

Д. С. Обычайко, аспирант, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Москва, D.Obychaiko@aamautomatic.ru

В. А. Шихин, канд. техн. наук, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Москва, ShikhinVA@mpei.ru

Алгоритм поддержания работоспособности киберфизической системы с введением актуализируемого показателя эксплуатационной надежности

Авторами решается проблема анализа надежности и процесса восстановления работоспособности киберфизических систем (КФС) на основе деления жизненного цикла на временные срезы, соответствующие предаварийному, аварийному, восстановленному и спрогнозированному состояниям. Построен граф состояний кибернетических и физических компонент и введены дифференциальные уравнения, связывающие вероятности возврата в рабочее состояние с интенсивностями отказов и восстановлений различного типа. Разработанная диаграмма принятия решений по восстановлению или замене соответствующего компонента позволяет производить обоснованный выбор варианта действий на возврат системы в рабочее состояние.

Ключевые слова: киберфизические системы, эксплуатационная надежность, жизненный цикл, граф состояний, диаграмма принятия решения.

Введение

Обобщая трактовки понимания «киберфизических систем» (КФС), или Cyber-Physical Systems (CPS), используемые в различных источниках [1–4, 13], введем следующее определение КФС. Под определением КФС будем понимать системы, в которых кибернетические компоненты (КК), такие как интеллектуальные датчики, цифровые измерительные средства и приборы, активные устройства сбора данных и обмена данными и другие интеллектуальные устройства, интегрированы в объекты и непосредственно взаимодействуют с их физическими компонентами (ФК), а обмен данными и передача сигналов между отдельными устрой-

ствами осуществляется в виде пакетов данных. В КФС имеет место комплексная интеграция процессов вычислений с физическими процессами. Встроенные компьютеры и сети контролируют физические процессы, обычно с циклами обратной связи, где физические процессы влияют на вычисления и наоборот.

Одними из основных показателей при оценке работоспособности КФС являются показатели надежности и безопасности [5]. При этом необходимо принимать во внимание, что в КФС имеет место непредвиденное поведение КК. КФС должны быть способны продолжать работу в непредвиденных обстоятельствах и оперативно адаптироваться к новым условиям работы, а также самовосстанавливаться