

УДК 658.512.4:658.589:621.7:629.7

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ РЕКОНСТРУИРУЕМОГО АВИАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

С. Г. СЕЛИВАНОВ

УГАТУ, факультет авиационно-технологических систем
Тел: (3472) 22 26 76 E-mail: eselva@anrb.ru

Аннотация: На основании исследования структур производственных участков различных авиационных предприятий установлены закономерности изменения энтропии, которые характеризуют возможности структурных превращений при реконструкции производства. Эти закономерности позволяют обоснованно выбирать компоновочные схемы и разрабатывать проекты различных участков: с технологической формой специализации, группового производства, гибких производственных систем, поточных линий, в том числе автоматических поточных линий, роторных и роторно-конвейерных комплексов, а также автоматных участков

Ключевые слова: технологическая подготовка производства; реконструкция производства; теория организации производства

Развитие авиационного производства предполагает не только создание и освоение новой авиационной техники, но и подготовку производственных мощностей предприятий для организации ее производства. Все способы решения этой проблемы принято подразделять на *экстенсивные* (строительство новых предприятий и расширение действующих) и *интенсивные*, которые предполагают реконструкцию, конверсию, техническое перевооружение, комплексную автоматизацию и другие способы интенсификации производства. Вторая группа методов в настоящее время считается более предпочтительной с точки зрения сроков постановки новых изделий на производство, ресурсосбережения и решения задач реструктуризации действующих предприятий авиационной промышленности.

Структурные превращения реконструируемого авиационного производства на основе перечисленных проектов определяются не только изменениями производственной программы и технологических процессов по изготовлению изделий, но и выбором форм организации технологических процессов. Для решения этой проектной задачи на практике обычно пользовались не столько научными закономерностями структурных преобразований реконструируемого производства, сколько укрупненными оценками типа про-

изводства преимущественно для экспертной оценки возможностей технологического проектирования производственных подразделений участков, цехов, производственных корпусов и предприятий в целом.

Приведенные в данной публикации результаты исследований позволили выполнить теоретическое обобщение различных форм организации технологических процессов и на этой основе установить закономерности структурных превращений производственных участков при реконструкции и техническом перевооружении производства. Участок является исходным структурным компонентом для создания более сложных организационных структур — цехов. Из цехов komponуют производственные корпуса. Несколько производственных корпусов могут составить площадку или филиал предприятия.

Размер производственного участка обычно определяют по *норме управляемости*, т. е. числу рабочих, подчиненных одному мастеру:

$$H_y = \frac{50}{C_p^{0,53} K_{30}^{0,046}}, \quad (1)$$

где H_y — норма управляемости; C_p — средний разряд работ на участке; K_{30} — коэффициент закрепления операций.

Классификационные признаки		Количество типов одновременно изготавливаемых изделий	
		один	несколько
Вид преобладающих технологических процессов	Однооперационные (операции одного вида)	4	1
	Многооперационные (операции разных видов)	3	2

Дополнительные обозначения в диагональных ячейках: 4.1, 1.4, 4.3, 1.2, 3.4, 2.1, 3.2, 2.3.

Рис. 1. Классификация структур производственных участков

Коэффициент закрепления операций определяют по отношению числа отличающихся операций, выполняемых в среднем в течение месяца на одном рабочем месте участка. От численного значения данного коэффициента зависит тип производства.

Тип производства	$K_{зо}$
Массовое	1,0
Крупносерийное	свыше 1 до 10
Серийное	свыше 10 до 20
Мелкосерийное	свыше 20 до 40
Единичное	свыше 40

Тип производства влияет на:

- выбор форм организации технологических процессов;
- структуру участков (рис. 1), на которых реализуют технологические процессы;
- закономерности их структурных превращений при реконструкции производства.

На рис. 1 приведены две классификации производственных участков:

1. По правилам формальной логики участки разделены на 4 основных класса (они обозначены цифрами 1 – участки с технологической формой специализации (единичное и мелкосерийное производство); 2 – участки группового производства (преимущественно серийное производство); 3 – участки поточного производства (крупносерийное и массовое производство) и 4 – участки с поддетальной специализацией рабочих мест (крупносерийное и массовое производство простейших деталей – это обычно автоматные участки).

