

А. Г. Бурда, Г. П. Бурда

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

Учебное пособие (курс лекций)

Краснодар
КубГАУ
2015

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. Г. Бурда, Г. П. Бурда

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

Учебное пособие (курс лекций)

Краснодар
КубГАУ
2015

УДК 330.46:005.12
ББК 65.050.9(2)
Б91

Рецензенты:

М. В. Зелинская – доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»;

И. А. Петунина – доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», академик РАЕ.

Бурда А. Г.

Б91 Экономико-математические методы и модели : учеб. пособие (курс лекций) / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2015. – 178 с.

Учебное пособие отвечает требованиям современных федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования для уровня подготовки кадров высшей квалификации.

В книге рассмотрены роль и значение экономико-математических методов и моделей в планировании, прогнозировании и управлении АПК, классификация экономико-математических моделей и этапы их построения, модели межотраслевого баланса в прогнозировании развития экономики, система экономико-математических моделей оптимального планирования в АПК, экономико-математические модели для расчета оптимального плана размещения предприятий АПК, экономико-математические модели для расчета оптимальных производственных параметров предприятий АПК.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 38.06.01 «Экономика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

УДК 330.46:005.12
ББК 65.050.9(2)

© Бурда А. Г., Бурда Г. П., 2015

© ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Издание предназначено обучающимся по направлению подготовки 38.06.01 «Экономика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), изучающим дисциплину «Экономико-математические методы и модели».

Издание ориентировано на достижение цели дисциплины – формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний в области экономико-математических методов и моделей.

Задачи дисциплины:

раскрыть роль экономико-математического моделирования в исследовании проблем управления экономикой народного хозяйства и важнейшей его составляющей - АПК;

изучить некоторые классы экономико-математических методов и моделей, условия их применимости;

усвоить теорию моделирования и концепцию оптимизации, методы формализованного описания экономических процессов и объектов, методы и приемы моделирования,

научиться грамотно осуществлять постановку экономико-математических задач.

научиться выбирать базовую модель для поставленной задачи или разработать специальную экономико-математическую модель,

получить навыки решения оптимизационных задач по стандартным программам на ЭВМ,

научиться квалифицировано проводить анализ результатов решения задач и разрабатывать предложения для использования результатов расчетов на практике.

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

Иметь представление:

о типичных классах задач исследования операций в экономике АПК;

о моделировании спроса и предложения;
о макромоделях развития экономики и рынка;
об использовании производственных функций в экономических расчетах.

Знать:

назначение и области применения методов моделирования экономических процессов и систем;

основные теоретические принципы моделирования, методы и приемы разработки математических моделей

алгоритмы разработки структурных и числовых моделей;

основные алгоритмы решения оптимизационных задач: графического метода, симплексного метода и его модификаций, метода потенциалов;

основы моделирования и оптимизации организационных систем;

постановку, формализацию и решение экономико-математических задач оптимизации структуры посевных площадей, кормовых рационов;

постановку, формализацию и решение задач оптимизации производственной программы, производственной структуры аграрных предприятий, оптимизацию севооборотов, использования удобрений;

моделирование межотраслевых связей на макроуровне;

методы и модели предельного анализа рынка и фирмы, функции потребления, спроса, полезности, кривые и карты безразличия, кривые «цены - потребление», «доход – потребление», коэффициенты эластичности.

Уметь:

изучать объекты моделирования и ставить экономико-математические задачи;

разрабатывать экономико-математическую модель и представлять ее в структурной и числовой форме;

решать задачу на ЭВМ по стандартным программам;

анализировать результаты решения задач на ЭВМ и разрабатывать рекомендации по практическому использованию оптимального варианта.

Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

научно-исследовательская деятельность в области экономики:

разработка теоретических и методологических принципов, методов и способов управления социальными и экономическими системами;

анализ современных тенденций и прогнозов развития экономики, определение научно обоснованных организационно-экономических форм деятельности;

совершенствование методов управления и государственного регулирования.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по следующим дисциплинам:

Основы научно-исследовательской деятельности;

Современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности и образовании.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

а) универсальные (УК):

способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);

способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);

б) общепрофессиональные (ОПК):

способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

готовностью организовать работу исследовательского коллектива в научной отрасли, соответствующей направлению подготовки (ОПК-2);

в) профессиональные компетенции (ПК):

готовность использовать современные методы управления социальными и экономическими системами (ПК-3);

способен применять аппарат математического моделирования для исследования управленческих отношений в экономических системах (ПК-5);

способен анализировать данные с использованием математических методов, инструментальных средств и методов компьютерного моделирования (ПК-6).

При подготовке учебного пособия учтены замечания и пожелания рецензентов, которым мы искренне благодарны.

ТЕМА 1. РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ В ПЛАНИРОВАНИИ, ПРОГНОЗИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ АПК

Вопросы

1. Содержание и классификация задач планирования, прогнозирования и управления АПК
2. Роль и значение математических методов и моделей в планировании, прогнозировании и управлении АПК
3. Необходимость системного анализа для эффективного управления АПК
4. Общая характеристика методов и моделей прогнозирования экономического и социального развития АПК

1 Содержание и классификация задач планирования, прогнозирования и управления АПК

В экономической науке даются различные определения понятий “прогноз” и “прогнозирование”, предлагаются различные варианты классификации методов прогнозирования. Так С. Вишнев понимает под прогнозом "... объективно научно обоснованное суждение, направленное на уменьшение неопределенности будущего и имеющее целью выбор наиболее рациональных практических решений". По мнению Э. Янча: "Прогноз - вероятностное утверждение о будущем с относительно высокой степенью достоверности". Мотышина М.С. определяет прогноз как "... вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах возможного состояния того или иного явления в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления".

Примем за основу следующее определение: “Под прогнозом понимается научно обоснованное суждение о возможных состояниях объектов в будущем, об альтернативных путях и сроках достижения этого состояния. Процесс разработки прогнозов называется прогнозированием.

Существует также и большое количество классификаций видов прогнозов по различным классификационным признакам. Для разработки прогнозов используется свыше 150 методов прогнозирования.

Прогнозы можно разделять в зависимости от целей, задач, объектов, времени упреждения, методов организации прогнозирования и т.д.

В зависимости от объекта прогнозирования прогнозы можно подразделять на научно-технические, экономические, социальные, военно-политические и т.д. Экономические прогнозы в свою очередь могут подразделяться в зависимости от масштабыности объекта на: а) глобальные - рассматривают наиболее общие тенденции и закономерности в мировом масштабе; б) макроэкономические - анализируют наиболее общие тенденции явлений и процессов в масштабе экономики страны в целом; в)структурные (межотраслевые и межрегиональные)-предсказывают развитие народного хозяйства в разрезе отраслей материального производства и промышленности; г) региональные - предсказывают развитие отдельных регионов; д)прогнозы развития народнохозяйственных комплексов определяют закономерности развития совокупностей отраслей, объединённых единой целью функционирования и т.д. е)отраслевые - прогнозируют развитие отраслей; з) микроэкономические – предсказывают развитие отдельных предприятий и т.д.

По времени упреждения выделяются следующие экономические прогнозы :оперативные (до одного месяца); краткосрочные (от нескольких месяцев до 1 года); среднесрочные(от 1 до 5 лет); долгосрочные(от5 до 20 лет и более). Опе-

ративный прогноз основан на предположении о том, что в прогнозируемом периоде не произойдёт существенных изменений в исследуемом объекте как количественно, так и качественно. В них преобладают детально-количественные оценки ожидаемых событий. Краткосрочный прогноз предполагает только количественные изменения. Оценка событий соответственно даётся количественная. Среднесрочный и долгосрочный прогнозы исходят как из количественных, так и из качественных изменений в исследуемом объекте. В среднесрочном прогнозе оценка событий даётся количественно-качественная, в долгосрочном - качественно-количественная.

В зависимости от целей прогноза можно выделить два типа: поисковый и нормативный. Нормативный прогноз-прогноз, который предназначен для указания возможных путей и сроков достижения заданного, желаемого конечного состояния прогнозируемого объекта. Поисковый прогноз не ориентируется на заданную цель, а рассматривает возможные направления будущего развития прогнозируемого объекта. Поисковый прогноз отталкивается при определении будущего состояния объекта от его прошлого и настоящего, нормативный же прогноз осуществляется в обратном порядке: от заданного состояния в будущем к существенным тенденциям и их изменениям в свете поставленной цели.

Прогнозирование в управлении социально-экономическими системами

Прогнозирование (греч. prognosis - знание вперёд) - вид познавательной деятельности человека, направленной на формирование прогнозов развития объекта, на основе анализа тенденций его развития. В зависимости от степени конкретности и характера воздействия на ход исследуемых процессов и явлений различают три формы предвидения : гипотезу (общенаучное предвидение), прогноз и план. Исходное начало этого процесса – гипотеза – это научно обоснованное предпо-

ложение о структуре объекта ,характере элементов и связей, образующих этот объект, механизме его функционирования и развития. На уровне гипотезы даётся качественная характеристика объекта, выражающая общие закономерности его поведения .

Прогноз в сравнении с гипотезой имеет большую определенность и достоверность, поскольку основывается не только некачественных, но и на количественных характеристиках и поэтому позволяет характеризовать будущее состояние объекта также количественно. Прогноз выражает предвидение на уровне конкретно-прикладной теории, так как связан с будущим, которое всегда стохастично. План представляет собой систему взаимосвязанных, направленных на достижение единой цели плановых заданий, определяющих порядок, сроки и последовательность осуществления отдельных мероприятий. В нём фиксируется пути и средства развития в соответствии с поставленными задачами ,обосновываются принятые управленческие решения. Существенное различие между планом и прогнозом состоит в том, что план-отражение и воплощение уже принятого хозяйственно политического решения, а прогноз - это поиск реалистического, экономически верного пути. Прогнозирование представляет собой исследовательскую базу планирования, имеющую собственную методологическую и методическую основу, которая во многом отличается от планирования.

Таким образом, задачи прогнозирования в управлении социально-экономическими системами следующие:

- выявление перспектив ближайшего и ли более отдалённого будущего в исследуемой области на основе реальных процессов действительности;
- выработка оптимальных тенденций и перспективных планов с учётом составленного прогноза и оценки принятого решения с позиций его последствий в прогнозируемом периоде.

Управление социально-экономическими системами должно иметь соответствующую информационную основу.

Разработка статистической или любой иной системы данных должна, очевидно, основываться на конкретных задачах, которые данная система призвана решать.

Научный инструмент, в наибольшей степени приспособленный для анализа функционирования крупных экономических систем - это модель.

Модель представляет собой не уменьшенную копию оригинала, а, скорее, карту, чертеж, отображающий его структуру и взаимосвязи между всеми его частями. Модельный подход сегодня может считаться практически незаменимым средством систематического изучения функционирования или же нарушений функционирования современной экономики, поиска потенциальных и фактических источников таких нарушений и определения путей и средств их устранения.

Метод построения моделей широко используется как правительством, так и частными предприятиями. Он признан эффективным средством контроля и руководством для принятия решений о сложных системах производства, перевозок и распределения, а также анализа рынка.

По форме модель представляет собой систему уравнений. Некоторые из входящих в нее переменных описывают затраты, выпуск и цены различных товаров и услуг, а также уровни дохода и занятости в различных отраслях и регионах; другие представляют, например, уровни капиталовложений в новые производственные мощности или объемы экспорта и импорта. Параметры, входящие в описание отдельных уравнений, представляют структурные характеристики различных частей экономики.

Модели различаются по широте охвата и степени детализации. Существуют модели определенных производственных секторов, таких как сельское хозяйство и нефтехимиче-

ская промышленность; модели отдельных географических регионов и модели экономики в целом.

Общая характеристика методов прогнозирования

Наиболее распространенной в экономической литературе является классификация методов прогнозирования по степени формализации, которая приводится на рисунке ниже (рис.1).



Рис.1 - Классификация методов прогнозирования по степени формализации

В правой части схемы представлены формализованные методы, наиболее часто употребляемые для прогнозирования развития социально-экономических систем. В пользу использования количественного подхода к прогнозному процессу, который реализуется на основе статистических методов, можно привести следующие аргументы:

- Статистические методы прогнозирования входят в большинство известных статистических пакетов прикладных программ (ППП), таких как Statistica, SPSS и др. Соответственно, несмотря на довольно сложные математические вычисления при использовании большинства методов – они наиболее просты и требуют сравнительно небольшого времени для их применения и/или обновления оценок параметров.

- Представленные методы основываются на реальной статистической информации и поэтому относительно экспертных методов объективны.

- Требуют сравнительно небольшого объема данных (обычно один временной ряд), кроме того практически любой другой метод прогнозирования требует прогнозирования хотя бы одного временного ряда.

Интуитивные методы прогнозирования (основные из которых представлены в левой части рисунка) как научный инструмент решения сложных неформализуемых проблем позволяют получить прогнозную оценку состояния развития объекта в будущем независимо от информационной обеспеченности. Их сущность заключается в построении рациональной процедуры интуитивно-логического мышления человека в сочетании с количественными методами оценки и обработки полученных результатов. При этом обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы.

В случае применения методов экспертных оценок для предвидения результатов развития экономических объектов преимущественно реализуется качественный подход к прогнозному процессу.

Методы экспертных оценок “в чистом виде” используются в следующих случаях:

- отсутствие или недостаточное количество статистических данных об объекте ;

- объект прогнозирования чрезвычайно сложен для формализации, крупномасштабен или достаточно велик период упреждения прогноза;
- достаточно велик фактор неопределенности, связанный с будущим состоянием прогнозного фона:
- острый дефицит времени в связи с экстремальной ситуацией и др.

Экспертные методы прогнозирования, которые также называют интуитивными, по принципу действия можно разделить на индивидуальные и коллективные экспертные оценки. Индивидуальные оценки целесообразно использовать только тогда, когда есть очень компетентный специалист в сфере деятельности, подлежащей прогнозному исследованию. Индивидуальная экспертная оценка включает методы прогнозирования, основанные на использовании в качестве источника информации одного эксперимента. В зависимости от того, каким образом проводится опрос эксперта, индивидуальные экспертные оценки можно условно разделить на методы прямого и анонимного экспертного опроса. К первой группе относятся методы интервью и психоинтеллектуальной генерации идей, а ко второй - аналитическая индивидуальная оценка (докладные оценки), метод сценария, морфологический анализ и др. При аналитической индивидуальной оценке эксперт анализирует представленную ему совокупность достоверных и разнообразных сведений по исследуемой проблеме.

Метод построения сценария – аналитический метод прогнозирования, основанный на установлении логической последовательности состояний объекта прогнозирования и прогнозного фона во времени. Преимуществом разработки сценария является необходимость детальной проработки экспертом будущего состояния и альтернативных путей развития объекта, что могло быть упущено, если бы эксперт обсуждал прогнозируемые варианты поверхностно, а не с общих пози-

ций. Недостатком методов индивидуальной экспертной аналитической оценки является необходимость использования специалиста, энциклопедически информированного в различных смежных областях знаний, что на практике очень проблематично.

Морфологический анализ – метод прогнозирования, основанный на построении матрицы характеристик объекта прогнозирования и их возможных значений с последующим перебором и оценкой вариантов сочетаний этих значений. Важнейший принцип морфологического анализа, проводимого экспертом с целью прогнозной оценки развития какого-либо объекта, состоит в рассмотрении и систематизации по всем без исключения возможным аспектам изучаемой проблемы. Недостатком метода является субъективность выбора наилучшего варианта решения проблемы, а достоинством – возможность широкого использования ЭВМ для “перебора” альтернативных решений.

Методы коллективных экспертных оценок представляют собой попытку повысить степень объективности мнений экспертов, увеличить достоверность коллективного суждения. Метод коллективного экспертного опроса – метод прогнозирования, основанный на выявлении обобщённой объективированной оценки экспертной группы путём обработки индивидуальных независимых оценок, вынесенных экспертами, входящими в группу.

Методы коллективной экспертной оценки могут осуществляться путём непосредственного опроса экспертов (метод комиссии, методы коллективной генерации идей), а также “заочно” с помощью анкетирования (метод “Дельфи”, эвристическое прогнозирование и др.). Первая группа методов может быть отнесена к “зависимому интеллектуальному эксперименту”, так как каждый эксперт “лицом к лицу” должен аргументировать или отстаивать своё мнение, в идеале независимое от мнения большинства, от личностного восприятия

и эмоциональной окраски отдельных суждений и т.д., что на практике весьма затруднительно. Вторая группа методов характеризует “независимый интеллектуальный эксперимент”, когда с помощью анкет, обеспечивающих анонимность экспертов и возможность всесторонне обдумать свою точку зрения, выявляется достаточно согласованное мнение экспертной группы. Согласованность суждений достигается путём многоэтапного (два, три и более раз) анкетирование экспертов, причём итоговые характеристики каждого предыдущего этапа доводятся до сведения всех без исключения экспертов с просьбой мотивировать своё суждение, если оно в достаточной степени отлично от усреднённой оценки.

