

Александров И. А.

I. A. Alexandrov

ВЗАИМОСВЯЗЬ КЛЮЧЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ПОЗИЦИИ КОНЦЕПЦИИ ДОСТИЖЕНИЯ ИЗДЕЛИЕМ ЦЕЛЕВЫХ СВОЙСТВ ПУТЁМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

CORRELATION OF AUTOMATED SYSTEM KEY ELEMENTS FROM THE POSITION OF THE CONCEPT OF THE PRODUCT TARGET PROPERTIES ACHIEVEMENT BY THE MANUFACTURE OPTIMAL TECHNOLOGICAL MODES IDENTIFICATION

Александров Ислам Александрович – младший научный сотрудник Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук (Россия, г. Москва); 127055, г. Москва, пер. Вадковский, 18, стр. 1а; тел.: +7 (499) 978-98-27. E-mail: alexandrov@ikti.ru.

Mr. Islam A. Alexandrov – Junior Researcher, Institute of design and technological Informatics of the Russian Academy of Sciences (Russia, Moscow); 127055, Moscow, Vadkovsky lane, 18 p. 1a; tel.: +7 (499) 978-98-27. E-mail: alexandrov@ikti.ru.

Аннотация. В работе сформулирована актуальность построения автоматизированных систем, основанных на принципе управления производственными процессами с целью обеспечения соответствия целевых свойств заданным функциональным характеристикам. Разработаны подходы к формализации и обобщению ключевых факторов концепции автоматизированной системы управления производственными процессами, основанной на принципе обеспечения достижения целевых свойств конечного изделия. Формализованы характеристики и граничные условия, определяющие целевые свойства изделия. Предложены условия адекватности изделия с позиции предъявляемых к нему требований. Сформулирована взаимосвязь ключевых элементов автоматизированной системы. Сформулированы граничные условия процесса достижения целевого свойства.

Summary. The paper formulates the topicality of building automated systems based on the principle of managing production processes in order to ensure that the target properties match the specified functional characteristics. Approaches to the formalization and generalization of the key factors of the automated manufacture processes control system concept based on the principle of ensuring the final product target properties achievement, are developed. Characteristics and boundary conditions that determine the product target properties, are formalized. The product adequacy conditions from the position of the requirements placed on it, are proposed. The correlation of the automated system key elements is formulated. The boundary conditions of the target property achievement process are formulated.

Ключевые слова: автоматизированная система, производственный процесс, автоматизация, целевые свойства, функциональные характеристики.

Key words: automated system, production process, automation, target properties, functional characteristics.

УДК 681.5:658.5

Введение

В условиях жёсткой конкуренции современное машиностроение развивается в направлении существенного повышения качества продукции и интеллектуальной оснащённости, сокращения времени на выполнение операций. Стратегия развития машиностроительного производства в мире предлагает создание принципиально новых материалов, существенное повышение уровня автоматизации производственного процесса и управления с целью обеспечения выпуска продукции требуемого качества в заданный срок при минимальных затратах [1–3]. Производственная стратегия должна обеспечивать решение проблем от эксплуатационного до тактического и стратегического

уровней, включая принятие решений на разных уровнях вертикальной интеграции и организационной структуры. Для достижения целей развития производственных систем необходим комплекс мероприятий по направлениям совершенствования принципов организации и методов планирования производства, внедрения новых и совершенствования существующих технологических процессов, повышения уровня автоматизации проектирования и изготовления. При этом необходимо продвижение по всем указанным стратегическим направлениям, так как ни одно из них само по себе не является достаточным. Современное предприятие должно поддерживать доминирующую линейку продукции, в которой возрастающие улучшения должны быть совместимы с существующими производственными возможностями.

