УДК 621.9

ВЫБОР ФОРМЫ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ В ПРОЦЕССЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Кузина М.С., Спиридонов О.В. *(ОАО Гипротяжмаш, МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация)*
Факс: +7 (910) 427 61 51; E-mail: kuzina-bank@mail.ru, spir@bmstu.ru

Аннотация. *Статья посвящена вопросу выбора формы специализации в процессе реконструкции производства. Выполнен анализ действий, совершаемых в процессе производства продукции, и рассмотрена структура производственных систем, содержащая набор необходимых модулей для выполнения указанных действий. Установлено соотношение затрат на производство при предметной и технологической специализации. Показана зависимость затрат от конструктивной и технологической сложности выпускаемой продукции и частоты сменяемости номенклатуры. Установлено, что при реконструкции производства под стабильную номенклатуру выпускаемой продукции чаще всего эффективной будет предметная специализация производства, а при реконструкции производства под часто сменяемую номенклатуру – технологическая специализация.*

Ключевые слова: *специализация, реструктуризация, промышленная система.*

1. Введение

Одним из наиболее принципиальных решений, принимаемых в процессе реконструкции предприятия, является выбор формы специализации различных уровней производственных структур [1].

Существуют две формы специализации машиностроительного производства – предметная и технологическая [2]. Принцип специализации распространяется на различные уровни производственных структур: предприятие, цех, участок.

При предметной специализации производственные структурные единицы формируют по признаку изготовляемых изделий, при этом в одной структурной единице сосредотачивается разное оборудование, необходимое для полного изготовления изделия. Назовем это предметно-специализированным производством (ПСП).

При технологической специализации производственные структурные единицы формируют по признаку выполняемых технологических процессов (литейные, кузнечные, механические, покрытия, сварочные и т. д.). Назовем это технологически-специализированным производством (ТСП).

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** [3].

2. Основное содержание и результаты работы

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

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

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

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).

Вид специализации промышленной системы не влияет непосредственно на ее состав, но отражается на характере модулей, в первую очередь на характере преобразующих модулей. Например, на уровне цеха могут быть организованы предметные производственные участки (валов, корпусных деталей, рычагов, зубчатых колес и др.) или технологические производственные участки (токарные, фрезерные, шлифовальные и др.). Некоторую специфику могут иметь и модули хранения. Они могут быть предметно-ориентированы или инвариантны предмету производства. Модули получения и транспортные модули, как правило, менее зависимы от вида специализации промышленной системы и часто носят универсальный характер.

Количество потребных модулей каждого действия определяется трудоемкостью работ и производственными возможностями используемых модулей. Приближенно потребное количество модулей определенного действия можно определить из выражения:

$$N_i = k_i \cdot \left(\sum O_i / \overline{P}_i \right),$$

где: $\sum O_i$ – суммарная трудоемкость действий *i*-го типа (*i* – получение, хранение, перемещение, преобразование); $\overline{P}_i$ – средняя производственная мощность модулей *i*-го типа; k_i – коэффициент запаса ($k > 1$).

Некоторую специфику имеет определение потребного количества преобразующих модулей. Это количество зависит в значительной степени не собственно от трудоемкости, а от объема выпуска, особенностей изготавливаемого изделия и вида специализации промышленной системы. Под особенностями изделия понимается его технологическая и конструктивная сложность.

Потребное количество преобразующих модулей в ТСП определяется технологической сложностью изделия: чем выше разнообразие применяемых в производстве изделия технологических методов, тем требуется большее количество разных преобразующих модулей. Увеличение объема выпуска продукции также приводит к

увеличению числа преобразующих модулей. Количество потребных преобразующих модулей в ТСП определяется выражением:

$$N_C^{TCП} = k_C^{TCП} \cdot n_{т.м.},$$

где: $n_{т.м.}$ – число используемых технологических методов; k_C^{TCC} – коэффициент, учитывающий объем выпуска.

При этом, безусловно, должно соблюдаться условие:

$$N_C^{TCП} \cdot \overline{P}_C^{TCП} > \sum O_C,$$

где: $\overline{P}_C^{TCП}$ – средняя производственная мощность модулей преобразования; $\sum O_C$ – суммарная трудоемкость действий по преобразованию.

Требуемое количество преобразующих модулей в ПСП определяется конструктивной сложностью изделия: чем выше разнообразие изготавливаемых деталей и сборочных единиц, тем требуется большее количество разных преобразующих модулей. Увеличение объема выпуска продукции также приводит к увеличению числа преобразующих модулей. Количество потребных преобразующих модулей в ПСП определяется выражением:

$$N_C^{ПСП} = k_C^{ПСП} \cdot n_{н.и.},$$

где: $n_{н.и.}$ – число наименований изготавливаемых деталей и сборочных единиц; $k_C^{ПСП}$ – коэффициент, учитывающий объем выпуска.