Таким образом, можно сделать вывод, что сущность экспертного метода состоит в проведении интуитивно-логического анализа проблемы, выполняемого привлечёнными для этой цели специалистами экспертами, обладающими необходимым профессиональным образованием, опытом и интуицией.

2 Роль и значение математических методов и моделей в планировании, прогнозировании и управлении АПК

Элементы процесса принятия решений

- Цель;
- ЛПР – лицо, принимающее решение;
- Альтернативные решения;
- Измеряемые исходы решений;
- Правила выбора решений.

Любой процесс принятия решений включает следующие элементы:

Цель. Необходимость принятия решений определяется целью или несколькими целями. Нет цели – не нужно и решение.

Лицо, принимающее решение (ЛПР), должно нести ответственность за последствия этих решений.

Альтернативные решения. Для достижения цели должна быть альтернатива решений, различные варианты достижения целей. Нет альтернативы – нет места и для решения, так как нет выбора.

Исходы решений поддаются измерению.

Правила выбора решений. (Решающие правила). Эти правила позволяют определить наиболее предпочтительное решение с точки выбранного критерия. Решающее правило отражает информированность лица, принимающего решение, о возможных исходах выбранных решений, а так же предпочтительность тех или иных исходов. Как видим, основой для принятия решений служит информация.

Решением называют выбор возможных управляемых действий. В редких случаях может быть выбрано одно наилучшее решение, которое называют оптимальным. Обычно же речь идет о выделении области разумных, хороших, правильных, добротных решений, из которых делается окончательный выбор наилучшего решения. Бывают случаи, когда оптимальное решение найти не удастся или оно невозможно. Решения состоят из элементов, часть из которых численно фиксированы и изменению не подлежат, другими мы можем распоряжаться по своей воле в каких-то пределах. Решения можно сравнивать по их полезности, эффективности.

Теория принятия решений использует различные процедуры для формализации предпочтения, то есть выражение их в единой количественной мере. Основой таких процедур является теория полезности, разработанная Дж. Фон Нейманом и О. Моргенштерном. Ее математическая основа – систе-

ма аксиом, в которых утверждается, что существует мера ценностей, позволяющая упорядочить результаты решений.

Джон фон Нейман (John von Neumann)

| | |
|-----------------|----------------------|
| Дата рождения: | 28.12.1903 |
| Место рождения: | Будапешт |
| Дата смерти: | 08.02.1957 (53 года) |
| Место смерти: | Вашингтон |

Задачи принятия решений

В зависимости от условий внешней среды и системы информированности лица существует следующая классификация задач принятия решений:

- в условиях определенности,
- в условиях риска,
- в условиях неопределенности,
- в условиях конфликтных ситуаций или противодействия (активного противника).

Принятие решений в условиях определенности характеризуется однозначной детерминированной связью между принятым решением и его исходом. Основная трудность – наличие нескольких критериев.

Принятие решения в условиях риска возникает в том случае, когда с каждой принимаемой стратегией связано множество возможных результатов с известными вероятностями.

Принятие решений в условиях неопределенности обуславливается тем, что лицу, принимающему решение неизвестно состояние, в котором находится внешняя среда или природа воздействующая на исход.

Существует несколько критериев выбора оптимальной стратегии:

- Критерий Вальда;
- Критерий Гурвица;
- Критерий Лапласа;
- Критерий Сэвиджа.

Критерий Вальда – (максиминный критерий) - критерий осторожного наблюдателя. Критерий крайнего пессимизма. Предложен Абрахамом Вальдом в 1955г. Этот критерий оптимизирует полезность в предположении, что среда находится в самом невыгодном для наблюдателя состоянии.

По критерию Вальда выбирают стратегию, которая дает гарантированный выигрыш при наихудшем состоянии среды.

Абрахам Вальд

Абрахам Вальд — венгерский математик и статистик. Получил домашнее образование под руководством родителей. Продолжил образование в Венском университете, в 1931 г. стал доктором философии по математике. Эмигрировал в США. В годы Второй мировой войны использовал статистические методы для решения проблемы уменьшения потерь американской боевой авиатехники. В 1950 г. по приглашению индийского правительства читал лекции, погиб в результате авиационной катастрофы в горном массиве Нилгири. Основатель статистического последовательного анализа, в сферу его научных интересов входили теория принятия решений, эконометрика, геометрия, математическая статистика и теория вероятностей. Его имя носят распределение Вальда, тест Вальда, тождество Вальда и другие термины.

| | |
|-----------------|-----------------------------------|
| Дата рождения: | 31.10.1902 |
| Место рождения: | Австро-Венгрия |
| Дата смерти: | 13.12.1950 (48 лет) |
| Место смерти: | Индия |
| Научная сфера: | Математика, статистика, экономика |

Критерий Гурвица основан на следующих двух предположениях: среда может находиться в самом невыгодном состоянии с вероятностью 1 и в самом выгодном – с вероятностью $1 - \alpha$, где α - коэффициент доверия.

Если $\alpha = 0$ – получаем критерий Вальда.

Если $\alpha = 1$, то переходим к стратегии здорового оптимиста (стратегия максимакса), который верит в удачу.

Т.е. по данному критерию выбирается наилучшая стратегия при наихудшем варианте состояния внешней среды с определенным коэффициентом надежды на благоприятный исход событий

Леонид Гурвич

Нобелевская премия (вместе с Эрик Маскиным и Роджером Маерсоном) - за разработку теории механизмов распределения, которая углубила понимание того, как необходимо формировать оптимальные механизмы с учетом индивидуальной заинтересованности и частной информации. С помощью этой теории можно отделять ситуации, где работают рыночные механизмы, от тех, где эти механизмы не действуют.

Леонид (Леон) Гурвич (Гурвиц) родился в Москве в 1917 г. в семье выходцев из Польши. В 1919 г. семья вернулась в Польшу, где в 1939 Гурвич окончил Варшавский университет. Затем он продолжил обучение в Лондонской школе экономики. Вторая мировая война застала его в Швейцарии, что спасло ему жизнь. Вся семья Гурвича погибла в Освенциме. Позже он перебрался в Португалию, а затем в США. Преподавать в университете Миннесоты он начал в 1951 г., и в 1959 г. занялся научной деятельностью. Ректор университета Роберт Брунинкс сказал о Гурвице так: "Он был неординарным во всем. Не только в своих экономических теориях. Он был ученым эпохи Возрождения, с обширными знаниями во многих дисциплинах, с собственным мнением по любому вопросу, с невероятным остроумием. Он был благороден и тактичен, эти качества притягивали к нему многих людей". Старейший в мире лауреат Нобелевской премии Леонид Гурвиц, умер в возрасте 90 лет. Именем учёного назван предложенный им для теории принятия решений коэффициент оп-

тимизма-пессимизма (в литературе на русском языке обычно именуется коэффициентом Гурвица, через букву «ц»).

| | |
|------------------|--|
| Дата рождения: | 21 августа 1917 |
| Место рождения: | Москва, Российская республика |
| Дата смерти: | 24 июня 2008 (90 лет) |
| Место смерти: | Миннеаполис, Миннесота, США |
| Страна: | США |
| Научная сфера: | Экономика |
| Место работы: | Университет Миннесоты |
| Альма-матер: | Варшавский университет |
| Известен как: | Один из основателей теории оптимальных механизмов |
| Награды и премии | Национальная научная медаль США (1990) Нобелевская премия по экономике (2007) |

Оценка информационной эффективности

Формальную оценку присущих любой конкретной системе требований к передаваемой информации будем производить путем сравнения объемов передаваемых сообщений, как это делалось в предыдущем разделе. Но поскольку необходимо сравнить не только различные типы процедуры итеративного планирования процесса производства, то нам придется несколько изменить использовавшийся ранее подход.

Критерий Гурвица. Одним из наиболее распространенных подходов к сравнению требований, предъявляемых к информационному обеспечению в различных системах, был разработан Леонидом Гурвицем. Суть его идеи состоит в сопоставлении количества информации, необходимых для выяснения, является ли эффективным какой-либо конкретный план. Далее, предполагается, что основу системы планирования составляет передача производителям и потребителям расширенных планов. Расширенный план включает в себя собственно план, в котором указаны объемы исходных ресурсов и конечной продукции для всех производителей каждого товара, а также количества каждого из благ, получаемые или поставляемые всеми потребителями. Кроме того, он содержит и некоторую дополнительную информацию, требуемую для проверки эффективности плана. Говоря о передаче, или «трансляции», планов, мы подразумеваем, что любая передаваемая информация становится общедоступной. Приняв транслированный план, каждый отдельный производитель или потребитель оценивает его, используя имеющуюся у него информацию, а затем передаст ответное сообщение, содержание которого можно свести к «да» или «нет». Применительно к рассмотренным ранее процедурам согласования это означало бы, что центр объявляет и плановые цены, и плановые объемы производства, а фирмы-производители отвечают «да» в том случае, если их предельные издержки при объявленном объеме производства равны объявленной цене. Вся система должна быть построена таким образом, что получение ответов «да» от всех производителей означает, что данный вариант плана является эффективным.

При таком подходе применим *критерий Гурвица*, согласно которому одна система требует для своего функционирования меньших объемов передачи информации, чем другая, в том случае, если первая система транслирует меньшее число дополнительных переменных (помимо самого плана). Любая система является *информационно-эффективной* в том случае, если ни одна из остальных систем не предусматривает передачи меньшего по сравнению с этой системой количества информации для проверки эффективности некоторого заданного плана.

Этот критерий не является совершенным мерилем количества информации, используемой системой. Самый значительный его недостаток заклю-

чается в том, что он не учитывает как скорость нахождения эффективного распределения ресурсов в различных системах, так и количество информации, передаваемой в ходе этого процесса. В расчет принимается только количество информации, используемой для проверки эффективности уже предложенного распределения ресурсов. Однако на данный момент критерий Гурвица остается единственным средством измерения информационно-требований различных систем, эффективность которого была подтверждена детальным анализом.

Информационная эффективность ценовой системы. Несмотря на свои недостатки, критерий Гурвица все же позволяет нам прояснить один из аспектов утверждения о том, что ценовая система отличается особенно невысокими требованиями в отношении передачи информации. Приводимая ниже теорема, сформулированная Гурвицем, определяет минимальное количество информации, которое должно быть передано при любых условиях в дополнение к плану с тем, чтобы сделать возможной проверку эффективности этого плана. Именно это количество информации и передается в ценовой системе.

Теорема информационной эффективности. Предположим, что не существует никакой априорной информации относительно оптимального распределения ресурсов, и с точки зрения любого отдельного производителя или потребителя любое распределение ограниченных ресурсов общества может оказаться эффективным. Предположим также, что каждый производитель лучше, чем кто-либо другой, осведомлен о своем производственном потенциале и что предпочтения каждого потребителя и количества имеющихся у него изначально различных благ известны только ему самому; соответственно ни один отдельно взятый агент не обладает информацией, необходимой для вычисления эффективного распределения ресурсов. При таких условиях любая система, способная обеспечить эффективное распределение ресурсов с использованием расширенных планов, должна передавать помимо плана по меньшей мере по одной дополнительной переменной на каждый отдельный товар и ресурс, за исключением одного.

В частности, в точке состояния конкурентного равновесия ценовая система, в которой передается именно одна дополнительная переменная (цена) на каждый товар или ресурс, следующий за первым,⁶ обеспечивает достижение экономической эффективности при минимальном количестве передаваемой информации. Согласно критерию Гурвица, это означает, что ценовая система является информационно-эффективной.

Интуитивные доводы в поддержку теоремы информационной эффективности. Чтобы понять, почему этот вывод является справедливым, рассмотрим проблему проверки эффективности распределения ресурсов отдельного производителя. На основании имеющихся у него сведений и предложенного плана производитель не может судить об эффективности относящейся к нему части плана, поскольку ему неизвестно, какую ценность могли бы иметь данные ресурсы для других пользователей. Поскольку производитель лучше, чем кто-либо другой, осведомлен о своем производственном потенциале, никто другой не может судить хотя бы о технологической осуществимости плана, не гово-

⁶ Первый товар считается всеобщим эквивалентом. Наличие всеобщего эквивалента позволяет выражать цены всех остальных товаров в единицах этого первого товара. Исторически в роли всеобщего эквивалента часто выступали золото или серебро.

Критерий Лапласа – если неизвестны состояния среды, то все состояния считаются равновероятными.

Пьер-Симон Лаплас (Pierre-Simon Laplace)
(1749-1827)

Выдающийся французский математики, физик и астроном; известен работами в области небесной механики, дифференциальных уравнений, один из создателей теории вероятностей. Заслуги Лапласа в области чистой и прикладной математики и особенно в астрономии громадны: он усовершенствовал почти все отделы этих наук.

Сэвидж, Леонард Джимми
(Savage, Leonard Jimmie; урожденный Огашевич —
Ogashevitz)

Американский экономист и статистик. В 1946—50 гг. работал в Чикагском университете, впоследствии профессор в Мичиганском и Йельском университетах. Основное направление научных исследований — математический анализ поведения. В течение Второй мировой войны Сэвидж был ассистентом по статистике Джона фон Неймана.

В 1951 году предложил минимаксный критерий в теории принятия решений — критерий Сэвиджа. Закон 0-1 Хьюита-Сэвиджа в теории вероятностей также носит его имя. Самый известный труд Сэвиджа «Основания статистики» (1954), в котором он предложил теорию субъективной ожидаемой полезности, используемую в байесовской статистике и приложениях теории игр.

Критерий Сэвиджа – критерий минимизации сожалений. Можно по поговорке «пан или пропал».

Сожаление – это величина, равная изменению полезности результата при данном состоянии среды относительно наилучшего возможного состояния.

Выбор критерия принятия решений является наиболее сложным и ответственным этапом в исследовании операций. При этом даже если минимальный риск недопустим, то следует принять критерий Вальда. Если наоборот, определенный риск вполне приемлем, и заказчик готов рисковать по максимуму – то выбирают критерий Сэвиджа.

Выбор критерия принятия решений пока формализовать не удается, и принимать решение может только человек. Это относится и к окончательному принятию решения даже в автоматизированных системах. Теория принятия решения является фундаментом науки исследования операций.

Исследование операций – это комплекс научных методов для решения задач управления организационными системами.

Как самостоятельное научное направление исследование операций оформилось в сороковые годы двадцатого столетия. Первые публикации относятся к 1939-1940 гг., в которые методы исследования операций применены для анализа и исследования боевых операций, отсюда возникло и название дисциплины.

Приоритет здесь имеют английская, американская и российская школы.

Большой вклад в их развитие внесли: А. Акоф, Р. Беллман, Д. Данциг, Т. Кун, Р. Черчмен, Дж. фон Нейман, Т. Саати (США), Р. Фор (Франция), Л. В. Канторович, Н. П. Бусленко, Б. В. Гнеденко, Д. Б. Юдин, Н. П. Федоренко, В. М. Глушков.

Исследование операций это новая развивающаяся наука, очертим определившиеся ее грани.

Исследование операций – это наука, занимающаяся разработкой и практическим применением методов наиболее эффективного управления организационными системами. Организационные системы это совокупности элементов предназначенные для достижения определенных целей.

Системы организационного управления или по-другому организации, состоят из подразделений, причем взаимодействующие подразделения могут иметь как согласованные, так и противоположные интересы.

Цель исследования операций – количественное обоснование принимаемых решений по управлению организацией. Решение, которое оказывается наиболее выгодным для всей организации, называется оптимальным, а решение, наиболее выгодное одному или нескольким подразделениям – будет субоптимальным.

Операцией называют сложный процесс с ярко выраженной целью или, по-другому, совокупность действий, направленных на достижение некоторой цели.

Из определения вытекает, что операцией можно назвать любую совокупность действий, направленную на достижение цели. Здесь важно, что действия совершаются по замыслу, то есть они управляемые, а значит, имеется много возможных способов достижения цели. Собственно имеется не просто совокупность случайных событий, а совокупность управляемых действий для достижения цели.

