

## ОБ ОСНОВАХ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

А. В. Романенко<sup>1</sup>, Ю. В. Литовка<sup>2</sup>, В. Ф. Калинин<sup>3</sup>

*Кафедры: «Менеджмент» (1), «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» (2), «Электроэнергетика» (3), ФГБОУ ВПО «ТГТУ»;  
polychem@list.ru*

**Ключевые слова:** классификационные признаки; методология адаптивного управления; объект адаптивного управления; производственная система; субъект экономической системы.

**Аннотация:** Проведен анализ сущности управления субъектом экономической системы. На основе заключения о значении для устойчивого положения хозяйствующего субъекта бифазового состояния «рост – зрелость» его жизненного цикла сделаны выводы о применимости принципов адаптивного управления к производственной системе хозяйствующего субъекта. Рассмотрены особенности производственной системы субъекта экономической системы как объекта управления. Приведены основные классификационные признаки объектов управления в концепции адаптивного управления и особенности их проецирования на субъекты экономической системы. На основе рассмотрения взаимосвязи адаптивного управления с эффективностью производственной системы определены ее основные свойства для субъектов экономической системы и сформулированы требования для построения адаптивных систем управления производственной системой.

---

Формирование инновационных путей развития российской экономической системы неразрывно связано с совершенствованием управления производственными системами субъектов ее реального сектора. Фактором, определяющим данный процесс, стало приобретение российскими предприятиями финансово-хозяйственной самостоятельности в результате рыночных реформ конца XX века. Их следствием является передача вопросов управления жизненным циклом субъектов экономической системы непосредственно им самим. Успешность решения данной задачи проявляется устойчивой цикличностью бифазового состояния «рост – зрелость» при проецировании интегративной модели жизненного цикла хозяйствующего субъекта Р. Куинна и К. Камерона [1], которая в общем случае включает фазы «формирование – рост – зрелость – упадок», на состояние конкретного субъекта экономической системы.

Производственная система представляет собой совокупность производственной мощности хозяйствующего субъекта, характеризующей максимально возможное количество выпускаемой продукции за заданный промежуток времени из общей номенклатуры изделий предприятия, вместе с принципами и методами ее эксплуатации. Производственная мощность определяется структурой основных производственных фондов предприятия и применяемыми технологиями производства продукции. Несмотря на понятность и относительную простоту определения данного показателя, оценивать эффективность деятельности хозяйствующей

шего субъекта в экономической системе, основывающейся на рыночных принципах, неоправданно, так как она зависит не от статического потенциала предприятия по выпуску продукции, а от динамичной внешней среды субъекта экономической системы, ее потребляющей. При этом необходимо отметить, что в реальном секторе экономической системы структурно сложна не только система взаимодействия хозяйствующего субъекта с внешней средой, но и его внутренняя среда. Данные условия делают производственную мощность предприятия динамичным показателем, зависящим от конкретного стечения обстоятельств. Следовательно, говоря об эффективности деятельности хозяйствующего субъекта реального сектора экономической системы, нужно принимать во внимание вопросы управления именно производственной системой.

Более детальное рассмотрение сущности понятия «производственная система» приводит к выводу, что управление ею состоит из двух основополагающих взаимосвязанных задач – формирования системы и оперативного управления ее функционированием. Их решение распространяется на все сектора управления основными процессами хозяйствующего субъекта – маркетинговые исследования рыночной конъюнктуры, процессы основной деятельности по выпуску продукции и поддержанию производственной мощности на заданном уровне, инвестиционную и инновационную деятельность. Следует заметить, что актуальность вопроса о развитии методологии управления производственной системой хозяйствующего субъекта в последние два десятилетия стала приобретать особое значение.

