

На правах рукописи

До Тиен Лап

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ
СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ
ОГРАНИЧЕНИЙ ПО РЕСУРСАМ**

Специальность 05.02.22

Организация производства (машиностроение)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



МОСКВА – 2008г.

Силаева Л. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы: В настоящее время наблюдается быстрый рост частоты смены производимых продуктов. В большинстве случаев, при переходе от изготовления одной продукции к другой нужно дополнительное вложение капитала для покупки необходимого оборудования, соответствующего технологическим процессам изготовления новой продукции. При большой частоте смены номенклатуры продуктов нужно также часто переоснащать и реорганизовывать производство. Большинство предприятий не имеют достаточный инвестиционный потенциал. Особенно это касается развивающихся стран и регионов, таких как Вьетнам. Почти все предприятия во Вьетнаме малые и средние. Их потенциал недостаточно высок. Большинство из используемого оборудования были сделано в СССР в 70^{ых} годах предыдущего века. Как правило, такие предприятия являются мелкосерийными и среднесерийными. Относительная слабость организации и управления производством также не отвечает требованиям быстрой реорганизации производства при большой частоте смены номенклатуры продуктов. В этих условиях перед производителями поставлена задача: как и что надо делать, чтобы предприятия действовали эффективно на основании имеющегося оборудования и в условиях изменения номенклатуры продуктов, в условиях ограничения инвестиций. В этом случае применение предметной специализации производства не эффективно. В современных условиях преимущественно мелкосерийного производства быстро сменяющейся номенклатуры изделий проявляются организационные недостатки предметно-специализированных производств. Это особенно ярко проявляется в процессе перехода предприятий к производству новой продукции. Переход к технологической специализации в этом случае действительно оправдан. Для того, чтобы применять эффективно технологическую специализацию, нужна хорошо разработанная методическая поддержка выбора структуры организации производства. Данная работа преследует цель исследования и разработки методов оптимизации технологических комплексов в условиях сильных ограничений по ресурсам.

Предметом исследования являются модели и методы оптимизации структуры технологических комплексов.

Цель работы: Диссертация посвящена выбору оптимальной структуры промышленного предприятия на основе его технологической специализации.

Основные задачи исследования:

- Формирование критериев оптимизации технологических комплексов (ТК) в условиях сильных ограничений по ресурсам.
- Установление структуры модели оптимизации.
- Установление зависимости производственных затрат и структуры ТК.
- Установление фактических конструктивно-технологических характеристик действующего производства (обработка статистических данных).
- Проведение экспертизы с целью установления технологических процессов и необходимого состава оборудования для заданного продуктового ряда.
- Решение двухуровневой оптимизации виртуального ТК.
- Разработка предложений по совершенствованию промышленных предприятий.

Научная новизна проведенного исследования отражена в следующих результатах, выносимых на защиту:

1. Исследована и разработана двухуровневая модель оптимизации ТК.
2. Установлена зависимость производственных затрат и структурных характеристик ТК.
3. Установлен главный фактор эффективности ТК – частота смены номенклатуры продукции.
4. Установлен технологический тип специализации производства в условиях ограничения по инвестициям.
5. Установлена типовая схема взаимодействия технологических специализированных структур.

Практическая ценность: Практическую значимость диссертационной работы представляют собой рабочие методики повышения эффективности промышленного производства в условиях бесинвестиционного развития.

Апробация работы: Основные положения диссертации обсуждались и докладывались на заседаниях кафедры МТ-3 «Технология машиностроения» и кафедры ИБМ-3 «Промышленная логистика» в 2007 году.

Публикации: Основное содержание работы опубликовано в 2-х печатных работах.

Структура диссертации: Диссертация состоит из введения, четырёх глав, основных выводов и списка литературы из 71 наименований. Основная часть работы составляет 142 страниц машинописного текста и содержит 30 рисунков и 12 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении отмечена актуальность темы работы, сформулированы задачи исследования, определены объект и предмет исследования, а также практическая значимость, приведена научная новизна, обоснована структура работы.

Первая глава «аналитический обзор информационных источников» посвящена рассмотрению проблем производственной системы в информационных источниках. Анализ показан, что производственная система - система осуществляемого преобразования сырьевых и иных материальных ресурсов, поступающих на вход этой системы, в конечный продукт путем производства и вовлечения в этот процесс капитальных вложений и иных финансовых средств. Структура 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 действия (модули действий).

Анализ производственной системы (ПС) стал более плодотворным и всесторонним с применением кибернетического подхода, основанного на представлениях о взаимодействиях управляемого и управляющего звеньев системы. Стало возможным идентифицировать ПС как производственную систему, состоящую из преобразующей системы (ПрС), БВС выполняющей функцию управляемого объекта и продукта (П), - результата целенаправленной деятельности человека.

