

## ПОВЫШЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ГПС НА ОСНОВЕ МЕТАСИСТЕМНЫХ ЗАМЕН

© 2016 А.М. Пищухин

Оренбургский государственный университет

Статья поступила в редакцию 05.05.2016

В работе живучесть рассматривается как длительность нахождения гибкой производственной системы (ГПС) в процессе производства продукции. Чтобы при этом не тратить слишком большие средства на повышение надежности оборудования, предлагается мультиагентное переключение технологий, основанное на теории метасистемных замен Дж Клира. При этом система управления ГПС при нарушении реализации текущей технологии выбирает наиболее готовую к функционированию технологию в отношении исправности оборудования, обеспеченности инструментом, заготовками, приспособлениями, материалами и даже уровня востребованности.

*Ключевые слова:* живучесть, метасистема, правило замены, ГПС, мультиагентная модель, переключение систем, готовность системы, агент-ориентированное моделирование, нормальный поток событий.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходят настолько быстрые изменения в нашей действительности, что организация производства на основе гибких производственных систем – насущная производственная необходимость, поскольку только ГПС в состоянии обеспечить быстрый переход на производство востребованного на рынке вида продукции. С другой стороны, это оборудование продолжает оставаться довольно дорогим, поэтому остро стоит вопрос о повышении его загрузки, более эффективном его использовании, быстрой адаптации к изменяющейся обстановке и повышении живучести. Особенно эти требования актуальны при работе ГПС без присутствия человека в ночную смену. Однако при интенсивном использовании возрастают требования к его надежности, высокий уровень которой тоже достичь недешево. В таких условиях работоспособность ГПС можно продлевать за счет своевременных переключений. Теоретической основой для решения вопросов о переключениях и их своевременности может служить метасистемный подход к управлению, развиваемый с начала 2000 годов [1].

## ТЕОРИЯ

В соответствии с системологией Дж. Клира [2] существует два способа интеграции систем: создание структурированной системы и создание метасистемы. Каждая система описывается множеством переменных, изменения которых рассматриваются на множестве параметров. В структурированных системах интегрирование осуществляется по множествам переменных в

*Пищухин Александр Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры управления и информатики в технических системах. E-mail: pishchukhin55@mail.ru*

предположении, что все они имеют одно и то же параметрическое множество. Таким образом, элементами структурированных систем являются системы с разными множествами переменных, но с одинаковыми параметрическими множествами. В метасистемах, напротив, интегрирование систем осуществляется по параметрическим множествам независимо от того, имеют эти системы одно множество переменных или нет. Следовательно, элементами метасистем являются системы с разными локальными параметрическими инвариантами, определенными на обобщенном параметрическом множестве, они могут быть определены и для одного обобщенного множества переменных.

На рис. 1 отображены различия этих двух способов интегрирования систем. При этом из схем видно, что структурированная система реагирует на внешние воздействия изменением величин переменных в связях между элементами, метасистема, (которая работает как слайдер) кроме этого может вообще заменить функционирующую систему (подсистему параметрического множества), то есть реагирует более кардинально. К тому же, в структурированной системе все элементы функционируют одновременно, поэтому при выходе из строя хотя бы одного элемента вся система перестает функционировать. В метасистеме функционирующая система выбирается правилом замены и при выходе из строя может быть заменена на другую, способную функционировать. По этим причинам метасистема обладает большей живучестью априори. Под живучестью здесь следует понимать более длительную работоспособность.

Обеспечение более длительной работоспособности системы за счет переключений (замен) имеет мировоззренческое значение. Оно имеет место в биологии при сохранении вида за счет более высокой рождаемости, хотя отдельные особи гибнут даже массово, вид сохраняется за счет жизни других особей.