При этом также должно соблюдаться условие:

$$N_C^{ПСП} \cdot \overline{P}_C^{ПСП} > \sum O_C,$$

где: $\overline{P}_C^{ПСП}$ – средняя производственная мощность модулей преобразования.

В то же время технологическая сложность изделия не влияет на количество преобразующих модулей в ПСП. И аналогично, конструкторская сложность изделия не влияет на количество преобразующих модулей в ТСП.

Затраты на производство в любой промышленной системе будут складываться из затрат на выполнение необходимых действий соответствующими модулями, а также затрат на организацию производственной системы:

$$E = E_R + E_S + E_T + E_C + E_Z,$$

где: E_R – затраты на получение; E_S – затраты на хранение; E_T – транспортные затраты; E_C – затраты на преобразование; E_Z – затраты на организацию и поддержание работоспособности промышленной системы.

При этом затраты на выполнение *i*-го типа действий (*i* – получение, хранение, перемещение, преобразование) можно определить из выражения:

$$E_i = \left(\sum O_i\right) \cdot p_i,$$

где: $\sum O_i$ – суммарная трудоемкость действий *i*-го типа; p_i – стоимость нормо-часа действий *i*-го типа.

Затраты на организацию и поддержание работоспособности промышленной системы можно определить из выражения:

$$E_Z = \sum \left(N_i \cdot E_{i1}\right) + \sum \left(\left(\sum O_{Zi}\right) \cdot p_{Zi}\right),$$

где: N_i – число модулей действия *i*-го типа (*i* – получение, хранение, перемещение, преобразование); E_{i1} – стоимость создания одного модуля действия *i*-го типа; $\sum O_{Z_i}$ – суммарная трудоемкость действий по обслуживанию модулей действия *i*-го типа; p_{Z_i} – стоимость нормо-часа действий по обслуживанию модулей действия *i*-го типа.

Таблица 1. Соотношение затрат на выполнение действий в ПСП и ТСП

Затраты	Соотношение затрат	Комментарий
Затраты на получение	$E_R^{ПСП} \approx E_R^{ТСП}$	Действия по получению в ПСП и ТСП носят одинаковый характер и выполняются одинаковыми модулями. Затраты, обычно, примерно равны, но в отдельных случаях может быть $E_R^{ПСП} < E_R^{ТСП}$, так как в технологически-специализированном производстве выше уровень незавершенного производства.
Затраты на хранение	$E_S^{ПСП} \approx E_S^{ТСП}$	Действия по хранению в ПСП и ТСП носят одинаковый характер. Количество хранимых предметов и средств труда в ПСП обычно меньше, чем в ТСП, соответственно, в ПСП несколько меньше и трудоемкость действий по хранению. С другой стороны, модули хранения в ТСП имеют более универсальных характер, чем в ПСП, соответственно, стоимость нормо-часа действий по получению в ТСП ниже, чем в ПСП. Затраты, обычно, примерно равны, но в отдельных случаях может быть $E_S^{ПСП} < E_S^{ТСП}$, так как в технологически-специализированном производстве выше уровень незавершенного производства.
Транспортные затраты	$E_T^{ПСП} < E_T^{ТСП}$	Действия по перемещению в ПСП и ТСП носят одинаковый характер. Но количество перемещений предметов труда в ТСП всегда больше, чем в ПСП, соответственно, трудоемкость действий по перемещению в ТСП будет выше. Стоимость нормо-часа действий по перемещению в ТСП и ПСП примерно одинакова. Затраты в технологически-специализированном производстве всегда выше.
Затраты на преобразование	$E_C^{ПСП} \approx E_C^{ТСП}$	Действия по преобразованию в ПСП и ТСП носят одинаковый характер, хотя и выполняются модулями различного типа. Может отличаться и число таких модулей. Но стоимость нормо-часа действий по преобразованию в ТСП и ПСП примерно одинакова. Затраты, обычно, примерно равны.

Такая структура затрат характерна для любого вида специализации промышленных систем. Однако, величины составляющих, как и суммарная величина затрат, будут различными.

Анализ соотношения затрат в производственных системах различного вида специализации при различных производственных условиях позволит определить эффективность выбора вида специализации.

Соотношение затрат на выполнение действий в ПСП и ТСП в условиях производства изделий постоянной номенклатуры представлено в таблице 1.

Затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы зависят как от количества модулей действий, так и от трудоемкости и себестоимость действий по их обслуживанию. Приняв равной себестоимость работ по обслуживанию модулей действия в ТСП и ПСП, можно установить, что в конечном итоге затраты будут пропорциональны только количеству модулей преобразования, которое в свою очередь зависит от технологической и/или конструктивной сложности выпускаемых изделий.

Таким образом, в условиях производства изделий постоянной номенклатуры с учетом примерного равенства затрат на получение и хранение в ТСП и ПСП, а также величины долей транспортных затрат и затрат на преобразование в общих затратах на производство, можно представить область предпочтительности вида специализации производственной системы (рис. 1).

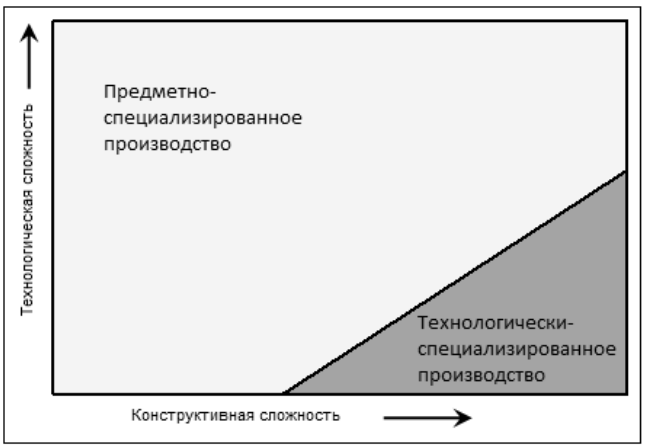

Рис. 1. Область предпочтительности вида специализации производственной системы в условиях производства изделий постоянной номенклатуры

Увеличение объема выпуска продукции стабильной номенклатуры приведет к увеличению объема действий каждого типа, уменьшению стоимости нормо-часа действий, однако не приведет к изменению характера действий как в ПСП, так и ТСП. Затраты на выполнение действий по получению, хранению, перемещению и преобразованию и в ПСП, и в ТСП будут увеличиваться в степенной зависимости:

$$E_{iW} = E_{i_н}\left(W/k_{iW}\right)^{k_i},$$

где: E_{iW} – затраты на выполнение *i*-го типа действий (*i* – получение, хранение, перемещение, преобразование) при увеличении объема производства продукции в W раз; $E_{i_н}$ – начальные затраты на выполнение *i*-го типа действий; k_{iW} – коэффициент, учитывающий объем выпуска; k_i <1 – показатель степени, учитывающий тип действий;

Увеличение объема выпуска приведет к увеличению потребного количества модулей действий, т. е. к созданию новых модулей, причем это увеличение будет

наблюдаться как в ПСП, так и в ТСП. Увеличатся также затраты и на обслуживание модулей действия. Количество потребных модулей связано с объемом выпуска продукции пропорциональной зависимостью. Затраты на организацию и поддержание работоспособности промышленной системы будут увеличиваться в пропорциональной зависимости:

$$E_{ZW} = k_{ZW} \cdot E_{Z_н} \cdot W ,$$

где: E_{ZW} – затраты на организацию и поддержание работоспособности промышленной системы при увеличении объема производства продукции в W раз; $E_{Z_н}$ – начальные затраты; k_{ZW} – коэффициент, учитывающий объем выпуска.

Таким образом, суммарные затраты на производство с увеличением объема выпуска продукции будут увеличиваться как в ПСП, так и в ТСП, причем примерно одинаковыми темпами. Аналогичная картина будет наблюдаться и при уменьшении объема выпуска продукции стабильной номенклатуры. Это приведет к уменьшению объема действий каждого типа, увеличению стоимости нормо-часа действий, однако не приведет к изменению характера действий как в ПСП, так и ТСП. Затраты на выполнение действий по получению, хранению, перемещению и преобразованию и в ПСП, и в ТСП будут уменьшаться в степенной зависимости:

$$E_{iU} = E_{i_н}\left(U / k_{iU}\right)^{k_i} ,$$

где: E_{iU} – затраты на выполнение *i*-го типа действий (*i* – получение, хранение, перемещение, преобразование) при уменьшении объема производства продукции в U раз; $E_{i_н}$ – начальные затраты на выполнение *i*-го типа действий; k_{iU} – коэффициент, учитывающий объем выпуска; $k_i > 1$ – показатель степени, учитывающий тип действий;

Уменьшение объема выпуска приведет к уменьшению потребного количества модулей действий. Однако сокращения количества модулей действий при этом не произойдет. Практически не уменьшаться и затраты на поддержание работоспособности промышленной системы. С достаточной точностью можно считать:

$$E_{ZU} \approx E_{Z_н},$$

где: E_{ZU} – затраты на организацию и поддержание работоспособности промышленной системы при уменьшении объема производства продукции в U раз; $E_{Z_н}$ – начальные затраты;

Таким образом, суммарные затраты на производство с уменьшением объема выпуска продукции будут уменьшаться как в ПСП, таки в ТСП, причем примерно одинаковыми темпами.

