

**ЭКОНОМИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И АНАЛИЗ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

АЛМА-АТА • 1981

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР

Институт экономики

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА



Издательство "НАУКА" Казахской ССР
Алма-Ата • 1981

Экономико-математическое моделирование и анализ эффективности промышленного производства. - Алма-Ата: "Наука" КазССР, 1981. - 172 с.

Тематический сборник посвящен анализу и моделированию эффективности промышленного производства на основе применения экономико-математических методов и электронно-вычислительных машин. Рассматриваются проблемы, решение которых имеет большое теоретическое и практическое значение, в частности, такие, как выбор системы показателей эффективности производства; определение методов взаимосвязи системы показателей и факторов повышения эффективности производства, возможностей использования факторного анализа и других экономико-математических методов в оценке эффективности деятельности промышленных предприятий; применение сетевых методов в планировании и управлении промышленным производством; внедрение научных достижений в повседневную практику.

Книга предназначена для работников плановых органов и научных организаций, занимающихся проблемами эффективности производства, специалистов объединений, предприятий и других звеньев хозяйственного управления.

Ответственный редактор
доктор экономических наук, профессор
С. Б. БАЙЗАКОВ

Э 10806 - 030 23.81.0604020105
407(07)-81

© Издательство "Наука" Казахской ССР, 1981 г.

ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОНОМИКО-
СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВА

Проблема повышения эффективности производства в отраслях промышленности и на уровне отдельных предприятий требует дальнейшего совершенствования методологии и методики ее оценки, анализа и планирования. Необходимость дальнейшего совершенствования методов анализа, оценки и планирования эффективности производства вытекает из постоянного изменения и развития определяющих ее большого количества факторов (масштабов производства, уровня развития техники и технологии, состава и качества материальных и трудовых ресурсов, специализации и характера кооперирования с другими предприятиями и т.д.) и недостаточного использования сочетания качественных и количественных методов. В этой связи ставится вопрос о том, как совершенствовать методы определения количественной меры воздействия производственных факторов на показатели эффективности, выявления возможных резервов и совершенствования планирования эффективности производства на промышленных предприятиях.

Один из путей совершенствования методов анализа, оценки и планирования повышения эффективности производства — применение современных методов, позволяющих проводить комплексное исследование.

Главная задача системного исследования эффективности производства заключается в том, чтобы изучить, раскрыть характер и степень влияния различных производственных факторов на системы показателей, отобрать наиболее существенные из них, моделировать взаимосвязи и взаимодействия между ними и на их основе определить пути повышения эффективности производства.

Любой производственный процесс на предприятиях, объединениях в определенный момент или период времени характеризуется

достигнутым уровнем эффективности производства, а на предстоящий период — как результат ее развития. Уровень эффективности производства зависит от совместного воздействия производственных факторов (структурных элементов промышленного производства). Знание уровня эффективности и степени ее изменения в зависимости от изменения производственных факторов служит безусловной предпосылкой для руководства и планирования повышения эффективности социалистической промышленности с учетом перспектив и прогноза. Поэтому задача комплексного качественного и количественного единства исследования состояния и факторов эффективности производства на основе экономико-статистического моделирования играет постоянно возрастающую роль в экономических науках.

Изучение уровня и факторов эффективности производства требует от экономистов сознательного учета всех факторов и полного использования закономерностей развития эффективности как сознательной необходимости. Глубокое понимание и сознательное применение экономических законов социализма предполагает знание не только качественных, но и количественных сторон экономических процессов эффективности производства. Без точного количественного исследования эффективности производства невозможно оптимальное использование экономических законов социализма. Экономические законы выражают существенные устойчивые причинно-следственные связи различных сторон эффективности производства.

Чтобы отыскать в общей совокупности строгую внутреннюю структуру тенденции движения и вести планирование в строгом соответствии с требованиями экономических законов, необходима математическая их характеристика. Известно, что математика основана на аксиомах, которые являются объективно обоснованными. С помощью математических методов можно выдвигать гипотезы, доказывать их и делать из этого выводы.