Из анализа информационных источников вытекает, что предприятие представляет собой производственную систему. Как всякий процесс на предприятии, процесс производства является результатом комбинации производствен-

ных факторов, т.е. наличием материалов, необходимых для изготовления изделий и предоставления услуг. Выделяются группы производственных факторов: основные, первоначальные и дополнительные.(рис.1)

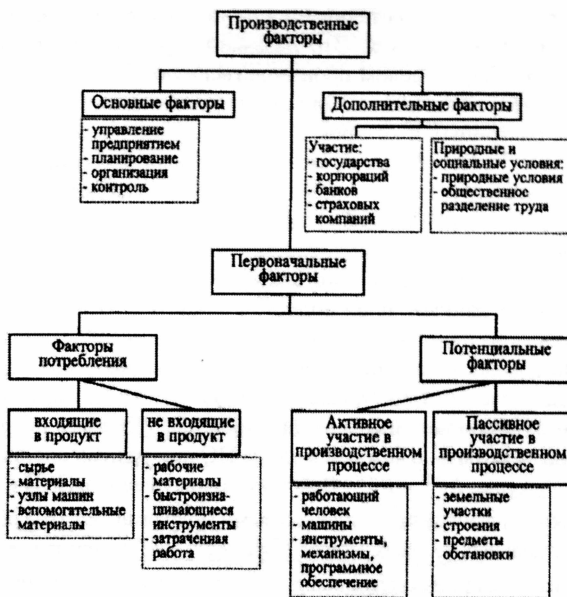


Рис.1. Схема производственных факторов и их взаимосвязи

Существуют на предприятии следующие типы ресурсов:

- *Технические ресурсы* (особенности производственного оборудования, инвентаря, основных и вспомогательных материалов и т.п.);
- *Технологические ресурсы* (динамичность методов технологии, наличие конкурентоспособных идей, научные заделы и др.);
- *Кадровые ресурсы* (квалификационный, демографический состав работников, их способность адаптироваться к изменению целей производственной системы);
- *Пространственные ресурсы* (характер производственных помещений, территории предприятия, коммуникаций, возможность расширения и пр.);
- *Ресурсы организационной структуры системы управления* (характер и гибкость управляющей системы, скорость прохождения управляющих воздействий и т.п.);
- *Информационные ресурсы* (характер располагаемой информации о самой производственной системе и внешней среде, возможность ее расширения и повышения достоверности и т.п.);
- *Финансовые ресурсы* (состояние активов, ликвидность, наличие кредитных линий и т.п.).

Затраты возникают в процессе формирования и использования ресурсов для достижения определенной цели. Обычно они являются разнонаправленными, делятся на инвестиционные и текущие (операционные), связанные с непосредственным выполнением предприятием своей основной функции (миссии) - изготовлением продукции (оказанием услуг).

В производстве существуют два вида специализации: предметная и технологическая. При предметной специализации производственные структурные единицы формируют по признаку изготавливаемых изделий. При этом в одной структурной единице сосредотачивается разное оборудование, необходимое для полного изготовления изделия. Это называют предметно-специализированным производством (ПСП). В целом производственную систему, организованную по принципу предметной специализации структурных единиц, можно представить в виде таблицы (матрицы), в которой в виде столбцов представлены структурные подразделения и, соответственно, выпускаемая ими продукция, а в виде строк - входящие в состав структурного подразделения производства.

При технологической специализации производственные структурные единицы формируют по признаку выполняемых технологических процессов (литейные, кузнечные, механические, покрытия, сварочные и т.д.). Это называют технологически-специализированным производством (ТСП). В целом производственную систему, организованную по принципу технологической специализации структурных единиц, можно представить в виде таблицы (матрицы), в которой в виде столбцов представлены структурные подразделения (цехи) и, соответственно, их технологическая специализация, а в виде строк - выпускаемая продукция.

Можно сравнить затраты в каждом модуле ПС при разных специализациях.

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 незавершённого 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 трудоёмкость действий по хранению. С другой стороны, модули хранения в ТСП имеют более универсальный 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 $E_S^{ПСП} \approx E_S^{ТСП}$, так как в технологически специализированном производстве выше уровень незавершённого 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 трудоёмкость 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.

В результате проведенного анализа были сделаны выводы о важности методов сравнения видов специализации. Сравнение очень важно потому что после выбора вида специализации, можно знать какие затраты надо снизить. Это дает возможность установить вид целевой функции.

В второй главе «исследование зависимостей в модели оптимальной специализации производственной системы» рассматриваются разработка двух-уровневой модели оптимизации ПС, выбор вида специализации, а также установление вида качественных зависимостей в модели оптимальной специализации ПС. Было показано, что структура производственной системы (ПС) во многом определяется структурой технологических комплексов (ТК), определяющих качество производственной продукции и затраты на её изготовление. Производственный анализ также показал, что оптимальность структуры ТК зависит от вида специализации ПС: для предметной специализации решение по структуре ТК во многом отличается от решения, принятого для технологической специализации. Таким образом, задача оптимизации распадается на два уровня (рис. 2). На первом уровне должны провести оптимизацию вида специализации. На втором уровне необходимо выбранную специализацию обосновать структурно.