В качестве решения поставленной задачи на протяжении второй половины XX века предложен ряд концепций по формированию производственной системы предприятия и управления ей. К таковым можно отнести стандарты качества управления семейства ISO 9000, а также ряд концепций: цепочек создания ценности М. Портера, сбалансированной системы показателей Р. Каплана, «Бережливое производство», «Точно в срок» и некоторые другие. Общим признаком перечисленных концепций можно считать обобщенное описание решаемой проблемы формирования системы управления производственной системой хозяйствующего субъекта, что требует разработки методики использования теоретического аппарата в каждом конкретном случае его применения [2]. Следует заметить, что многие концепции содержат пересекающиеся положения. Одним из них является требование предупреждения сбоев в деятельности производственной системы, к которым относятся: перепроизводство, лишнее время ожидания, ненужная транспортировка, лишняя обработка, лишние запасы, ненужные перемещения, выпуск дефектных изделий, повышенная интенсивность эксплуатации производственных мощностей, неравномерность выполнения операций вследствие прерывистого графика работ [3].

Анализ существующих концепций формирования систем управления производственными системами позволяет сделать вывод, что фактически вопрос формирования методологии построения систем управления производственной системой следует считать открытым. В статье рассмотрены необходимые условия ее решения. Одним из ключевых положений проблемы формирования методологии управления производственной системой хозяйствующего субъекта является точная классификация ее как объекта управления с позиций выбранного типа управления. Различают три типа управления – разомкнутое, замкнутое и адаптивное [4]. Рассмотрение характеристик разомкнутого управления позволяет сделать вывод о возможности его применения только в «разовых» проектах, признаком которых является существенное превышение ценности результата над общественной ценностью процесса его создавшего. Можно утверждать, что сущность подобных процессов в значительной степени не соответствует понятию «производственная система». Это исключает рассмотрение разомкнутого управления в рамках данной темы. Относительно замкнутого управления (управление с обратной связью) в работе [4] сделан вывод о применении таких систем только для объектов с хо-

рошо формализуемой динамической моделью поведения при условии приемлемых затрат времени для реакции системы управления по выработке воздействия на объект управления, что исключительно редко наблюдается при управлении производственной системой. При этом замкнутое управление часто рассчитано на малый промежуток времени между воздействием некоторого фактора на объект управления и проявлением его последствий. Указанная причина является дополнительным ограничением в применении замкнутого управления к решаемой задаче.

Особенностью адаптивного управления является присутствие в структуре системы управления механизмов структурной или параметрической ее адаптации к условиям функционирования объекта управления. Данная особенность позволяет формировать системы управления объектами, для которых невозможно точное математическое описание механизмов функционирования. Необходимым условием реализации управления в этом случае является корректировка функционирования системы управления в процессе эксплуатации. Сложность ее реализации состоит в усугублении объективной динамической нестабильности работы объекта управления искусственно формируемой нестабильностью самой системы управления, итогом создания которой является повышение качества результата. Попытки реализации данного подхода в технике, медицине, биологии, информационных и экономических системах показали наличие значительных трудностей в прикладных вопросах [4]. Для их разрешения предложена классификация систем с позиций адаптивного управления, которая приведена в таблице [5].

Деление систем по способу внесения изменений в систему управления часто связано со свойствами объекта управления или его внешней среды качественно изменять характер взаимодействия. В том случае, если системе управления может потребоваться не просто изменить режим функционирования (самонастраивающаяся система), но и внести изменения в собственную структуру, система считается самоорганизующейся. Для облегчения адаптации системы управления к работе с конкретным объектом, если структура вектора входных сигналов объекта не подвержена изменению числа компонент, допускается выделение одного или нескольких сигналов на основе ранжирования значимости их влияния на объект. Данный сигнал или их группа формируют поисковый сигнал. Его задачей является формирование множества дискретных состояний объекта управления с описанием его переходов из одного состояния в другое. Если условия функционирования объекта управления характеризуются высокой динамичностью, то формирование поискового сигнала становится невозможным из-за высокой

### Классификация систем с позиций адаптивного управления

Классификационный признак	Вид системы
Способ внесения изменений в систему управления	Самонастраивающаяся. Самоорганизующаяся
Способ исследования поведения объекта	Поисковая. Беспоисковая
Способ сбора информации	С эталонной моделью. С настраиваемой моделью
Способ управления	С прямым управлением. С косвенным (непрямым) управлением
Способ самонастройки	С сигнальной (пассивной) адаптацией. С параметрической (активной) адаптацией. Комбинированная