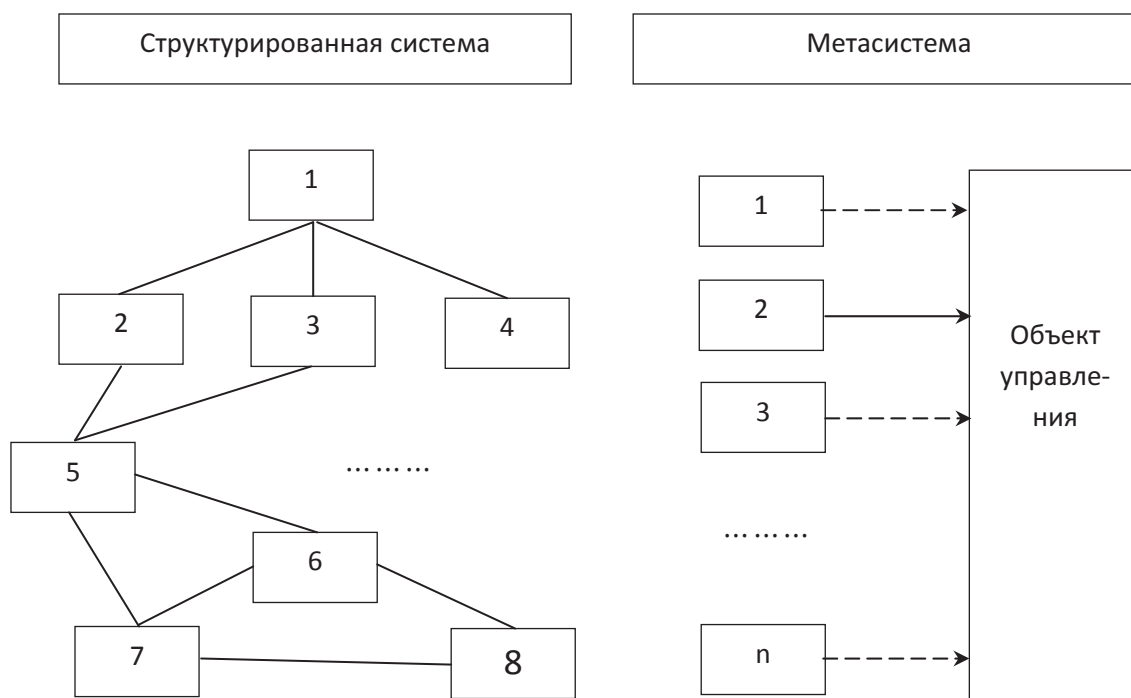


Рис. 1. Отличия структурированной системы от метасистемы

Экономическая система, основанная на переключениях инноваций, имеет больше шансов на успех, чем фирма с консервативной стратегией.

В психологии и педагогике [3], где переключение обучающегося с одного вида деятельности на другой целесообразно в первую очередь с точки зрения того, что очень трудно заниматься одним предметом долго. Быстро наступает перенасыщение и с какого-то момента знания перестают глубоко усваиваться. Переключение внимания при этом можно назвать своеобразной перестройкой в связи с изменением задачи познавательной деятельности.

В свое время Марвин Минский, раскритиковав теорию перцептрона, основанную на ассоциативном принципе [4] и отвечая на вопрос: как же тогда работает человеческий мозг, если не на ассоциациях, создал теорию переключающихся фреймов.

В медицине, где переключение с одного метода лечения на другой позволяет назначать методы лечения адаптивно [5].

Даже болото человеку легче перейти, прыгая с кочки на кочку, поскольку задержавшись на одной из них дольше необходимого можно утонуть.

Метасистема определяется как тройка:

$$MS = (W, S, r), \quad (1)$$

где  $W$  – параметрическое множество;  $S$  – может быть множеством любых систем, в данном случае – это множество структурированных систем, чьи параметрические множества являются подмножествами  $W$ ;  $r$  – процедура замены, реализующая определенную функцию вида

$$r: W \rightarrow S, \quad (2)$$

Эта формула определяет функцию замены.

Метасистемы подразделяются на два больших класса [1]: последовательного и параллельного действия, поэтому функция замены для второго класса выбирает либо одну либо группу одновременно функционирующих систем.

Для максимально эффективного осуществления замены одной функционирующей системы на другую, необходимо поставить и решить шесть метасистемных задач [6].