Особенности исследования операций

Характерной особенностью методов исследования операций является системный подход к анализу решаемой проблемы. Любая задача, какой частной она бы не казалась на первый взгляд, рассматривается с точки зрения ее влияния на критерий функционирования всей системы.

Исследование операций часто состоит в расчленении проблемы на цепочку взаимосвязанных задач, решаемых одна за другой.

Одна из существенных особенностей исследования операций состоит в стремлении найти оптимальное решение. Однако часто оно оказывается неразрешимым из-за широкого спектра противоречивых ограничений. Тогда приходится ограничиваться «достаточно хорошим решением», мы его называли субоптимальным. Поэтому исследование операций один из его создателей – Т. Саати – определил, как «искусство давать плохие ответы на те практические вопросы, на которые даются еще худшие ответы другими методами».

Особенность исследования операций состоит и в том, что они проводятся комплексно, по многим направлениям. Для этой работы создается операционная группа из специалистов разных областей знаний: обычно это экономисты, математики, инженеры, социологи, психологи, юристы, кибернетики – системщики.

Этапы операционного исследования

- постановка задачи;
- построение математической модели;
- анализ решения и корректировка модели;
- реализация решения на практике.

Задачи исследования операций

- распределения ресурсов;
- управления запасами;
- ремонта и замены оборудования;
- массового обслуживания;
- календарного планирования;

- сетевого планирования и управления;
- выбора маршрута;
- задачи поиска;
- конкурентные;
- комбинированные.

Задачи распределения ресурсов возникают при организации любого производства. Возможны следующие случаи:

1. Заданы и работы, и ресурсы. Работы здесь трактуются широко – продукты, виды деятельности. Требуется распределить ресурсы между работами так, чтобы минимизировать издержки производства и максимизировать экономический эффект;

2. Заданы только наличные ресурсы. Определить какой состав работ можно выполнить, чтобы получить максимальный эффект;

3. Заданы только работы. Определить, какие ресурсы необходимы для того, чтобы минимизировать издержки производства.

Задачи управления запасами состоят в том, что с увеличением объемов запасов сырья, ресурсов возрастают затраты на их хранение, но уменьшаются потери из-за нехватки. Задача управления – определить уровень запасов, минимизирующий затраты на их хранение и потери из-за дефицита. В результате решения задачи получают оптимальный размер заказываемой партии, емкость складских помещений, график заказов. Это самый распространенный и достаточно изученный класс задач.

Задачи ремонта и замена оборудования появляется в тех случаях, когда работающее оборудование изнашивается, устаревает и подлежит замене. Здесь, прежде всего выбор – отремонтировать или заменить, когда заменить.

Задачи массового обслуживания рассматривают вопросы образования и функционирования очередей. Это и за-

дачи организации конвейера обработки деталей на заводе, и очереди в прямом смысле - очередность обслуживания и многое, многое другое.

Задачи календарного планирования, составления расписания, задачи упорядочения. Это отличный и достаточно сложный класс задач. Критерии оптимальности в этих задачах – минимизация затрат времени на выполнение всех работ, минимизация общего запаздывания, выполнение работ против норматива, минимизация потерь от запаздывания и т.п.

Задачи сетевого планирования и управления (СПУ). Они актуальны для сложных и дорогостоящих проектов. В основе модели используется граф и его теория, события, работы. Критический путь, резервы времени – основные элементы этой системы.

Задачи выбора маршрута или сетевые задачи чаще всего встречаются на транспорте и в системе связи. Кольцевой завод. По сути, транспортная задача в сетевой постановке.

Комбинированные задачи включают в себя несколько типовых моделей одновременно.

Большинство задач организации и управления аграрным производством это комбинированные задачи. Так, в задаче оптимизации кормовой базы оптимизируется и годовой рацион животных, и структура посевных площадей, и зеленый конвейер, и производство кормов, и покупка добавок, и финансовый план, и план производства, и реализации продукции животноводства.

Задачи поиска – это задачи контроля качества продукции путем выборки, задачи разведки полезных ископаемых, задачи систем ревизии, библиографии и т.п. Суть задачи в поиске такой информации, которая однозначно определила бы решение. Критерием в задаче является \min затрат на информацию или \min цены ошибки. В первом случае речь идет о стоимости выборки, во втором – о цене ошибки выборки.

При выборке ошибки бывают двух видов – или обнаружат то, что в действительности отсутствует или пропустят то, что есть.

Задачи поведения людей. Сущность задачи заключается в определении индивидуальной и коллективной реакции на то или иное воздействие, исходящее из окружающей среды.

Это особый класс задач. Человек является активным и во многом самостоятельным элементом системы. Он обладает сознанием, памятью, волей, он имеет свою цель и способен к сознательному ее изменению.

Различают количественные и качественные модели поведения человека. В свою очередь выделяют: анатомические, сенсорные, психологические модели и математические модели реакции на стимулы.

Конкурентные или состязательные задачи это тоже задачи поведения. Они возникают, когда эффективность решения одного лица (или группы лиц) зависит от решения другого лица или группы лиц, или от поведения неуправляемой системы.

Цель состоит в управлении поведением позволяющего максимизировать выигрыш или минимизировать проигрыш. **Конфликтные ситуации предполагают** наличие, по крайней мере, двух противоположных, противодействующих сторон с разными интересами. Эти задачи составляют проблематику теории игр, а математическая модель конфликтной ситуации представляет собой игру.

3 Необходимость системного анализа для эффективного управления АПК

Системный подход при принятии решений

При обсуждении проблем принятия решений часто говорят о системном подходе, системе, системном анализе. Речь идет о том, что надо рассматривать проблему в целом, а не "выдергивать" для обсуждения какую-нибудь одну черту, хотя и важную. Так, при массовом жилищном строительстве можно "выдернуть" черту - стоимость квадратного метра в доме. Тогда наиболее дешевые дома - пятиэтажки. Если же взглянуть системно, учесть стоимость транспортных и инженерных коммуникаций (подводящих электроэнергию, воду, тепло и др.), то оптимальное решение уже другое – девятиэтажные дома.

Различных определений понятия «система» - десятки. Общим в них является то, что о системе говорят как о множестве, между элементами которого имеются связи. Целостность системы и ее "отделенность" от окружающего мира обеспечиваются тем, что взаимосвязи внутри системы существенно сильнее, чем связь какого-либо ее элемента с любым элементом, лежащим вне системы. По определению действительного члена Российской академии наук Н.Н.Моисеева: "Системный анализ - это дисциплина, занимающаяся проблемами принятия решений в условиях, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной физической природы".

Современные методы принятия решений

Кроме упомянутых или кратко рассмотренных выше методов, прежде всего экспертных, при принятии решений применяют весь арсенал методов современной прикладной математики. Они используются для оценки ситуации и про-

гнозирования при выборе целей, для генерирования множества возможных вариантов решений и выбора из них наилучшего.

Прежде всего, надо назвать всевозможные методы оптимизации (математического программирования). Для борьбы с многокритериальностью используют различные методы свертки критериев, а также интерактивные компьютерные системы, позволяющие вырабатывать решение в процессе диалога человека и ЭВМ. Применяют имитационное моделирование, базирующееся на компьютерных системах, отвечающих на вопрос: "Что будет, если...?", метод статистических испытаний (Монте-Карло), модели надежности и массового обслуживания. Часто необходимы статистические (эконометрические) методы, в частности, методы выборочных обследований. При принятии решений применяют как вероятностно-статистические модели, так и методы анализа данных.

Особого внимания заслуживают проблемы неопределенности и риска, связанных как с природой, так и с поведением людей. Разработаны различные способы описания неопределенностей: вероятностные модели, теория нечеткости, интервальная математика. Для описания конфликтов (конкуренции) полезна теория игр. Для структуризации рисков используют деревья причин и последствий (диаграммы типа "рыбий скелет"). Менеджеру важно учитывать постоянные и аварийные экологические риски. Плата за риск и различные формы страхования также постоянно должны быть в его поле зрения.

Проблема горизонта планирования

Во многих ситуациях продолжительность проекта не определена либо горизонт планирования инвестора не охватывает всю продолжительность реализации проекта до этапа

утилизации. В таких случаях важно изучить влияние горизонта планирования на принимаемые решения.

Рассмотрим условный пример. Предположим, я являюсь владельцем завода. Если горизонт моего планирования - 1 месяц, то наибольший денежный доход я получу, продав предприятие. Если же планирую на год, то я сначала понесу затраты, закупив сырье и оплатив труд рабочих, и только затем, продав продукцию, получу прибыль. Если я планирую на 10 лет, то пойду на крупные затраты, закупив лицензии и новое оборудование, с целью увеличения дохода в дальнейшие годы. При планировании на 30 лет имеет смысл вложить средства в создание и развитие собственного научно-исследовательского центра, и т.д.

Таким образом, популярное утверждение "фирма работает ради максимизации прибыли" не имеет точного смысла. За какой период максимизировать прибыль - за месяц, год, 10 или 30 лет? От горизонта планирования зависят принимаемые решения. Понимая это, ряд западных экономистов отказываются рассматривать фирмы как инструменты для извлечения прибыли, предпочитают смотреть на них как на живые существа, старающиеся обеспечить свое существование и развитие.

Основные отличительные признаки сложных систем (по Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М: Наука, 1978г., с.25):

Наличие большого количества взаимно связанных и взаимодействующих между собой элементов.

Сложность функции, выполняемой системой и направленной на достижение заданной цели функционирования.

Возможность разбиения системы на подсистемы, цели, функционирования которых подчинены общей цели функционирования всей системы.

Наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных факторов.

Наличие управления (часто имеющего иерархическую структуру), разветвленной информационной сети и интенсивных потоков информации.

Управление – в широком смысле функция системы, ориентированная либо на сохранение основного качества, т.е. совокупности свойств, утрата которых ведет к разрушению системы в условиях изменения *среды*, либо на выполнение некоторой программы, обеспечивающей *устойчивость* функционирования, *гомеостаз*, достижение определенной *цели*.

Понятие *управление* не формализовано настолько, чтобы можно было дать его точное и при этом достаточно полное формальное описание.

Систему, в которой реализуется функция управления, называется, *системой управления* и выделяют в ней две подсистемы: управляющую (осуществляющую функцию управления) и управляемую (объект управления).

Однако разделение системы на управляющую и управляемую не всегда можно осуществить однозначно. В сложных развивающихся системах эти блоки могут быть совмещены. Такой режим называют *саморегулированием*.

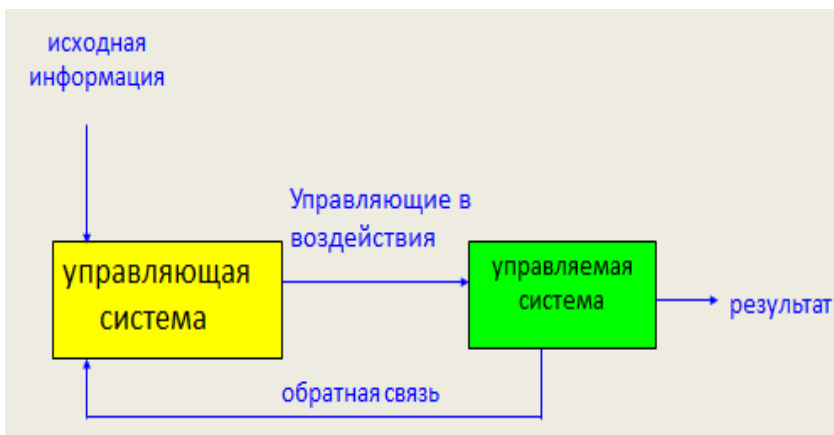
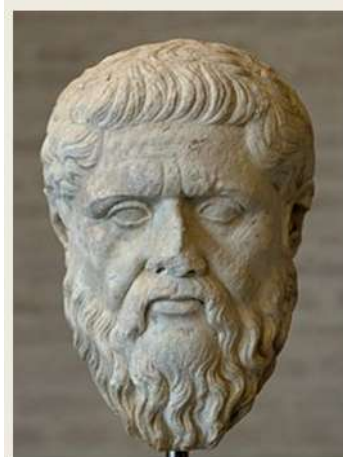


Рисунок 1 – Кибернетическая система

Из истории

Платон (427-347 гг. до н.э.) термином «кибернетика» обозначал правила управления обществом.



Платон

| | |
|---------------------|--|
| Дата рождения: | <u>428 или 427 до н. э.</u> |
| Место рождения: | <u>Афины</u> |
| Дата смерти: | <u>348 или 347 до н.э.</u> |
| Место смерти: | <u>Афины</u> |
| Гражданство: | <u>Афины</u> |
| Основные интересы: | <u>Метафизика, эпистемология, этика, эстетика, политика, образование, философия математики</u> |
| Оказавшие влияние: | <u>Сократ, Архит, Демокрит, Парменид, Пифагор, Гераклит</u> |
| Испытавшие влияние: | <u>Аристотель, практически все европейские и ближневосточные философы</u> |

В 1834г. Андре Мари Ампер в кн. «Опыт философии наук» кибернетикой называл науку о способах управления обществом.

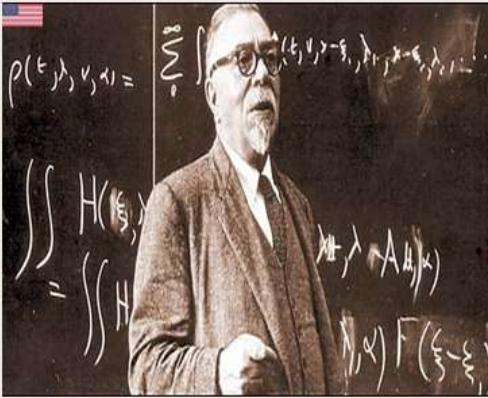


Андре-Мари Ампер - знаменитый французский физик, математик и естествоиспытатель, член Парижской Академии наук (1814). Член многих академий наук, в частности иностранный почётный член Петербургской Академии наук (1830). Джеймс Максвелл назвал Ампера «Ньютоном электричества».

| | |
|-----------------|--|
| Дата рождения: | <u>20 января 1775</u> |
| Место рождения: | <u>Лион</u> |
| Дата смерти: | <u>10 июня 1836 (61 год)</u> |
| Место смерти: | <u>Марсель</u> |
| Страна: | <u>Франция</u> |
| Научная сфера: | <u>физика, математика, химия</u> |
| Место работы: | <u>Политехническая школа Коллеж де Франс</u> |
| Известен как: | <u>один из основателей электродинамики</u> |

В 1948 г. Норберт Винер опубликовал книгу «Кибернетика или управление и связи в животном и машине» - изложено поведение и воспроизведение сложных управляющих и информационных систем в технике, живой природе и обществе.

Норберт Винер



| | |
|------------------------|--|
| <u>Дата рождения:</u> | <u>26 ноября 1894</u> |
| <u>Место рождения:</u> | <u>Колумбия, Миссури, США</u> |
| <u>Дата смерти:</u> | <u>18 марта 1964 (69 лет)</u> |
| <u>Место смерти:</u> | <u>Стокгольм, Швеция</u> |
| <u>Страна:</u> | <u>США</u> |
| <u>Научная сфера:</u> | <u>Математика Кибернетика</u> |
| <u>Место работы:</u> | <u>Массачусетский технологический институт</u> |
| <u>Учёная степень:</u> | <u>доктор философии</u> |
| <u>Учёное звание:</u> | <u>профессор</u> |
| <u>Альма-матер:</u> | <u>Колледж Тафтс 1909 Гарвардский университет 1912</u> |
| <u>Известен как:</u> | <u>основоположник кибернетики</u> |

Кибернетика показывает сходство управления в различных системах, основанное на том, что информационные процессы подчиняются общим количественным закономерностям независимо от природы носителей информации.

Кибернетика – наука об управлении, связях и информации.

Цель кибернетики - способствовать максимальной автоматизации процессов управления, повышению производительности управленческого труда

Объект кибернетики – сложные динамические системы

Предмет кибернетики – информационные процессы, описывающие поведение сложных динамических систем

Сложные системы – системы с большим количеством элементов, с разветвленной структурой, в которой можно выделить иерархические уровни.

Динамическая система – система, которая:

- переходит из одного состояния в другое,

– этот переход совершается медленно, а не мгновенно, скачкообразно.

Состояние системы – точно определенное условие или свойство, которое может быть опознано, если повторится снова

$$V = n(n - 1)$$

V - количество связей между элементами системы

n - количество элементов системы

$$H = 2^{n(n-1)}$$

H - максимальное число возможных состояний системы

Предметом экономической кибернетики являются процессы управления и связанные с ним процессы передачи и обработки информации в экономических системах.

