

УДК 330.837 : 330.101.5

DOI 10.22213/2410-9304-2018-4-82-89

О РАЗРАБОТКЕ ОБОБЩЕННОГО СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

А. А. Данилова, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

А. Н. Домбрачев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Современная экономическая ситуация, сложившаяся в России, предполагает поиск дополнительных резервов, обеспечивающих отечественным предприятиям повышение их конкурентоспособности на мировом рынке, что невозможно без повышения эффективности их деятельности. Вместе с тем эффективность, являясь, по сути, качественной характеристикой деятельности любой производственной системы, требует разработки обобщенного показателя, позволяющего дать ей количественную оценку. В качестве такого критерия может служить синергетический показатель системы качества, основанный на некоторой аддитивной или мультипликативной функции от множества параметров, характеризующих хозяйственную деятельность предприятия, таких как организационно-технический уровень производственной системы, трудоемкость изготовления продукции, ее металлоемкость, себестоимость и ряда других. Такой показатель позволит оценить качество деятельности предприятия в целом, а разработка математического, информационного, лингвистического и методического обеспечения системы поддержки принятия решений, реализующей автоматизированный расчет упомянутого синергетического показателя, позволит объективно и достоверно проводить оценку (аудит) эффективности функционирования его структурных подразделений, например механообрабатывающих цехов машиностроительных предприятий. Решение задачи разработки синергетического показателя системы качества и системы поддержки принятия решений на его основе требует широкого применения методов математического моделирования, теории множеств, методов статистического и интеллектуального анализа данных, методов нечеткой логики и нечеткого логического вывода, технологий гибридных экспертных систем. В качестве основы алгоритмического обеспечения и лингвистического такой системы предлагается использовать экспертную систему общего назначения на основе производственных правил, разработанную в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

Ключевые слова: синергетическая эффективность, производство, трудоемкость, машиностроение, инженерия знаний.

Введение

Как известно, под синергией понимают эффект усиления совместного воздействия на продукт, технический объект или социально-экономическую систему двух или более факторов, при этом совместное действие упомянутых факторов существенно превосходит простую сумму действий каждого из них.

Современная экономическая ситуация, сложившаяся в России, предполагает поиск дополнительных резервов, обеспечивающих отечественным предприятиям повышение их конкурентоспособности на мировом рынке, что невозможно без повышения эффективности их деятельности. Вместе с тем эффективность, являясь, по сути, качественной характеристикой деятельности любой производственной системы, требует разработки обобщенного критерия, позволяющего дать ей количественную оценку. В качестве такого критерия может служить синергетический показатель системы качества, основанный на некоторой аддитивной или мультипликативной функции от множества параметров, характеризующих хозяйственную деятельность предприятия, таких как трудоемкость изготовления продукции, ее металлоемкости, себестоимости и ряда других.

Вопросы эффективности самоорганизующихся систем в природе, технике, обществе и экономике отражены в работах отечественных ученых А. А. Андропова, В. И. Вернадского, А. М. Ляпунова, Н. Н. Боголюбова, А. Н. Тихонова, А. Н. Колмогорова, А. И. Пригожина, А. А. Богданова, В. П. Милованова [1–4].

Наиболее системно вопрос качества развития сложных систем, заключающийся в эффекте синергии, впервые был рассмотрен профессором Штутгартского университета Германом Хакеном. Именно он ввел в 1969 году термин «синергетика», что послужило возникновению в дальнейшем научного направления синергизма в различных отраслях науки, техники, экономики, социологии и других [5].

Проблемы планирования и управления производственной деятельностью рассматривались в научных исследованиях ряда зарубежных ученых: И. Ансоффа, Х. Друкера, Ф. Котлера, Дж. Стивенсона и других, а также отечественных исследователей М. М. Алексеевой, О. С. Виханского, В. С. Михалевича, Ю. С. Шарина, Б. А. Якимовича, С. П. Митрофанова, А. Д. Гальцова, Б. М. Генкина, В. В. Адамчука и других [6–18].

В частности, в работах [19–21] предложен показатель конструктивно-технологический слож-

ности машиностроительной детали, позволяющей решать ряд практических задач, связанных с прогнозированием трудоемкости изготовления изделий, оценкой эффективности использования металлорежущих станков с числовым программным управлением, аудитом производственных систем.