Однако в рассматриваемом случае необходимо учитывать еще один фактор. При снижении производства продукции в ТСП высвобождаемые модули преобразования, ориентированные на реализацию технологических процессов определенного технологического передела или метода, могут быть дозагружены сторонними заказами на выполнение работ в рамках этого передела (метода). В ПСП модули преобразования, ориентированные на изготовление определенных деталей и сборочных единиц, не обладают такой гибкостью и, как правило, остаются незагруженными.

Величина производственных затрат в единицу времени (удельные затраты) как в ПСП, так и в ТСП будет изменяться в некоторых пределах, а суммарные затраты во времени (нарастающий итог) будут более или менее равномерно возрастать.

Таким образом, в производстве с изменяющимся объемом выпуска продукции, как правило, предпочтительней оказывается предметная специализация и соответственно предметно-специализированная организация промышленной системы.

При изменении номенклатуры выпускаемой продукции ситуация складывается иначе. Если объем выпуска продукции не изменяется, то и объем действий каждого типа действий практически не изменится. Стоимость нормо-часа действий также останется неизменной. Затраты на выполнение действий по получению, хранению, перемещению и преобразованию останутся неизменными:

$$E_{i\,N} \approx E_{i\,M},$$

где: $E_{i\,N}$ – затраты на выполнение *i*-го типа действий (*i* – получение, хранение, перемещение, преобразование) при производстве изделий номенклатуры N; $E_{i\,M}$ – затраты на выполнение *i*-го типа действий при производстве изделий номенклатуры M.

Однако затраты на организацию и поддержание работоспособности промышленной системы в ПСП и ТСП будут существенно различаться.

В ТСП переход к выпуску новой продукции производится с использованием существующих модулей преобразования, а следовательно, не вызовет существенного изменения затрат на организацию и обеспечение работоспособности промышленной системы: $E_{Z\,N} \approx E_{Z\,M}$.

В ПСП переход к выпуску новой продукции требует создания новых модулей действия, в первую очередь модулей преобразования. С учетом выражения (6) количество новых преобразующих модулей для изготовления изделий номенклатуры *M* определяется выражением:

$$N_{M\,C}^{\;\;ПСП} = k_{пр} \cdot k_C^{П} \cdot n_{M\,н.и.},$$

где: $n_{M\,н.и.}$ – число наименований изготавливаемых деталей и сборочных единиц изделий номенклатуры M; $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий преемственность и унификацию изделий номенклатуры M относительно номенклатуры N.

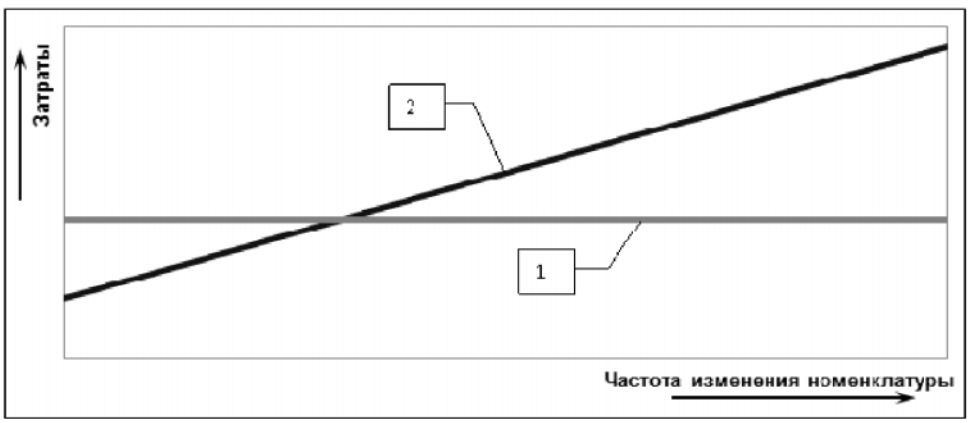

Рис. 2. Изменение затрат при изменении номенклатуры продукции (1 – ТСП; 2 – ПСП)

В ПСП каждое изменение номенклатуры вызывает дополнительные затраты на создание новых модулей преобразования.

$$E_Z = \sum \left(N_C \cdot E_{C1} \right),$$

где: N_C – число модулей действия преобразования; E_{C1} – стоимость создания одного модуля преобразования.