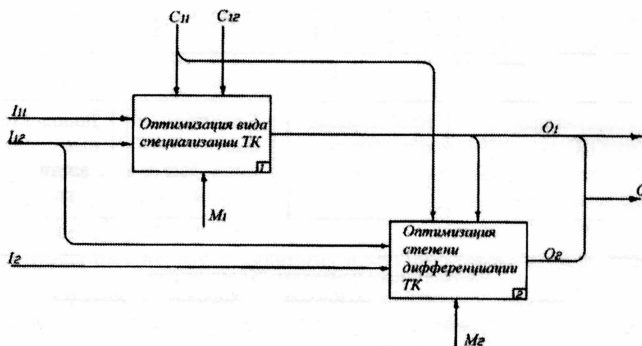


Рис. 2. Двухуровневая модель оптимизации ПС

где: I_{11} – частота изменения номенклатуры продуктов; I_{12} – состав технологического оборудования ПС; I_2 – расположение элементов ПС; C_{11} – минимизация производственных затрат; C_{12} – ограничение по инвестициям; M_1 – модель оптимизации первого уровня; M_2 – модель оптимизации второго уровня; O_1 – специализированный ПС; O_2 – дифференцированный ПС; O – оптимально-структурированный ПС.

Для того, чтобы решать задачу оптимизации вида специализации на первом уровне был проведен анализ факторов эффективности при выборе специализации ПС. Проведен отбор факторов эффективности креативной производственной системы (КПС) (рис. 3). Факторы эффективности в соответствии с приведённой схемой были разделены на факторы доходности производственной системы (ПС) и факторы убытков ПС.

Фактор, влияющий на доходность и на убытки ПС, представляет собой частоту смены номенклатуры продукции, поскольку при изменении номенклатуры, в зависимости от вида специализации, дополнительные затраты будут повышаться.

В соответствии с анализом факторов, приведённых на рис. 3, выявлено, что главным фактором, определяющим как доход, так и убытки, является фактор частоты смены номенклатуры продукции. Этот фактор влияет как на функцию роста доходов, так и на функцию затрат на переоснащение. Были рассмотрены эти две зависимости. Зависимость роста доходов от частоты смены номенклатуры про-

дукции устанавливается с помощью разработанной модели.



Рис. 3. Факторы эффективности креативной производственной системы (КПС) при выборе специализации

В упрощенном виде сущность модели представлена в табл. 3, где предприятие 1 относится к числу креативных, а предприятия 2 и 3 к числу рекреативных.

Таблица 3.

Пред.	Пропорция дохода между креативными и рекреативными предприятиями									
1	1/2	1	1/2	1/3	1	1/2	1/3	1	1/2	1/3
2	1/2	0	0	1/3	0	1/2	1/3	0	0	1/3
3	0	0	1/2	1/3	0	0	1/3	0	1/2	1/3

Исходя из этой модели, очевидно, что если первое предприятие не будет дожидаться, пока второе и третье предприятия его догоняют, а будет все время повторять выпуск новых моделей продукции, то оно будет всё время получать наивысший доход. Качественно это можно представить в виде графика на рис. 4.

где: η - частота смены продукта;
 $E_1(\eta)_{\text{lim}}$ - предельный рост эффективности КПС за счёт новых моделей про-

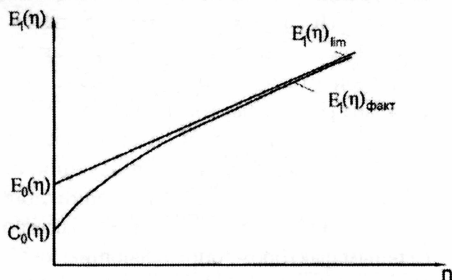


Рис. 4. Зависимость функции доходов креативного предприятия КПС от частоты смены номенклатуры продукции

дука; $E_1(\eta)_{\text{факт}}$ – фактический рост эффективности ПС; $E_1(\eta) \geq E_1(\text{факт})$ – за счёт появления «нового» продавца.

Качественно была также установлена зависимость затрат на переоснащение при изменении номенклатуры продукции для двух видов специализации: предметной и технологической. Ситуация, связанная с предметной специализацией производства представлена на рис. 5.

где: $E_1(\eta)$ – функция роста доходов (прибыли) от частоты смены номенклатуры продукции (η); $E_2(\eta)$ – функция затрат на переоснащение при смене номенклатуры продукции (η);

На рис. 5 показана качественная оценка соотношения эффективности и затрат ПС, зависящая от η . Известно, что при предметной специализации (ПСП) при небольшом изменении номенклатуры продукции наблюдается повышение суммарной эффективности $E_2(\eta)$. Это объясняется тем, что для небольших η величина $E_1(\eta)$ превышает величину $E_2(\eta)$. Разность $E_1(\eta) - E_2(\eta)$ достигает максимального значения при η_{max} . Если частота изменения номенклатуры продолжает увеличиваться, то суммарная эффективность ПС $E_2(\eta)$ падает. Достигнутая при η_{max} разность $E_1(\eta) - E_2(\eta)$ падает поскольку падение эффективности за счёт непрерывного технологического переоснащения будет больше, чем повышение эффективности за счёт роста рыночной конъюнктуры. Эта разность будет равна нулю при η_0 . С этого момента предприятие действует без прибыли. При дальнейшем повышении частоты η суммарная эффективность стремительно падает, и предприятие начинает работать в убыток. Понятно, что предметная специализация при этом становится убыточной и следует обратиться к технологической специализации.