В работе [22] рассмотрены проблемы, связанные с быстрой переналадкой гибких производственных систем, предложены математические модели, позволяющие оценить время переналадки, в зависимости от величины конструктивно-технологической сложности обрабатываемых деталей и типа применяемого оборудования.

Метод групповой организации производства, известный в настоящее время под термином «бережливое производство», обеспечивающий максимальную эффективность и самосовершенствование производственной системы, предложен в работах профессора С. П. Митрофанова и развит его многочисленными учениками. В рамках настоящего метода рассматриваются такие вопросы, как классификация и кодирование деталей, сущность и основные направления унификации технологических процессов, принципы конструирования групповой оснастки, механизация и автоматизация в условиях группового производства, групповой метод, как основа поточного производства, а также техническое нормирование, организация и планирование группового производства [23].

Вопросы научной организации труда подробно рассмотрены в работах А. Д. Гальцова, Б. М. Генкина, В. В. Адамчука и многих других отечественных и зарубежных ученых. При этом определение сущности этого термина было дано Всесоюзным совещанием по организации труда в промышленности и строительстве в 1967 году. Под научной принято понимать такую организацию труда, которая основывается на достижениях науки и передовом опыте, систематически внедряемых в производство, позволяющих наилучшим образом соединить технику и людей в едином производственном процессе.

Так, например, в работах А. Д. Гальцова основное внимание уделено вопросам научной организации и нормированию труда с учетом специфики различных производственных процессов, масштабов и типов производства. Рассмотрены вопросы изучения и рационального использования рабочего времени, приведены методические основы нормирования основных и вспомогательных трудовых процессов [24].

В работах профессора Б. М. Генкина даны основные понятия теории трудовых процессов,

методы их анализа и оптимизации, методики расчета норм труда в различных производствах, системы заработной платы, принципы управления трудовыми процессами и отношениями на предприятиях [25].

В работах профессора В. В. Адамчука и его коллег рассмотрен ряд вопросов, охватывающих исследовательскую, аналитическую, расчетную, внедренческую, контрольно-учетную и организационную работу.

К упомянутым вопросам, раскрытым в работе [26], отнесены следующие:

- определение сущности и особенностей каждого этапа возникновения и развития теории нормирования труда в современном обществе;
- систематический и всесторонний анализ рабочего времени с целью улучшения его использования по объему затрат;
- организация и методы работы по совершенствованию нормативного хозяйства, повышение обоснованности и разработка новых нормативов времени на осуществление различных технологических процессов;
- анализ эффективности действующих и разрабатываемых технологических процессов.

Основная часть

Кроме анализа научно-технической литературы в отношении подходов, методов и методик анализа эффективности производственных систем, был проведен предметный патентно-информационный поиск в отношении известных технических решений, а именно способов и устройств, обеспечивающих автоматизацию расчета показателей деятельности организационных систем, позволяющих оценить качество управления ими.

В качестве основы для проведения поиска использовались подгруппы подкласса G05B международного патентного классификатора, к которым отнесены следующие:

- G05B 15/00 – системы управления, управляемые вычислительными устройствами;
- G05B 17/00 – системы управления, реализованные с использованием моделей или моделирующих устройств;
- G05B 19/00 – системы управления с программным управлением;
- G05B 21/00 – системы управления с выбором дискретных значений управляемой величины;
- G05B 24/00 – разомкнутые системы управления, не отнесенные к другим группам.

Глубина ретроспективы поиска была определена следующим образом. Как правило, поиск аналогов технических решений, то есть опреде-

ление уровня техники в отношении объектов исследования, проводится на глубину до 1920 г. При этом комплексная автоматизация вычислительных показателей деятельности организационных систем стала возможной после появления микропроцессорных систем, построенных на основе высокопроизводительных однокристальных микропроцессоров. В связи с этим следует учесть, что первым коммерчески доступным однокристальным микропроцессором, который мог использоваться для построения микропроцессорной системы, была микросхема i4004, выпущенная компанией Intel в 1971 г. [27]

Упомянутый микропроцессор и набор специализированных микросхем для него составляли семейство MCS-4 (Micro Computer Set 4-bit) и широко использовались для построения на их основе вычислительных блоков управления различными техническими устройствами. Известна также система разработки и тестирования программ для микропроцессора i4004, названная Intellec-4, имевшая все элементы, характерные для современного персонального компьютера. Исходя из приведенных доводов, глубина ретроспективы поиска составила 45 лет.

