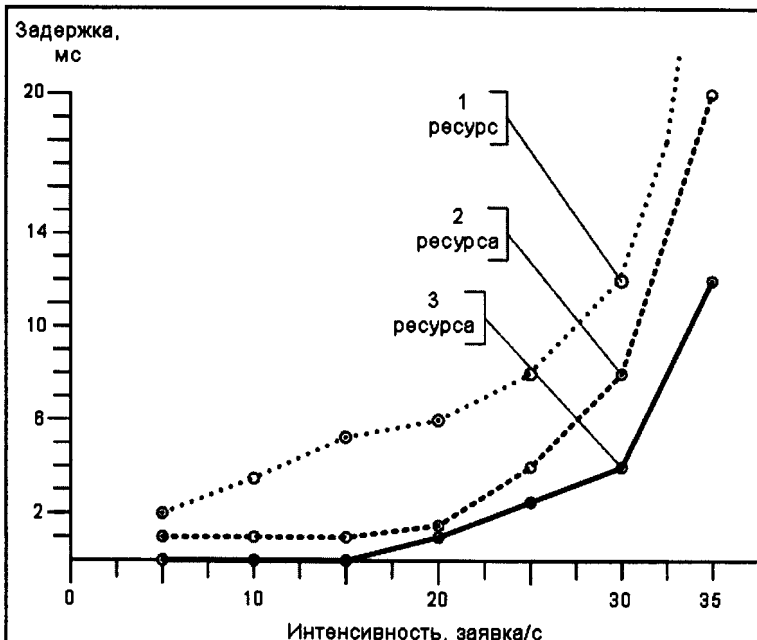


Рис. 6. Зависимость  $T_{\text{зад,сред}}$  от  $\lambda_1$  при  $\lambda_{2\text{сред}} = 1$  заявка/с

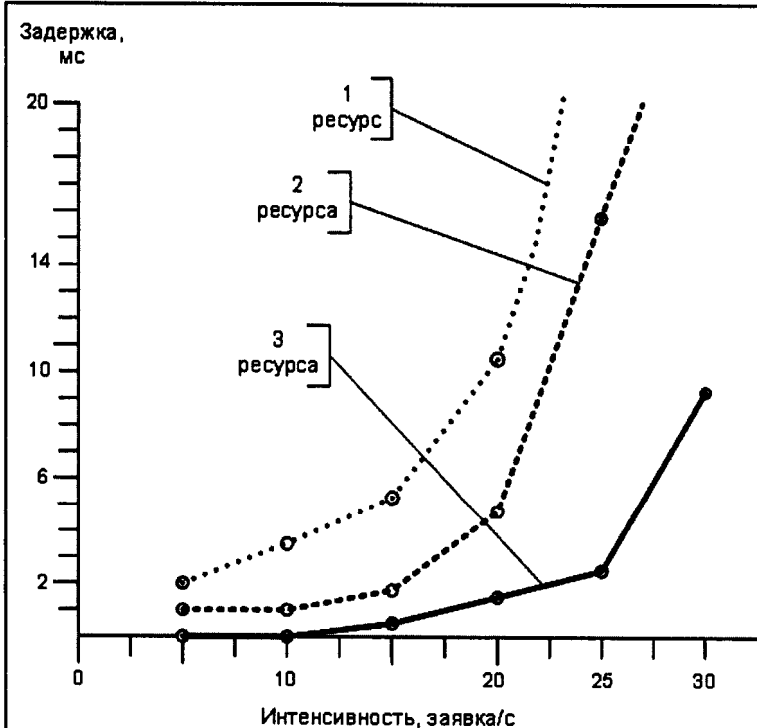
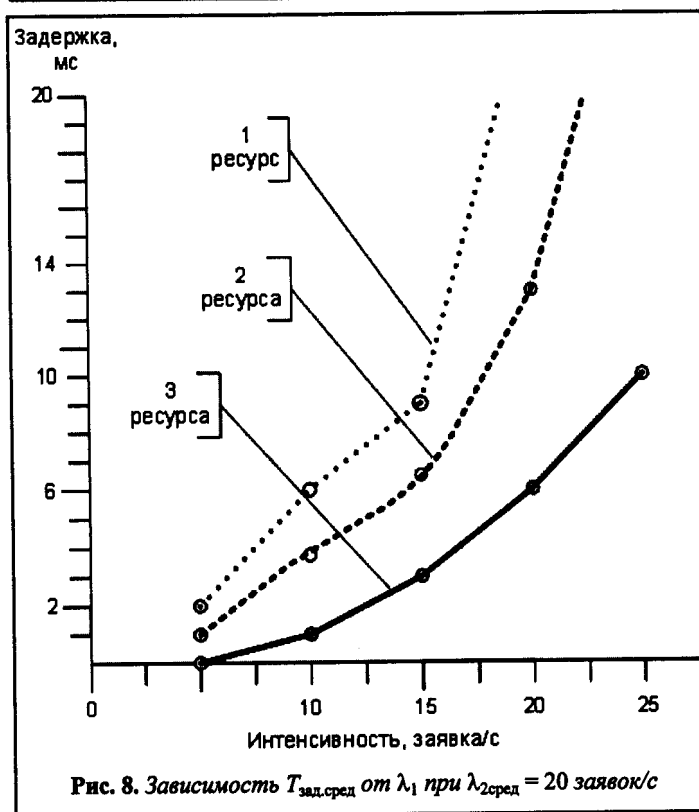