Экономическая кибернетика включает:

- системный анализ
- теорию экономической информации
- теорию управляющих систем в экономике
- экономико-математическое моделирование

Многие авторы экономическую кибернетику понимают как экономико-математические методы.

Термин экономико-математические методы ввел в науку акад. Василий Сергеевич Немчинов, который определял экономико-математическую модель как концентрированное выражение общих взаимосвязей и закономерностей экономического явления в математической форме.

В сложных системах важную роль играют вопросы управления.

Управление представляет собой процесс сбора, передачи и переработки информации, осуществляемый специальными средствами. От элементов системы к управляющим устройствам поступает осведомительная информация, харак-

теризующая состояние элементов системы. В сложных системах обычно выделяются специфические контуры управления, вдоль которых циркулируют *потоки информации* (осведомительной – от элементов системы к управляющим устройствам, и управляющей – от управляющих устройств к элементам системы). Часто контуры управления являются замкнутыми и носят характер *обратной связи*: фактическое значение регулируемого параметра сравнивается со значением этого параметра, требуемым программой управления; наличие уклонение от программы служит основанием для выработки корректирующих сигналов – управляющей информации. Применение принципа обратной связи позволяет избежать грубых ошибок, если только средства управления работают исправно.

В связи с развитием электроники и вычислительной техники, в качестве средств управления часто используются цифровые вычислительные машины, выполняющие функции обработки информации, планирования и оперативного управления процессами в сложных системах. Выполняя последовательность арифметических и логических операций в соответствии с заданной программой, ЭВМ обеспечивает реализацию специального *алгоритма* переработки информации, который называется *управляющим алгоритмом*.

Если управление сложной системой сосредоточено в едином центре, оно называется *централизованным*. На практике встречаются различные степени *децентрализации* управления, когда функция управления распределена между главным и периферийными центрами управления, а также свойственна в определенной мере и элементам системы.

Пример: возможные варианты структуры управления (диспетчеризации) таксомоторным хозяйством крупного города. Децентрализация управления позволяет сократить объем передаваемой и перерабатываемой информации, однако в ряде случаев это приводит к снижению качества управления.

Отмеченные трудности в значительно меньшей степени проявляются при использовании систем управления с *иерархической* структурой – наличие нескольких уровней управления.

Существенной особенностью управления иерархической структуры является то обстоятельство, что основная масса информации перерабатывается в соответствующих контурах низшего уровня, а не высшие уровни поступают лишь обобщенные данные, характеризующие не отдельные элементы, а целые подсистемы сложной системы.

Многим сложным системам свойственны в той или другой степени черты *самоорганизации*. Система называется самоорганизующейся, если она способна на основании оценки воздействий внешней среды, путем последовательного изменения своих свойств прийти к некоторому устойчивому состоянию, когда воздействия внешней среды окажутся в допустимых пределах. Многочисленные примеры самоорганизующихся систем можно наблюдать в живой природе.

Реальные сложные системы функционируют в условиях действия большого количества случайных факторов. Источниками случайных факторов являются воздействие внешней среды, а также ошибки, шумы и отклонения различных величин, возникающие внутри системы.

Теория автоматического управления, фундаментальные принципы управления

Для исследования процессов управления в технических системах разработана теория автоматического управления. В этой теории термин управления используется в более узком смысле – как краткое название целенаправленного управляющего воздействия.

Большим движением теории автоматического управления являются общие принципы управления, разработанные

в этой теории, которые названы фундаментальными и являются достаточно общими. Их пытаются применить и для управления в социально-экономических системах.

Основные фундаментальные принципы управления:

1. Принцип разомкнутого или программного управления.

Сущность принципа состоит в том, что управление осуществляется с помощью заданного алгоритма или программы.

В некоторых случаях блок выработки закона управления и управляющее устройство совмещены.

Схема имеет вид разомкнутой цепи, в которой основное воздействие передается от входа к выходу, выполняя заданную программу (закон функционирования), что и дало название принципу.

Обозначения:

$x(t)$ - устройство, вырабатывающее программу или закон функционирования устройство управления (которое принято обозначать специальным знаком – кругом, разделенным на сектора), вырабатывающее

$u(t)$ - совокупность управляющих воздействий,

объект управления,

Z_j - помехи,

$Y_{\text{вых}}$ - выходной результат

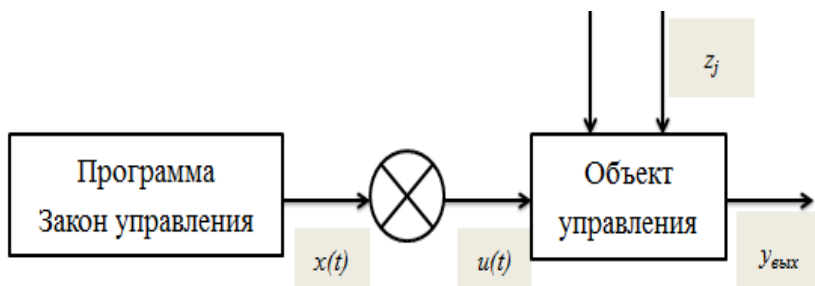


Рисунок 2 - Принцип разомкнутого или программного управления

При таком принципе управления помехи z_j могут исказить желаемое $y_{вых}$. Тем не менее, благодаря простоте этот принцип широко используется.

По разомкнутому принципу построены устройства пуска музыкальной шкатулки, магнитофона и др. аудиоустройств, станки с программным управлением, управление конвейером.

Подобием этого принципа можно считать управление работой раба в рабовладельческом обществе на начальной ступени его развития при жестоких рабовладельцах, не учитывающих потребностей раба как человека, подавляющего его человеческое достоинство и принуждающего четко выполнять предписанную программу.

2. Принцип компенсации или управления по возмущениям (или принцип управления с упреждением).

При таком принципе используется устройство, измеряющее помехи и вырабатывающее компенсирующие воздействия, которые корректируют закон управления (рисунок 3).

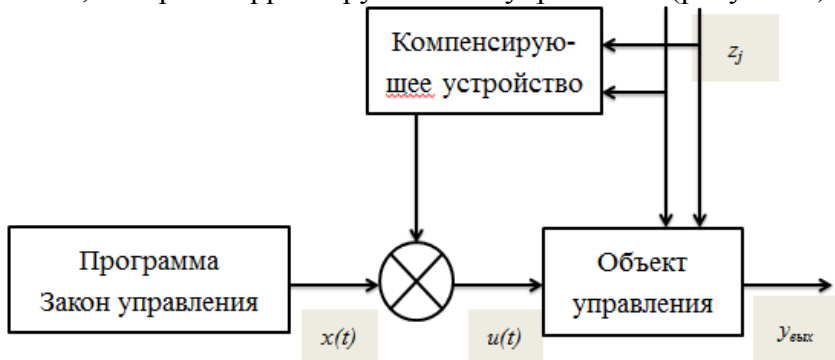


Рисунок 3 – Принцип управления с упреждением

Устройство такого рода называют компенсирующим устройством.

Простейшим примером такого принципа являются устройства, обеспечивающие стабилизацию напряжения при колебаниях постоянного тока. К настоящему времени в теории автоматического управления разработано много разнообразных компенсационных механизмов, в соответствующие подклассы устройств и даже детализируют принцип компенсационного управления в соответствии с этими видами устройств.

Этот принцип используется при планировании на предприятиях: при разработке планов учитывается, что производительность труда зависит от износа оборудования, от квалификации рабочих, смены и т.п., и при расчете времени на выполнение плановых заданий вводятся соответствующие корректировки в форме коэффициентов износа оборудования, коэффициентов сменности и т.п.

3. Принцип обратной связи или управление по отклонению.

Принцип иллюстрируется . Получаемые значения $y_{вых}$ корректируются на основе измерения отклонений Δu от требуемого результата $y_{треб}$, называемого в теории автоматического управления «уставкой».

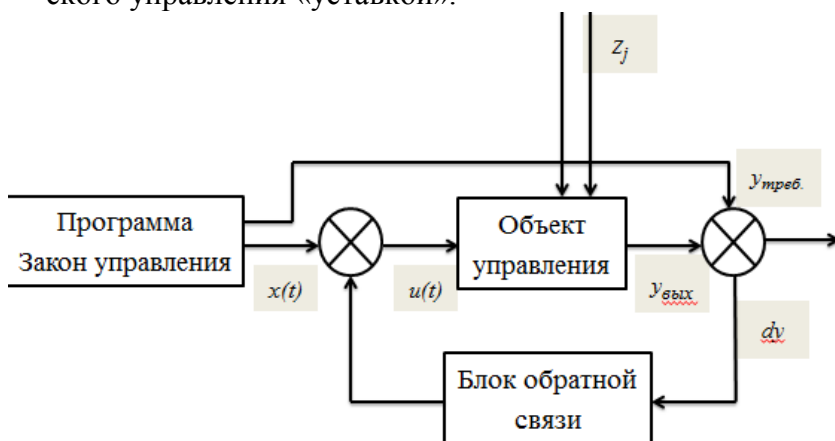


Рисунок 4 – Управление по отклонению

Понятие обратной связи легко иллюстрируется на примерах технических и электронных устройств. Однако при использовании этого понятия применительно к социально-экономическим системам это понятие не всегда верно интерпретируется.

Часто ограничиваются только фиксацией рассогласования Δu между требуемым $u_{\text{треб}}$ и фактическим $u_{\text{вых}}$ значением регулируемого параметра, а необходимо учитывать и реализовать все элементы, не забывая замкнуть контур обратной связи, вырабатывая в блоке обратной связи соответствующие управляющие воздействия, которые скорректируют закон управления $x(t)$.

Обратная связь может быть:

Отрицательной – противодействующей тенденциям изменения выходного параметра, т.е. направленной на сохранение, стабилизацию требуемого значения параметра (например, стабилизацию выходного напряжения, или в системах организационного управления – количества выпускаемой продукции и т.п.);

Положительной, сохраняющей тенденции происходящих в системе изменений того или иного выходного параметра (что используется при разработке генераторов разного рода, при моделировании развивающихся систем).

Совмещение принципов обратной связи и управления с упреждением.

Для совершенствования управления используют различные способы совмещения принципов управления (рисунок 5). Такая модель является основой адаптации.

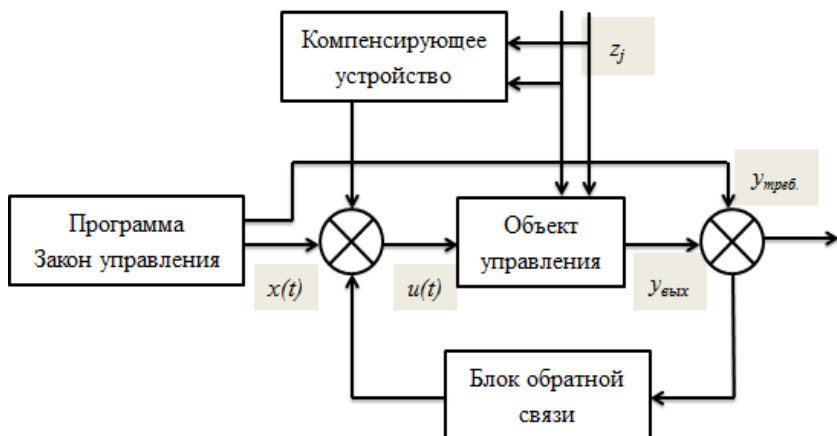


Рисунок 5 – Совмещение принципов управления

Совмещение принципов используют и в социально-экономических системах. Поскольку реализация принципа обратной связи связана с безработицей и социальными проблемами, при развитии капиталистического строя используются компенсационные механизмы в форме социальных программ (пособие по безработице и т.п.), уменьшающих возможность кризисов.

По принципу обратной связи функционируют основные регуляторы организма человека (при прикосновении к горячему утюгу человек автоматически отдергивает руку и т.п.), такой эффект подобен работе термостата. В последующем, обжегшись или оступившись несколько раз, ребенок приобретает условный рефлекс, оберегающий его от боли, и регуляторы человека начинают работать по принципу, называемому гомеостазом, упрощенной моделью которого может быть сочетание принципов управления, приведенное на рисунке 5.

Процессы управления в социально-экономических и технических системах

Рассмотренные фундаментальные принципы управления в той или иной форме используются в различных областях управления – от регулирования в технических системах (в английском языке используются термины *control*, *pilot* и т.п.) до управления коллективами людей (здесь обобщающий широкий термин управление даже в нашей стране стал заменяться термином менеджмент от английского *manage*).

В технических системах управляющую подсистему часто называют системой регулирования. Применительно к социально-экономическим системам используют термины система организационного управления и система, реализующая основную деятельность.

Если управление осуществляется сознательно, то управляющая система создается субъектом управления (используется также термин наблюдатель), который формирует цель (цели) управления. Иногда субъект управления отождествляется с управляющей системой, а в качестве цели принимается выполнение программы управления.

Это особенно характерно для социально-экономических систем. Но возможно и в технических (например, в системах телеуправления размещение на объекте управления устройства приема и передачи информации можно относить как к объекту, так и к управляющей системе).

Способы реализации этих принципов наиболее исследованы для управления в технических системах, не включающих социальные или экономические аспекты. А для социально-экономических систем эти принципы в большей мере используются как объяснительные, поскольку практически невозможно в управлении государством исследовать и учесть все многообразные механизмы регулирования – экономические, финансовые, социальные и т.д.

Поэтому в науках об управлении социальными коллективами и сообществами выделяют сферы управления (государством, предприятием, научным или учебным коллективом и т.п.) и для этих сфер разрабатывают более конкретные принципы управления, формы и методы их реализации.

В то же время есть в управлении сложными открытыми системами с активными элементами, и в частности, социально-экономическими системами, некоторые общие принципы и способы управления, которые имеет смысл кратко рассмотреть.

Способы управления государством, предприятием.

Еще в период становления городов-государств Древней Греции возникло два способа управления коллективными работами и сообществами людей, которые существуют и по сей день:

– «правовое государство» - путем введения правил взаимоотношений между людьми (правил этики, морали, заповедей, законов религии, в последующем – светских законов и правовых норм);

– «тоталитарное государство» с помощью чиновничества (т.е. административного аппарата управления комплексом работ, общиной, городом, районом, государством).

При выборе первого способа управления говорят о «правовом государстве», управляемой системой законов («Власть – закону»), при выборе второго способа – о «тоталитарном государстве», управляемом единоличным диктатором или чиновничьим аппаратом («Власть – монарху» или «Власть – чиновникам»).

В современных условиях существуют, как правило, промежуточные формы, которые и являются предметом дискуссий политических партий, придерживающихся разных принципов по поводу форм и методов управления страной.

Управление с помощью целеобразования основано на закономерности самоорганизации, в соответствии с которой активные элементы, входящие в систему, всегда являются носителями негэнтропийных тенденций. (Энтропия – хаос, неопределенность, негэнтропия – отрицательная энтропия).

На уровне человека и социальных коллективов эта закономерность реализуется с помощью целеобразования.

Если человек ставит цель, чего-то хочет сам, то он непременно стремится это реализовать. Если использовать эту особенность человека как активного элемента социально-экономической системы, его стремление к реализации себя, к самостоятельной постановке своих целей (т.е. к целеобразованию, целеполаганию), то можно говорить о способе управления, использующем активность личности и ее стремление к целеобразованию.

Способ самоорганизации, самоуправления характерен для творческих профессий. Такой способ управления часто проявляется во время войн. В мирное время труднее использовать этот способ управления.

Термин «управление» в социально-экономических системах трактуется как – планирование, организация, регулирование и т.д. Для реализации этих функций разрабатывают специальные методы и модели. Для обеспечения управления такими системами полезно учитывать «закон необходимого разнообразия» У.Р. Эшби и другие закономерности систем.

Закон «необходимого разнообразия» У.Р. Эшби.

Когда исследователь (лицо, принимающее решение, наблюдатель) N сталкивается с проблемой D , решение которой для него неочевидно, то имеет место некоторое разнообразие возможных решений V_D . Этому разнообразию противостоит разнообразие мыслей исследователя (наблюдателя) V_N .

Задача исследователя заключается в том, чтобы свести разнообразие $V_D - V_N$ к минимуму, в идеале

$$(V_D - V_N) \rightarrow 0.$$

Эшби доказал теорему, на основе которой формулируется следующий вывод: *«Если V_D дано постоянное значение, то $V_D - V_N$ может быть уменьшено лишь за счет соответствующего роста V_N ... Говоря более образно, только разнообразие в N может уменьшить разнообразие, создаваемое в D ; только разнообразие может уничтожить разнообразие».*

Способ управления, основанный на участии в целеобразовании активных элементов (человека, предприятия, региона и т.п.), является перспективным. Но этот способ – самый сложный. Не все люди способны к целеобразованию и стремятся участвовать в формулировании целей. Зарубежные исследователи утверждают, что активных личностей в стране около 10%, а большинство населения готово выполнять цели, поставленные руководством.