2. По правилам математической логики в сегментах окружностей на классификации отмечены промежуточные структуры, которые имеют свойства смежных классов (1.2; 2.1; 2.3 и т. д.).

Из приведенной классификации можно сделать вывод о том, что на участках с тех-

нологической формой специализации (рис. 2) обычно изготавливают разнотипные изделия посредством выполнения определенного вида работ или операций – это, например, только сварочные, либо только токарные, либо только слесарные работы и т. д. В условиях единичного и мелкосерийного типа производства так поступают только потому, что группировки изделий в этом случае являются неустойчивыми во времени, а группировки работ соответственно на сварочных, токарных, слесарных, термических и других участках, между которыми передают изделия, более устойчивы во времени.

Групповая организация технологических процессов и участков производства на рис. 1 обозначена цифрами 2.1; 2; 2.3 в прямоугольнике 2. В отличие от участков с технологической формой специализации участки группового производства характеризует использование разнотипного оборудования для возможно полного изготовления нескольких групп (типов) близких по конструктивно-технологическим признакам изделий. По этой причине их нередко называют предметно-замкнутыми участками. Структуру участков группового производства поясняют компоновочные схемы рис. 3.

Структурные превращения участков группового производства при реконструкции возможны путем перехода от группового расположения оборудования (например, группа токарных, группа фрезерных, группа шлифовальных станков и т. д. в рамках участка с групповым расположением оборудования) к «цепному» расположению оборудования по ходу группового технологического процесса или по ходу технологического процесса изготовления «изделия-представителя» группы близких по конструктивно-технологическим признакам изделий.

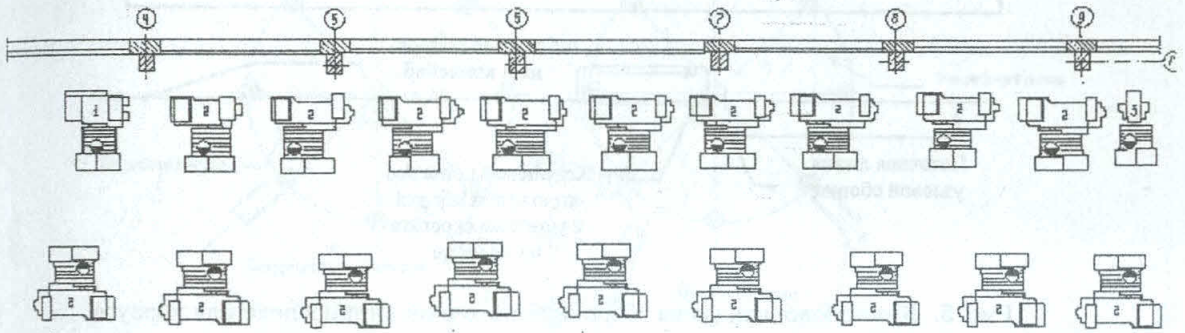


Рис. 2. Фрагмент участка с технологической формой специализации: 1, 2, 3 — технологическое оборудование одного типа, но разных размеров