Рис. 7. Зависимость  $T_{\text{зад,сред}}$  от  $\lambda_1$  при  $\lambda_{2\text{сред}} = 10$  заявок/с

для случая, когда средняя интенсивность потока заявок, поступающих в ЦУ 2,  $\lambda_{2\text{сред}} = 20$  заявок/с.

Анализ приведенных зависимостей показывает, что для данных начальных условий, при наличии одного ресурса, длина очереди на выполнение запросов конфигурирования становится бесконечно большой: для первого случая при интенсивности  $\lambda_1 > 32$  заявок/с; для второго случая при интенсивности  $\lambda_1 > 23$  заявок/с; для третьего случая при интенсивности  $\lambda_1 > 18$  заявок/с. Возникает необходимость коррекции параметров процесса управления конфигурированием системы управ-



ления услугами. Одним из вариантов является увеличение ресурсов.

Сравнение полученных результатов с аналитическими вычислениями [4] позволило оценить погрешность результатов, которая составила 3...7 %, что приемлемо при проведении инженерных расчетов.

### Выводы

1. Разработан метод анализа процессов управле-

ния конфигурированием системы управления телекоммуникационными услугами.

2. Для построения имитационной модели процессов управления конфигурированием системы управления телекоммуникационными услугами использована методология иерархических цветных сетей Петри.

3. Разработанный метод анализа процессов управления конфигурированием системы управления телекоммуникационными услугами позволяет контролировать данный процесс, выявлять наличие тупиковых ситуаций, находить оптимальные длительности работы его отдельных функциональных частей, при необходимости корректировать параметры выполнения процесса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мочалов В.П., Яковлев С.В., Рафаилова А.Ф. Анализ вероятностно-временных характеристик системы управления услугами связи // Тр. Междунар. конф. "Информационные и телекоммуникационные системы и технологии". – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2007. – С. 97–103.
2. Доррер Г.А. Методы моделирования дискретных систем. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 171 с.
3. Jensen K. Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use (Monographs in Theoretical Computer Science a Series of Eatscs). – Springer-Verlag, 1997. – Vol. 1–3.
4. Яковлев С.В., Мочалов В.П., Рафаилова А.Ф. Модель управления конфигурированием услуг связи // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. "Эффективные механизмы инновационно-технологического развития современного общества" / СИЭИТ. – Сочи: СТЕРХ, 2007. – С. 113–115.