Минимум анализируемой документации определялся на основе правила 34 инструкции к Договору о патентной кооперации (РСТ). Упомянутая документация состоит из национальных патентных документов и опубликованных международных (РСТ) заявок, опубликованных национальных и региональных заявок на патенты и авторские свидетельства и опубликованных национальных и региональных патентов и авторских свидетельств [28, 29].

Ниже приведены характеристики ряда известных из уровня техники технических решений в области автоматизации расчета показателей деятельности организационных систем, являющихся, по мнению авторов, наиболее близкими аналогами объекта исследования.

Из уровня техники известна система управления деятельностью организационных систем (RU2595335C1, МПК G05B 19/00, 27.08.2016), способ поддержки деятельности организационной системы (RU2532723C2, МПК G05B 19/00, G06Q 10/00, опубл. 10.11.2014) и способ поддержки деятельности организационной системы (RU2532723C2, МПК G05B 19/00, G06Q 10/00, опубл. 10.11.2014). Технической задачей первого из упомянутых изобретений является возможность автоматической проверки актуальности данных о выбранном для исполнения сценарии управления организацией, а второго и третьего способов – обеспечение автоматиче-

ского выполнения оценки показателей эффективности деятельности организационной системы и автоматического управления объектами ее поддержки. Общий же технический результат изобретений заключается в повышении эффективности управления информационной поддержкой деятельности предприятия. Реализация упомянутых изобретений подразумевает использование системы управления, состоящей из аналитического центра, центра объективного контроля, преобразователя данных, информационной сети, средств связи и средств контроля объектов наблюдения, средств связи и средств кодирования робототехнических объектов. Аналитический центр представляет собой вычислительный комплекс, систему хранения данных аудита деятельности организационных систем, комплекс средств аудита и комплекс средств численного моделирования. Способы управления, рассмотренные выше, осуществляют с помощью системы управления, включая последовательное выполнение этапов первичного сбора данных, с формированием блоков нормированных данных о состоянии объектов поддержки и деятельности организационной системы, о критических и допустимых показателях эффективности деятельности организационной системы, о командах управления установлением объектов поддержки в нормированные или допустимые состояния в зависимости от фактической ситуации. После выполнения сбора данных устанавливают объекты поддержки в нормированные состояния, определяют фактические состояния объектов поддержки и производят оценку фактической эффективности деятельности организационной системы.

Известны также системы и способы для автоматизации администрирования, а также предназначенные для особых разделов бизнеса. Например, известна система ситуационно-аналитических центров организационной системы (RU2533090C2, МПК G05B 19/00, G06T 1/00, G06F 17/00, G06Q 10/00, опубл. 20.11.2014), которая представляет собой распределенную вычислительную систему, позволяющую повысить эффективность процесса принятия решений за счет автоматизированной выработки сценариев решения проблемных ситуаций.

Существуют также запатентованные технические решения в области планирования, управления и контроля деятельности производственных систем. К таким решениям относится, например, специализированное устройство для управления производственной системой (RU153307U1, МПК G05B 13/00, G06Q 50/04,

опубл. 10.07.2015). Устройство содержит последовательно связанные своими входами и выходами блок ввода данных о состоянии производственной системы, блок группирования данных о состоянии производственной системы, блок анализа данных, блок формирования управляющих воздействий с учетом критериев достижения цели, блок реализации управляющих воздействий и элементов, обеспечивающих взаимодействие технологических и интеллектуальных процессов в ходе работы производственной системы. Из уровня техники известна также система осуществления планирования и контроля за деятельностью предприятия (RU18782U1, МПК G06F 17/60, опубл. 10.07.2001), содержащая автоматизированные рабочие места, связанные по шинам данных и управления с процессором, предназначенным для обработки информации и управления системой.