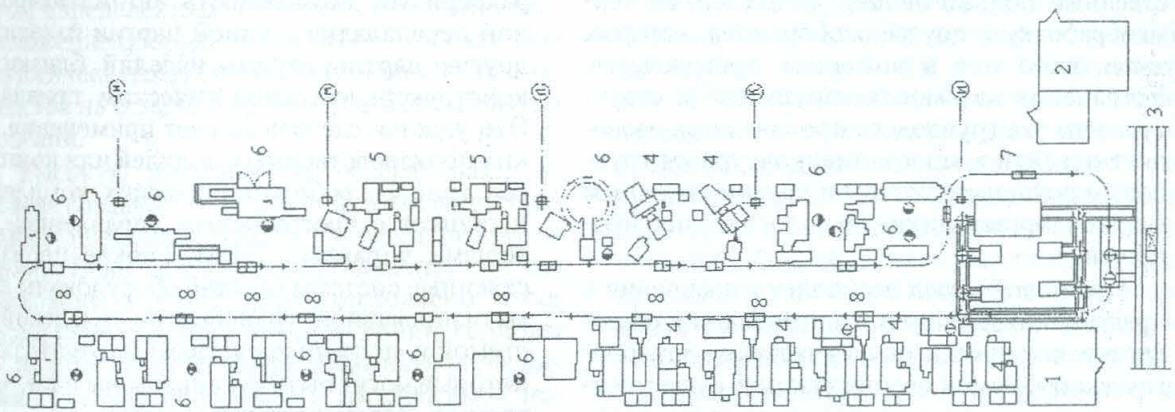


Рис. 3. Фрагмент структуры гибкого производственного участка (первая линия станков): 1 — кабина оператора линии станков с ЧПУ; 2 — кабина оператора автоматизированной транспортно-складской системы; 3 — автоматизированный склад (фрагмент); 4 — гибкие производственные модули; 5 — роботизированные технологические комплексы; 6 — станки с ЧПУ; 7 — трансманипулятор; 8 — приемный стол автоматизированной транспортно-складской системы возле оборудования; И, К, Л, М, Н — индексация осей колонн задания

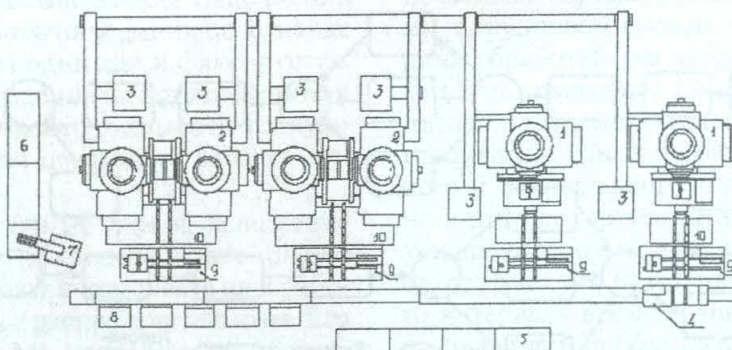


Рис. 4. Компоненка гибкого производственного комплекса: 1, 2 — автоматическое оборудование с программным управлением; 3 — система управления станком; 4 — трансманипулятор; 5 — ЭВМ, управляющая комплексом; 6, 8, 9, 10 — автоматизированная транспортно-складская система; 7 — промышленный робот

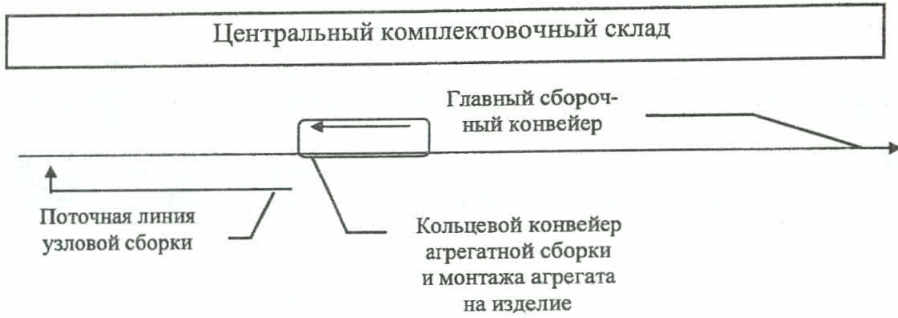


Рис. 5. Компоновочная схема сборочной поточной линии в цехе или корпусе

Такую форму организации группового производства характеризуют: нарушения принципа прямоточности, наличие «петель», пропуски необязательных рабочих мест, выход партий изделий в смежные производственные подразделения, например, на термообработку и другие особенности, которых чаще всего нет в поточном производстве. Устранение названных нарушений в структуре участка группового производства позволяет перейти к многономенклатурным групповым поточным линиям и другим поточным формам организации технологических процессов.