На рис. 6 показано соотношение доходов и расходов при ТСП.

где: $E_1(\eta)$ – Доход за счёт роста рыночной конъюнктуры; $E_2(\eta)_{\text{const}}$ – транспортные затраты;

Как и при предметной специализации, эффективность за счёт роста рыночной конъюнктуры при ТСП будет также повышаться при увеличении частоты смены номенклатуры. Затраты на

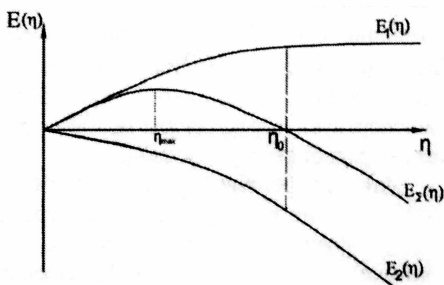


Рис. 5. Зависимость дохода и затрат на переоснащение от частоты смены номенклатуры при ПСП

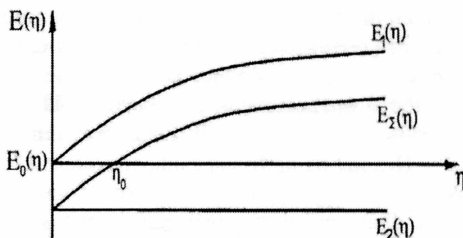


Рис. 6. Зависимость дохода и затрат от частоты смены номенклатуры при технологической специализации

переоснащение при ТСП отсутствуют и это является главным преимуществом ТСП. Однако при ТСП существует транспортная затрата, связанная с неизбежным перемещением полуфабриката между ЦТК. Эта величина постоянная для любого η т.е эта затрата не изменяется ($E_2(\eta) = const$), так как она зависит только от числа центров технологической компетенции (ТЦК) и не зависит от видов изделий. Суммирование $E_1(\eta) + E_2(\eta) = E_2(\eta)$ может дать разные значения, важные с точки зрения выгодности ТСП, как видно из рис. 6, критической величиной является η_0 . Очевидно, что когда частота смены номенклатуры увеличивается ($\eta > \eta_0$) доход ПС будет повышаться. При ТСП транспортная затрата не изменяется, но она влияет на доход предприятия. Таким образом, следует снижать первоначальную транспортную затрату чтобы повысить эффективность производства – повысить доход предприятия.

Для того, чтобы решать задачу оптимизации структуры выбранной специализации на втором уровне двухуровневой модели нужно было установить целевую функцию. Целью любой ПС является повышение доходов (максимум прибыли) или минимум производственных затрат. Производственные затраты включают ряд различных компонент затрат.

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{тран}} + Z_{\text{труд}} + Z_{\text{др}} \rightarrow \min \quad (1)$$

$Z_{\text{тран}}$ – Транспортная затрата; $Z_{\text{труд}}$ – Трудозатрата; $Z_{\text{др}}$ – другие затраты

Для того, чтобы уменьшать суммарные затраты, необходимо уменьшать каждую компонентную затрату. В производственных условиях, когда присутствуют сильные ограничения, большая частота изменения номенклатуры, при технологической специализации нужен минимум транспортной затраты и трудозатраты. Другие затраты в этом случае не исчисляются.

$$Z = Z_{\text{тран}} + Z_{\text{труд}} \rightarrow \min \quad (2)$$

где $Z_{\text{тран}} = f(m)$; $Z_{\text{труд}} = g(m) - m$ количество структурных элементов.

Третья глава «исследование зависимостей в модели оптимизации структуры производственной системы (ПС)» посвящена факторам эффективности оптимальной структуры ПС, установлению качественных и количественных зависимостей в модели оптимизации структуры ПС, и также установлению оптимального числа центров технологической компетенции (ЦТК) в модели оптимизации. Исходя из двухуровневой модели оптимизации ПС, представленной на рис. 2, после выбора и обоснования специализации ПС, необходимо было провести оптимизацию степени дифференциации ТК, т. е. выбрать оптимальное число ЦТК для случая технологической специализации. С этой целью первоочередной задачей был выбран анализ факторов эффективности оптимальной структуры ЦТК. Анализ факторов эффективности оптимальной структуры ПС был представлен в виде блок схемы (рис. 7).

Исходя из противоречивости числа ЦТК, мы должны были найти оптимальное число структурных элементов производственных систем – оптимальное число ЦТК. Для того, чтобы определить оптимальное число ЦТК, нужно было сформулировать модель оптимизации где центральным местом является необходимость определения оптимального числа структурных элементов. При этом была сформирована не только качественная, но и количественная модель определения числа ЦТК. Установление вида и качественных и количественных зависимостей прово-

дилось по двум группам факторов. С одной стороны- зависимости, определяющие трудозатраты от числа структурных элементов. С другой стороны - зависимости, определяющие транспортные затраты от числа ЦТК. Структура ЦТК была представлена в виде сети перемещения материалов и информации ПС (рис. 8).