информационной насыщенности модели поведения объекта. Для обеспечения функционирования беспоисковых систем значимым вопросом является качество модели поведения объекта управления. Если модель обладает требуемым качеством описания поведения объекта, то она может считаться эталонной. В противном случае потребуется предложить механизм изменения модели объекта в процессе функционирования системы. Такие системы формируют группу систем с настраиваемой моделью, для которых существенным звеном в управлении считается вопрос о способе управления. Наиболее обобщенное представление алгоритма управления для систем с косвенным управлением включает три этапа: оценку параметров объекта, оценку состояния параметров регулятора; корректировку регулятора в случае необходимости. В системах с прямым управлением модель объекта изначально учитывает причинно-следственные связи между состоянием объекта управления и параметрами регулятора, что позволяет исключить из алгоритма управления этап оценки состояния параметров регулятора. Основное различие систем с позиций самонастройки состоит в том, что в системах с пассивной адаптацией могут применяться дополнительные сигналы для компенсации появляющихся возмущений. В системах с активной адаптацией они отсутствуют. В результате этого система управления должна быть способной скорректировать режим функционирования в случае появления возмущений. С позиций самонастройки допустается комбинирование этих двух типов.

Одним из распространенных типов производственной деятельности в реальном секторе экономической системы является серийный выпуск продукции. В современных условиях серийное производство наиболее часто является многоассортиментным, то есть хозяйствующий субъект имеет возможность формировать текущий набор выпускаемой продукции из заранее сформированной им номенклатуры. Объемы производства определяются внешней средой хозяйствующего субъекта, а скорость удовлетворения потребностей внешней среды тесно взаимосвязана с эффективностью управления производственной системой. Таким образом, экономическая эффективность управления производственной системой является залогом устойчивого положения хозяйствующего субъекта путем обеспечения перехода с этапа жизненного цикла «зрелость» на новый этап «рост». Данная трансформация нуждается в постоянном проведении хозяйствующим субъектом комплекса мероприятий по гармонизации его взаимодействия с внешней средой. Эти мероприятия прежде всего касаются реализации продукции, за счет которой хозяйствующий субъект получает денежные ресурсы. Исходя из этого, эффективность управления производственной системой для хозяйствующего субъекта определяется, с одной стороны, свойствами продукции и, с другой, – вопросами формирования и эксплуатации производственной мощности. Свойства продукции зависят от изучения спроса во внешней среде, который определяет ее инновационный облик; применяемых для ее изготовления материалов и качества осуществления процессов основной деятельности, результатом которых она является. Вопросы формирования производственной мощности для хозяйствующего субъекта определяют потребительскую ценность производимой продукции и сроки реализации каждого конкретного запроса клиента на продукцию хозяйствующего субъекта. Минимизация сроков выполнения заказов ускоряет оборачиваемость средств и увеличивает приток доходов, что позволяет улучшить качество управления производственной системой. Однако простое наращивание производственной мощности в рыночной модели экономической системы не является решением задачи минимизации сроков выполнения заказов клиентов из-за динамичности внешней среды хозяйствующего субъекта приводящим к неоднородности спроса во времени. При этом следует учитывать, что существуют отклонения реальной производственной мощности от номинальной величины из-за остановки отдельных элементов на ремонт и их выбытия вследствие износа. Следует также принимать во внимание дополнительное увеличение расходов

хозяйствующего субъекта при росте производственной мощности вследствие роста налогового бремени. Значимость формирования методологии управления производственной системой хозяйствующего субъекта дополняется тем фактом, что в некоторых случаях ее элементы могут быть использованы в рамках единичного и массового типов производства.