Групповой метод позволяет в сравнении с предыдущими формами организации технологических процессов на участках с технологической формой специализации существенно улучшить технико-экономические показатели по критериям снижения себестоимости, роста производительности труда, повышения качества продукции. Групповой метод, кроме того, создает предпосылки для комплексной автоматизации производственных процессов. В значительной мере этому способствует создание на основе участков груп-

пового производства и групповых технологических процессов роботизированных производственных участков и гибких производственных систем (рис. 3). Такие автоматизированные производственные комплексы характеризует возможность автоматизированной переналадки с одной партии изделий на другую партию группы изделий, близких по конструктивно-технологическим признакам. Это удастся сделать за счет применения гибких производственных модулей или комплексов (рис. 4), робототехнических комплексов и станков с программным управлением, которыми управляет ЭВМ. Гибкие производственные системы обычно оборудованы автоматизированной транспортно-складской системой и другими средствами автоматизации, которые могут быть организованы в так называемую «безлюдную технологию».

Дальнейшее снижение коэффициента закрепления операций на основе увеличения серийности изготавливаемой продукции и перехода к изготовлению на производственном участке только одного типа изделий позволяет создать *поточную форму организации технологических процессов* (рис. 5–6). Её характе-

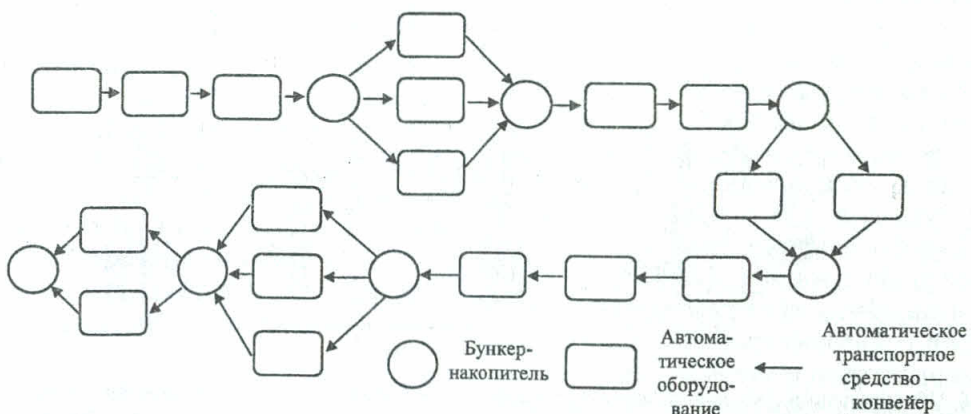


Рис. 6. Структура автоматической поточной линии, разделенной на секции бункерами-накопителями

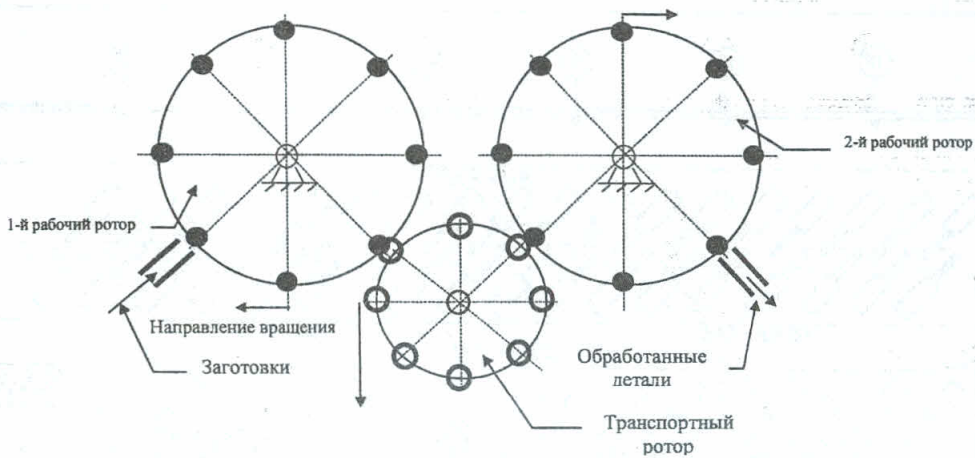


Рис. 7. Схема роторной автоматической линии

ризует закрепление за каждым рабочим местом определенных изделий и операций, расположение оборудования строго по ходу технологического процесса, ритмичность производства на основе постоянства такта выпуска изделий.