Здесь под S_i понимается i -ый ЦТК, а P_{ij} – транспортные затраты при перемещении из S_i в S_j . На рис. 8 видно, что при увеличении числа ЦТК увели-



Рис. 7. Факторы эффективности оптимальной структуры ПС

чиваются транспортные затраты, увеличиваются траектории перемещения (так как множество отношений между числами ЦТК увеличивается). Наоборот, при уменьшении числа ЦТК транспортные затраты уменьшаются. На рис. 9 представлена зависимость транспортных затрат от числа ЦТК, которая выражается как функция:

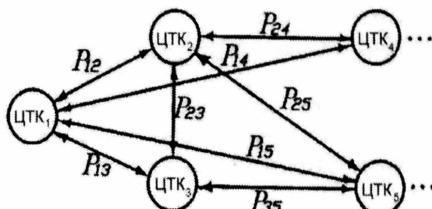


Рис. 8. Сеть перемещения материалов и информации ПС

$$E_{2\text{тран}} = f_1(m) \quad (3)$$

где: m – число ЦТК;

Вид кривой был установлен в результате анализа сети. Если m – это число вершин, то $E_{2\text{тран}}$ представляет собой транспортные трудозатраты. Взаимозависимость между вершинами x и движениями z показана в табл. 4. Был получен график, показывающий вид зависимости для любой сети расположенных структурных элементов.

Таблица. 4

перемещения	0	0	1	3	6	10	15	21	...
m	0	1	2	3	4	5	6	7	...

Далее необходимо было установить вид зависимости между трудозатратами и числом ЦТК. С этой целью трудозатраты были представлены в виде функции:

$$E_{2\text{труд}} = f_2(m); \quad (4)$$

где: m – число ЦТК; $E_{2\text{труд}}$ – трудозатраты;

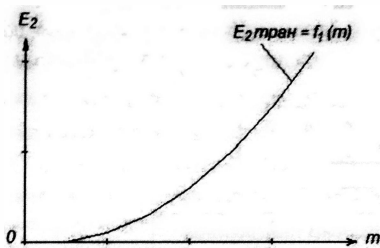


Рис. 9. Взаимозависимость чисел ЦТК и транспортной затраты

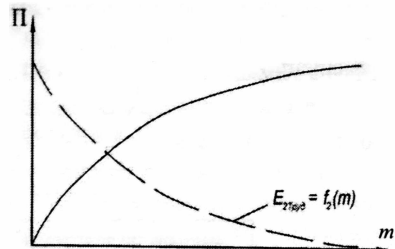


Рис. 10. Зависимость «обратная» кривой Эббингауза

Для установления этого вида зависимости была использована известная кривая Эббингауза (рис. 10). Опираясь на эту экспоненциальную кривую Эббингауза, был построен график, приведённый на рис. 10. Из графика видно, что с течением времени, т. е. при бесконечном увеличении числа структурных элементов, производительность труда приближается к экспоненте. Была построена обратная кривая Эббингауза и показано, что трудозатраты – величина, обратно пропорциональная производительности, т. е. чем больше производительность, тем меньше трудозатраты (кривая $E_2 = f_2(m)$).

Была построена модель оптимизации как сочетание двух зависимостей, представленных на рис. 9 и на рис. 10. В целом эта модель, состоящая из двух зависимостей: зависимость трудозатрат и зависимость транспортных затрат, представлена на рис. 11.

где: m – число ЦТК; E_2 – затраты ПС; $E_{2\text{тран}} = f_1(m)$ – транспортные затраты; $E_{2\text{труд}} = f_2(m)$ – трудозатраты.

Из графика видно, что число структурных элементов производственной системы, относится к противоречивым параметрам, т. е. число ЦТК относится к таким

параметрам, для которых нужно выбрать оптимальное значение. Такое значение должно приносить минимум суммарных затрат. Так была решена задача оптимизации выбора ЦТК. Установлена модель оптимизации числа структурных элементов на первом этапе качественной модели. Для установления оптимального числа ЦТК нужна была количественная модель. Для этого был использован метод Монте-Карло.

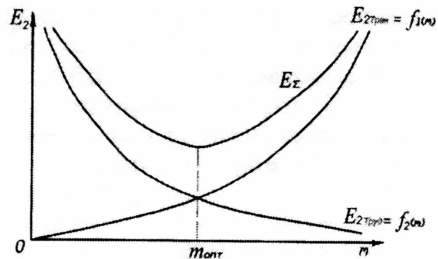


Рис. 11. Модель оптимизации числа структурных элементов (ЦТК)

