электронное научно-техническое издание
НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ
Эл № ФС 77 - 30569. Государственная регистрация №0420900025. ISSN 1994-0408

# Описание структуры производственных систем

# 06, июнь 2010
**Спиридонов О. В.**

УДК 621.9-114

МГТУ им. Н.Э.Баумана,
spir@bmstu.ru

Решение задач по выбору оптимального вида специализации (технологически-специализированных и предметно-специализированных) производственных систем требует нового подхода к структуризации производственных процессов, основанного на анализе действий, совершаемых в процессе производства продукции [1].

Назначение любой промышленной системы – производство продукции (изготовление изделий).

Для изготовления изделия необходимо выполнить определенные действия, которые направлены как на предметы труда, так и на средства производства. Так, например, в производстве необходимо получение заготовок и полуфабрикатов; приобретение комплектующих изделий, инструментов, приспособлений, других средств технологического оснащения. Заготовки транспортируются из цеха в цех и от одного рабочего места к другому. К рабочим местам доставляются инструмент и приспособления. Заготовки, инструмент и приспособления хранятся до и после выполнения операций. Заготовки поступают на станки и закрепляются в приспособлениях. Станки включают и выключают. Инструмент, заготовки и элементы станков перемещаются в процессе обработки. Размеры, форма, свойства материала и поверхностей заготовок претерпевают изменения. Инструмент и элементы приспособлений изнашиваются. И так далее…

Несмотря на кажущееся многообразие, все действия, совершаемые в процессе производства можно отнести в одну из четырех базовых категорий: **получение, хранение, перемещение и преобразование** [2].

Так, например, в категорию **«Получение»** можно отнести действия по приобретению комплектующих изделий, инструментов, приспособлений, других средств технологического оснащения; действия по установке инструмента на станке и заготовки в приспособлении (станок «получает» инструмент, а приспособление «получает» заготовку); действия по размещению заготовок, инструментов и др. на соответствующих складах.

В категорию **«Хранение»** можно отнести как собственно хранение чего-либо где-либо, так и просто более и менее постоянное расположение чего-либо где-либо. Например, в цехе размещено оборудование, следовательно, цех хранит оборудование, а оборудование, в свою очередь, хранит приспособления, инструмент и заготовки.

В категорию **«Перемещение»** следует отнести все целенаправленные перемещения, производимые всеми предметами и средствами труда.

Наконец, в категорию **«Преобразование»** можно отнести все целенаправленные изменения свойств предметов труда и изменения свойств средств труда, связанные с производством.

Все действия, выполняемые в процессе производства, структурируются не только содержательно, но и иерархически. Принятая в настоящее время иерархия действий «Производственный процесс - технологический процесс – операция – переход – рабочий ход» требует некоторого уточнения. Под понятием «технологический процесс» следует понимать любую часть производственного процесса, содержащую связанные между собой целенаправленные действия по изготовлению изделия. Аналогично, «операция» – любое целенаправленное действие по изготовлению изделия в рамках технологического процесса, «переход» – любое целенаправленное действие по изготовлению изделия в рамках операции, а «рабочий ход» – любое целенаправленное действие по изготовлению изделия в рамках перехода.

Действия, необходимые для производства изделий, выполняются соответствующими системами и элементами. Принятая в настоящее время иерархия производственных систем «Предприятие – цех – участок – рабочее место – технологическая система» в целом отвечает задачам формального описания производственных систем, однако, относится большей частью только непосредственно к преобразующим элементам. В связи с этим требуется четкая структуризация прочих элементов и более строгое смысловое наполнение существующих уже понятий. Решение этой задачи требует введения ряда новых поня-

тий, для которых, к сожалению, нет еще устоявшихся терминов. Поэтому в данной работе используется рабочая терминология, отражающая только структурное содержание понятий.

Для реализации производственного процесса необходима производственная система (производственный комплекс). В общем случае производственный комплекс может представлять собой предприятие, производственное объединение или «виртуальное предприятие», объединяющее на время изготовления конкретного изделия несколько самостоятельных предприятий. Для реализации технологического процесса необходима технологическая система (технологический комплекс). Это может быть цех или участок цеха предприятия. Для выполнения операции требуется операционная система (операционный комплекс). К операционным комплексам относятся рабочее место, автоматическая линия и т. п. Для выполнения перехода требуется рабочая система (рабочий комплекс). Примером операционного комплекса является металлорежущий станок со средствами технологического оснащения, сборочный стенд, печь для термообработки и т. д. Для выполнения рабочего хода необходим элементарный рабочий элемент. Это может быть инструмент металлорежущего станка, валок прокатного стана, сборочный инструмент и т. п.