С позиции теории систем [4] производственную систему следует отнести к сложным динамическим объектам, в которой принятие технологических решений при функционировании осуществляется в условиях, связанных со стохастической неопределённостью выходных параметров и недостаточной информацией о возмущающих факторах, влияющих на стабильность и точность функционирования производственной системы. Определяющим фактором повышения эффективности процесса функционирования производственной системы является наличие мобильной и оптимальной по структуре системы управления реальным временем, адекватно отображающей протекающие процессы. Следовательно, при разработке современных технологических, производственных, информационных и других систем возникают проблемы, менее связанные с рассмотрением свойств и законов функционирования элементов, а более – с выбором наилучшей структуры, оптимальной организацией взаимодействия элементов системы, определением оптимальных режимов функционирования, учётом влияния внешней среды и т. д. [5; 6]. Успешное осуществление программы автоматизации предъявляет новые требования к исследованию проблем развития производственных систем: повышение уровней системного мышления и строгости описания с использованием новых методов исследования [7]. Основной проблемой является формирование целостной концепции производственной системы нового типа, охватывающей все основные аспекты: организацию, технологию, проектирование и изготовление. На базе подобной концепции можно корректно ставить и решать задачу комплексной автоматизации производственного процесса.

Принципиально значимыми показателями качества изделий являются адекватность технологических процессов их производства и соответствие требованиям условий конечного применения. Концепция автоматизированной системы должна иметь барьеры, определяющие границы адекватных значений целевых характеристик и технологических параметров производства. Под целевыми свойствами в данном случае понимаются конструкционные требования, заложенные на этапе проектирования и определяемые условиями и средой эксплуатации конечного изделия. К ним можно отнести высокую удельную прочность, работоспособность в большом интервале температур, технологичность и т. д. Достижение целевых свойств изделием обеспечивается как правильным выбором исходных компонентов, так и рациональной технологией производства с обеспечением экономической эффективности технологических процессов. Для целевых свойств граничные параметры определяются физико-химическими свойствами веществ и естественно-научными ограничениями возможности их превышения. В свою очередь технологические параметры ограничены производственными и функциональными возможностями оборудования и персонала. Природа технологических ограничений может носить и естественнонаучный характер, однако с позиции конечного барьера природа происхождения ограничения возможностей производства не имеет значения. Достижение целевых свойств конструкций может быть обеспечено различными способами исходя из технологических возможностей производства, специфики исходных компонентов, квалификации исполнителей, требований к конструктивному либо функциональному исполнению изделий и т. д. Тем не менее задача обобщения и формализации связи между требованиями к изделию, заложенными на этапе проектирования, технологическими возможностями по его переработке и конечными целевыми характеристиками, определяемыми функционалом изделия и условиями его эксплуатации, не имеет решения, позволяющего использовать его универсально для разного рода изделий, особенно анизотропных. Кроме того, отсутствуют требования к содержанию подобных способов на основании существующих методик, методологий и

концепций, позволяющих объяснить и обобщить причины возникновения неоднородности влияния различных технологических факторов. Целью настоящей работы является исследование взаимосвязей ключевых элементов автоматизированной системы с позиции концепции достижения изделием целевых свойств и идентификации оптимальных технологических режимов его изготовления.

Появление любого изделия мотивировано. Из совокупности причин, приводящих к формированию изделия, доминирующей и обобщающей является потребность в удовлетворении требований конечного пользователя (потребителя). Обеспечение соответствия изделия требованиям потребителя можно сформулировать как достижение соответствия целевых свойств (Z – от нем. *zielmerkmal*) заданным функциональным характеристикам (F – от нем. *funktionsmerkmal*). Формализовано состояние изделия, удовлетворяющего требованиям потребителя, которое можно сформулировать в виде $\sum_{i=1}^n Z_i \geq \sum_{i=1}^n F_i$.

Целевые свойства можно определить как совокупность целевых характеристик (z):

$$Z_i = z_{i,1}, z_{i,2}, \dots, z_{i,m}.$$

В общем виде это формализует состояние изделия, обладающего целевым свойством Z , и, как следствие, совокупностью целевых характеристик Z_n .

Исходное состояние (Z^0), в котором находится изделие до достижения целевого свойства, можно формализовать в виде $Z_i^0 = z_{i,1}^0, z_{i,2}^0, \dots, z_{i,m}^0$.

При этом исходное состояние должно быть представлено совокупностью целевых характеристик z_i^0 , аналогичных целевым характеристикам z_i .