На качественном уровне можно была установлена формула зависимости дохода $E_1(\eta)$. (на рис. 4)

$$E_1 = G\eta^n + C \quad (5)$$

где: G - коэффициент, C - доход в случае без изменения новых продуктов,

Так как доход предприятия зависит от многих факторов: цены производимой продукции, времени конкурентного преимущества, низких затрат, и т.д., то влияние этих факторов на доход обозначено через коэффициент G . Нужно было определить значение показателя степени n . Для того, чтобы упростить процедуру, было принято, что G и C уже были известны. И тогда значение n можно установить по формуле:

$$E_1 = \eta^n \quad (6)$$

Логарифмируя уравнение, получили

$$n = \frac{\ln(E_1)}{\ln(\eta)} = \log_{\eta}(E_1) \quad (7)$$

Так как E_1 и η являются случайными, они находятся в определённых интервалах, которые установлены практикой. Был проведен опрос специалистов, работающих на заводах, и установлено, что для многих предприятий частота смены продукции колеблется от 5 до 30 видов продукции, т. е. η находится в интервале [5..30]. Было принято для определенности, что распределение значения η в этом интервале подчиняется закону равной вероятности и при изменении номенклатуры продукции доход предприятия увеличивается от 2 до 6 раз. Было принято число вычисления равным ста тысячам. Для машинного вычисления использована программа, которая написана на языке C++. В соответствии с принятым методом для каждого значения E_1 и η вычисляется значение n на основании формулы (7). Среднее значение n вычисляется по формуле:

$$\bar{n} = \left(\sum_{i=1}^{100000} n_i \right) / 100000 \quad (8)$$

Результат этого вычисления показан на рис. 12. Точное значение n равно 0,503053, а приближительное равно 0,5.

После вычисления формула 3.4 преобразуется в (9)

$$E_1 = G \cdot \sqrt[n]{\eta} + C \quad (9)$$

На рис. 9 отражена зависимость транспортных затрат от числа ЦТК, которая имеет вид экспоненты и выражается по формуле:

$$E_{2Tp} = K \cdot m^n \quad (10)$$

где: K – коэффициент; E_{2Tp} - транспортная затрата; m - число структурных элементов.

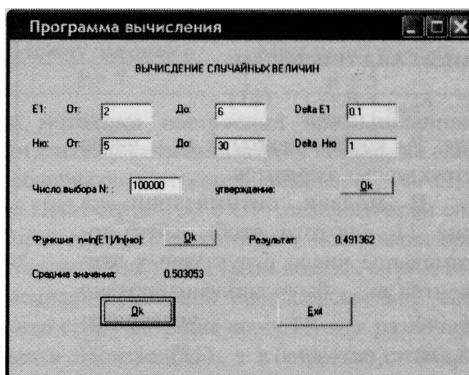


Рис. 12. Результат вычисления степени n по формуле (8)

Был выбран метод вычисления n , как и в предыдущем случае – метод Монте-Карло. Все ситуации с транспортной затратой были разбиты на три уровня: затраты на предприятии, между предприятиями и между регионами.

По результатам опроса специалистов было принято, что число ЦТК для конкретной продукции цеха или завода насчитывают от двух до пятнадцати ЦТК [2..15]. В частном случае было показано, что для одной продукции в качестве меры транспортной затраты удобно брать относительно величину. Транспортные затраты при разных уровнях разные. Транспортная затрата между ЦТК на заводе меньше чем транспортная затрата ЦТК между предприятиями. И в свою очередь она меньше транспортной затраты ЦТК между регионами. По результатам экспертизы, проведенной специалистами, транспортная относительная затрата будет больше от 10 до 20 раз на предприятии. На уровне между предприятиями число ЦТК для конкретной продукции находится в интервале от двух до двенадцати [2..12]. Транспортная затрата в регионе вырастает от 20 до 30 раз. Аналогично, число ЦТК для конкретной продукции находится в интервале от двух до девяти [2..9] и транспортная затрата вырастает от 30 до 40 раз на уровне между регионами.

После вычисления значения n при трёх разных уровнях организации производства были установлены соответственно $n=1,55$, $n=2,03$, $n=2,53$. Формула (10) будет:

$$E_{2TP} = K \cdot m^{1,55}, \quad E_{2TP} = K \cdot m^{2,03} \quad \text{и} \\ E_{2TP} = K \cdot m^{2,53}. \quad \text{Их кривые показаны на рис. 13}$$

Нетрудно заметить, что на рис. 10 функция трудозатраты имеет вид гиперболы:

$$E_{2TP} = P_1 \cdot \frac{1}{m} \quad (11)$$

где: P_1 – коэффициенты и m – число структурных элементов.

В модели оптимизации на рис. 11, для того, чтобы найти оптимальное число структурных элементов $m_{\text{опт}}$, было минимизировано $E_{\Sigma}(m)$ из уравнения:

$$E_{\Sigma}(m) = f_1(m) + f_2(m), \quad (12)$$

где: $f_1(m)$, $f_2(m)$ – транспортная затрата и трудозатрата, которые вычисляются по методу Монте-Карло.

$$f_1(m) = K_1 m^n \quad \text{и} \quad f_2(m) = \frac{P_1}{m} \\ E_{\Sigma}(m) = K_1 m^n + \frac{P_1}{m}, \quad (13)$$

Было установлено, что на практике трудозатрата всегда больше, чем транспортная затрата в несколько раз. Например, для одного единственного вида продукции снизить трудозатраты сложнее, чем уменьшить транспортные затраты. Транспортная затрата зависит от многих факторов: от расстояния, от веса продукции, от характери-