Наиболее близкими к объекту исследования признаны технические решения, позволяющие выполнять моделирование производственных процессов, реализуемых на предприятии, и производить количественную оценку эффективности его деятельности. Известна, например, информационно-аналитическая система для моделирования и оценки деятельности предприятия (RU37244U1, МПК G06F 17/00, G06F 17/60, опубл. 10.04.2004), характеризующаяся наличием технических и программных средств, объединенных в локальную вычислительную сеть с количеством автоматизированных рабочих мест не менее двух. При этом система включает в себя блок экспертных данных по каждому из участков производственной системы масштаба цеха, блок памяти в виде базы данных, модуль обработки и анализа административных данных в составе блока по учету кадров и их аттестации. Кроме того, система содержит блоки охраны труда, экономики, планирования и аудита производственной системы. Для прогнозирования развития высокотехнологичного предприятия может применяться также известное моделирующее устройство (RU160867U1, МПК G06F 17/00, G06N 5/00, опубл. 10.04.2016). Устройство относится к компьютерным системам, использующим модели, основанные на знаниях, и может применяться при моделировании развития высокотехнологичных предприятий машиностроения. Прибор содержит модуль экспертного оценивания, обеспечивающий оценку параметров функций принадлежности лингвистических переменных. При этом выход модуля экспертного оценивания является входом моду-

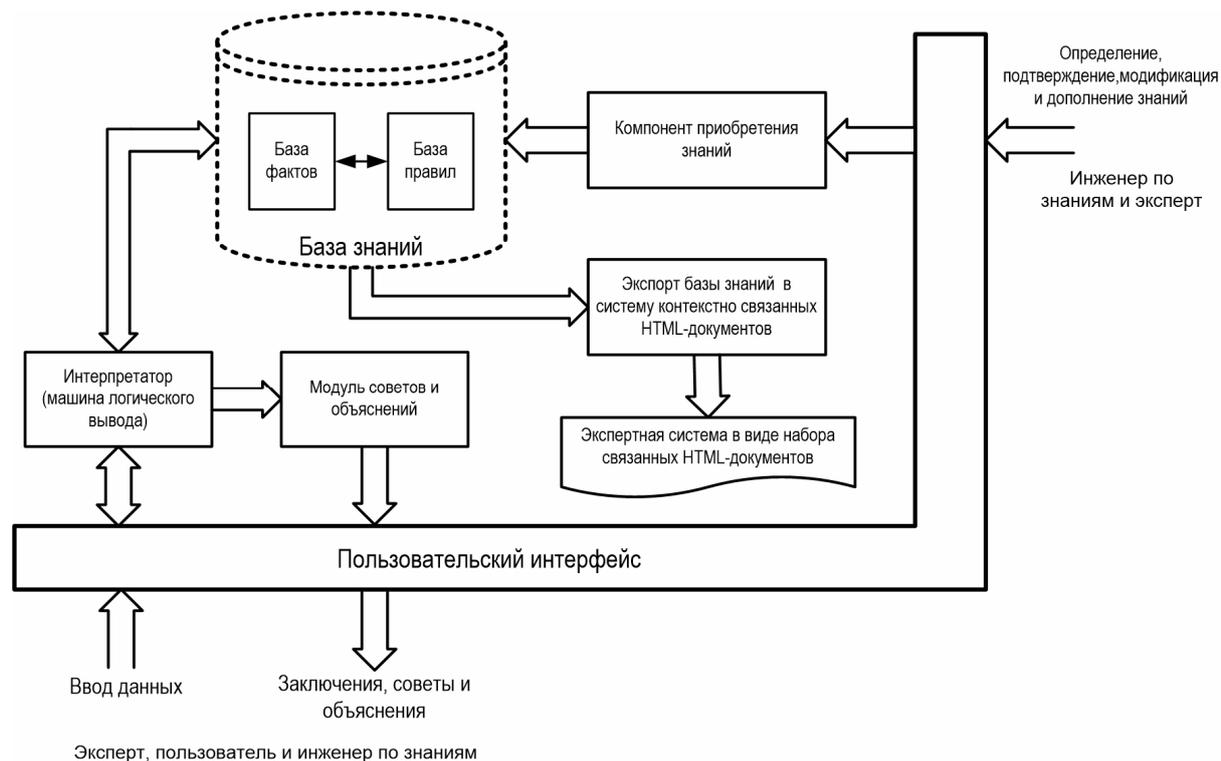
ля приобретения знаний, первый и второй выходы которого являются входами устройства, хранящего базу данных и устройства, хранящего базу нечетких правил, а выходы упомянутых устройств подключены, соответственно, к фаззификатору и машине нечеткого логического вывода; выход фаззификатора также подключен к входу машины логического вывода, выход которой является входом дефаззификатора, а его выход подключен к входу модуля советов и объяснений, обеспечивающего вывод в вербальной форме пояснений, необходимых для понимания пользователем того, как устройство выполнило тот или иной логический вывод.