Качественные и количественные стороны экономических явлений, в частности эффективности производства, как учит диалектический материализм, существуют не в отрыве друг от друга, поэтому нельзя их исследовать независимо друг от друга. Полностью изучить эффективность производства можно только в

том случае, если качественные и количественные ее исследования рассматриваются как обуславливающие друг друга определенности. Эффективность производства можно изучить качественно, но это возможно благодаря тому, что она определена количественно, а существует она количественно потому, что заключает в себе качественную основу.

Классики марксизма-ленинизма одновременно с экономическим анализом успешно применяли математические методы и модели. К.Маркс в своих произведениях часто применял математические методы и формы мышления. Применение методов абстрактного мышления и экономико-математического моделирования важных экономических связей находим мы в "Капитале", где К.Маркс использовал математический инструментарий как для анализа сложных экономических процессов, так и для выражения экономических закономерностей. Это ясно обнаруживается в проведенном им анализе процесса воспроизводства капитала, в схемах простого и расширенного воспроизводства. П.Лафарг писал о К.Марксе: "В высшей математике он находил диалектическое движение в его наиболее логичной и в то же время простейшей форме. Он считал также, что наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой"¹. В.И. Ленин продолжил исследования некоторых моделей, полученных К.Марксом, и обогатил их применительно к новым условиям, особенно это касается модели расширенного воспроизводства.

На современном этапе бурного научно-технического прогресса с более комплексным характером подлежащих решению экономических задач и потребностью вести планирование в строгом соответствии с требованиями экономических законов возникает необходимость количественного и качественного исследования эффективности промышленного производства с использованием новейших статистических и математических методов. Использование этих методов позволяет выявить меру количественной зависимости системы показателей эффективности производства промышленных предприятий (объектов) от обуславливающих их производственных факторов, имеющих количественное измерение и не имеющих его, достаточно полно определить степень влияния каждого фактора на изучаемые

¹ Воспоминания о К.Марксе и Ф.Энгельсе. М., 1956, с.66.

показатели и достигнуть относительно полной комбинированной увязки в пространстве "факторы — аналитические показатели — обобщающие показатели" и на основе их провести анализ выявления резервов и планирования повышения эффективности производства.

Геометрическая интерпретация задачи статистического моделирования заключается в установлении зависимости и связи в пространстве экономических показателей эффективности производства и факторов производства. На производстве имеет место вариация экономических показателей и факторов производства. Нахождение степени вариации факторов и оценка меры их влияния в вариации системы показателей — основное содержание задачи статистического моделирования экономических показателей.

Модель экономических показателей эффективности производства включает математические уравнения и неравенства, параметры которых оценены методами математической статистики. Она дает описание зависимости моделируемой системы показателей эффективности производства (их вариации) от производственных факторов объекта (технических, технологических, социально-экономических, организационных характеристик и объема ресурсов). Формально содержание задачи экономико-статистического моделирования можно записать таким образом: известны вектор системы показателей эффективности производства $Y = (Y_1, Y_2 \dots Y_m)$ и вектор производственных факторов $X = (X_1, X_2 \dots X_n)$. Нужно построить экономико-статистическую модель объекта или совокупности объектов, а именно оператор $F(X)$ который устанавливает зависимость Y от X с помощью множества функций. Этот вид модели относится к одноуровневым моделям и строится по схеме "производственные факторы — системы обобщающих показателей эффективности производства".

Так же нужно построить многоуровневые модели, формируемые по схеме "производственные факторы — частные результирующие показатели — системы обобщающих показателей эффективности производства". Эта схема в ряде случаев имеет определенное преимущество по сравнению с первой, так как она позволяет учесть влияние факторов производства на системы обобщающих показателей эффективности через посредство частных технико-экономических показателей.