Структура производственной системы на любом уровне определяется совокупностью элементов, необходимых для выполнения всех действий, требуемых для изготовления изделия. Таким образом, производственная система, в общем случае, должна включать в себя системы, выполняющие указанные действия (модули действий).

Таким образом, любую производственную структуру, независимо от иерархического уровня, можно описать выражением:

$$Z = \sum_{i=0}^{n} R_i + \sum_{i=0}^{m} S_i + \sum_{i=0}^{p} T_i + \sum_{i=0}^{q} C_i , \qquad (1)$$

где: $\boldsymbol{R_i}$ – система, реализующая действие получения (модуль получения);

$\boldsymbol{S_i}$ – система, реализующая действие хранения (модуль хранения);

$\boldsymbol{T_i}$ – система, реализующая действие перемещения (модуль перемещения);

$\boldsymbol{C_i}$ – система, реализующая действие преобразования (модуль преобразования).

Впрочем, следует иметь в виду, что производственная система может и не выполнять все типы действий. Соответственно, в ней будут отсутствовать и элементы, необходимые для выполнения таких действий. Кроме того, в производственных системах могут

быть элементы, выполняющие несколько типов действий одновременно (например, роторные машины, выполняющие одновременно хранение, перемещение и преобразование).

На уровне производственного комплекса действия получения, хранения, перемещения и преобразования выполняются принимающим, складским, транспортным и преобразующим комплексами соответственно. Каждый из этих комплексов в соответствии с принятой иерархией в свою очередь является технологическим комплексом и на каждом из них реализуется соответствующий технологический процесс. Таким образом, можно выделить принимающий технологический комплекс, складской технологический комплекс, транспортный технологический комплекс, преобразующий технологический комплекс. В общем случае количество необходимых технологических комплексов разного вида (принимающих, складских, транспортных и преобразующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемого производственного процесса. Принимающие технологические комплексы на предприятии представлены системой служб материально-технического снабжения и обеспечения. Складские технологические комплексы на предприятии представлены системой складов для хранения материалов, заготовок, полуфабрикатов, инструмента, оборудования и т. д. Транспортный технологический комплекс на предприятии представлен транспортным цехом или другой службой, обеспечивающей транспортировку по территории предприятия материалов, заготовок, инструментов и других предметов и средств труда. Преобразующие технологические комплексы на предприятии представлены цехами основного производства: заготовительными, механообрабатывающими, термическими, сборочными. Таким образом, производственный комплекс в общем виде можно описать выражением (1).

На уровне преобразующего технологического комплекса действия по получению выполняет цеховая система снабжения, действия по хранению выполняет цеховая складская система (например, цеховой склад заготовок, склад инструмента, склад приспособлений и др.), действия по перемещению – транспортная система (например, система цехового транспорта заготовок, инструментов на рабочие места), действия по преобразованию – преобразующая система (например, рабочее место или автоматическая линия). Каждая из этих систем в соответствии с принятой иерархией в свою очередь является операционной системой, т. е. можно выделить получающую операционную систему, складскую операционную систему, транспортную операционную систему, преобразующую операционную систему и на каждой из них реализуется соответствующая операция. Количество необходимых операционных систем разного вида (получающих, складских, транспортных и пре-

образующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемого технологического процесса.

Аналогично можно структурировать принимающий, складской и транспортный технологический комплексы. В них также выполняются действия по получению, хранению, перемещению и преобразованию, а, следовательно, имеются и соответствующие элементы. Например, в складском технологическом комплексе, предназначенном для хранения инструментов, действия по получению выполняет соответствующая служба, действия по хранению выполняет собственно склад, действия по перемещению – складские транспортные системы, действия по преобразованию – инструментальный цех.

Таким образом, принимающий, складской и транспортный и технологический комплексы можно описать комплексом выражений:

$$\begin{cases} R_i = \sum_{j=0}^{n} R_j^{R_i} + \sum_{j=0}^{m} S_j^{R_i} + \sum_{j=0}^{p} T_j^{R_i} + \sum_{j=0}^{q} C_j^{R_i} \\ T_i = \sum_{j=0}^{n} R_j^{T_i} + \sum_{j=0}^{m} S_j^{T_i} + \sum_{j=0}^{p} T_j^{T_i} + \sum_{j=0}^{q} C_j^{T_i} \\ S_i = \sum_{j=0}^{n} R_j^{S_i} + \sum_{j=0}^{m} S_j^{S_i} + \sum_{j=0}^{p} T_j^{S_i} + \sum_{j=0}^{q} C_j^{S_i} \\ C_i = \sum_{j=0}^{n} R_j^{C_i} + \sum_{j=0}^{m} S_j^{C_i} + \sum_{j=0}^{p} T_j^{C_i} + \sum_{j=0}^{q} C_j^{C_i} \end{cases} \qquad (2)$$