Первые два из рассмотренных способов управления основаны на принуждении: административное принуждение и принуждение с помощью установленных законов (второе – более демократичное, но все-таки принуждение).

Основа третьего способа – способность человека, предприятия, региона и т.п. к самоорганизации.

В каждой конкретной ситуации нужно выбирать разумное сочетание этих принципов с учетом необходимости и возможности их реализации.

Сказанное означает, что, создавая систему, способную справиться с решением проблемы, обладающей определенным, известным разнообразием (сложностью), нужно обеспечить, чтобы система имела еще большее разнообразие (знания методов решения), чем разнообразие решаемой проблемы, или была способна создать в себе это разнообразие (вла-

дела бы методологией, могла разработать методику, предложить новые методы решения проблемы).

Применительно к системам управления закон «необходимого разнообразия» может быть сформулирован следующим образом: разнообразие управляющей системы (системы управления) V_{su} должно быть больше (или по крайней мере равно) разнообразию управляемого объекта V_{ou} :

$$V_{su} > V_{ou} \quad (1)$$

Использование этого закона при разработке и совершенствовании систем управления предприятиями и организациями помогает увидеть причины проявляющихся в них недостатков и найти пути повышения эффективности управления.

Пути совершенствования управления при усложнении
производственных процессов
(В.И. Терещенко):

– *увеличение разнообразия системы управления V_{su}* , что может быть достигнуто путем роста численности аппарата управления, повышения его квалификации, механизации и автоматизации управленческих работ;

– *уменьшение разнообразия управляемого объекта V_{ou}* за счет установления более четких и определенных правил поведения компонентов системы: унификация, стандартизация, типизация, введение поточного производства, сокращение номенклатуры деталей, узлов, технологической оснастки и т.п.;

– *снижение уровня требований к управлению*, т.е. сокращение числа постоянно контролируемых и регулируемых параметров управляемой системы,

– *самоорганизация объектов управления* путем ограничения контролируемых параметров с помощью создания саморегулирующихся подразделений.

К середине 70-х гг. XX в. первые три пути были исчерпаны, и основное развитие получил четвертый путь на основе более широкой его трактовки – внедрение хозрасчета, самофинансирования, самоокупаемости и т.п. В последующем принципы самоорганизации были положены в основу концепции перестройки, перехода к рыночным механизмам саморегулирования экономики.

4 Общая характеристика методов и моделей прогнозирования экономического и социального развития АПК

Модель (в науке) — это объект-заместитель объекта-оригинала, инструмент для познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает некоторые свойства оригинала.

В качестве модели выступает другой материальный или мысленно представляемый объект, замещающий в процессе исследования объект-оригинал. Соответствие свойств модели исходному объекту характеризуется адекватностью.

Процесс построения и исследования модели называется моделированием.

В современной науке распространены модели в форме описания объекта (предмета, процесса или явления) на каком-либо формализованном языке, составленного с целью изучения его свойств. Такое описание особенно полезно в случаях, когда исследование самого объекта затруднено или физически невозможно.

Типы моделей

– Предметные модели - обычно являются уменьшенной копией оригинала.

Примеры:

- Глобус как модель Земли;
- Игрушечный автомобиль как модель настоящего.

– Информационные модели - являются описанием объекта естественным языком (вербальная или словесная модель) и формальными системами представления информации (математические, программные и др. модели)

Виды моделей

– Статические - модели, описывающие состояние системы в определенный момент времени (единовременный срез информации по данному объекту). Примеры моделей: классификация животных, строение молекул, список посаженных деревьев, отчет об обследовании состояния зубов в школе и т.д.

– Динамические - модели, описывающие процессы изменения и развития системы (изменения объекта во времени). Примеры: описание движения тел, развития организмов, процесс химических реакций.

– Функциональные

– Концептуальные

– Топологические отражают взаимные связи между объектами, не зависящие от геометрических свойств объектов.

– Логико-лингвистические

– Семантические

– Теоретико-множественные

– Физические представляют собой аналоговую, в которой между параметрами объекта и модели одинаковой физической природы существует однозначное соответствие. В этом случае элементом системы ставятся в соответствие физические эквиваленты, воспроизводящие структуру, основные свойства и соотношения изучаемого объекта. При физическом моделировании, основой которого является теория подобия, сохраняются особенности проведения эксперимента в натуре с соблюдением оптимального диапазона изменения соответствующих физических параметров. Простейшей физической моделью в классической механике является материальная точка.

– Экономические — это формализованное описание экономического процесса или явления, структура которого

определяется как его Объективными свойствами, так и субъективным целевым характером исследования.

Структура модели зависит от того, каковы особенности объекта изучения и цели субъекта исследования. Модель всегда балансирует на грани между точностью (приближенностью к реальности) и сложностью построения: Простота-Модель-Реальность.

Математическая модель — это математическое представление реальности.

Математическое моделирование — процесс построения и изучения математических моделей.

Все естественные и общественные науки, использующие математический аппарат, по сути занимаются математическим моделированием: заменяют реальный объект его математической моделью и затем изучают последнюю.

Определения моделирования

Никакое определение не может в полном объеме охватить реально существующую деятельность по математическому моделированию. Несмотря на это, определения полезны тем, что в них делается попытка выделить наиболее существенные черты.

Определение модели по А.А.Ляпунову (см. Новик И. Б., О философских вопросах кибернетического моделирования. М., Знание, 1964.): моделирование — это опосредованное практическое или теоретическое исследование объекта, при котором непосредственно изучается не сам интересующий нас объект, а некоторая вспомогательная искусственная или естественная система (модель): находящаяся в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом; способная замещать его в определенных отношениях; дающая при

её исследовании, в конечном счете, информацию о самом моделируемом объекте.

По Советову и Яковлеву (Моделирование систем: Учеб. для вузов — 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 2001.— 343 с.): «модель (лат. *modulus*— мера)— это объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.» «Замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели называется моделированием».

«Под математическим моделированием будем понимать процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и задач исследования объекта и требуемой достоверности и точности решения этой задачи».

По Самарскому и Михайлову (Самарский А.А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. — 2-е изд., испр.. — М.: Физматлит, 2001.), математическая модель — это «„эквивалент“ объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства — законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям, и т. д.» Существует в триадах «модель-алгоритм-программа». «Создав триаду „модель-алгоритм-программа“, исследователь получает в руки универсальный, гибкий и недорогой инструмент, который вначале отлаживается, тестируется в пробных вычислительных экспериментах. После того, как адекватность (достаточное соответствие) триады исходному объекту установлена, с моделью проводятся разнообразные и подробные „опыты“, дающие все тре-

буемые качественные и количественные свойства и характеристики объекта.» (с.7-8)

По Севостьянову (Моделирование технологических процессов: учебник / А.Г. Севостьянов, П.А. Севостьянов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 344 с.): «Математической моделью называется совокупность математических соотношений, уравнений, неравенств и т.п., описывающих основные закономерности, присущие изучаемому процессу, объекту или системе.»

Наиболее лаконичное определение математической модели: «Уравнение, выражающее идею», очевидно, является и наименее точным, хотя бы потому, что модель может быть представлена и неравенствами.

Классификация моделей

Формальная классификация моделей

Формальная классификация моделей основывается на классификации используемых математических средств. Часто строится в форме дихотомий, дихотомического или двоичного поиска. Например, один из популярных наборов дихотомий:

- Линейные или нелинейные модели;
- Сосредоточенные или распределённые системы;
- Детерминированные или стохастические;
- Статические или динамические;
- Дискретные или непрерывные.

«В зависимости от характера изучаемых процессов в системе S все виды моделирования могут быть разделены на детерминированные и стохастические, статические и динамические, дискретные, непрерывные и дискретно-непрерывные. Детерминированное моделирование отображает детерминированные процессы, то есть процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий; стохастиче-

ское моделирование отображает вероятностные процессы и события. ... Статическое моделирование служит для описания поведения объекта в какой-либо момент времени, а динамическое моделирование отражает поведение объекта во времени. Дискретное моделирование служит для описания процессов, которые предполагаются дискретными, соответственно непрерывное моделирование позволяет отразить непрерывные процессы в системах, а дискретно-непрерывное моделирование используется для случаев, когда хотят выделить наличие как дискретных, так и непрерывных процессов.»(Советов Б. Я., Яковлев С. А., Моделирование систем: Учеб. для вузов — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001. — 343 с.) и так далее. Каждая построенная модель является линейной или нелинейной, детерминированной или стохастической, ... Естественно, что возможны и смешанные типы: в одном отношении сосредоточенные (по части параметров), в другом — распределённые модели и т.д.

Классификация по способу представления объекта

Наряду с формальной классификацией, модели различаются по способу представления объекта:

– Структурные модели представляют объект как систему со своим устройством и механизмом функционирования.

– Функциональные модели не используют таких представлений и отражают только внешне воспринимаемое поведение (функционирование) объекта. В их предельном выражении они называются также моделями «черного ящика». Возможны также комбинированные типы моделей, которые иногда называют моделями «серого ящика».

Содержательные и формальные модели

Практически все авторы, описывающие процесс математического моделирования, указывают, что сначала строится особая идеальная конструкция, содержательная модель. Устоявшейся терминологии здесь нет, и другие авторы называют этот идеальный объект концептуальная модель, умозри-

тельная модель или предмодель. При этом финальная математическая конструкция называется формальной моделью или просто математической моделью, полученной в результате формализации данной содержательной модели (предмодели).

Построение содержательной модели может производиться с помощью набора готовых идеализаций, как в механике, где идеальные пружины, твёрдые тела, идеальные маятники, упругие среды и т. п. дают готовые структурные элементы для содержательного моделирования. Однако в областях знания, где не существует полностью завершённых формализованных теорий (передний край физики, биологии, экономики, социологии, психологии, и большинства других областей), создание содержательных моделей резко усложняется.

Содержательная классификация моделей

В работе Р. Пайерлса (англ. R. Peierls) дана классификация математических моделей, используемых в физике и, шире, в естественных науках. В книге А. Н. Горбаня и Р. Г. Хлебопроста эта классификация проанализирована и расширена. Эта классификация сфокусирована, в первую очередь, на этапе построения содержательной модели. В основе содержательной классификации — этапы, предшествующие математическому анализу и вычислениям.

Восемь типов моделей по Р. Пайерлсу суть восемь типов исследовательских позиций при моделировании

1. Гипотеза (такое могло бы быть)
2. Феноменологическая модель (ведем себя так, как если бы...)
3. Приближение (что-то считаем очень большим или очень малым)
4. Упрощение (опустим для ясности некоторые детали)

5. Эвристическая модель (количественного подтверждения нет, но модель способствует более глубокому проникновению в суть дела)

6. Аналогия (учтём только некоторые особенности)

7. Мысленный эксперимент (главное состоит в опровержении возможности)

8. Демонстрация возможности (главное — показать внутреннюю непротиворечивость возможности)

Тип 1: Гипотеза (такое могло бы быть)

Эти модели «представляют собой пробное описание явления, причем автор либо верит в его возможность, либо считает даже его истинным». По Р. Пайерлсу это, например, модель Солнечной системы по Птолемею и модель Коперника (усовершенствованная Кеплером), модель атома Резерфорда и модель Большого взрыва.

Никакая гипотеза в науке не бывает доказана раз и навсегда. Очень чётко это сформулировал Ричард Фейнман: «У нас всегда есть возможность опровергнуть теорию, но, обратите внимание, мы никогда не можем доказать, что она правильна. Предположим, что вы выдвинули удачную гипотезу, рассчитали, к чему это ведет, и выяснили, что все ее следствия подтверждаются экспериментально. Значит ли это, что ваша теория правильна? Нет, просто-напросто это значит, что вам не удалось ее опровергнуть.»

Если модель первого типа построена, то это означает что она временно признаётся за истину и можно сконцентрироваться на других проблемах. Однако это не может быть точкой в исследованиях, но только временной паузой: статус модели первого типа может быть только временным.

Тип 2: Феноменологическая модель (*ведем себя так, как если бы...*)

Феноменологическая модель содержит механизм для описания явления. Однако этот механизм недостаточно убедителен, не может быть достаточно подтверждён имеющимися данными или плохо согласуется с имеющимися теориями и накопленным знанием об объекте. Поэтому феноменологические модели имеют статус временных решений. Считается, что ответ всё ещё неизвестен и необходимо продолжить поиск «истинных механизмов». Ко второму типу Пайерлс относит, например, модели теплорода и кварковую модель элементарных частиц.

Роль модели в исследовании может меняться со временем, может случиться так, что новые данные и теории подтвердят феноменологические модели и те будут повышены до статуса гипотезы. Аналогично, новое знание может постепенно прийти в противоречие с моделями-гипотезами первого типа и те могут быть переведены во второй. Так, кварковая модель постепенно переходит в разряд гипотез; атомизм в физике возник как временное решение, но с ходом истории перешёл в первый тип. А вот модели эфира, проделали путь от типа 1 к типу 2, а сейчас находятся вне науки.

Идея упрощения очень популярна при построении моделей. Но упрощение бывает разным. Пайерлс выделяет три типа упрощений в моделировании – см. тип 3, 4, 5.

Тип 3: Приближение (*что-то считаем очень большим или очень малым*)

Если можно построить уравнения, описывающие исследуемую систему, то это не значит, что их можно решить даже с помощью компьютера. Общепринятый прием в этом случае — использование приближений (моделей типа 3). Среди них модели линейного отклика. Уравнения заменяются линейными. Стандартный пример — закон Ома.

Если мы используем модель идеального газа для описания достаточно разреженных газов, то это — модель типа 3 (приближение). При более высоких плотностях газа тоже по-

лезно представлять себе более простую ситуацию с идеальным газом для качественного понимания и оценок, но тогда это уже тип 4.

Тип 4: Упрощение (*опустим для ясности некоторые детали*)

В модели отбрасываются детали, которые могут заметно и не всегда контролируемо повлиять на результат. Одни и те же уравнения могут служить моделью типа 3 или 4 — это зависит от явления, для изучения которого используется модель. Так, если модели линейного отклика применяются при отсутствии более сложных моделей (то есть не производится линеаризация нелинейных уравнений, а просто ищутся линейные уравнения, описывающие объект), то это уже феноменологические линейные модели, и относятся они к следующему типу 4 (все нелинейные детали «для ясности» опускаем).

Примеры: применение модели идеального газа к неидеальному, уравнение состояния Ван-дер-Ваальса, большинство моделей физики твердого тела, жидкостей и ядерной физики. Путь от микроописания к свойствам тел (или сред), состоящих из большого числа частиц, очень длинен. Приходится отбрасывать многие детали. Это приводит к моделям 4-го типа.

Тип 5: Эвристическая модель (*количественного подтверждения нет, но модель способствует более глубокому проникновению в суть дела*)

Эвристическая модель сохраняет лишь качественное подобие реальности и даёт предсказания только «по порядку величины». Типичный пример — приближение средней длины свободного пробега в кинетической теории. Оно даёт простые формулы для коэффициентов вязкости, диффузии, теплопроводности, согласующиеся с реальностью по порядку величины.

Но далеко не сразу получается модель, дающая хотя бы качественное описание объекта — модель пятого типа. В этом случае часто используют модель по аналогии, отражающую действительность хоть в какой-нибудь черте.

Тип 6: Аналогия (*учтём только некоторые особенности*)

Р. Пайерлс приводит историю использования аналогий в первой статье В. Гейзенберга о природе ядерных сил. «Это произошло после открытия нейтрона, и хотя сам В. Гейзенберг понимал, что можно описывать ядра состоящими из нейтронов и протонов, он не мог все же избавиться от мысли, что нейтрон должен в конечном счете состоять из протона и электрона. При этом возникала аналогия между взаимодействием в системе нейтрон — протон и взаимодействием атома водорода и протоном. Эта-то аналогия и привела его к заключению, что должны существовать обменные силы взаимодействия между нейтроном и протоном, которые аналогичны обменным силам в системе $H - H^+$, обусловленным переходом электрона между двумя протонами. Позднее было все-таки доказано существование обменных сил взаимодействия между нейтроном и протоном, хотя ими не исчерпывалось полностью взаимодействие между двумя частицами. Но, следуя все той же аналогии, В. Гейзенберг пришёл к заключению об отсутствии ядерных сил взаимодействия между двумя протонами и к постулированию отталкивания между двумя нейтронами. Оба последних вывода находятся в противоречии с данными более поздних исследований».