Экономико-статистическую модель системы обобщающих показателей эффективности производства можно представить тремя способами: как наборы уравнений регрессионных (непрерывных), классификационных (дискретных) и комбинированных (дискретно-непрерывных), которые оцениваются комплексом вспомогательных статистических характеристик (средние, дисперсии, коэффициенты корреляции, оценки точности аппроксимации и др.). В этих моделях главный предмет изучения — описание состояния и развития системы обобщающих показателей эффективности производства в пространстве и времени. Они более приспособлены для выявления тенденций и закономерностей эффективности производства, которые имели место в прошлом и знание которых необходимо для планирования их в будущем.

Регрессионная модель для однородной совокупности исходных данных позволяет в явной форме оценить влияние производственных факторов на показатели эффективности производства. Эти модели более приспособлены для выявления тенденций и закономерностей изменения показателей эффективности в пространстве производственных факторов.

Классификационная модель охватывает две классификации (в пространстве экономических показателей и факторов производства) и описывает их связи. Она применяется для моделирования структурно неоднородных совокупностей.

Комбинированная (дискретно-непрерывная) модель записывается в виде комбинаций моделей двух типов: дискретной, описывающей технологическую структуру совокупности, и системы непрерывных моделей объектов внутри классов. Эта модель, по мнению многих специалистов, более адекватно отражает исследуемый процесс, чем модели, получаемые каждым из способов в отдельности.

По изучаемым видам исходной информации можно выделить три типа статистических моделей показателей эффективности производства: статистические; динамические отдельных объектов; динамические совокупности объектов.

Статистические модели показателей эффективности производства отражают поведение системы объектов в единичные, фиксированные интервалы времени. Такая модель показателей эффективности производства строится обычно для совокупности однородных

объектов (предприятий) в фиксированный период времени, объясняет различное положение предприятий в пространстве показателей с учетом различия их положения в пространстве факторов производства и используется для различных целей на более высоких уровнях управления (главки, министерства).

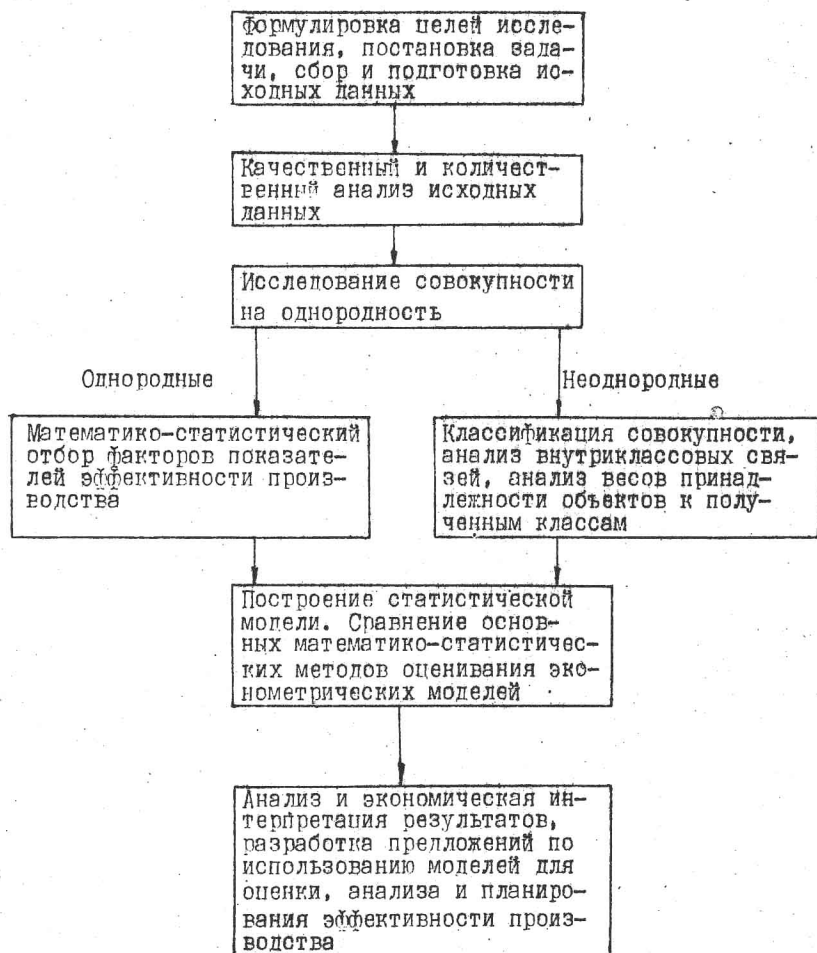
Динамическая модель отдельного объекта описывает повеление показателей эффективности производства данного объекта в пространстве факторов производства в последовательные интервалы времени. Она используется преимущественно для внутриагодского анализа, нормирования и планирования эффективности производства.