Таким образом, суммарные затраты на производство при изменении номенклатуры продукции будут неизменными в ТСП и увеличиваться в ПСП (рис. 2).

Величина производственных затрат в единицу времени (удельные затраты) в ТСП будет неизменной, а в ПСП будет возрастать. Суммарные затраты во времени (нарастающий итог) будут равномерно возрастать как в ТСП, так и в ПСП, но во втором случае затраты будут расти более высокими темпами.

Соответственно изменится и область предпочтительности вида специализации производственной системы (рис. 3).

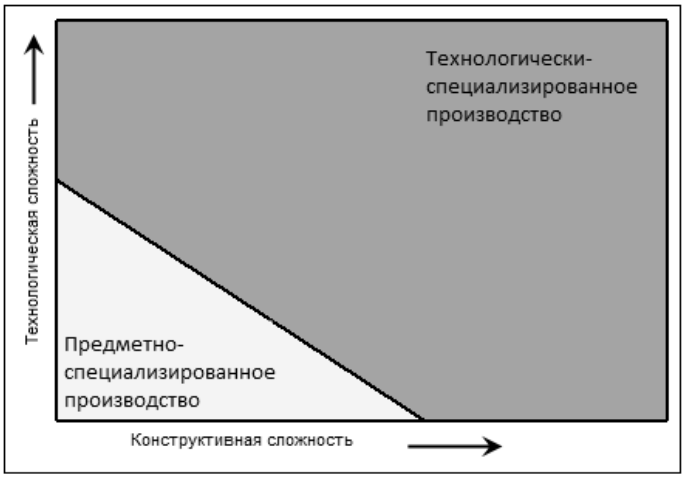

Рис. 3. Область предпочтительности вида специализации производственной системы в условиях производства изделий переменной номенклатуры

Таким образом, в производстве с изменяющейся номенклатурой продукции, как правило, предпочтительней оказывается технологическая специализация и соответственно технологически-специализированная организация промышленной системы.

3. Заключение

1. Выбор вида специализации в процессе реконструкции производства определяется планируемой частотой сменяемости выпускаемой продукции.

2. В условиях редкой смены объектов производства в большинстве случаев наиболее эффективной оказывается предметная специализация.

3. В условиях высокой сменяемости номенклатуры выпускаемой продукции, что характерно для современного производства, предпочтительней будет технологическая специализация.

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. **3**. Спиридонов О.В. Формирование оптимальных структур производственных систем. Машиностроитель, 2003 г. № 11. С. 32-35.

Надійшла до редколегії 19.05.2010 р.

ВИБОР ФОРМИ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ В ПРОЦЕСІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Кузіна М.С.*, *Спиридонов О.В. *(ВАТ Гіпротяжмаш, МГТУ ім. Н. Е. Баумана, Москва, Російська Федерація)*

Стаття присвячена питанню вибору форми спеціалізації в процесі реконструкції виробництва. Виконано аналіз дій, що здійснюються в процесі виробництва продукції, і розглянуто структуру виробничих систем, що містить набір необхідних модулів для виконання вказаних дій. Встановлено співвідношення витрат на виробництво при предметної та технологічної спеціалізації. Показана залежність витрат від конструктивної і технологічної складності продукції, що випускається і частоти змінюваності номенклатури. Встановлено, що при реконструкції виробництва під стабільну номенклатуру продукції, що випускається найчастіше ефективною буде предметна спеціалізація виробництва, а при реконструкції виробництва під часто змінюється номенклатуру - технологічна спеціалізація.

Ключеві слова: *спеціалізація, реструктуризація, промислова система.*

NEW METOHODOLODY OF CHOSING A WORKSHOP SECTION SPECIALIZATION DURING A RECONSTRUCTION OF A MANYFACTURING PLANT

Kuzina M.S.*, *Spiridonov O.V. *(OAO Giprotayzmash, MGTU Bauman, Moscow, Russian Federation)*

This article describes a new methodology of choosing a workshop section specialization during a reconstruction of a manufacturing plant. This methodology consists of three main parts: an analysis of a production process and structure containing a set of necessary production modules, an analysis of production expenses for subject and technological specializations and relating between production cost and frequency of products changing.

It is shown that the "subject oriented" specialization is more efficient for stable number of products; and opposite, the "technological specialization" is more efficient for more often changing products.

Key words: *specialization, restructuring, industrial system.*