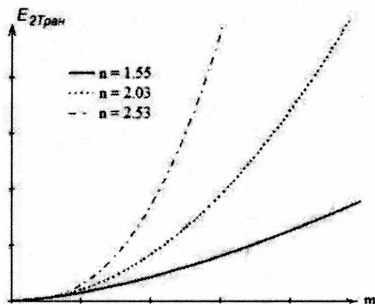


Рис. 13. Кривая транспортной затраты при разных уровнях организации производства

стик продукции, и т. д... В одном цехе или на одном заводе транспортная затрата между ЦТК обычно небольшая, когда размещается большое число ЦТК. Размещение большого числа ЦТК обычно не повышает markedly затраты производства. Однако между заводами транспортная затрата повышается значительно, особенно при большом числе ЦТК. В этом случае нужно снижать число ЦТК. Похожая ситуация наблюдается при производстве, распределенном между регионами. В связи с тем, что метод Монте-Карло основан на статистическом материале, собранном экспертами, мнения которых обычно расходятся на практике, целесообразно в качестве результата оптимизации отыскивать не точное значение числа ЦТК, а только интервал. Результаты проведенного расчёта оптимальных интервалов в каждом случае.

* На заводе: $n = 1,55$ и тогда (13) будет:

$$m^{2,55} = P / K \quad (14)$$

По результатам экспертизы показано, что величина P / K будет в интервале (130 ÷ 350). Решение (14) дало результат $m = (6,74 \div 9,94)$. Однако m представляет собой целое число, поэтому m находится в интервале (7 ÷ 10).

* В регионе: $n = 2,03$ и тогда (14) будет:

$$m^{3,03} = P / K \quad (15)$$

Решение (15) дало результат $m = (4,98 \div 6,91)$. Однако m представляет собой целое число, поэтому m находится в интервале (5 ÷ 7).

* Между регионами: $n = 2,55$ и тогда (14) будет:

$$m^{3,55} = P / K \quad (16)$$

Решение (16) дало результат $m = (3,93 \div 5,2)$. Однако m представляет собой целое число, поэтому m находится в интервале (4 ÷ 5).

После вычисления оптимальное число ЦТК показано в следующей табл. 5

	На предприятии	Между заводами	Между регионами
Число ЦТК m	7 ÷ 10	5 ÷ 7	4 ÷ 5

Четвёртая глава «разработка методики построения промышленного предприятия на принципах технологической специализации» посвящена алгоритму построения промышленного предприятия в условиях сильных ограничений по ресурсам факторам, применимости ПИМ-структуры в СУ технологически специализированных ПС, обработке данных экспертизы. Алгоритм построения промышленного предприятия в условиях ограничений по ресурсам показан на рис. 14.

Управление технологически специализированной производственной системой опирается на матрицу, где в виде строк матрицы используется различная конструкция изделий, изготавливаемых в производстве, а в качестве столбцов этой матрицы используются ЦТК. (таблица 6).

Таблица. 6 ПИМ структура

	Π_1	Π_2	Π_3	...	Π_p
Π_1	d_{11}	d_{12}		...	d_{1p}
Π_2		d_{22}	d_{32}	...	
...	...	...	...	...	...
Π_m	d_{m1}		d_{m3}	...	d_{mp}

d_{ij} – действия из технологического процесса (ТП). ТП по каждому продукту определяется экспертно; $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m$ – изделия.

Предлагаемая структура использована для построения реальной производственной системы, так как у неё были выявлены следующие преимущества: 1- легко осуществить переход от одного продукта к любому другому продукту (продуктовому ряду). 2- Организация производства на принципах ПИМ-структуры позволяет переходить к новым продуктам без привлечения инвестиций на определенной стадии развития в условиях сильных ограничений. 3- Дальнейшее развитие производства будет осуществляться путём развития ЦТК, а не предметно-ориентированных производств.



Рис. 14. Алгоритм построения промышленного предприятия в условиях сильных ограничений по ресурсам

Для построения реальной ПС была проведена экспертиза видов изделий. Все 20 продуктов, разложив по столбцам, в виде оборудования по строчкам. Для каждого продукта выбрали оборудование, на котором изготавливали этот продукт. Все результаты были синтезированы в таблицу. Выбранные оборудования были классифицированы по группам: 1- Токарной, 2- фрезерной, 3- сверлильной, 4- расточной, 5- строгально-долбежной, 6- обработки резьбы и зубчатки, 7- шлифовальной, 8- сварки, 9- литья, 10- отрезной, 11- обработки давлением, 12- термообработка 13- другие оборудования. На основании обработки результатов экспертизы построена ПИМ-структура, представленная в таблице 6.