## ДААННЫЕ И МЕТОДЫ

Подойдем теперь к рассмотрению ГПС и представим ее в виде метасистемы, как в работе [7], состоящей из структурированных систем, которые в свою очередь состоят из систем данных

$$MSD = (W, SD, r)$$

с правилом замены технологического процесса

$$r: W \rightarrow SD.$$

Множество параметров в этом случае  $W$  будет представлено ассортиментом производимых изделий. Например, для механообрабатывающей ГПС это могут быть: корпуса изделий, валы, шестерни, рычаги, втулки и так далее. Тогда множество  $SD$  представляет множество технологических процессов для изготовления перечисленного ассортимента, поскольку структурированные системы сами являются интегрированными как следует из выше рассмотренной теории, будем считать составляющими структурированных систем – системы данных. Каждая из этих систем данных включают в себя описание операций технологического процесса (режимы резания, типы оборудования, инструмента, приспособлений). Таким образом, каждый из технологических процессов включает

набор взаимосвязанных операций (структуру). Например,  $SD_i = \{(xV, xD) | x \in N_q\}$ , где  $xV$  – множество связующих переменных для системы данных  $x$ ,  $xD$  – множество систем данных,  $q$  – количество элементов в структурированной системе, а  $N$  – количество систем данных в  $j$ -ом элементе структурированной системы.

Гибкая производственная система инерционный объект – ее нельзя мгновенно ни запустить, ни остановить. На рис. 2 изображены процессы запуска, останова и подготовки ГПС к запуску.

При штатном переключении процессы запуска новой технологии и остановки только что функционировавшей можно запараллелить. На рис. 2 соответствующая кривая подготовки и запуска следующей технологии изображена пунктиром – при этом возможно сокращение времени простоя ГПС до минимума.

При отказе оборудования, без которого активная в данный момент технология реализоваться не может происходит выбор, подготовка и запуск на выполнение альтернативной технологии. При этом процесс останова и запуска могут быть начаты почти одновременно. Однако время простоя ГПС (время, в которое продукция не изготавливается) в этом случае будет зависеть от степени готовности альтернативной технологии к запуску.

Уровень готовности технологии к запуску зависит от исправности оборудования, обеспеченности инструментом, заготовками, приспособлениями, материалами. Он так же должен зависеть от уровня востребованности данной технологии.

## МОДЕЛЬ

Для сокращения времени переключения ГПС и стало быть повышения живучести ГПС предлагается применить мультиагентный (агент-ориентированный [8-14]) подход, при котором в виртуальном пространстве существуют активные агент-технологии, имеющие своей целью непре-

рывную оценку уровня своей готовности к запуску и метасистема, следящая за непрерывностью процесса производства и заменяющая функционирующую технологию по мере необходимости. Метасистема в штатном случае руководствуется заранее разработанной стратегией переключения технологий. Агенты-технологии также готовят и запускают свою технологию в соответствии с этой стратегией, а так же в случае приказа со стороны метасистемы.

Реализация описанной модели проводилась с помощью соответствующей компьютерной программы. Для упрощения в ней моделировались только нештатные переключения для пяти технологий. При этом обычное адаптивное управление ГПС, при котором подготовка и запуск технологии в производство начинались только с момента отказа функционирующей в данный момент технологии, сравнивалось с мультиагентным, при котором у каждой технологии имелся свой уровень готовности, а метасистема выбирала наиболее готовую к функционированию.

Поток отказов моделировался нормальным потоком, при котором длительность времени функционирования подчиняется нормальному распределению. Нормальный поток организовывался по методу Мюллера по формуле

$$Z = \sqrt{(-2 \cdot \ln(r_1))} \cdot \cos(2\pi \cdot r_2),$$

где  $r_1$  и  $r_2$  – случайные числа порожденные генератором случайных чисел в диапазоне [0; 1].