При переходе изделия из исходного состояния в состояние, в котором изделие обладает целевым свойством, происходит комплекс качественных изменений. Эти действия можно охарактеризовать как процесс достижения целевого свойства изделия. Формализовать суть процесса можно в виде выражения $Z_i^0 \rightarrow Z_i$.

Процесс определяет пути и направление, а также содержание действий перехода изделия из одного состояния в другое.

Следующим шагом в формировании концепции являются выявление возможности и реализация процесса достижения целевого свойства (см. рис. 1).

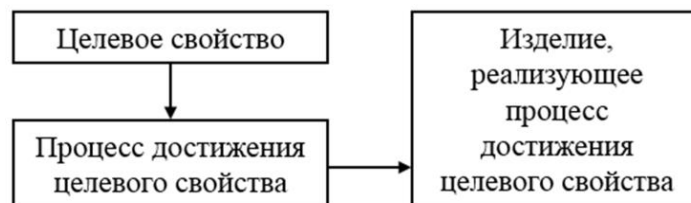


Рис. 1. Последовательность, обуславливающая возникновение изделия с позиции достижения целевого свойства

Непосредственное воздействие на изделие при достижении целевого свойства характеризуется некоторым количеством функций (A_i), которые определяются количеством реализуемых действий (a_i), необходимых для достижения целевых характеристик: $A_i = a_{i,1}, a_{i,2}, \dots, a_{i,m}$.

Целевое свойство формируется и остаётся актуальным в определённых временных границах. Следовательно, процесс достижения целевого свойства будет эффективным, если произойдёт

в определённых временных рамках (T_i), которые определяются временными интервалами, необходимыми для достижения целевых характеристик: $T_i = t_{i,1}, t_{i,2}, \dots, t_{i,m}$.

Не менее важным показателем, определяющим эффективность достижения изделия целевого свойства, является интегральный показатель качества (Q_i), который определяется показателями качества достижения целевых характеристик: $Q_i = q_{i,1}, q_{i,2}, \dots, q_{i,m}$.

Изделие, наделённое необходимым целевым свойством, может быть востребовано только в том случае, когда затраты на его достижение не будут превышать пороговые значения. Пороговые значения могут быть определены анализом экономической эффективности реализации разрабатываемого изделия исходя из области его конечного применения и конъюнктуры рынка.

Стоимость ресурса, затраченного на достижение целевого свойства, может быть определена как совокупная стоимость реализуемых действий, необходимых для достижения целевых характеристик: $S_i = s_{i,1}, s_{i,2}, \dots, s_{i,m}$.

Вышеизложенное позволяет сформулировать основные тезисные положения. Достижение целевого свойства обеспечивается только в результате динамически протекающего процесса. Процесс достижения целевого свойства, характеризующийся показателем (W), может быть определён как совокупность равнозначных характеристик: $W_i = A_i, T_i, Q_i, S_i$.

В результате достижения целевого свойства изделия должны быть обеспечены все приведённые показатели.

Из характеристик, определяющих достижение целевого свойства, функции A_i являются процессообразующими. Это связано с тем, что воздействие, возникающее при выполнении действий a_i , приводит к достижению целевого свойства. От адекватности выбора функций воздействия во многом зависит эффективность достижения целевых свойств и возможность обеспечения требуемых характеристик. В связи с этим принципиально важным является выявление закономерностей и свойств функций воздействия.

Независимо от адекватности определения функций требуются дополнительные показатели, необходимые для достижения целевых свойств. Действие функций направлено на объект воздействия. Под объектом в данном случае понимается совокупность свойств, объединённых определённым образом в рамках выбранных ограничений. Ограничения, в свою очередь, могут формировать систему ограничений. Для реализации процесса должны быть сформированы средства, обладающие способностью воздействия на свойства объекта.

Алгоритм воздействия определён функцией A_i . Одна и та же функция может быть реализована различными средствами для разных объектов. Обеспечение средствами, обладающими способностью воздействовать на объект по предписанному функцией алгоритму, – основное условие реализации процесса достижения целевого свойства изделия.

Принципиальным шагом в формировании концепции существования изделия является формулирование положения о выявлении средств, соответствующих условиям реализации процесса достижения целевых свойств.