Тип 7: Мысленный эксперимент (*главное состоит в опровержении возможности*)

А. Эйнштейн был одним из великих мастеров мысленного эксперимента, один из которых был придуман в юности и, в конце концов, привел к построению специальной теории относительности.

Тип 8: Демонстрация возможности (*главное — показать внутреннюю непротиворечивость возможности*)

Это тоже мысленные эксперименты с воображаемыми сущностями, демонстрирующие, что предполагаемое явление согласуется с базовыми принципами и внутренне непротиворечиво. В этом основное отличие от моделей типа 7, которые вскрывают скрытые противоречия. Один из самых знаменитых таких экспериментов — геометрия Лобачевского (Лобачевский называл её «воображаемой геометрией»).

При уточнении модели сложность её математического исследования может существенно возрасти и сделать модель фактически бесполезной. Зачастую более простая модель позволяет лучше и глубже исследовать реальную систему, чем более сложная (и, формально, «более правильная»).

Прямая и обратная задачи математического моделирования

Прямая задача: структура модели и все её параметры считаются известными, главная задача — провести исследование модели для извлечения полезного знания об объекте. Какую статическую нагрузку выдержит мост? Как он будет реагировать на динамическую нагрузку (например, на марш роты солдат, или на прохождение поезда на различной скорости), как самолёт преодолеет звуковой барьер, не развалится ли он. Постановка правильной прямой задачи (задание правильного вопроса) требует специального мастерства. Если не заданы правильные вопросы, то мост может обрушиться, даже если была построена хорошая модель для его поведения. Так, в 1879 г. в Великобритании обрушился металлический Мост через реку Тей, конструкторы которого построили модель моста, рассчитали его на 20-кратный запас прочности на действие полезной нагрузки, но забыли о постоянно дующих в тех местах ветрах. И через полтора года он рухнул.

Обратная задача: известно множество возможных моделей, надо выбрать конкретную модель на основании допол-

нительных данных об объекте. Чаще всего, структура модели известна, и необходимо определить некоторые неизвестные параметры. Дополнительная информация может состоять в дополнительных эмпирических данных, или в требованиях к объекту (*задача проектирования*). Дополнительные данные могут поступать независимо от процесса решения обратной задачи (*пассивное наблюдение*) или быть результатом специально планируемого в ходе решения эксперимента (*активное наблюдение*).

Одним из первых примеров виртуозного решения обратной задачи с максимально полным использованием доступных данных был построенный И Ньютоном метод восстановления сил трения по наблюдаемым затухающим колебаниям.

Для поддержки математического моделирования разработаны системы компьютерной математики, например, Maple, Mathematica, Mathcad, MATLAB, VisSim и др. Они позволяют создавать формальные и блочные модели как простых, так и сложных процессов и устройств и легко менять параметры моделей в ходе моделирования. Блочные модели представлены блоками (чаще всего графическими), набор и соединение которых задаются диаграммой модели.

ТЕМА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АПК И ЭТАПЫ ИХ ПОСТРОЕНИЯ

Вопросы

1. Общая классификация экономико-математических моделей АПК
2. Этапы моделирования

1 Общая классификация экономико-математических моделей АПК

Классификация экономико-математических моделей

Экономические науки давно пользуются математическими моделями. Модели, используемые для исследования экономических явлений, получили название экономико-математических моделей.

С появлением экономико-математических методов, сочетающих экономические, математические и кибернетические методы для исследования экономических явлений, арсенал экономико-математических моделей значительно расширился за счет кибернетического подхода к моделированию. Существует большое число классификации типов экономико-математических моделей, однако единой классификации экономико-математических моделей не существует, да, по видимому, и не будет создано в обозримом будущем. Дело в том, что практически нереально охватить все существующее многообразие социально-экономических задач, объектов и процессов, описываемых различными моделями, с одной стороны, с другой стороны, процесс создания новых моделей настолько динамичный, что требуется специальный механизм

их сводки, далее даже получив объемный материал классификации и механизм его постоянного пополнения, будем иметь классификатор, которым будет крайне затруднительно пользоваться.

В настоящее время пользуются фрагментарными классификациями.

Так, принято все экономико-математические модели подразделять на две большие группы:

- модели, отражающие преимущественно **производственный аспект экономики;**
- модели, отражающие преимущественно **социальные аспекты экономики.**

Всем ясно, что такое деление условно, потому что приходится моделировать явления и системы, где социальные и экономические аспекты практически неразделимы, они протекают одновременно, взаимообуславливают друг друга, тесно сочетаются.

К моделям первой группы все же можно отнести:

- межотраслевые модели народного хозяйства;
- модели долгосрочных прогнозов экономического развития;
- отраслевые модели оптимального планирования;
- модели оптимизации структуры производства в отраслях.

Из моделей второй группы наиболее разработаны модели, связанные с прогнозированием доходов населения, демографических процессов.

Л. И. Лопатников* приводит, следующую классификацию:

1. По способу отражения действительности:

Аналоговая модель

Иконическая модель (тоже: портретная модель)

* Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. Изд. 4-е. - М. : Изд-во «АВФ», 1996, стр. 600

Концептуальная модель
Структурная модель
Информационная модель
Функциональная модель

2. По назначению (цели создания и применения) модели:

Балансовая модель
Дескриптивная модель (тоже: описательная)
Имитационная модель
Модели равновесия
Нормативная модель
Оптимальная модель (тоже: оптимизационная)

3. По способу логико-математического описания моделируемых экономических систем:

Аналитическая модель
Вероятностная модель (тоже: стохастическая)
Детерминированная модель
Дискретная модель
Линейная модель
Математико-статистическая модель
Матричная модель
Нелинейная модель
Непрерывная модель
Регрессионная модель
Сетевая модель
Числовая модель
Эконометрическая модель

4. По временному и пространственному признаку:

Гравитационная модель
Динамическая модель
Модель с “бесконечным временем”
Статистическая модель
Точечная модель
Трендовая модель

5. По внутренней структуре модельного описания системы:

Автономная модель
Глобальная модель
Закрытая модель
Комплекс моделей
Макроэкономическая модель (тоже: агрегатная)
Микроэкономическая модель
Многосекторная модель (многоотраслевая, многопродуктовая)
Однопродуктовая модель
Открытая модель
Система моделей (в том числе многоуровневая или многоступенчатая).

6. По области применения:

а) с точки зрения типов решаемых экономических задач;

б) с точки зрения математического аппарата, применяемых экономико-математических методов.

Области применения экономико-математических моделей практически трудно обозримы и здесь не приводится их перечисление. Речь идет, например о прогнозных, отраслевых, линейно – программных моделях и т. п.

Желающим более детально ознакомиться с типологией социально-экономических задач и моделей можно рекомендовать работу Вилка Э. Й., Майминас Е. З. Решения: теория, информация, моделирование. – М. :Радио и связь, 1981.

Общие принципы и особенности разработки экономико-математических моделей

Модель может быть сформулирована тремя способами: в результате прямого наблюдения и изучения некоторых явлений действительности – **феноменологический способ**; из

более общей модели **дедуктивный способ**; обобщения более частных моделей – **индуктивный способ**.

Моделирование экономических объектов имеет свои особенности. Прежде всего, любой модели экономической системы, объекта явления или процесса всегда должна предшествовать экономическая теория. Нельзя ожидать появления моделей экономических явлений прежде, чем появится и утвердится соответствующая экономическая теория.

В этом плане история экономико-математических методов преподнесла замечательный урок. Более 250 лет назад Ф. Кенэ задался целью создать модель народного хозяйства. Первый вариант результатов исследования – «Экономическая таблица» был опубликован в 1758 г., второй вариант – «Арифметическая формула» – в 1766 г. К. Маркс дал самую высокую оценку этим трудам, хотя подчеркнем, что задача, которую поставил себе Ф. Кенэ, не решена, по существу, и по сей день. Вот что писал в этой связи К. Маркс: «На самом же деле это была попытка представить весь процесс производства капитала как форму этого процесса воспроизводства; денежное обращение – только как момент обращения капитала; вместе с тем это была попытка включить в этот процесс воспроизводства происхождение дохода, обмен между капиталом и доходом, отношение между производством и окончательным потреблением, а в обращение капитала включить обращение между воспроизводителями и потребителями... Эта попытка, сделанная во второй трети XVIII века, в период детства политической экономии, была в высшей степени гениальной идеей, бесспорно, самой гениальной из всех, какие только выдвинула до сего времени политическая экономия»*.

Здесь четко подчеркнуто – гениальным является то, что удалось и объясняется, почему не удалось больше – не

* Маркс К. Энгельс Ф. Соч. т.26, ч.1, с. 345

была создана теория, смоделировать нерешенные теоретически проблемы нельзя.

К. Маркс разработал модель простого и расширенного капиталистического производства. Его модели использовались многими последователями в качестве образцов, а болгарский ученый Иван Николов попытался на их основе сформулировать принципы построения моделей экономических объектов*.

Принципы, использованные К. Марксом при построении модели простого и расширенного воспроизводства, можно свести к некоторым общим требованиям, которым должны отвечать модели экономических объектов, систем, явлений и процессов.

Первое. Модель должна основываться и строиться на базе, разработанной для объяснения моделируемого явления экономической теории. Параметры, которые характеризуют модель, должны быть определенными экономическими категориями. С помощью этих параметров выражают теоретически найденные зависимости. Нельзя это трактовать упрощенно.

Параметры – это существенные свойства, они могут выражаться одним или системой показателей. Важно также уяснить, что модель необходима потому, что невозможно непосредственно, прямо, без посредника использовать теорию в экономической практике.

Модель помогает понять и истолковать теорию, а также служит средством для ее практического использования, так как количественную меру связей зависимостей можно уточнить и применить на практике через моделирование.

Второе. В своей модели К. Маркс абстрагировался от ряда сторон и особенностей отражаемого явления, не лишая

* И. Николов. Кибернетика и экономика. Пер. с болгарского. М.: Экономика. 1974, с. 151.

при этом модель ее познавательного значения. В модели отражается суть, главное, основное, значимое.

Третье. Всякая модель отражает не отдельное экономическое явление, а целый класс таких явлений. Чем шире круг явлений, поведение которых описывается с помощью данной модели, тем больше познавательное значение модели.

Четвертое. Нельзя разрабатывать экономическую модель без использования определенной символики. К.Маркс ввел символы, через которые выразил ряд предварительно определенных категорий. Таковыми являются C , V , M , P , и др. В математике, физике, ряда других наук созданы свои системы однозначных символов. В экономических науках, экономической кибернетике эти вопросы еще ждут своего решения. В связи с развитием кибернетики вопросы экономической семантики и семиотики обсуждаются, однако многие экономические понятия, основные категории не имеют однозначного и строгого определения и обозначения. Более того, ряд авторов недооценивают значение унификации символики, пишут, что, используемые символы роли не играют. Это заблуждение – играют и значительную роль. Использование разных символов для одних и тех же понятий, отсутствие единой системы знаковых символов приводит к путанице, усложняет работу, требует больше времени, отталкивает своей неопределенностью и уж точно не приносит ничего положительного. Экономическая практика требует неотложного решения проблем, связанных с семантикой и семиотикой в экономико-математическом направлении научных исследований.

Пятое. Для выражения зависимостей между параметрами и отдельными характеристиками в модели широко используется математический инструментарий, требуются определенные знания математических наук. Разработчик должен профессионально владеть экономикой, математикой и кибернетикой, так как экономико-математическое направле-

ние исследования экономики основано на стыке этих наук. Необходимо иметь в виду, что исследователь, разработчик не обязательно всегда должен представляться одним лицом, это может быть и творческий коллектив, операционная группа и т.д.

Шестое. Любая экономико-математическая модель подлежит проверке на адекватность. **Под адекватностью модели понимается соответствие модели для использования, при моделировании именно данного оригинала.**

Здесь не требуется абсолютное подобие оригинала и модели. Речь идет о другом – о практической пригодности, о способности модели отражать основные моделируемые свойства. Если модель адекватно отражает, воспроизводит основные свойства оригинала – значит, ее можно использовать, если – искажает или не учитывает существенные свойства, модель подлежит корректировке, доработке, – ее использовать нельзя, результаты могут оказаться малополезными или даже их использование может принести существенный вред. Здесь сформулированные общие принципы, общие требования к построению моделей экономических систем.

Французский математик Луи Куффиньяль писал, что создание моделей тесно связано с мышлением по аналогии. Прогресс человека в познании окружающего мира и в воздействии на него происходил благодаря созданию моделей, к которым применялся метод мышления по аналогии. Один из наиболее значительных последних результатов изучения метода мышления по аналогии – выработка условий, необходимых для того, чтобы существовала большая вероятность эффективности модели:

- модель должна быть верной, т.е. иметь аналогии с оригиналом;
- модель должна воспроизводить преимущественно функции оригинала, а не его структуру;
- модель должна быть простой.

Рассматривая общие принципы построения экономико-математических моделей для исследования экономики, можно отдельные из них уточнять, искать недостающие, сожалеть о допущенных неточностях или подвергать критике сделанное. Но нельзя забывать, что экономико-математическое направление развивается, идет процесс его становления.

Не будем дискутировать о полноте принципов и требований, отметим лишь, что общих способов построения математических моделей пока не существует, нет и алгоритмов доведенных до рабочих методик, которые можно было бы формализовать и хотя бы частично поручить эту работу ЭВМ. В каждом конкретном случае модель или выбирается из банка существующих моделей и адаптируется к данной задаче или составляется, разрабатывается с чистого листа, руководствуясь целями исследования, поставленными задачами, профессиональными знаниями разработчиков, логикой, принципами, собственным опытом и опытом других исследователей.

Однако, в литературе все же можно найти практические рекомендации по составлению и использованию моделей для исследования экономических явлений, но это не специальные научные разработки, а скорее просто передача опыта бывалых разработчиков.

Напомним, что при составлении модели моделируемое явление неизбежно упрощается, представляется, по возможности, схематично, однообразно. Сама схема, ее элементы, связи, зависимости изображаются, описываются с помощью математического аппарата, математических методов.

Чем точнее, нагляднее, проще, доступнее модель будет отражать существенные черты моделируемого экономического явления, тем удачнее можно считать построенную модель, она сможет адекватно представить оригинал, реальность или прообраз будущего, то есть результаты моделирования и ре-

комендации из них вытекающие будут более приемлемыми, лучшими.

Принципиальным в моделировании является практическое понимание точности. Всем экономистам известно крылатое выражение о том, что ничто не стоит так дорого как ненужная точность. Суть его применима и в моделировании экономических явлений. В каждом конкретном случае необходимо соизмерять необходимую точность и меру детализации в модели. Любое решение, числовое выражение оптимального плана, например, всегда требуется на практике только определенной точности, вот и в модели необходимо предусматривать эту точность. Или по-другому – допустим в задаче исходная информация, данные для расчетов по модели известны неточно, получить их с большей точностью невозможно в конкретном случае, то и в процессе моделирования и оптимизации повысит точность решения, очевидно, нам не удастся, а значит, нет смысла применять изощренные методы, входить в ненужные тонкости, строить очень подробные модели, тратить на это время при разработке и решении задачи, использовать методы самой точной оптимизации. По-видимому, рациональным будет в данном случае использовать модели и методы оптимизации, которые не уменьшают точности результата, то есть соответствуют реальной ситуации. К сожалению, этим принципом нередко пренебрегают на практике.

Сам процесс разработки математической модели кроме знаний, опыта требует и вдохновения, творческого порыва, так как он сродни искусству. Модель должна быть адекватной возлагаемым на нее надеждам с одной стороны и в то же время – простой, понятной, доступной. Две опасности подстерегают составителя модели: первая – увязнуть в подробностях, по известным пословицам умело приведенных Е. С. Вентцель, – «из-за деревьев не увидеть леса» и вторая –

слишком огрубить явление, – «выплеснуть вместе с водой и ребенка».

На практике полезно решать одну и ту же задачу по разным моделям, в свою очередь одну и ту же модель накладывать на разные объекты и сравнивать результаты. Стабильность, а точнее близость результатов от многократных прогонов, свидетельствует в пользу используемых моделей и методов. Слишком большой разброс решений наводит на мысль о необходимости проверки научной концепции, поиска неточностей, ошибок, внесение необходимых корректив и повторные прогоны решений.