Исходя из вышесказанной стратегической задачи управления производственной системой хозяйствующих субъектов, проведем их классификацию как объекта адаптивного управления. Общая задача обеспечения постоянства бифазового состояния «зрелость – рост» в жизненном цикле элемента экономической системы решается путем максимизации экономического эффекта в его деятельности. В качестве измерителя экономического эффекта может выступать выручка от реализации продукции за вычетом расходов по поддержанию заданного уровня производственной мощности. Вопросы формирования портфеля заказов решаются любым хозяйствующим субъектом самостоятельно. При этом в многоассортиментном производстве ценность имеет не только консолидированная информация о результатах деятельности за заданный период, но и ретроспективное отслеживание ее по отдельным сегментам. Соответственно в процессе деятельности структура системы управления производственной системой может подвергаться трансформации в результате генерируемых ей же решений. Данный факт подтверждает, что производственная система хозяйствующего субъекта по своим свойствам может фигурировать в качестве объекта адаптивного управления. При этом управление ей может потребовать не только параметрической, но и структурной настройки. Это требует относить производственную систему хозяйствующего субъекта в условиях серийного производства к самоорганизующимся системам, что приводит к необходимости разработки механизмов самодиагностики и формулированию четких представлений о направлениях изменения структуры производственной системы.

Большое число влияющих на поведение производственной системы внешних и внутренних факторов с заранее непредсказуемым поведением и взаимным влиянием не позволяют выделить поисковый сигнал. Таким образом, адаптивная система управления производственной системой, являясь беспойсковой, должна решать вопрос о состоянии параметров регулятора и выбора их подгруппы для корректировки состояния в каждой конкретной ситуации.

Сложность процессов, формирующих деятельность производственной системы, существенная вариативность их прикладной реализации и значительные трудности, присутствующие в целостной формализации динамического поведения производственной системы, требуют строить ее общую модель по модульному принципу, что облегчает работу с моделью в условиях самоорганизации производственной системы. Данное свойство требует отнести адаптивную систему управления производственной системой к системам с настраиваемой моделью. При этом трудности, которые могут возникнуть при определении влияния конкретных факторов на экономический эффект производственной системы, требуют отнести ее к системам с непрямым управлением.

Рассматривая возможные способы самонастройки производственной системы хозяйствующего субъекта, следует отметить, что как беспойсковая система она может не содержать факторов, по которым допускается применять сигналы компенсирующего характера для появляющихся возмущений. Однако зависимость принимаемого решения для производственной системы от конкретного стечения обстоятельств и накопление информации для осуществления мероприятий по его адаптации не исключают данную возможность полностью. Примером могут служить логистические модели управления материальными потоками, допускающие в случае максимальной загруженности производственной мощности создание запасов потребляемых производственной системой материальных ресурсов. Они позволяют оперативно компенсировать проявление таких негативных явле-

ний, как выпуск дефектных изделий и выход из строя элементов производственной мощности. Соответственно производственную систему хозяйствующего субъекта целесообразнее отнести к системам с комбинированной адаптацией.

Рассмотрение особенностей функционирования производственной системы субъекта экономической системы в условиях многоассортиментного серийного производства и классификация ее с точки зрения применения адаптивного управления являются фактором, способствующим построению методологии адаптивных систем управления реальными объектами, основная деятельность которых соответствует указанному типу.

#### *Список литературы*

1. Грибов, В. Д. Экономика предприятия / В. Д. Грибов, В. П. Грузинов. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2013. – 448 с.
2. Построение системы показателей для оценки эффективности наукоемкой производственной системы / В. Г. Матвейкин [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 15, № 2. – С. 278 – 284.
3. Вумек, Дж. П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании : пер. с англ. / Дж. П. Вумек, Д. Т. Джонс. – М. : Альпина Паблишер, 2013. – 472 с.
4. Карпов, Л. Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов / Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин // Тр. института систем. программирования РАН. – 2007. – Т. 13, № 2. – С. 37 – 57.
5. Александров, А. Г. Оптимальные и адаптивные системы / А. Г. Александров. – М. : Высшая школа, 1989. – 263 с.