На уровне преобразующей операционной системы действия по получению выполняет система получения заготовок, инструментов, приспособлений и др. Это может быть автоматическая или полуавтоматическая система приема заготовок и технологической оснастки, а может быть и оператор (рабочий), получающий названные предметы и средства труда. Действия по хранению выполняет складская система рабочего места. Это может быть операционный накопитель заготовок (площадка для хранения заготовок, ящик с заготовками, специальный бункер для хранения заготовок), стеллаж, шкаф или специальная система для хранения инструментов и приспособлений на рабочем месте. Действия по перемещению в операционной преобразующей системе выполняют загрузочные системы. Это может быть автоматическая или полуавтоматическая система загрузки оборудования, а может быть и просто оператор (рабочий) производящий установку заготовок, инструментов и приспособлений. Действия по преобразованию в операционной преобразующей системе выполняет технологическое оборудование с необходимой технологической осна-

сткой (станок с приспособлениями и инструментом, кузнечно-прессовое оборудование со штамповой оснасткой, печь с системой загрузки-выгрузки заготовок и т. д.). При ручном выполнении операции действия по преобразованию предметов труда выполняет рабочий. При этом он использует верстаки, инструменты и другие средства технологического оснащения. Каждый из перечисленных элементов в соответствии с принятой иерархией в свою очередь является рабочей системой, т. е. можно выделить принимающую рабочую систему, складскую рабочую систему, транспортную рабочую систему, преобразующую рабочую систему и на каждой из них реализуется соответствующий переход. Количество необходимых рабочих систем разного вида (принимающих, складских, транспортных и преобразующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемой операции.

Аналогично можно структурировать принимающие, складские и транспортные операционные системы. В них также выполняются действия по получению, хранению, перемещению и преобразованию, а, следовательно, имеются и соответствующие элементы. Например, в транспортной операционной системе – цеховой транспортной системе заготовок, действия по получению выполняет оборудование или рабочие, загружающие заготовки в контейнеры или другую тару, действия по хранению выполняют контейнеры и другая тара для заготовок, действия по перемещению – конвейеры, цеховое подъемно-транспортное оборудование или просто рабочие, перемещающие заготовки к рабочему месту. Действия по преобразованию в цеховой транспортной системе направлены на подготовку тары или захватных устройств для транспортировки заготовок и будут выполняться соответствующими службами.

На уровне преобразующей рабочей системы действия по получению выполняют складские элементы. Получение заготовок (установку заготовок) осуществляют загрузочные системы или оператор (рабочий). Действия по хранению выполняют складские элементы. Хранение заготовок при обработке на металлорежущих станках осуществляют станочные приспособления (патроны, тиски, оправки, специальные приспособления и т. д.), в кузнечно-прессовом производстве – нижняя часть штампа, нижний боек, в термическом производстве – приспособления для размещения заготовок в печи. Хранение инструмента осуществляют в механообрабатывающем производстве инструментальные приспособления (оправки для фрез, резцедержки и др.), в кузнечно-прессовом производстве – штамподержатель и т. д.

Действия по перемещению в преобразующей рабочей системе выполняет транспортные элементы, в роли которой чаще всего выступает технологическое оборудование. Станок перемещает заготовку или инструмент, ковочный молот перемещает верхний боек,

прокатный стан перемещает заготовку и т. д. В отдельных случаях действия по перемещению выполняет рабочий. Например, при шабрении рабочий перемещает инструмент (шабер), а при свободной ковке – обрабатываемую заготовку.

Действия по преобразованию в преобразующей рабочей системе выполняет преобразующий элемент. Это могут быть металлорежущие инструменты в механообрабатывающем и сборочном производстве, штампы, пуансоны и матрицы в обработке давлением, собственно печь в термической обработке и т. д.