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты отражены на рис. 3, из которого следует, что мультиагентное управление имеет меньшие потери по сравнению с обычным адаптивным. Для наглядности потери показаны с накоплением во времени. Горизонтальные участки графиков отражают исправное функционирова-

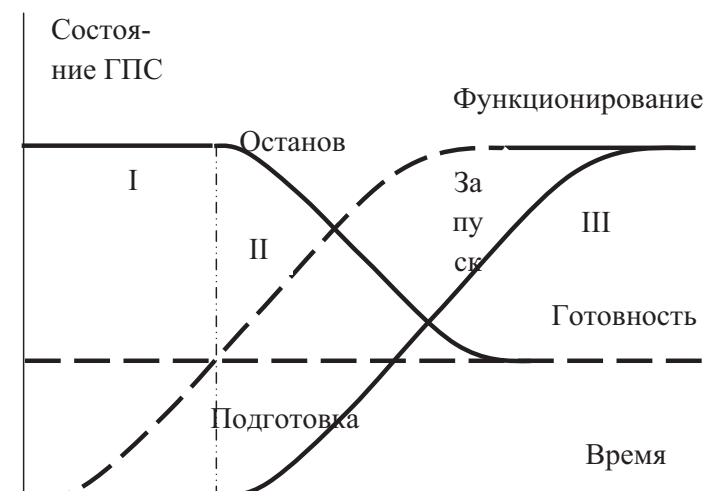


Рис. 2. Процесс переключения ГПС с выполнения одной технологии на другую

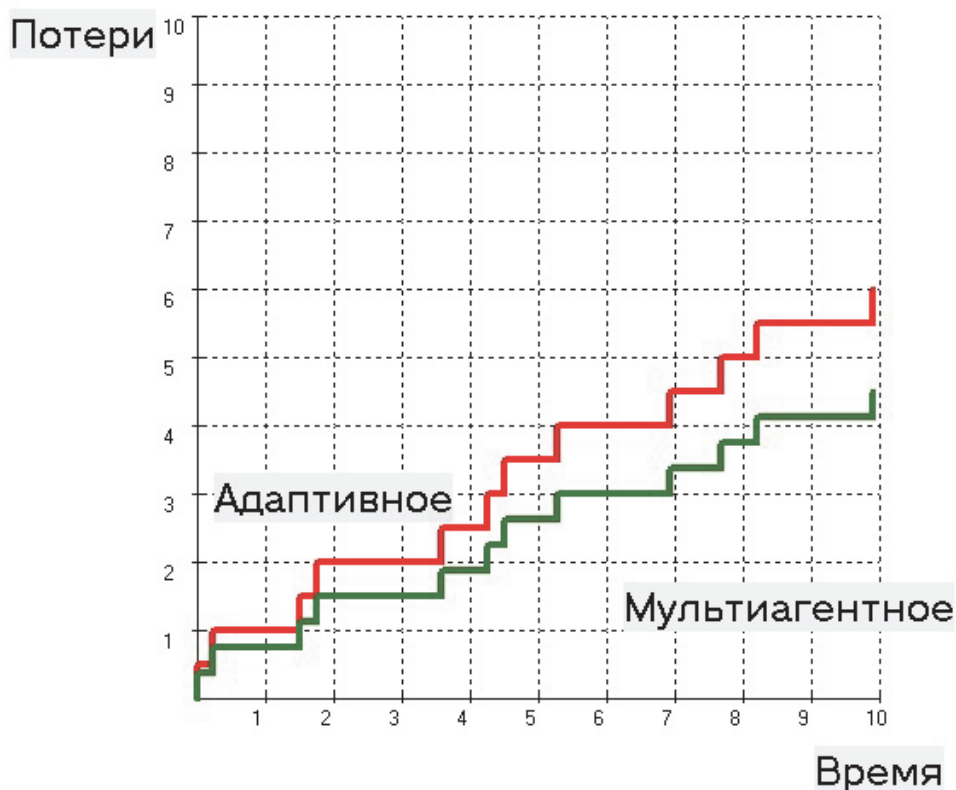


Рис. 3. Графики потерь времени на переключение технологий при адаптивном и мультиагентном управлении

ние ГПС, скачки отражают потери времени на подготовку и запуск альтернативной технологии.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о преимуществе мультиагентного метода, основанного на метасистемном подходе к управлению ГПС в отношении повышения ее живучести. То есть при таком методе управления ГПС большее время находится в состоянии функционирования и выпуска продукции.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, метасистемный подход позволяет сконцентрировать внимание исследователей на механизме переключения ГПС, обосновывая его важность, предоставляет аппарат описания ГПС как метасистем состоящих из структурированных систем данных и мультиагентным способом моделировать процесс выбора наиболее готовой к функционированию технологии. Полученные экспериментальные результаты позволяют сделать вывод о работоспособности и преимуществе мультиагентного метода, основанного на метасистемном подходе к управлению ГПС в отношении повышения ее живучести.