Динамическая модель совокупности объектов оценивает вариации изменения экономических показателей эффективности производства в зависимости от пространственно-производственных факторов в разные периоды времени. Такая модель в отличие от статистической может использоваться не только для анализа, но и для планирования, прогноза и принятия решений по охваченной исследованием группе объектов. Все изложенные статистические модели можно строить тремя способами: регрессионным, классификационным, комбинированным.

Основные направления приложения статистических моделей системы показателей эффективности производства соответствуют основным назначениям: аналитической работе, планированию и прогнозированию, построению системы экономического стимулирования, построению системы оценки эффективности работы предприятий, управлений.

Организацию экономико-статистического исследования эффективности производства целесообразно делить на основные этапы в такой последовательности, как показано на схеме (см. с. 9).

На первом этапе формулируется цель исследования, которая конкретизирует общую задачу повышения эффективности производства и определяет назначение модели, проводится априорно теоретический анализ исследуемого вопроса, формируется гипотеза и определяется набор показателей эффективности производства и влияющих на них производственных факторов (количественно измеримых и неизмеримых), изучаются характер и структурные связи между ними, выбираются методы статистического анализа и моде-



лирования, а также осуществляется сбор и подготовка исходной информации.

Решение этих вопросов основывается на логических положениях прикладных наук, материалах предыдущих исследований и обобщений опыта практики. В связи с тем, что существенность и характер связей отдельных факторов часто выясняются лишь в результате статистического анализа, полученные результаты должны уточняться в ходе построения модели.

Второй этап – качественный и количественный анализ исходных данных – основа успешного построения экономико-статистических моделей эффективности производства. Качественный, профессиональный анализ открывает путь к наиболее правильному исследованию количественного анализа.

Задачами качественного и количественного анализа исходных данных являются определение и проверка с применением экономико-статистических методов основных требований к информации, накладываемых спецификой исследуемого вопроса, получение предварительных выводов о существенности и тенденциях связей между предполагаемыми и производственными факторами.

Третий этап – исследование совокупности на однородность – одна из важнейших и дискуссионных проблем статистического моделирования, и от него во многом зависят возможности построения адекватной регрессионной модели. Анализ и оценка степени однородности исследуемой совокупности проводится в основном с использованием трех типов методов. Первый из них связан с проверкой гипотезы о нормальности многомерного распределения показателя эффективности и факторов производства по различным критериям – Пирсона, Колмогорова, дифференциальному², приближенный метод оценки неизвестного числа нормальных компонентов, их параметров, а также величин, определяющих веса этих компонентов в исследуемой смеси нормальных распределений (Bhattacharya, 1967).

Второй тип методов связан с проверкой гипотезы о линейности регрессии: анализ парных корреляционных полей, анализ отклонений фактических значений от теоретических с помощью критериев знаков и серий и др.³ Третий тип методов основан на разбиении совокупности на классы и сравнительном анализе основных статистических характеристик этих классов: сравнение

² Кендалл М., Стюарт А. Теория распределений. М., 1966; Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М., 1971; Лукашкая М.Л. Статистические методы в экономическом анализе производства. М., 1968, с.12-31.