№	Продукции	ЦТК												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Печёные печи	x	x	x	x			x	x		x	x	x	

2	Детали мотоциклов	x	x	x				x			x	x	
3	Орден и медали							x			x		x
4	Остовы ваттметров		x				x		x		x		
5	Поршень и цилиндры	x	x	x	x		x	x				x	
6	Длинной трубы	x	x	x	x		x					x	
7	Поршень	x	x	x	x		x	x				x	
8	Цилиндр Ф240	x		x	x		x					x	
9	Большая зубчатка			x	x	x	x					x	
10	Длинные валы	x	x				x	x	x			x	
11	Зубчатая муфта	x	x	x	x	x	x	x				x	
12	Гидравлический пресс	x	x	x			x	x	x	x			
13	Прохладные цистерны двигателей	x	x				x	x	x				
14	Зубчатки	x	x	x	x	x	x	x				x	
15	Вал замедления	x	x	x	x		x	x				x	x
16	Фрезы землесосного снаряда	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
17	Капитальный ремонт двигателей Diezen B2-450	x	x	x	x		x	x	x			x	
18	Восстановление валиков двигателей	x	x		x			x				x	
19	Cyclon 360	x	x	x	x		x	x					x
20	Фланцы.	x			x	x		x	x		x		x

В результате обработки экспертизы и предложенной ПИМ-структуры были разработаны мероприятия по совершенствованию региональной ПС во Вьетнаме:

Виды обеспечения	Традиционная форма	Предлагаемая форма
Организационный	При традиционной форме заказа распределяются на предприятии по предметной специализации. <u>Дополнительные мероприятия не требуются.</u>	При технологической специализации необходимо организовать взаимодействие ЦТК на основе ПИМ-структуры.
Информационный	Необходима информация о процессах сбора, передачи, хранения, обработки, защиты информации, технологической подготовки производства (ТПП), средств технологического оснащения (СТО).	<u>Необходимо создавать информационную модель взаимодействия ЦТК на основе ПИМ-структуры.</u>
Кадровый	При изготовлении новых продукции на новом оборудовании потребуются набор новых рабочих или дополнительная подготовка, повышение квалификации рабочих.	<u>Набор новых рабочих не требуется.</u> В отдельных случаях потребуются только дополнительное повышение квалификации рабочих.
Технический	Требуются новое оборудование, устройства, инструменты, приспособления и др.	В отдельных случаях потребуются новые приспособления и инструменты. <u>Новое оборудование не требуется</u>
Финансовый	Финансовое обеспечение направлено на: строительство инфраструктуры, покупку необходимого оборудования, покупку материала, плату труда, покупку устройств, подготовку производства, и др.	<u>Финансы на покупку нового оборудования не требуются.</u> В отдельных случаях потребуются деньги на перемещение имеющегося оборудования и повышение квалификации рабочих.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Установлена двухуровневая модель оптимизации производственной системы.
2. На основе анализа факторов эффективности креативной производственной системы (КПС) при выборе специализации показано, что главным фактором, решающим выбор вида специализации, является частота смены номенклатуры продукции. Из этого установлена зависимость доходов креативного предприятия (КПС) от частоты смены номенклатуры продукции.
3. Установлены качественные зависимости дохода и затрат от частоты смены номенклатуры при разных видах специализации: предметной и технологической. На основании этого определен выбор технологической специализации.
4. Разработана целевая функция оптимизации ПС как минимум транспортной затраты и трудозатрат ($Z = Z_{\text{тран}} + Z_{\text{труд}} \rightarrow \min$) с ограничением по инвестициям.
5. Анализ факторов эффективности оптимальной структуры ЦТК показано, что необходимо оптимизировать число структурных элементов ПС. Для оптимизации числа ЦТК установлена оптимальная модель на основе построения качественных зависимостей транспортной затраты и трудозатрат от числа ЦТК.
6. Для нахождения оптимального числа ЦТК в модели оптимизации установлены количественные зависимости транспортной затраты и трудозатрат от числа ЦТК.
7. Установлено оптимальное число ЦТК в модели оптимизации по методу Монте-Карло.
8. Установлен алгоритм построения промышленного предприятия в условиях ограничений по ресурсам, применимости ПИМ-структуры на основе технологически специализированной ПС.
9. Проведена обработка данных экспертизы для продуктового ряда и имеющегося оборудования на предприятии во Вьетнаме. Проведен выбор необходимого оборудования и установлено число ЦТК.
10. Разработан план мероприятия по совершенствованию региональной производственной системы во Вьетнаме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена важная научно-техническая и практическая задача оптимизации числа структурных элементов ПС. Нахождение оптимального числа ЦТК позволяет осуществлять рациональную организацию производства, повышать эффективность и снижать затраты производства. Результаты работы могут быть использованы при реорганизации производства на предприятии по внедрению технологической специализации в условиях большой частоты смены номенклатуры продукции и сильных ограничений по ресурсам.

РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. А. В. Мухин, До Тиен Лап. Установление вида зависимостей в модели оптимальной специализации производственной системы// СТИН (Москва). – 2008. - № 03. – С. 37 - 40.

2. До Тиен Лап, А. В. Мухин. Установление зависимостей в модели оптимизации производственной системы по методу Монте-Карло // СТИН (Москва). – 2008. - № 06. – С. 34 - 36.

Подписано к печати 16.05.08. Заказ № 297
Объем 1,0 печ.л. Тираж 100 экз.
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5
263-62-01