Разработчик модели должен помнить, что практически задачами экономико-математического моделирования являются:

- анализ экономических явлений, систем;
- предсказание и обоснование будущего (прогнозирование развития экономической системы, предвидение характера протекания экономического явления);
- разработка рекомендаций по управлению социально-экономическими процессами (выработка управляющих решений, предложение новых целей развития, выработка стратегии поведения и принятия управляющих решений).

Однако нельзя забывать, что любой оптимальный вариант решения экономико-математической задачи нельзя рассматривать как готовое предложение для практического использования, тем более как прямое управленческое решение.

Результаты решения подлежат анализу и могут рассматриваться только как одно из приближительных, возможных решений. Дело в том, что любой оптимальный вариант, полученный в результате моделирования и решения задачи на ЭВМ, является наилучшим только с точки зрения принятого одного критерия оптимальности, а при практическом использовании вариант оценивается со всех мыслимых точек зрения,

поэтому принятие окончательного решения всегда остается за человеком.

При моделировании систем всегда необходимо иметь в виду общесистемные свойства, с ними считаются как с теоретическими положениями. Так целостность системы требует и целостного ее исследования и моделирования, нельзя по части судить о целом, тем более что в силу эмерджентности экономических систем они могут иметь свойства, которые не присущи ни одному из ее элементов. Экономические явления в реальной действительности носят массовый характер, и поэтому результаты их изучения представляют интерес для многих, но при моделировании нельзя упускать из вида, что в экономике оно всегда должно опираться на массовые наблюдения, именно только такая информация для экономических явлений может считаться достоверной, при этом учет случайности и неопределенности является обязательным, то есть как в реальной жизни – с учетом всех влияний и рисков. Понятно, что все это сильно затрудняет и усложняет работу, это всегда так, но именно поэтому не каждому разработчику посильна любая задача. Браться надо только за посильную работу, причем, только знания и опыт, профессионализм, настойчивость и творческое вдохновение позволяют получать полезные результаты. Если кто представляет экономико-математическое исследование экономики, в особенности кибернетическое моделирование и оптимизацию, как процесс, преобразующий всякую имеющуюся информацию в полезные результаты – то это глубокое заблуждение, таких методов нет и никогда не будет.

Экономико-математические исследования – это действительно интереснейшая работа, тот, кто сознательно выполнил несколько десятков прогонов имитационной модели на ЭВМ и получил первым результат, которого не могли получить многие поколения исследователей, уже никогда не смо-

жет прервать диалог с ЭВМ, оставить поиск, но только так можно понять и познать радость творческого труда.

2 Этапы моделирования

Постановка и формализация задачи

Процесс разработки и использования модели с методических соображений удобно представить в виде определенных этапов. Этапы моделирования – это виды работ. Моделирование можно представить как набор отдельных работ или их совокупностей. Степень детализации этих работ, сам набор их видов зависят от преследуемых целей.

Здесь выделены этапы моделирования необходимые для практического использования при решении конкретной производственной задачи.

В каждой области знаний моделирование имеет свои особенности. Рассмотрим моделирование производственных систем на примере использования оптимизационных моделей. Перечислим этапы моделирования и ознакомимся с содержанием работы на каждом из них.

1. Исследование моделируемой системы и постановка задачи.
2. Формализация задачи.
3. Разработка математической модели задачи и ее запись в структурной форме.
4. Анализ количественных зависимостей параметров задачи.
5. Сбор исходной информации и ее обработка.
6. Построение числовой модели.
7. Выбор математического метода решения задачи.
8. Решение задачи на ЭВМ.
9. Анализ результатов решения и корректировка модели.

10. Решение задачи на ЭВМ по скорректированной модели.

11. Экономический анализ вариантов решения и разработка плана практического использования оптимального решения.

12. Авторский надзор за ходом внедрения разработки.

Оговоримся сразу: это перечень этапов работы, последовательность же ее выполнения имеет челночный характер – нередко от одного этапа приходится возвращаться к уже пройденному, уточнять, изменять, продолжать работу поэтапно и возвращаться снова к тому же или другому этапу.

Исследование моделируемой системы и постановка задачи

Для выявления общих закономерностей моделируемой системы или явления необходимо обобщить опыт предшествующих поколений по данному вопросу. **Это можно выполнить путем изучения литературных источников, проведения научных исследований.** Для учета влияний местных условий на моделируемую систему или процесс их изучают в натуре. **На этом этапе необходимо выяснить внешние и внутренние связи системы, подробно изучить природно-экономическую среду, установить какие ресурсы потребляются, с помощью каких технологических процессов данные ресурсы преобразуются в продукцию, какие потребности удовлетворяет результат производства, установить временной период, на который данный процесс должен быть смоделирован.** В результате изучения очерчивается проблема исследования и формулируется постановка задач.

Постановка задачи состоит в четкой словесной формулировке цели и условий задачи.

При постановке задачи необходимо дать ясный ответ на вопросы:

- **что в данной задаче является неизвестным и что надо искать?**
- **какая преследуется цель?**
- **при каких условиях цель должна быть достигнута?**

Цель задачи при моделировании выражается с помощью критерия оптимальности и целевой функции. Критерий оптимальности – это показатель качества, по которому выбирают варианты. **Он обосновывается теоретически, может иметь стоимостное или натуральное выражение, но в любом случае должен поддаваться количественному измерению.** Целевая функция – это математическое выражение, формула для определения численного значения критерия оптимальности. **После решения задачи и целевая функция, и критерий оптимальности, естественно, выражаются одним и тем же числом.**

Рассмотрим пример постановки задачи на различные критерии оптимальности.

Пусть речь идет о составе средств механизации для семейной фермы. «Требуется определить состав средств механизации, которые позволяли бы крестьянскому хозяйству выполнить весь годовой объем механизированных работ в положенные агротехнические сроки с наименьшими приведенными затратами».

В данной задаче неизвестными являются марки тракторов и сельскохозяйственных машин, автомобилей, их количество, составы агрегатов для выполнения механизированных работ. В результате решения задачи нужно найти количество машин и агрегатов по маркам и видам. Цель задачи выражена с помощью критерия оптимальности – приведенные затраты, то есть затраты на

приобретение техники и выполнение работ. При каких условиях эта цель должна быть достигнута?

В постановке четко указано – выполнить весь годовой объем механизированных работ в положенные сроки с наименьшими приведенными затратами.

А теперь приведем постановку этой же задачи на другой критерий оптимальности.

«Требуется определить состав средств механизации, который позволил бы крестьянскому хозяйству выполнить весь годовой объем механизированных работ в положенные агротехнические сроки наименьшим количеством машин».

В этой задаче также требуется определить рациональный состав средств механизации, но критерий выбора вариантов уже другой. По-видимому, «узким местом» в этом хозяйстве являются механизаторы и лучше, чтобы количество машин было минимальным. Это позволит обойтись без найма механизаторов или, по меньшей мере, их потребуется меньшее число. Понятно, что результаты решения первой и второй задач будут разные.

Формализация задачи

Уточнение содержания изучаемой системы, которое дает возможность оперировать с ней математическими методами, называется формализацией. **Суть формализации в выявлении существа системы, выделении главного, основного и наглядном, однозначном его представлении.**

Формализация – это сильное оружие познания. Например, в любой студенческой аудитории мало кто помнит определение точки, но все четко представляют ее, хотя в реальной жизни ее вообще не существует. Или по-другому – Евклид определял точку как-то, что не имеет частей. Попробуйте с помощью только этого, формально точного определения, дать понятие точки.

При формализации необходимо выделить перечень характеристик моделируемой системы или процесса и проанализировать взаимосвязи их параметров. Это сложное задание. Необходимо выбрать только такие характеристики, которые отражают существо моделируемого процесса, причем все эти характеристики должны поддаваться численному измерению. Набор характеристик должен быть достаточным, чтобы отразить суть моделируемого явления, но не чрезмерным, чтобы не затруднить разработку модели и не утопить суть в деталях и мелочах.

Здесь имеется две опасности, образно охарактеризованные американским математиком Р. Беллманом как «западня переупрощения и болото переусложнения». Допустимая мера упрощения определяется профессиональными знаниями, опытом, а иногда и интуицией разработчика.

На этом этапе определяют, какие параметры моделируемой системы необходимо отразить в модели. Именно в выборе параметров и определении набора показателей для отражения их в модели состоит суть и вся сложность этапа, а не в наборе математических символов для обозначения показателей и параметров.

Параметр – это величина, характеризующая то или иное свойство или состояние системы, отражающая суть, основу моделируемой системы. В математике под параметром понимают величину, числовое значение которой постоянно и сохраняется на всем протяжении решения данной задачи.

Один и тот же параметр производственной системы может выражаться различными показателями. Например, размер хозяйства можно показать с помощью стоимости валовой или товарной продукции, наличия земли, числа работников, стоимости основных средств производства.

Из-за неточности и неоднозначности словесное описание системы неприемлемо в модели.

На первый взгляд словесное описание представляется самым простым и точным. Может показаться, что чем детальнее мы опишем оригинал, словами, тем точнее он будет отражен в модели, а результат решения задач на ЭВМ будет точнее, лучше. Проанализируйте выражения: преобладающее большинство, трактор пашет, урожайность поднимается и т.п. Попробуйте обучить ЭВМ, как трактор пашет или что такое преобладающее большинство? Каждая характеристика в модели должна быть отражена с помощью символа и числа.

Разработка математической модели задачи и ее запись в структурной форме

Разработать математическую модель задачи означает построить специальную таблицу или схему, в которой все экономические, технологические и другие производственные условия и требования выражены в виде системы неравенств и уравнений и объединены целевой функцией.

Математическая модель экономико-математической задачи может быть представлена в структурной, общей, символьной и числовой форме.

В принципе, после второго этапа может выполняться третий или шестой этап моделирования. Разработчики с большим опытом, хорошо знающие объект моделирования, могут приступать к составлению числовой модели, а структурную модель записать после решения и анализа задачи, так как все зависимости они мысленно удерживают на всех этапах моделирования. Последовательность разработки модели может быть различной, однако удобнее вначале составить систему переменных, записать систему ограничений, затем целевую функцию.

В модели различают **переменные, константы и коэффициенты**. **Переменные** в модели отражают неизвестное количество. Различают основные и вспомогательные переменные. Основные переменные вводят в модель для обозначения искомого количества, вытекающего из постановки задачи, это то, что требуется определить. Вспомогательные переменные могут вводиться в модель, если при помощи основных переменных нельзя формализовать все условия задачи, их назначение облегчить математическую формулировку.

При решении задачи для преобразования неравенств в уравнения в модель вводят дополнительные переменные. По экономическому смыслу они чаще всего означают неиспользованные ресурсы или недостающую продукцию, имеют те же единицы измерения, что и свободный член в данном уравнении.

При решении задач с ограничениями типа «больше или равно», кроме дополнительных переменных, в модель вводят для построения опорного плана искусственные переменные, численно равные нулю.

Переменные в модели обозначают последними буквами латинского алфавита x , y , z . Чаще других используют строчную или заглавную букву x , X .

Каждая переменная в модель вводится со своим порядковым номером. Порядковый номер переменной обозначают в частном случае числом 1, 2, 3 и т. д. В общем случае порядковый номер переменной обозначают буквой j . Общее количество переменных в модели обозначают буквой n . Этим же символом обозначают номер последней переменной в модели. Количество переменных в модели зависит от содержания задачи и степени ее детализации. В совокупности они образуют систему переменных, основные из них можно рассматривать как входы системы. При записи системы переменных требуется определенная четкость, –

проставляется символ переменной, затем приводится словесное ее название и единицы измерения. Например: x_1 – площадь посева озимой пшеницы, гектары.

После записи системы переменных разрабатывают **систему ограничений модели**. При моделировании производственных систем ограничения моделей включают четыре группы условий: по использованию производственных ресурсов, по объемам выполнения работ и выпуску продукции, по соотношениям между переменными величинами. Производственных ресурсов всегда можно использовать не больше, чем их имеется, производить продукции требуется не меньше заданного количества, при этом требуется выполнить определенные объемы работ. Экономические, технологические связи между переменными требуют отражения в модели определенных пропорций между зависимыми переменными. Разработать систему ограничений это, значит, записать систему в виде неравенств и уравнений, условия задачи по использованию производственных ресурсов, объемам производства продукции, объемам выполнения работ, по соотношению между переменными с помощью переменных, констант и коэффициентов.

Константы – это известные постоянные, не изменяющиеся в данном производственном цикле величины, выражающие объемы производственных ресурсов, объемы производства продукции, объемы выполняемых работ. По расположению это правые части неравенств и уравнений, они свободны от переменных и называются еще свободными членами. Их принято обозначать латинской буквой b , B ; по объемам производимой продукции – Q . Константы обычно записывают со своим порядковым номером ограничения, в общем случае номер ограничения обозначают строчной буквой i .

Коэффициенты – это постоянные, не изменяющиеся в данном производственном цикле величины, на которые умножают переменные. Различают коэффициенты удельные нормы затрат ресурсов и выпуска продукции, коэффициенты пропорциональности, коэффициенты связи, коэффициенты оценки. Коэффициенты нормы затрат ресурсов на единицу измерения переменной в модели обозначают буквой a с соответствующими индексами. Коэффициент имеет, по меньшей мере, двойную принадлежность, так как относится к какому-то ограничению и какой-то переменной, поэтому у него два индекса. Первый индекс указывает на номер ограничения, второй – на номер переменной. Так коэффициент a_{ij} показывает норму расхода i – го ресурса на единицу j – той переменной.

Коэффициенты нормы выпуска продукции на единицу переменной обозначают в модели – V_{ij} . Например, урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животных и т. д.

Единицы измерения коэффициента удельных норм затрат и выпуска продукции определяются отношением единицы измерения констант к единице измерения переменной.

Коэффициенты пропорциональности обозначают W_{ij} , их вводят в модель для отражения пропорций между переменными по отдельным ресурсам, технологиям, вариантам производственных ситуаций и т. д.

Коэффициенты связи вводят в модель для отражения зависимости величины переменной от константы, численно они обычно равны единице, в структурной модели их обозначают K_{ij} или λ_{ij} .

Коэффициенты оценки вводят в модель при записи целевой функции, по экономическому содержанию это чаще всего величина дохода или затрат на единицу измерения переменной. Их обозначают c_j .

Различают основные, дополнительные и вспомогательные ограничения.

Основные ограничения отражают в модели наиболее существенные условия функционирования производственной системы, они накладываются на все или большинство переменных задачи. Обычно это ограничения по ресурсам, объемам производства продукции, выполнения поставок по договорам.

Дополнительные ограничения используют для записи специфических условий, относящихся к отдельным переменным, обычно оговоренным в постановке задачи.

Вспомогательные ограничения вводят в модель только в тех случаях, когда без основных и дополнительных ограничений построить модель невозможно.

Вспомогательные ограничения связаны с математическим аппаратом решения задачи или обусловлены приемами моделирования, а не экономическими и технологическими особенностями моделируемой системы.

Порядок записи модели в структурной форме рассмотрим на примере задачи оптимизации **производственной программы** крестьянского хозяйства.

Пусть хозяйство обладает m видами производственных ресурсов (земля, техника, семена, корма и т.д.). Обозначим через i номер ресурса, тогда список ресурсов будет выглядеть: 1, 2, 3, ..., i , ..., m .

Объем этих ресурсов обозначим через:

$$b_1, b_2, b_3, \dots, b_4, \dots, b_m.$$

Хозяйство может производить n видов продукции, их номера обозначим через j . Список производственных продуктов можно записать так:

$$1, 2, 3 \dots j \dots n.$$

Объем производства каждого вида продукции обозначим через Q . Известны нормы затрат ресурсов на производство единицы продукции:

$$a_{11}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{mn}.$$

Норма выпуска продукции с единицы ресурса:

$$V_{11}, \dots, V_{ij}, \dots, V_{mn}.$$

Известна и экономическая выгода производства единицы продукции каждого вида:

$$c_1, \dots, c_j, \dots, c_n.$$

Требуется составить план производства каждого вида продукции, то есть найти все $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$, чтобы при имеющихся ресурсах обеспечить получение наибольшего дохода. Общую сумму дохода по хозяйству обозначим через S . Нетрудно видеть, что такие задачи решает ежегодно не только фермер, но и руководитель любого предприятия. Суть задачи состоит в том, что имеется ограниченный объем производственных ресурсов, имеется множество способов преобразования этих ресурсов в продукцию, требуется из этого множества выбрать те, которые позволили бы хозяйству выполнить договорные обязательства и обеспечили получение наибольшего дохода.