³ Езекиел М.Е., Фокс К. Методы анализа корреляций и регрессий (линейных и нелинейных). М., 1966.

соответствующих многомерных распределений⁴, многомерная классификация с последующей оценкой существенности различия полученных в результате разбиения классов⁵.

На четвертом этапе, когда совокупности неоднородны, проводится классификация, для чего формируется набор признаков для каждой классификации соответственно поставленным целям разбиения и математическое описание классов, выбираются методы классификации и оценивается точность распознавания.

Качество классификации зависит в первую очередь от правильного выбора признаков. Методы формирования состава и последовательность набора признаков приводятся в отдельных работах. В них в основном выделяют два способа классификации: последовательное логическое деление по каждому признаку в отдельности и формирование групп на основе комплекса признаков. В первом способе применяется комбинационная группировка или ее модификация – метод последовательных разбиений, при втором используются различные алгоритмы классификации и распознавания образов, основанные на методе сферических решающих функций⁶, потенциальных функций⁷, непараметрических оценок плотности вероятности⁸. Критерий оценки качества классификации основан на определении различных характеристик (средней близости классов, удаленности и т.п.), показывающих компактность, степень изолированности полученных групп.

На пятом этапе проводится отбор факторов для каждого показателя эффективности производства и вида моделей на основе математико-статистических методов. При разработке ЭСМ важным

⁴ Раславский А.Г. Метод проверки идентичности уравнений регрессий и несущественности данной группы факторов. – В кн.: Проблемы экономико-статистического анализа и моделирования промышленного производства. Новосибирск, 1969.

⁵ Экономико-статистическое моделирование в промышленности. Новосибирск, 1977; Экономико-статистические модели в прогнозировании и планировании промышленного производства. Новосибирск, 1978.

⁶ Глкина В.Н., Загоруйко Н.Г. Об алфавите объектов распознавания. – В кн.: Вычислительные системы. Вып. 22. Новосибирск, 1966.

⁷ Аркадьев В.Г., Браверман Э.М. Обучение машин классификации объектов. М., 1971.

⁸ Распознавание образов и регрессионный анализ в экономических исследованиях. Новосибирск, 1972, с. 95–105.

моментом является целесообразный и логический выбор существенных факторов (количественно измеримых и неизмеримых), воздействующих на соответствующие показатели. Основное требование отбора переменных моделей – наличие у них тесной зависимости с функцией. Многообразие факторов, их взаимодействие друг с другом, наличие противоположных тенденций в их влиянии на показатели и включение в модели необходимого числа наиболее существенных факторов приводят к тому, что теоретический (качественный) анализ недостаточен для их включения в экономико-статистические модели (ЭСМ). Поэтому кроме качественного анализа возможных факторов воздействия необходимо затем на основе математико-статистических методов оценить влияние этих факторов на исследуемые показатели.

Процесс формирования набора производственных факторов для каждого показателя носит характер последовательно уточняемой гипотезы. Отбор факторов в основном можно провести в трех стадиях. На первой стадии отбираются все факторы, связанные с исследуемым явлением, которые можно измерить количественно. Основанием для выливания первоначальной гипотезы служат теория, результаты предшествующих исследований, профессиональный опыт специалистов-практиков, формальный метод статистического анализа.

На второй стадии на основе специального количественного анализа производится выделение гипотетических факторов из некоторого множества. Отдельные стороны математических основ количественного анализа, важнейшие предпосылки его методов, возможности и границы его экономической интерпретации и практического применения приводятся в литературе⁹.

На третьей стадии следует выбирать важные качественные факторы (количественно неизмеримые), оказывающие существенное влияние на показатели эффективности производства, которые в дальнейшем будут подвергаться тщательному дисперсионному анализу. Процесс выбора существенных факторов не заканчивается на этом этапе, а продолжается и при построении модели.