Высокую ритмичность обеспечивают на основе создания условий синхронизации операций технологического процесса поточной линии. Если условие синхронизации при организации поточной линии выполнено, то создают непрерывные поточные линии, если нет — то проектируют прерывную поточную линию. Главная особенность непрерывной поточной линии заключается в том, что синхронизация операций технологического процесса создает условия для использования на потоке рабочего конвейера. Такой конвейер работает либо в режиме непрерывного перемещения изготавливаемого на нем изделия, либо в некоторых случаях создают пульсирующий рабочий конвейер. Пульсирующий конвейер в течение времени, равного такту, не перемещается, далее после завершения выполнения всех операций на поточной линии по команде он перемещается на один шаг и фиксируется. При этом каждое изделие на поточной линии пульсирующий конвейер смещает на следующую операцию (на следующее рабочее место).

Прерывные поточные линии, вследствие рассинхронизации технологических операций, обычно работают в комплекте не с рабочим конвейером, а с распределительным. Его отличает от рабочего конвейера то обстоятельство, что он только транспортирует изделие между смежными операциями, а изготовление осуществляют вне конвейера. В процессе межоперационного транспортирования из-

делий на прерывной поточной линии они попадают в так называемый оборотный (межоперационный) задел, из которого полуфабрикат передают в рабочую зону оборудования для обработки, из которой после выполнения операции его вновь направляют на перемещение распределительным конвейером к следующей операции. Межоперационный задел образуется из-за рассинхронизации смежных операций. Она объясняет различную величину относительной производительности операций и накопление или ускоренное расходование оборотного межоперационного задела.

Как прерывные, так и непрерывные поточные линии в зависимости от номенклатуры изготавливаемых на них изделий могут быть одно- и многономенклатурными. Многономенклатурные поточные линии отличает от групповых потоков, рассмотренных выше для участков группового производства, следующее обстоятельство. На многономенклатурной групповой поточной линии в поток, как правило, одновременно вводят для обработки несколько партий изделий. Другими словами, в групповом производстве на разных стадиях обработки мы увидим различные партии, что характерно для данной формы организации технологического процесса. В многономенклатурных поточных линиях прерывного и непрерывного типа два изделия (одно в запуске, другое на выходе с линии) мы увидим только в момент переналадки линии с одного изделия на другое. За пределами этого интервала времени многономенклатурная поточная линия обычно работает как однономенклатурная до момента следующей переналадки, например, через несколько суток.