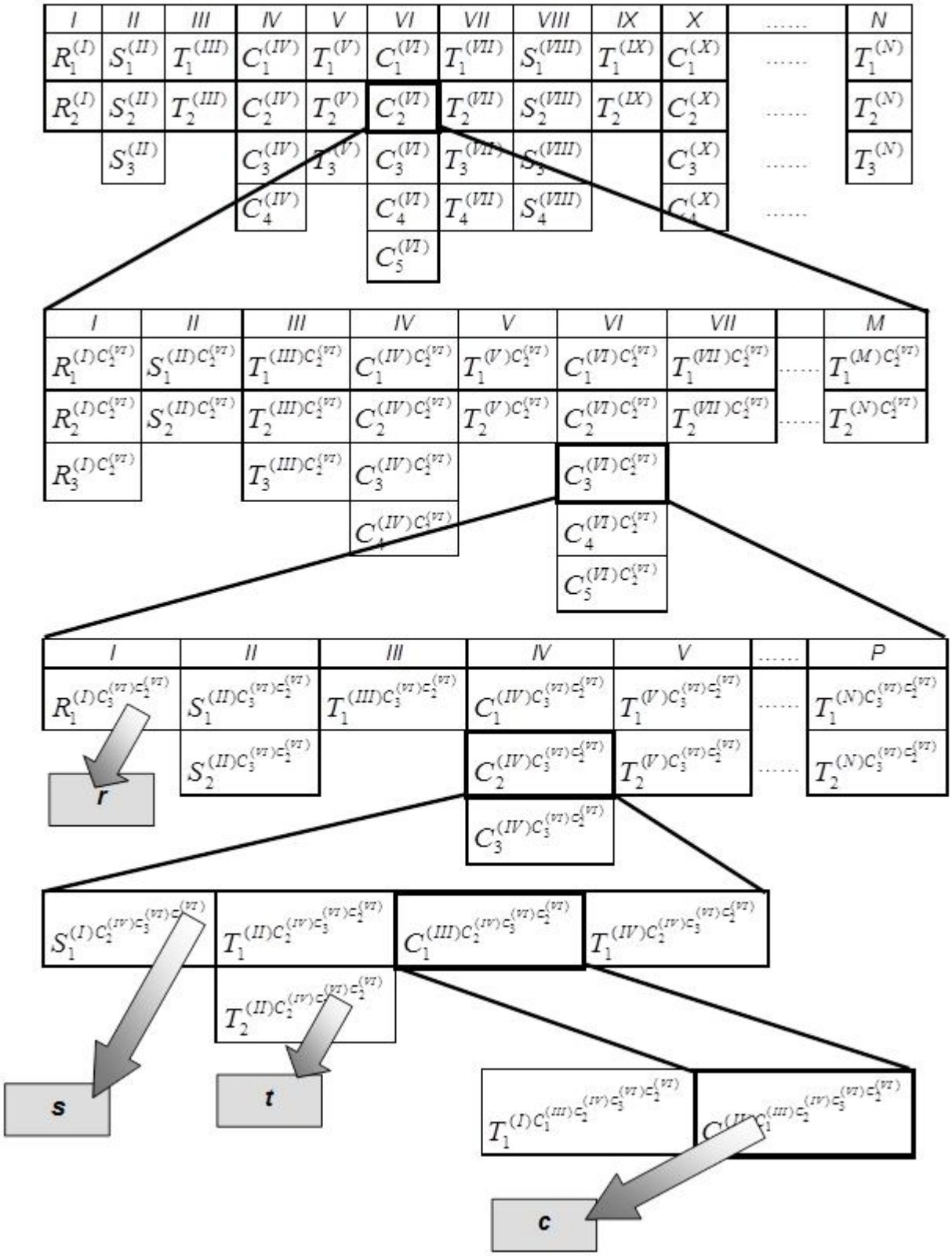


**рис. 1. Схема декомпозиции производственной системы**

Каждый из перечисленных элементов в соответствии с принятой иерархией является элементарным рабочим элементом. Количество необходимых элементарных рабочих

элементов разного вида (складских, транспортных и преобразующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемого перехода.

Аналогично можно структурировать принимающие, складские и транспортные рабочие системы. В них также выполняются действия по получению, хранению, перемещению и преобразованию, а, следовательно, имеются и соответствующие элементы. Например, в загрузочной системе действия по хранению осуществляют соответствующие захватные устройства для заготовок и инструмента, действия по перемещению – соответствующие механизмы перемещения, действия по преобразованию – различные ориентирующие устройства и механизмы.

Глубина декомпозиции производственной системы определяется характером решаемых задач. Самый низкий уровень составляют модули, по содержанию своему тождественные простейшему элементу, выполняющему соответствующее действие (рис. 1):

$$R = r, \quad S = s, \quad T = t, \quad C = c,$$

где: ***r, s, t, c*** – простейшие элементы, выполняющие действия получения, хранения, перемещения и преобразования, соответственно.

**Список литературы**

**1**. Машиностроение. Энциклопедия /Ред. совет: К.В.Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Технологическая подготовка производства. Проектирование и обеспечение деятельности предприятия. Т. III-I / А.В.Мухин и др.; Под общей редакцией А.В.Мухина.

**2**. Мухин А. В., Спиридонов О.В. Концепция технологической специализации производства. «Современные проблемы подготовки производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении». Материалы 3-го Международного научно-технического семинара. Киев. 2003. С. 113-115.