После проведенного детального анализа рассмотренных выше методов, методик, а также способов и устройств было признано, что общим недостатком является ограниченная возможность их применения для количественной оценки суммарного влияния нескольких параметров на эффективность деятельности компактной производственной системы, в частности, участка или цеха машиностроительного предприятия, то есть синергизма факторов, значимо влияющих на качество деятельности организационно-технической системы.

В связи с этим возникает необходимость разработки обобщенного синергетического показателя системы качества организационно-технической системы и исследование величины корреляционной связи между упомянутым показателем и эффективностью деятельности производственной системы. Для выполнения расчетов и проведения исследований необходима также реализация автоматизированной системы поддержки принятия решений на основе упомянутого синергетического показателя.

Создание автоматизированной системы, согласно с общим системным подходом к разработке САПР, подразумевает разработку ее математического, информационного, алгоритмического, лингвистического и методического обеспечения.

В качестве основы алгоритмического и лингвистического обеспечения автоматизированной системы поддержки принятия решений предлагается использовать экспертную систему общего назначения на основе продукционных правил «ES2», разработанную авторами и реализованную в виде консольного win32-приложения, работающего под управлением операционной системы MS Windows. Обобщенная структурная схема экспертной системы представлена на рисунке.



Структурная схема экспертной системы «ES2»

Основой экспертной системы является интерпретатор правил, представляющий собой программную машину логического вывода, реализующую прямую и обратную цепь логических рассуждений. В качестве языка представления знаний используется формальный язык, максимально приближенный по структуре к естественному. База знаний и фактов экспертной системы хранится на диске в виде структурированного текстового файла и может быть отредактирована с помощью любого текстового редактора. Экспертная система включает в себя также компонент приобретения знаний, использующийся для определения, модификации и дополнения знаний, а также модуль советов и объяснений, применяемый для пояснения логических выводов, выполненных интерпретатором. Система снабжена также интерфейсом пользователя, реализованным в виде диалогового компонента. Особенностью экспертной системы является наличие дополнительного компонента экспорта, позволяющего транслировать базу знаний в контекстно-связанный набор HTML-документов, что позволяет автоматизировать процесс создания интеллектуальных веб-приложений на ее основе.

Выводы

Таким образом, экспертная система «ES2» является ядром разрабатываемой автоматизированной системы поддержки принятия решений, реализуя ее алгоритмическое и лингвистическое

обеспечение, а разрабатываемое в настоящее время ее математическое, информационное и методическое обеспечение будет использовано при формировании базы знаний экспертной системы.

Разработка синергетического показателя, а также упомянутых видов обеспечения САПР и реализация автоматизированной системы поддержки принятия решений требует решения ряда фундаментальных и прикладных задач, к которым в первую очередь относятся следующие:

- проверка гипотезы о возможности разработки обобщенного синергетического показателя системы качества организационно-технической системы на основе конечного множества технико-экономических показателей эффективности ее деятельности;
- проверка гипотезы о возможности использования обобщенного синергетического показателя для оценки качества деятельности организационно-технической системы масштаба цеха машиностроительного предприятия;
- формирование множества технико-экономических показателей, характеризующих эффективность деятельности организационно-технической системы, преимущественно механообработывающего цеха машиностроительного предприятия;
- разработка структуры обобщенного синергетического показателя системы качества организационно-технической системы как статисти-

чески определяемой функции на множестве технико-экономических показателей, значимо влияющих на эффективность деятельности организационно-технической системы;

- разработка математического, информационного и методического обеспечения автоматизированной системы поддержки принятия решений и аудита механообрабатывающих цехов машиностроительных предприятий;

- разработка системы нечетких правил базы знаний автоматизированной системы аудита механообрабатывающих цехов машиностроительных предприятий для определения качества деятельности организационно-технической системы масштаба цеха машиностроительного предприятия на основе разработанного синергетического показателя;

- разработка автоматизированной системы аудита механообрабатывающих цехов машиностроительных предприятий;

- разработка инженерной методики применения разработанной автоматизированной системы для проведения комплексного аудита деятельности машиностроительных предприятий Удмуртской Республики.

