

А. А. Емельянов, Е. А. Власова

## Решение задачи взаимного исключения и координации процессов

*Необходимость координации и взаимного исключения процессов возникает в тех случаях, когда идет активная работа с нематериальными (логическими) ресурсами: в информатике — с сообщениями, буферной памятью, последовательно используемыми программами, в экономике — с правами собственности, разрешительными документами в виде накладных, путевых листов, записей в бортовом журнале судна (коносамент) и др. Некорректное решение этих задач приводит к патовой ситуации или клинчу, когда все ресурсы вроде бы в наличии, а процесс развиваться не может. Среди различных подходов к решению проблемы — основанный на принципе семафора, который и будет рассмотрен.*

**К**оординация и взаимное исключение — две внешние стороны непосредственной деятельности по управлению сложными процессами. Подобные задачи решаются в случаях:

- создания сложных программных мультипроцессных средств (операционных систем, пакетов имитационного моделирования, работающих по принципу симуляции реальных процессов вычислительными средствами, а также агентных программ сетевого взаимодействия);
- моделирования логики экономического (логистического) процесса.

Впервые задача взаимного исключения и координации параллельных процессов возникла в 80-х годах XX века, когда активно развивались различные платформы компьютеров (от больших вычислительных комплексов на базе вычислительной техники IBM, Cray и Burrows до компьютеров на базе 32-разрядных микропроцессоров Intel, IBM, SAN и Hewlett Packard).

Первое корректное решение задачи координации в виде аппаратной реализации принципа семафора было предложено в книге [1]. Известны ее программные решения, в том числе — для создания новых операци-

онных систем [2]. Что касается таких сложных комплексов, как программные имитаторы, то здесь задача координации решается гораздо сложнее, чем для операционной системы (ОС). И основная трудность заключается в том, что в имитаторе создаются свои абстрактные процессы и ресурсы, никак не связанные с вычислениями с точки зрения ОС. Поэтому без решения задачи координации в имитаторе возможны «зависания», которые сделают невозможной работу ОС (и соответственно имитационной модели). Причина заключается в образовании замыканий процессов ОС через процессы и ресурсы имитационной модели, в то время как в самой модели программных ошибок нет (эффет клинча).

Постановка задачи координации для прикладных программ, в которых возникают многочисленные процессы и используются разнотипные ресурсы (в том числе и логические, т. е. нематериальные) опубликована в [3]. Приведем решение этой задачи, используя систему имитационного моделирования *Pilgrim* для иллюстрации динамики процесса координации.

Рассмотрим техническое обеспечение современного компьютера в виде набора ресурсов: псевдопроцессоров (одного или нескольких центральных процессоров, мульт-