Достижение целевого свойства характеризуется некоторым набором функций A_i . Соответственно, должна существовать некая совокупность элементов R_i , позволяющая реализовать A_i . При этом существует соответствие между каждым элементом r_i и реализуемым им действием a_i . Таким образом, средство реализации процесса достижения целевого свойства можно представить в виде $R_i = r_{i,1}, r_{i,2}, \dots, r_{i,m}$.

Объект, удовлетворяющий полному набору характеристик, формирующих показатель достижения целевого свойства W , и способный обеспечить реализацию достижения целевого свойства, – изделие, назначенное для достижения целевого свойства (см. рис. 2).



Рис. 2. Процесс формирования изделия с позиции объекта, удовлетворяющего комплексному набору характеристик

На основании изложенного сформулируем следующие положения:

1. Реализовать процесс достижения целевого свойства возможно только при помощи изделия.
2. Изделие, обеспечивающее реализацию процесса, должно обладать характеристиками, соответствующими W .

Сформулированные положения подразумевают многообразие вариантов при определении возможных процессов, позволяющих обеспечить достижение целевых свойств и при определении возможных изделий. Важно отметить, что предложенный подход позволяет установить причины, а, следовательно, на начальном этапе обеспечить возможность создания большего количества возможных изделий и соответствующих им процессов, тем самым повышая вероятность нахождения адекватного и эффективного решения.

Традиционные методы описания процесса достижения изделием целевого свойства используют различные системы ограничений. Они довольно разнообразны и возникали по мере изучения материалов, их свойств и факторов, определяющих условия их переработки. Для определения основных факторов, определяющих реализацию концепции автоматизированной системы, рассмотрим интегральную систему требований к изделию, предназначенному для достижения целевого свойства с позиции основных положений функционирования автоматизированной системы.

В интегральном виде можно установить взаимосвязь характеристик, определяющих процесс достижения целевого свойства W_i (см. рис. 3).

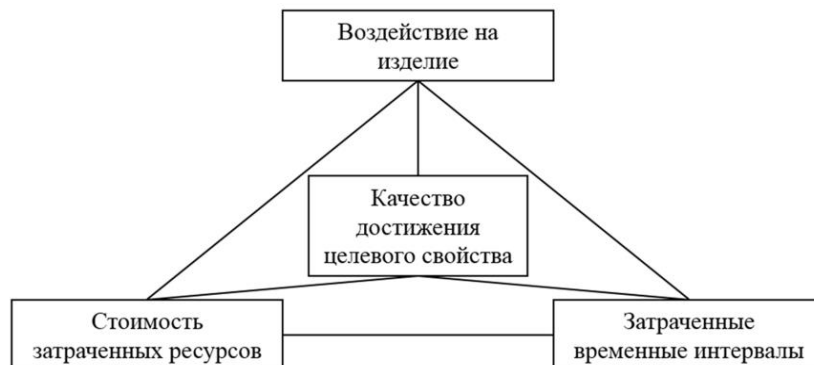


Рис. 3. Взаимосвязь характеристик, определяющих процесс достижения целевого свойства

Выявленные связи обязательны, и они отображаются при любом комплексном описании процесса достижения целевого свойства изделия. Поскольку процесс удовлетворения потребности имеет тот же набор равнозначных характеристик, геометрическая интерпретация взаимосвязи, определяющая процесс достижения целевого свойства W_i , может быть представлена в виде пирамиды (см. рис. 4, а).