Для решения указанных задач будут использованы методы математического моделирования, аппарат теории множеств, методы статистического и интеллектуального анализа данных, методы гибридных экспертных систем, методы нечеткой логики и другие известные методы системного анализа.

Библиографические ссылки

1. Милованов В. П. Синергетика и самоорганизация. Биофизическая теория возникновения и эволюции жизни и цивилизации на Земле. URSS. 2010. 160 с.
2. Ляпунов А. А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. М. : Наука, 1980. 336 с.
3. Богданов А. А. Тектология: всеобщая организационная наука. В 2 кн. М. : Экономика, 1989. С. 304–351.
4. Колмогоров А. Н. Кибернетика // БСЭ. 2-е изд. М., 1958. Т. 51. С. 149–151.
5. Хакен Г. Синергетика. М. : Мир, 1980. 405 с.
6. Хохлова Е. Б. Управление организацией на основе построения системы менеджмента качества: на примере полиграфической деятельности : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Хохлова Елена Борисовна; [Место защиты: Моск. гос. ун-т печати им. Ивана Федорова]. – М., 2011. – 188 с. : ил.
7. Друкер Питер Ф. Энциклопедия менеджмента / пер. с англ. М. : Вильямс, 2004. 432 с. : ил. Парал. тит. англ.
8. Виханский О. С., Наумов А. И. Менеджмент: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Экономика, 2006. 670 с. : ил.

9. Михалевич В. С., Трубин В. А., Шор Н. З. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования: Модели, методы, алгоритмы. М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 264 с.

10. Теория сложности / Ю. С. Шарин, Б. А. Якимович, В. Г. Толмачев, А. И. Коршунов. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1999. 132 с.

11. Шарин Ю. С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. М. : Машиностроение, 1986. 176 с.

12. Там же.

13. Якимович Б. А. Анализ эффективности и совершенствование переналаживаемых производственных систем машиностроения : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.08 / Борис Анатольевич Якимович ; Ижев. гос. техн. ун-т, Урал. гос. техн. ун-т. – Ижевск, 1994. 333 с.

14. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2 т. Л. : Машиностроение, 1983.

15. Генкин Б. М. Организация, нормирование и оплата труда на промышленных предприятиях : учебник для вузов. М. : Норма, 2003. 400 с.

16. Укрупненное нормирование / под ред. А. Д. Гальцова. М. : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. 246 с.

17. Организация и нормирование труда : учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Адамчука ; ВЗФЭИ. М. : Финстатинформ, 2000. 301 с.

18. Клековкин В. С., Данилова А. А. Исследование модели расчета синергии // Интеллектуальные системы в производстве. 2016. № 1. С. 7–11.

19. Теория сложности / Ю. С. Шарин, Б. А. Якимович, В. Г. Толмачев, А. И. Коршунов. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 1999. 132 с.

20. Шарин Ю. С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. М. : Машиностроение, 1986. 176 с.

21. Там же.

22. Якимович Б. А. Анализ эффективности и совершенствование переналаживаемых производственных систем машиностроения : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.08 / Борис Анатольевич Якимович ; Ижев. гос. техн. ун-т, Урал. гос. техн. ун-т. – Ижевск, 1994. 333 с.

23. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2 т. Л. : Машиностроение, 1983.

24. Генкин Б. М. Организация, нормирование и оплата труда на промышленных предприятиях : учебник для вузов. М. : Норма, 2003. 400 с.

25. Укрупненное нормирование / под ред. А. Д. Гальцова. М. : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. 246 с.

26. Организация и нормирование труда : учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Адамчука ; ВЗФЭИ. М. : Финстатинформ, 2000. 301 с.

27. 4004. История // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/4004> (дата обращения: 21.12.2015).