Дальнейшие исследования могут быть связаны с детальной разработкой методик оценки готовности технологий к функционированию, что повысит точность предложенного метода и внедрением его в практику машиностроительных предприятий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов С.В., Пищухин А.М. Метасистемный подход в управлении. Оренбург, 2005. 336 с.
2. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990.-544 с.
3. Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф. Проектирование образовательного маршрута в пространстве компетенций // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 3. С. 21-24.
4. Минский М. Фреймы для представления знаний. М.: Мир, 1979.
5. Использование геометрических критериев для выявления групп пациентов с близорукостью при назначении метода лечения / Л.К. Мошетьова, С.В. Нотова, А.М. Пищухин, Г.Ш. Сабурова // Вестник Оренбургского государственного университета. 1999. № 3. С. 88-91.
6. Миронов С.В., Пищухин А.М. Метасистемный подход к проведению экспертизы опасных производственных объектов // Успехи современного естествознания. 2005. № 6. С. 81-82.
7. Pishchukhin A.M., Pishchukhina T.A. The Control Simulation of the Enterprise on the Basis Metasystem Approach // Universal Journal of Control and Automation. 2013. Vol. 1(4). P. 98-102.
8. Axelrod R. The complexity of cooperation: Agent-based models of conflict and cooperation. Princeton, N.J.: The Princeton University Press, 1997.
9. Axelrod R., Tesfatsion L. On-Line Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences. 2010. URL: [www.econ.iastate.edu/tesfatsi/abmread.htm](http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/abmread.htm) (дата обращения 23.04.2016).
10. Tesfatsion L., Judd K.L. Handbook of Computational

- Economics: Volume 2, Agent-Based Computational Economics. Amsterdam, The Netherlands: Handbook in Economics Series, 2006.
11. *Epstein J.M.* Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2006. Глава 12.
  12. *Ахмедьянова Г.Ф., Ерошенко О.С., Пищухин А.М.* Агент-ориентированный подход к моделированию процесса обучения // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 11-3. С. 521-524.
  13. *Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф.* Методическое обеспечение агент-ориентированного моделирования процесса обучения // В сб.: Университетский ком-плекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2014. С. 3071-3074.
  14. *Бахтизин А.Р.* Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика, 2008. *Фаттахов М.Р., Бахтизин А.Р.* Агент-ориентированная модель устойчивого развития городов. М.: Радио и Связь, 2010. Искусственный Интеллект: философия, методология, инновации. Часть 1.
  15. *Мухин О.И.* Моделирование систем // *Электронный учебник* – Пермь: ПГТУ, stratum.pstu.ac.ru. – 2001. URL: <https://scholar.google.ru/citations?hl=ru&user=SyWlyXMAAAAJ> (дата обращения 23.04.2016).

## ENHANCED SURVIVABILITY FMS BASED METASYSTEM SUBSTITUTIONS

© 2016 A.M. Pishchukhin

Orenburg State University

The work is regarded as the persistence length of stay flexible manufacturing system (FMS) in the process of production. For it does not spend too much on increasing the reliability of the equipment, it is proposed multiagent switching technology based on the theory of metasystem substitutions J. Klir. Thus FMS control system in violation of the implementation of the current technology selects the most ready for operation of the technology in relation to serviceability of equipment, provision of tools, workpieces, fixtures, materials, and even the level of demand.

*Keywords:* survivability, meta-rule substitutions, FMS, multi-agent model, switching systems, system availability, agent-based modeling, the normal flow of events.