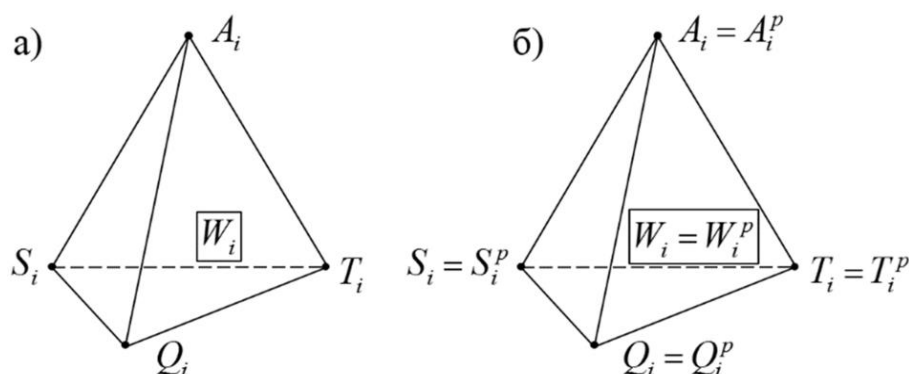


Рис. 4. Геометрическая модель взаимосвязи характеристик целевого свойства:
а – процесс достижения целевого свойства; б – условие адекватности изделия процессу достижения целевого свойства

Следовательно, условие адекватности изделия процессу достижения целевого свойства будет соответствовать случаю, когда геометрическая модель взаимосвязи характеристик изделия совпадает с пирамидой характеристик процесса (см. рис. 4, б), что можно выразить соотношением $W_i = W_i^0$.

Развитие автоматизации процессов проектирования и производства сложных многокомпонентных изделий требует формализации ключевых факторов, определяющих концепцию производства изделия. Предложенная в работе концепция построения автоматизированных систем, основанных на принципе управления производственными процессами, может быть использована при формировании автоматизированных систем, направленных на обеспечение соответствия целевых свойств заданным функциональным характеристикам. Сформулированные подходы к формализации и обобщению ключевых факторов концепции автоматизированной системы управления производственными процессами, а также концепция адекватности изделия с позиции предъявляемых к нему требований носят обобщающий характер и могут быть применены для построения структуры автоматизированных систем, основанных на принципе обеспечения достижения целевых свойств конечного изделия.

Отличие между изделием, соответствующим и не соответствующим процессу достижения целевого свойства, заключается в несоответствии отдельных характеристик (либо комплекса характеристик). Изделие, обладающее набором характеристик, отличных от формируемых целевым свойством, можно обозначить как «заготовка». Технологические особенности производства композитных конструкций ограничивают употребление термина «заготовка» с полной смысловой нагрузкой, соответствующей изотропным изделиям, процесс переработки которых не требует сохранения целостности внутренней структуры компонентов. В связи с этим смысловое содержание обозначения «заготовка» ограничено исключительно критериальным соответствием характеристик изделия целевым.

Значения целевых характеристик заготовок могут принимать различные значения, отличные от требуемых. Рассматривая целевые характеристики, определённые установленными целевыми свойствами, в качестве размерной величины с установленным полем допуска δ можно формализовать возможные случаи оценки характеристик изделия следующими состояниями:

1. Характеристика изделия находится выше поля допуска.

2. Характеристика изделия находится ниже поля допуска.

3. Характеристика изделия находится в поле допуска.

Эти состояния отражены на рис. 5.