28. Dombrachev A.N., Yakimovich B.A., Korshunov A.I. and Solomennikova S.I. Patent Activity of High-

Tech Enterprises in the Republic of Udmurtia // Russian Engineering Research, 2016, vol. 36, no. 7, pp. 573–576. Allerton Press, Inc., 2016. DOI: 10.3103/S1068798X16070066.

29. Инструкция к Договору о патентной кооперации (ПСТ) [Электрон. текст]. URL: http://www.wipo.int/export/sites/www/pct/ru/texts/pdf/pct_regs.pdf.

References

1. Milovanov V.P. *Sinergetika i samoorganizatsiya. Biofizicheskaya teoriya vznikeniya i evolyutsii zhizni i tsivilizatsii na Zemle* [Synergetic and self-organization. Biophysical theory of origin and evolution of life and civilization on Earth]. URSS. 2010, 160 p. (in Russ.).

2. Lyapunov A.A. *Problemy teoreticheskoi i prikladnoi kibernetiki* [Problems of theoretical and applied Cybernetics]. Moscow, Nauka Publ., 1980 (in Russ.).

3. Bogdanov A.A. *Tektologiya: vseobshchaya organizatsionnaya nauka* [Tectology : General organizational science]. Moscow, Ekonomika Publ., 1989, pp. 304-351 (in Russ.).

4. Kolmogorov A.N. *Kibernetika* [Cybernetics]. BSE, 1958, 2nd edition, vol. 51, pp. 149-151, Moscow (in Russ.).

5. Haken G. (1980) *Sinergetika* [Synergetic]. Moscow, World (in Russ.).

6. Hohlova E.B. *Upravlenie organizatsiei na osnove postroeniya sistemy menedzhmenta kachestva: na primere poligraficheskoi deyatel'nosti* [Management of the organization on the basis of construction of quality management system: on the example of printing activity: dissertation]. PhD thesis in economics. Moscow, state university of printing arts name Ivana Fedorova, 2011, 188 p. (in Russ.).

7. Druker Piter F. *Entsiklopediya menedzhmenta* [Encyclopedia of management], translation from English, Moscow, Williams, 2004 (in Russ.).

8. Vihanskiy O.S., Naumov A.I. *Menedzhment* [Management] : textbook, Moscow, Ekonomist" Publ., 2006 (in Russ.).

9. Mihalevich V.S., Trubin V.A., Shor N.Z. *Optimizatsionnye zadachi proizvodstvenno-transportnogo planirovaniya: Modeli, metody, algoritmy* [Optimization problems of production and transport planning: Models, methods, algorithms]. Moscow, Nauka Publ., 1986, 264 p. (in Russ.).

10. Sharin U.S., Yakimovich B.A., Tolmachev V.G., Korshunov A.I. *Teoriya slozhnosti* [Complexity theory] Izhevsk: IzhGTU Publ., 1999, 132 p. (in Russ.).

11. Sharin U.S. *Tekhnologicheskoe obespechenie stankov s ChPU* [Technological support of CNC machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986 (in Russ.).

12. Ibid.

13. Yakimovich B.A. *Analiz effektivnosti i sovershenstvovanie perenalazhivaemykh proizvodstvennykh sistem mashinostroeniya* [Analysis of efficiency and improvement of reconfigurable production systems of

mechanical engineering]. PhD thesis Dr. Techn. Sciences, Izhevsk, IzhGTU, 1994 (in Russ.).

14. Mitrofanov S.P. *Gruppovaya tekhnologiya mashinostroitel'nogo proizvodstva* [Group technology of machine-building production], Leningrad: Mashinostroenie Publ., 1983 (in Russ.).

15. Genkin B.M. *Organizatsiya, normirovanie i oplata truda na promyshlennykh predpriyatiyakh* [Organization, regulation and remuneration of labour at industrial enterprises]: Textbook for high schools, Moscow, Norma Publ., 2003 (in Russ.).

16. *Ukrupnennoe normirovanie* [Integrated regulation]. (eds. Goltsov A.D.), Moscow, Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatel'stvo mashinostroitel'noi literatury, 1961, 246 p. (in Russ.).

17. *Organizatsiya i normirovanie truda* [Organization and regulation of labor]. Textbook for high schools (eds. Adamchuka V.V.) VZFEI. Moscow, Finstatinform Publ., 2000, 301 p. (in Russ.).