Выбор и построение рационального типа математической мо-

⁹ Харман Г. Современный факторный анализ. М., 1972;
Математико-статистические методы исследования взаимосвязей в экономике. М., 1977.

дели, адекватно отражающей исследуемые вопросы, представляется наиболее важным этапом экономико-статистического моделирования (ЭСМ). Он заключается в определении типа и форм модели, выборе подходящих методов построения модели, сравнении основных математико-статистических методов оценки экономических моделей. Выбор типа модели должен осуществляться с учетом как общих требований к модели, так и специфических условий проводимого конкретного исследования.

До последнего времени для целей ЭСМ в основном использовались два вида статистических методов: группировок (главным образом комбинационных) и корреляционно-регрессионный анализ. В последние годы стали часто применяться методы теории распознавания образов. Комплексное применение этих статистических методов позволяет существенно расширить сферу их приложения.

Аппарат распознавания образов может выступить и как самостоятельный инструмент построения модели экономического процесса. Его применение позволяет решить целый ряд острых проблем, таких, как формирование отдельных совокупностей, выбор существенных признаков, учет влияния качественных признаков и скачкообразного характера развития во времени и т.д.

В то же время теория распознавания образов — сравнительно молодая область знаний, находится в стадии становления и имеет ряд нерешенных вопросов. Один из них — неоднозначность решения. Разные алгоритмы и программы могут давать на одном и том же материале неодинаковые результаты. Пока также нет эффективных формальных критериев для оценки и сравнения алгоритмов и программ распознавания образов.

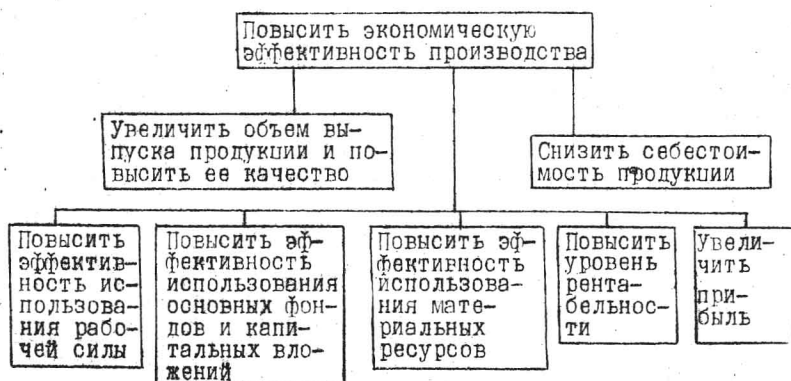
Анализ, экономическая интерпретация полученных результатов и разработка рекомендаций по использованию модели — один из сложных и ответственных этапов, полностью зависящих от профессиональных и математических знаний исследователя. На этом этапе проводится комплексный анализ и разработка мероприятий по управлению основными факторами повышения эффективности производства; объективная оценка эффективности производства и использования полученных моделей эффективности на предприятиях, в министерствах.

Постановка задачи моделирования эффективности производства

К вопросам экономической постановки задач относятся в первую очередь формулировка целей и определение объекта исследования. Эффективность деятельности отрасли, отдельных предприятий складывается из состояния множества взаимосвязанных систем, обобщающих ее показатели. Поэтому дерево цели повышения эффективности производства отрасли, предприятий строится соответственно для конкретных взаимосвязанных систем обобщающих показателей.

Существуют два принципиально различных способа построения дерева цели отраслей и эквивалентных систем: с ориентацией на продукт и на функции. В нашем случае для повышения эффективности производства предприятий, отрасли в целом дерево цели строится по функциональному принципу, имеющему вполне определенное назначение.

Дерево цели повышения эффективности производства разрабатывается для того, чтобы сформулировать определенные правила выбора обобщающих показателей и правила для отбора средств и мероприятий достижений целей, оценить эти средства и мероприятия и отобрать такие комплексы факторов, которые в рамках ограничений по ресурсам приводят к максимальному результату (см. схему).