Комплексы поточных линий при компоновке цеха или производственного корпуса

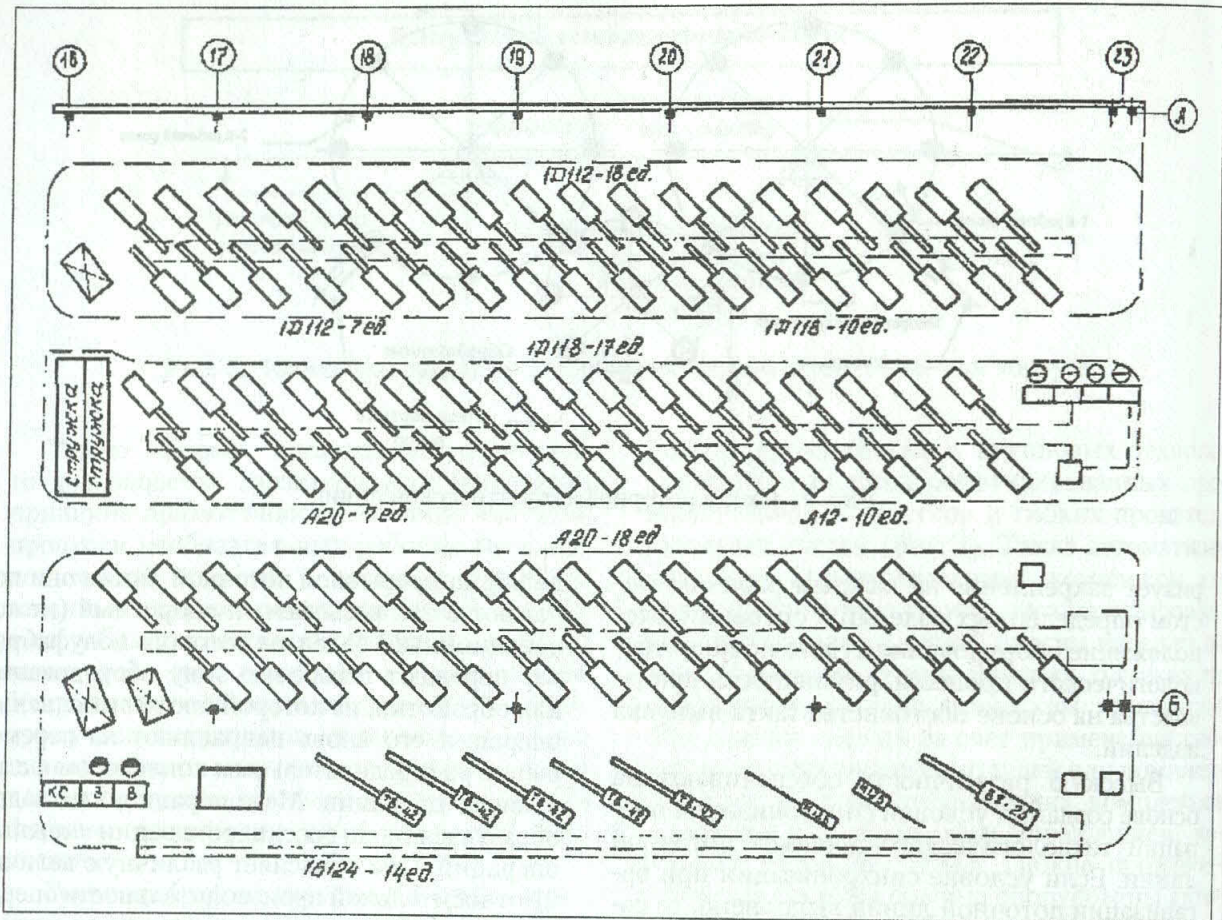


Рис. 8. Структура участка прутковых автоматов

могут иметь не только рядные схемы, как показано на рис. 6, но и более сложные структуры, например, роторной автоматической линии (рис. 7).

Повышение уровня автоматизации поточной формы организации технологического процесса позволяет создавать автоматизированные и автоматические поточные линии. Для повышения надежности их работы и упрощения выполнения условия синхронизации технологического процесса многооперационные автоматические поточные линии делят на секции (для особо крупных автоматических линий возможно деление на участки). Такие секции или участки разделяют бункерами-накопителями. Включение бункеров-накопителей обеспечивает накопление в них межоперационных заделов. Следствием этого является возможность синхронизации не всех операций технологического процесса, а только частей, которые отделены бункерами-накопителями. Эта особенность существенно упрощает проектную задачу. Второе достоинство бункеров-накопителей заключается в том, что в случае отказа любого станка из-

за технических неполадок автоматическая линия продолжает работать: предшествующие участки — на пополнение бункера-накопителя, который установлен перед отключенной для восстановления работоспособности секцией, а последующая часть линии — от бункера-накопителя, который замыкает отключенную для восстановления секцию.

Автоматическая поточная линия с точки зрения рабочего-оператора, который работает на загрузочной позиции, может представлять одно рабочее место. В этой связи на классификации (см. рис. 1) структуры автоматических поточных линий отнесены к сегменту 3.4. В смежном множестве автоматических поточных линий (4.3 на рис. 1) находятся роторные и роторно-конвейерные комплексы, которые имеют ещё более высокую, чем рассмотренные автоматические линии, производительность. Они отличаются от автоматических поточных линий других типов, в которых процессы обработки и транспортировки, как правило, разделены во времени, тем, что на роторных автоматических линиях процессы обработки и транспортировки из-