18. Klekovkin V.S., Danilova A.A. *Issledovanie modeli rascheta sinergii* [Investigation of the synergy calculation model]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2016, no. 1, pp. 7-11 (in Russ.).

19. Sharin U.S., Yakimovich B.A., Tolmachev V.G., Korshunov A.I. *Teoriya slozhnosti* [Complexity theory] Izhevsk: IzhGTU Publ., 1999, 132 p. (in Russ.).

20. Sharin U.S. *Tekhnologicheskoe obespechenie stankov s ChPU* [Technological support of CNC machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986 (in Russ.).

21. Ibid.

22. Yakimovich B.A. *Analiz effektivnosti i sovershenstvovanie perenalazhivaemykh proizvodstvennykh sistem mashinostroeniya* [Analysis of efficiency and improvement of reconfigurable production systems of mechanical engineering]. PhD thesis Dr. Techn. Sciences, Izhevsk, IzhGTU, 1994 (in Russ.).

23. Mitrofanov S.P. *Gruppovaya tekhnologiya mashinostroitel'nogo proizvodstva* [Group technology of machine-building production], Leningrad: Mashinostroenie Publ., 1983 (in Russ.).

24. Genkin B.M. *Organizatsiya, normirovanie i oplata truda na promyshlennykh predpriyatiyakh* [Organization, regulation and remuneration of labour at industrial enterprises]: Textbook for high schools, Moscow, Norma Publ., 2003 (in Russ.).

25. *Ukrupnennoe normirovanie* [Integrated regulation]. (eds. Goltsov A.D.), Moscow, Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatel'stvo mashinostroitel'noi literatury, 1961, 246 p. (in Russ.).

26. *Organizatsiya i normirovanie truda* [Organization and regulation of labor]. Textbook for high schools (eds. Adamchuka V.V.). VZFEI. Moscow, Finstatinform Publ., 2000, 301 p. (in Russ.).

27. 4004. *Istoriya* [4004 History]. *Wikipedia. Free encyclopedia*. Available at <https://ru.wikipedia.org/wiki/4004> (accessed desember 21, 2015) (in Russ.).

28. Dombrachev A.N., Yakimovich B.A., Korshunov A.I. and Solomennikova S.I. Patent Activity of High-

Tech Enterprises in the Republic of Udmurtia. In Russian Engineering Research, 2016, vol. 36, no. 7, pp. 573-576. Allerton Press, Inc., 2016. DOI: 10.3103/S1068798X16070066 /

29. *Instruksiya k Dogovoru o patentnoi kooperatsii (RST)* [A guide to the patent cooperation Treaty (RTC)]. Available at http://www.wipo.int/export/sites/www/pct/ru/texts/pdf/pct_regs.pdf.

About Development of the Generalized Synergetic Index of Production Systems

A. A. Danilova, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

A. N. Dombrachev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The current economic situation in Russia presupposes the search for additional reserves to ensure that domestic enterprises increase their competitiveness in the world market, which is impossible without improving the efficiency of their activities. At the same time, the efficiency, being, in fact, a qualitative characteristic of the activity of any production system, requires the development of a generalized indicator that allows it to be quantified. As such a criterion can serve as a synergetic indicator of the quality system, based on some additive or multiplicative function of the set of parameters characterizing the economic activity of the enterprise, such as the organizational and technical level of the production system, the complexity of manufacturing products, its metal content, cost and a number of others. Such an indicator will allow to estimate the quality of activity of the enterprise as a whole; and the development of mathematical, information, linguistic and methodical support of the decision-making support system implementing the automated calculation of the mentioned synergetic indicator will allow to carry out objectively and authentically an assessment (audit) of efficiency of functioning of its structural divisions, for example machining shops of the machine-building enterprises. Solving the problem of developing a synergetic indicator of the quality system and decision support system based on it, requires a wide application of methods of mathematical modeling, the theory of sets, methods of statistical and data mining, methods of fuzzy logic and fuzzy inference, technologies of hybrid expert systems. As a basis for algorithmic and linguistic support of such a system, it is proposed to use a general-purpose expert system based on production rules developed at Kalashnikov ISTU.

Keywords: synergistic efficiency, production, labor intensity, machining, knowledge engineering.

Получено: 12.11.18