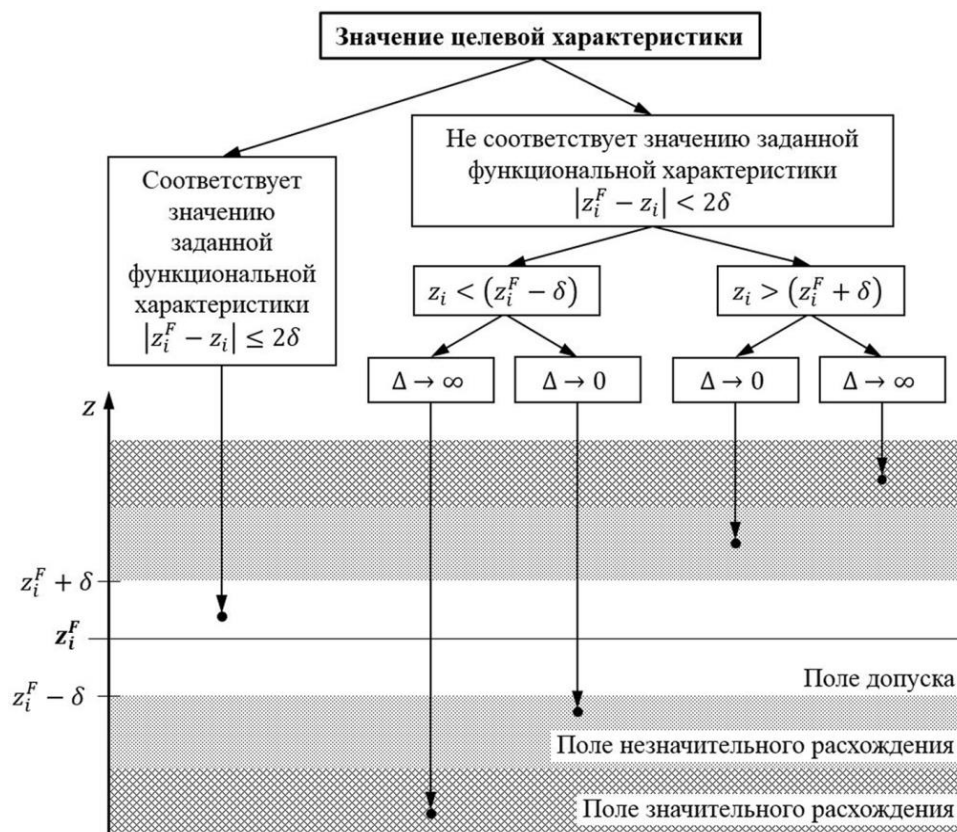


Рис. 5. Целевые характеристики с позиции величин с установленным полем допуска

При нахождении за пределами поля допуска значение целевой характеристики может быть фиксированным либо произвольным и принимать любое значение, ограниченное диапазоном. На графической интерпретации целевых характеристик с позиции размерной величины с установленным полем допуска условно введено поле значительных и незначительных расхождений между значениями характеристик. Нахождение целевой характеристики в зоне значительного расхождения говорит о принципиальном противоречии при реализации целевого свойства изделия в технологическом процессе. Подобный результат требует пересмотра, либо технологического решения о выборе рассматриваемого пути достижения целевого свойства, либо требований к функциональным (либо эксплуатационным) характеристикам изделия, заложенным на этапе проектирования. Для характеристик, находящихся в зоне незначительного расхождения исходя из характера отклонения, достижение требуемого значения осуществляется либо снижением, либо увеличением значения характеристики. Таким образом, первостепенной задачей идентификации технологических параметров переработки изделия является исследование возможности обеспечения перемещения в поле допуска требуемого значения целевой характеристики из выявленных первоначальных положений.

Заключение

Предложена концепция взаимосвязей ключевых элементов автоматизированной системы достижения изделием целевых свойств при идентификации оптимальных технологических режимов его изготовления. Условие адекватности изделия процессу достижения целевого свойства как величины размерной представлено в рамках геометрической модели взаимосвязи характеристик с установленными полями допуска.



ЛИТЕРАТУРА

1. Акулович, Л. М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: учеб. пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. – Минск: Новое знание, 2012. – 488 с.
2. Рыбаков, А. В. Создание системы автоматизированной поддержки информационных решений при проектировании технологической оснастки / А. В. Рыбаков, С. А. Евдокимов, А. А. Краснов. – М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2013. – 162 с.
3. Соломенцев, Ю. М. Теория автоматического управления / Ю. М. Соломенцев. – 3-е изд., стереотипное. – М.: Высшая школа, 2000. – 270 с.
4. Соломенцев, Ю. М. Технологические основы гибких производственных систем: учебник для машиностроительных специальностей вузов / Ю. М. Соломенцев. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2000. – 255 с.
5. Шевцов, С. Н. Применение нейронных сетей в прогнозировании качества механической обработки особо нагруженных композитных конструкций / С. Н. Шевцов, В. В. Сибирский, Е. Г. Чигринец // Труды МАИ. – 2016. – №. 91. – 24 с.
6. Benhabib, B. Manufacturing: Design, Production, Automation, and Integration / B. Benhabib. – 1st ed. CRC Press, 2003. – 448 p.
7. The Architecture of Onboard Intellectual Control System for Autonomous Researching Devices. 2018 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC) / I. S. Kabak, S. A. Sheptunov, Ju. M. Solomentsev [and other]. – 2018.