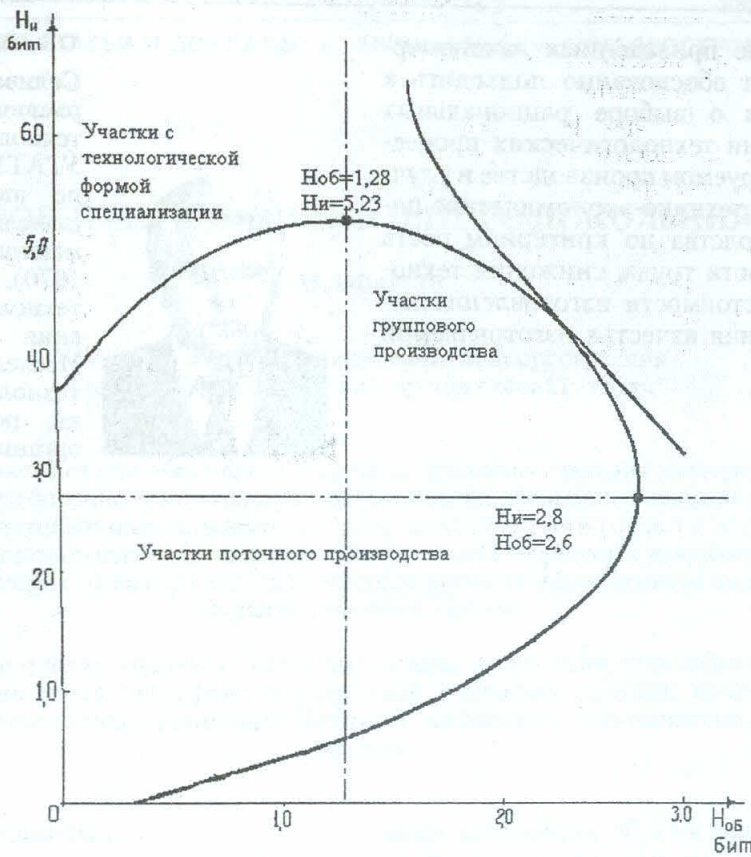


Рис. 9. Закономерности изменения энтропии производственных участков

готовляемого изделия полностью совмещены, рис. 7.

К участкам четвертого класса (прямоугольник 4) с поддетальной специализацией рабочих мест, как уже было отмечено выше, относят чаще всего автоматные участки, рис. 8. Не останавливаясь подробно на смежных 1 и 4 классам сегментах (это обычно производственные участки на основе станков-комбайнов, станков типа «обрабатывающий центр» и других типов многооперационных станков), отметим, что все перечисленные выше компоновочные схемы при изменении производственной программы, т. е. целевой функции рассматриваемых производственных систем, могут трансформироваться в смежные классы структурных схем.

Закономерности таких преобразований в зависимости от изменения энтропии производственной программы и структуры парка производственного оборудования представлены на рис. 9.

Из данных рис. 9, которые получены по результатам анализа многих десятков производственных участков на 6 предприятиях в основном авиационного двигателя-, приборо-, агрегатостроения, видно, что энтропия про-

изводственной программы и структуры парка оборудования не может быть сколь угодно большой:

$$H = - \sum_i p_i \log_2 p_i, \quad (2)$$

где $i = \overline{1, m}$; m — количество признаков, по которым исследуется однородность элементов совокупности (в данном случае производственной программы изделий — H_i и структуры парка оборудования — $H_{об}$); $p_i = n_i/n$ — частота появления элементов с i -м признаком однородности; n_i — число элементов совокупности, обладающих i -м признаком; n — общее количество элементов, входящих в исследуемую совокупность.

При достижении определенного максимума энтропии структуры производственных участков претерпевают изменения, которые возможны при реконструкции данного производственного подразделения. Другими словами, возможен переход от участков с технологической формой специализации к групповому производству (и наоборот) и от группового к поточному производству (и наоборот).

Использование приведенных закономерностей позволяет обоснованно подходить к решению задачи о выборе рациональных форм организации технологических процессов в реконструируемом производстве и улучшать тем самым технико-экономические показатели производства по критериям роста производительности труда, снижения технологической себестоимости изготовления изделий и улучшения качества изготавливаемой продукции.



ОБ АВТОРЕ

Селиванов Сергей Григорьевич, профессор кафедры технологии машиностроения УГАТУ. Дипл. инженер по автоматизации и комплексной механизации машиностроения (УГАТУ, 1970), д-р техн. наук по технологии машиностроения (Мосстанкин, 1991). Исследования в области технологической подготовки, реконструкции, теории организации производства.