---

## **Basics of Adaptive Management of Production System of a Business Entity**

**A. V. Romanenko<sup>1</sup>, Yu. V. Litovka<sup>2</sup>, V. F. Kalinin<sup>3</sup>**

*Department of Management (1),  
Department of Automated Systems for Decision-Making Support (2),  
Department of Electric Power Engineering (3), TSTU;  
polychem@list.ru*

**Keywords:** adaptive management methodology; adaptive management object; business entity; classification features; production system.

**Abstract:** The article analyses the essence of business entity management. For sustainable development of a business entity the principles of adaptive management can be applied to its production system on the basis of the findings about the importance of bi-phase state “growth” – “maturity” in its life cycle. We described the features of the production system of a business entity as management object. We developed the main classification criteria of management objects in the context of adaptive management and the characteristics of their projection onto business entities. On the basis of interconnection between adaptive management and the efficiency of the production system we determined the main properties of the production system of business entities and the requirements for building adaptive management systems.

#### *References*

1. Gribov V.D., Grusinov V.P. *Ekonomika predpriyatija* (Enterprise economy), Moscow: KURS, INFRA-M, 2013, 448 p.

2. Matveikin, V.G., Tatarenko S.I., Dmitrievskii B.S., Panchenko I.S. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2009, vol. 15, no. 2. pp. 278-284.

3. Womack J.P., Jones D.T. *Lean thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, Inc, 1996.

4. Karpov L.E., Yudin V.N. *Trudy instituta systemnogo programmirovaniya RAN*, 2007, vol. 13, no. 2, pp. 37-57.

5. Aleksandrov A.G. *Optimalnie i adaptivnie sistemi* (Optimal and adaptive systems), Moscow: Vysshaya shkola, 1989, 263 p.

---

## **Über die Grundlagen der adaptiven Steuerung von dem Produktionssystem des wirtschaftenden Subjektes**

**Zusammenfassung:** Es ist die Analyse des Wesens der Steuerung von dem Subjekt des Wirtschaftssystems durchgeführt. Aufgrund des Schlusses über die Bedeutung für die standfeste Lage des wirtschaftenden Subjektes des Biphazenzustandes "die Größe" – "die Reife" in seinem Lebenszyklus wurden die Schlussfolgerungen über die Anwendbarkeit der Prinzipien der adaptiven Steuerung zum Produktionssystem des wirtschaftenden Subjektes gezogen. Es sind die Besonderheiten des Produktionssystems des Subjektes des Wirtschaftssystems wie des Objektes der Steuerung betrachtet. Es sind die Hauptklassifikationsmerkmale der Objekte der Steuerung in der Konzeption der adaptiven Steuerung und die Besonderheiten ihres Projizieren auf die Subjekte des Wirtschaftssystems angeführt. Aufgrund der Betrachtung der Wechselbeziehung der adaptiven Steuerung mit der Effektivität des Produktionssystems sind die Haupteigenschaften des Produktionssystems der Subjekte des Wirtschaftssystems bestimmt und es sind die Forderungen für die Konstruktion der adaptiven Steuersysteme von dem Produktionssystem formuliert.

---

## **Sur les principes de la gestion adaptative du système de la production du sujet économique**

**Résumé:** Est effectuée une analyse de l'essence de la gestion par un sujet du système économique. A la base des conclusions sur l'importance pour le développement durable de la position du sujet économique bi-phase de l'état «croissance» – «maturité» dans son cycle de vie sont faites des conclusions sur l'applicabilité des principes de la gestion adaptative du système de la production du sujet économique. Sont examinées les particularités du système de la production. Sont citées les indices principales des objets de la gestion ainsi que les particularités de leur projection sur les sujets du système économique. A la base de l'examen de la relation de la gestion adaptative avec l'efficacité d'un système de la production sont définies les propriétés de base d'un système de la production des sujets du système économique et sont formulées des exigences pour la construction des systèmes adaptatifs de la gestion du système de la production.

---

**Авторы:** *Романенко Александр Васильевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Менеджмент»; *Литовка Юрий Владимирович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений»; *Калинин Вячеслав Федорович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетика», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Егоров Сергей Яковлевич* – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».