Здесь представлено дерево цели повышения эффективности производства, вырастающее из одной вершины, которое является системой и подчиняется законам логики систем.

Для достижения цели исследования на и второстепенные является состояние системы, изучается слож это служит пред-
зателей эффективности и выделяются основные и второстепенные
факторы, определяющие поведение системы. Все это служит пред-
варительной вспомогательной информационной системой для по-
строения модели.

Следующий этап включает изучение и раскрытие характера
и степени влияния отдельных факториальных признаков на показа-
тели эффективности производства. Нужно отобрать наиболее суще-
ственные из них и с помощью уравнения регрессии количественно
выразить зависимость между ними и факторами. Получая основные
формулы между функцией и значимыми факторами, существенно влия-
ющими на изменение зависимой величины, и воздействуя на эти
переменные факторы, можно в известной мере регулировать изме-
нение уровня показателей эффективности производства и управлять
факторами, определяющими их изменение.

Исследование по повышению эффективности производства пред-
приятий отрасли легкой промышленности проводилось для построе-
ния системы моделей формирования их обобщающих экономических
показателей и ее важнейших составляющих факторов. Модели пред-
назначены для использования в экономическом анализе и планиро-
вании повышения эффективности производства предприятий легкой
промышленности.

Выбор объекта для моделирования эффективности производст-
ва сводится к определению уровня объекта наблюдения (однород-
ные предприятия, вся совокупность предприятий отрасли, промыш-
ленности в целом) и временной деятельности производства (месяц,
квартал, год). Объектом наших исследований были предприятия
легкой промышленности, в том числе предприятий швейной промыш-
ленности, которые рассматривались как однородные структурные
подразделения отрасли. При этом учитывались, с одной стороны,
цель исследования будущей модели, с другой – требования логи-
ки статистического моделирования (определение однородности, до-
статочный объем совокупности). При определении пространствен-
ных границ объектов определенное значение имеет их администра-
тивная принадлежность, так как результаты моделирования затем
должны использоваться в рамках территориальных систем.

Выбор временных границ совокупности определяется органи-

зацией представительной временной выборки, достаточной для построения адекватной модели. Календарная длительность периода связана с уровнем объекта и с назначением модели, устойчивостью техники и технологии производства — со стабильностью внешних экономических связей и факторов.

Следующим важным вопросом постановки задач является априорный теоретический анализ экономических показателей эффективности производства, где предполагается определение набора показателей и производственных факторов, характеризующих эффективность исследуемых объектов и изучение структурных связей между ними.

При построении ЭСМ важное значение приобретает выбор системы показателей эффективности производства в качестве зависимых переменных исследуемой функции. Выбор моделируемых показателей задается самой постановкой задачи, формулировкой ее цели и самим назначением модели.

В исследовании эффективности производства предприятий легкой промышленности могут быть использованы следующие обобщающие показатели: объем товарной продукции, затраты производства, производительность труда, фондоотдача, материалоемкость, прибыль. Уровень обобщающих показателей эффективности и изменение их объема складывается под воздействием большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих факторов.

Важным и сложным вопросом при разработке ЭСМ является выбор основных факторов (количественно измеримых и неизмеримых), влияющих на показатели. Основным требованием при отборе факторов (переменных) в модель является наличие у них тесной связи с функцией. Многообразие факторов, их взаимодействие друг с другом и наличие противоположных тенденций в их влиянии на показатели приводят к тому, что теоретический (качественный) анализ становится недостаточным для их включения в ЭСМ. Также на основе теоретического анализа нельзя однозначно ответить на вопрос о влиянии данного круга отобранных факторов на функцию. Поэтому кроме качественного анализа отбор факторов необходимо производить также на основе статистических методов. Следовательно, процесс формирования выбора производственных факторов будет носить характер последовательно уточняемой гипотезы.

Отбор факторов можно проводить в основном в трех стадиях.