В задаче неизвестно, сколько и каких видов продукции необходимо произвести, для их отыскания в модель вводятся основные переменные.

Фермер преследует цель получить максимальный доход. В модели эта цель выражается с помощью критерия оптимальности и целевой функции. Выбор вариантов производственной программы осуществляется по доходу – это критерий оптимизации, а формула расчета дохода – это целевая функция задачи. В модели должны найти отражение два основных условия – производственных ресурсов можно затратить не больше, чем их имеется, а произвести продукции необходимо не менее потребного количества, обусловленного договорными обязательствами хозяйства. Это основные ограничения в модели.

Запишем модель оптимизации производственной программы хозяйства в структурной форме.

Доход хозяйства можно рассчитать путем суммирования произведений дохода от единицы продукции на объем производства этой продукции.

Это можно записать так:

$$C = c_1 x_1 + \dots + c_j x_j + \dots + c_n x_n \rightarrow \max \quad (1)$$

или более компактно:

$$C = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max . \quad (2)$$

При условиях:

1. Расход производственных ресурсов не может превышать их наличия

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \text{ где } i=1 \dots m. \quad (3)$$

В правой части неравенства показано наличие производственных ресурсов в хозяйстве. Это может быть количество гектаров пашни, сенокосов, пастбищ, наличие тракторов, автомашин, комбайнов, сельскохозяйственных машин, горючего, удобрений, семян, запас труда всего и по отдельным периодам работ и т. п.

В левой части неравенства моделируется использование производственных ресурсов путем умножения нормы расхода i -го производственного ресурса на единицу j -ой продукции. Суммирование этих произведений по каждому виду продукции составит потребность в данном ресурсе для производства продукции.

2. Ограничения по объемам производства продукции

$$\sum_{j=1}^n V_{ij} x_j \geq Q_j, \quad \text{где } i = 1 \dots m. \quad (4)$$

В левой части неравенства смоделировано производство каждого вида продукции путем умножения нормы выпуска i -го производства в расчете на единицу j -той переменной, а в

правой показаны объемы производства каждого вида продукции.

3. Условия неотрицательности переменных

$$x_j \geq 0. \quad (5)$$

Экономический смысл искомых величин накладывает на них еще одно условие: все переменные не могут быть отрицательными числами. Отдельные из них могут быть равны нулю, это будет означать, что производство данного вида продукции экономически невыгодно.

Составленная выше модель задачи оптимизации производственной программы хозяйства описывает не только данную задачу. По этой модели могут решаться многие производственные задачи. В принципе это базовая модель для задач, решаемых симплексным методом. После записи модели в структурной форме приступают к анализу количественных зависимостей параметров задачи.

Анализ количественных зависимостей параметров задачи

Количественные связи и отношения являются отображением качественной природы моделируемых процессов и явлений, поэтому достоверность и определенность числовых характеристик во многом предрешают приемлемость результатов решаемой задачи. **На этом этапе необходимо определить верхние и нижние числовые пределы, до которых моделируемый параметр остается самим собою и не меняет своего качества.** Это непростая работа, она требует глубоких профессиональных знаний, понимания сути моделируемого явления. **Формально на этом этапе необходимо для каждой характеристики, введенной в модель при формализации задачи и обозначенной определенным символом при записи модели, установить числовые пре-**

дела, до которых не будут меняться смоделированные зависимости. Например: внесение семи центнеров минеральных удобрений на гектар посевов обеспечивает какую-то прибавку урожая зерна. Но внесение уже семи тонн минеральных удобрений на гектар посева этой же культуры лишит нас всякого урожая, да и не на один год.

Особого внимания требуют те случаи, когда одно и то же количество обладает различным качеством. Например, всем ясно, что один гектар пашни на Кубани и Западной Сибири по плодородию не равен, и крестьянские хозяйства, имея, скажем по 50 га пашни на юге и севере, обладают различным производственным потенциалом.

Определение числовых пределов для каждого параметра задачи необходимо для того, чтобы при подготовке исходной информации и составлении числовой модели задачи не допустить грубых ошибок и просчетов. Ведь записанные в модели соотношения и зависимости в математической форме способны учитывать реальные взаимосвязи только при определенных числовых пределах характеристик. **Математическая модель не имеет иной защиты, кроме здравого анализа, от внесения в нее ложной недостоверной числовой информации. Именно единство качественной и количественной природы моделируемых характеристик лежит в основе моделирования.**

Академик В. С. Немчинов, один из основоположников экономико-математического моделирования, еще на заре его становления неоднократно подчеркивал, что **математические методы, будучи могучим средством анализа и планирования, должны правильно сочетаться с качественным изучением экономики производства. Работа на этом этапе должна вооружить составителя модели ответом на вопрос – может или не может быть таким числовое значение моделируемой характеристики, выражают или нет набранные показатели моделируемый параметр производствен-**

ной системы. Если знаний разработчика модели недостаточно для определения числовых пределов моделируемых параметров, необходимо обратиться за консультациями к специалистам, а при моделировании новых явлений провести экспертную их оценку. **Приступать к следующим этапам моделирования, сбору исходной информации и составлению числовой модели, если нет ясного представления о допустимых числовых пределах каждой моделируемой характеристики, не стоит, лучше их уяснить или отложить всю разработку до выяснения, если не удастся заменить или опустить данную характеристику в модели.**

Сбор исходной информации и ее обработка

На этом этапе моделирования необходимо собрать числовую информацию для конкретной задачи. **Формально это означает, что каждый буквенный символ в структурной модели необходимо заменить числом для конкретного случая.** Однако надо ясно представить, что это далеко не техническая работа, а очень трудоемкий творческий процесс. **Необходимо, прежде всего, определить характер и объем информации, источник ее сбора и методы обработки.**

Характер информации определяется содержанием решаемой задачи и временным периодом, на который она разрабатывается. **Источниками информации служат документы,** в которых содержатся данные о моделируемой производственной системе – это могут быть бухгалтерские отчеты, статистические сводки, перспективные и оперативные планы, технологические карты, акты и протоколы экспертных оценок и т. д. **Нельзя пользоваться случайными источниками,** так как велика опасность, получить недостоверную ин-

формацию, и результаты решения задачи будут искажены. Необходимо помнить, что **числовая информация всегда адресна** – она относится к определенному месту и времени, а каждый показатель имеет надлежащие единицы измерения. Если в документах отсутствуют данные, которые без предварительной обработки могут быть использованы в модели, проводят предварительную обработку исходных данных. Например, урожайность может вводиться в модель за вычетом семян, в другом случае за вычетом только отходов. Иногда требуют приведения в соответствие единицы измерения. В любом случае проводят оценку исходной числовой информации на достоверность. Вопросы: «Может ли быть числовое значение показателя таким? Реально ли такое числовое значение для моделируемых условий?» – не должны оставлять разработчика на этом этапе моделирования.

Если нельзя собрать достоверную информацию, или ее объем оказывается настолько большим, что не может быть обработан в приемлемое время, необходимо вернуться к постановке задачи и посмотреть – нельзя ли ее изменить так, чтобы выйти из создавшегося положения. Это уже творческий процесс, и часто от искусства разработчика модели зависят и качество модели, и трудоемкость подготовки информации.

Построение числовой модели

Построить числовую модель означает составить специальную таблицу или схему, в которой все экономические, технологические и другие условия и требования представлены в виде неравенств и уравнений, выражены с помощью переменных и числовых значений констант и коэффициентов и объединены единой целевой функцией.

Числовая модель, построенная в виде таблицы, называется **матрицей задачи**. **Размер матрицы** определяется числом строк и столбцов. По строкам в матрице записывают ограничения, по столбцам – переменные. **Матрица является основным документом задачи**. **Плотность матрицы определяется отношением числа заполненных клеток таблицы к общему их наличию**. Обычно она выражается в процентах. Матрица 20×30 плотностью 10% означает, что это таблица, в которой 20 строк, 30 столбцов, в 60 клетках на пересечении строк и столбцов стоят числа, а в остальных 540 клетках чисел нет. В матрице нулевые значения коэффициентов обычно не проставляются. Данные числовой модели шифруются, переносятся на машинные носители информации и вводятся в ЭВМ.

Решение задачи и использование результатов на практике

Выбор математического метода решения задачи

Оптимизационные задачи являются задачами выбора наилучшего варианта.

Решать задачи выбора можно либо путем расчета множества вариантов и выбора лучшего варианта, либо с помощью экономико-математических методов. И тот, и другой путь решения может привести к одному и тому же приемлемому решению.

Путь решения возможных вариантов таков:

- расчет нескольких или всех возможных вариантов;
- обоснование признака отбора лучшего варианта и критерия оптимальности;
- выбор лучшего варианта.

Этот путь логичен, но при решении практических задач очень трудоемок из-за необходимости расчета большого чис-

ла вариантов. Многие полезные задачи из-за большой трудоемкости вообще не могут быть решены в приемлемое время.

Экономико-математические методы решения оптимизационных задач можно подразделить на имитационные и аналитические. При решении имитационными методами, как и в описанном выше традиционном случае, проводится расчет возможных вариантов и по критерию оптимальности осуществляется выбор лучшего. Но **при имитационном моделировании разработчик может вести решение в диалоговом режиме с ЭВМ** сам или, привлекая экспертов, может оперативно менять критерии оптимизации и т. д. Сходство здесь скорее внешнее, что выбор оптимального варианта осуществляется после расчета всех возможных или достаточного множества вариантов.

Аналитические методы оптимизации позволяют приближаться к оптимальному варианту прямым путем, без перебора всех вариантов. Математический аппарат аналитических методов оптимизации в настоящее время разработан достаточно хорошо, созданы библиотеки прикладных программ.

Метод решения задачи определяется сотрудниками вычислительного центра, если задача решается на универсальной ЭВМ, или же самостоятельно разработчиком модели, если задача решается на персональной ЭВМ. Обычно и в том, и в другом случае используют **пакет прикладных программ**, где имеются готовые программы реализации базовых моделей на ЭВМ.

Различают универсальные и специальные (частные) методы решения оптимизационных задач. Так для решения оптимизационных задач линейного программирования используют различные варианты универсального симплексного метода, а для решения распределительных, транспортных задач используют около сорока специальных методов.

Разработчик модели заинтересован в получении достаточной точности решения задачи без избыточных затрат машинного времени. Существующие математические методы решения оптимизационных задач на ЭВМ заметно отличаются друг от друга по сложности и соответственно требуют разного времени вычислений.

От выбранного метода решения зависят объем и форма представления входной и выходной информации, поэтому лучше до решения задачи по имеющимся машинограммам или их описанию определиться с объемом и формой выдачи результатов решения задачи на ЭВМ.

Решение задачи на ЭВМ

Различают технологические, математические и технические аспекты процесса решения задачи на ЭВМ.

В технологическом плане процесс решения сводится к вводу или вызову программы решения задачи, вводу данных числовой модели, подачи команды к решению задачи и выводу результатов решения. Весь этот процесс достаточно автоматизирован, и оператор участия в самом решении задачи не принимает. В настоящее время созданы ЭВМ с большим быстродействием, по меньшей мере, достаточным для решения любой задачи по аграрному предприятию в приемлемое время. Относительно «узким» местом пока остается процесс подготовки и ввода исходной информации, постоянно совершенствуются и выводные устройства.

В математическом аспекте вся числовая информация в ЭВМ преобразуется в двоичную систему счисления, то есть представляется с помощью двух цифр — единиц и нулей.

В техническом плане, если сильно упроститься, можно представить, что если в проводнике тока нет, ЭВМ воспринимает ноль, если ток есть — единицу. Переключая эти два устойчивых положения, ЭВМ выполняет с колоссальной бы-

стротой все арифметические и логические вычисления по заранее составленной программе.

Анализ результатов решения и корректировка модели

Необходимо различать анализ результатов решения задачи, позволяющий оценить их приемлемость с практических позиций и глубокий экономико-математический анализ результатов решения с целью проверки адекватности отражения в модели оригинала, проверки устойчивости и надежности оптимального решения.

Здесь рассматриваются вопросы анализа результатов решения в первом смысле. Другой аспект проблемы обстоятельно изложен в специальной литературе, например, учебнике «Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве» под редакцией проф. А. М. Гатаулина. Мы детально его изучим на практических занятиях на конкретном материале.

При анализе результатов оптимального решения задачи с практических позиций, прежде всего, необходимо проанализировать числовые значения основных переменных, проверить выполнимость основных ограничений, внимательно отнестись к числовому значению целевой функции. Затем рассмотреть переменные, не вошедшие в решение, тщательно проанализировать численное значение дополнительных переменных, так как они означают неиспользованные ресурсы или недостающую продукцию, по сути, это резервы возможного производства.

Если окажется, что решение не удовлетворяет разработчика, или анализом выявлены просчеты и ошибки моделирования, вносят необходимые изменения и прибегают к корректировке модели, то есть, возвращаются к определенному этапу моделирования. Причем этот этап работы необходимо

рассматривать не как досадную необходимость, а как нормальный рабочий процесс.

После внесения необходимых изменений задача решается на ЭВМ по скорректированной модели и выполняется анализ результатов решения задачи. Эта работа проводится до получения приемлемых результатов.

Экономический анализ вариантов решения и разработка плана практического использования оптимального решения

Это один из заключительных этапов работы по моделированию производственных систем. На этом этапе оптимальный вариант оценивается с точки зрения целесообразности его практического использования. Для этого его сопоставляют по основным показателям с существующими результатами производства, при этом используют общепринятые методы экономического анализа. Если окажется, что оптимальный вариант представляет интерес для практического использования, приступают к изучению возможностей его практического использования. Необходимо помнить, что какое бы идеальное решение ни было получено с помощью моделирования и оптимизации оно останется на бумаге, если на практике нет условий для претворения его в жизнь или план не подкреплен организационными мерами. Следует учесть, что результаты решения задачи оптимальны с точки зрения принятого в модели критерия, а при практической оценке его рассматривают по многим критериям. Математический оптимум в модели не обязательно окажется наилучшим с точки зрения других критериев. В таких случаях, если задача решалась методами последовательного улучшения плана, используют то, что целевая функция изменяется сначала круто, а за-

тем плавно, для практического рассмотрения отбирают не только оптимальный вариант, а несколько предпоследних, которые не сильно отличаются по числовым значениям критерия оптимизации, но могут оказаться более приемлемыми с практической точки зрения.

Может оказаться, что оптимальный вариант отличается от существующего на незначительную сумму, в таком случае оценивают риск, связанный со структурными изменениями в производственной системе.

С учетом комплексной оценки принимают решение о практическом использовании оптимального варианта. В случае положительного решения разрабатывают план его практического использования.

Авторский надзор за ходом внедрения разработки

При практической реализации сложных экономико-математических задач целесообразно, чтобы ее разработчики, хотя бы на начальных этапах внедрения, осуществляли авторский надзор, помогали устранять возможные затруднения. Следует также учесть, что отображаемый в модели оригинал и наши знания о нем постоянно развиваются, изменяются. Это может потребовать оперативного учета изменяющихся соотношений, а иногда доводки и корректировки оптимального варианта.

Мы рассмотрели этапы моделирования. Уяснение их сути поможет не только разработке новых моделей, но и более глубокому пониманию при изучении и использовании уже созданных моделей.

ТЕМА 3. МОДЕЛИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

Вопросы

1. Межотраслевой баланс в прогнозировании развития экономики. Межотраслевые потоки. Матрица межотраслевых связей В.Леонтьева и основные экономические показатели, рассчитываемые на ее основе
2. Характеристика квадрантов межотраслевого баланса
3. Основное математическое соотношение межотраслевого баланса и его использование в плановых расчетах

1 Межотраслевой баланс в прогнозировании развития экономики. Межотраслевые потоки. Матрица межотраслевых связей В.Леонтьева и основные экономические показатели, рассчитываемые на ее основе

Межотраслевые связи на уровне народного хозяйства обычно исследуют балансовым методом. Межотраслевой баланс – это каркасная модель экономики в которой отражаются межотраслевые связи. Межотраслевые балансы бывают стоимостные и натуральные, статические и динамические.

Рассмотрим межотраслевой баланс производства и распределения продукции. Именно в этом балансе четко прослеживаются экономические связи, а его разработка дает богатый материал для экономических расчетов.

Капиталистическая, рыночная экономика также использует балансовый метод.

Основы межотраслевого баланса были заложены в процессе разработки первого баланса межотраслевых связей народного хозяйства СССР за 1923-1924 гг. Математическая

модель межотраслевого баланса была разработана В. Леонтьевым.

Леонтьев Василий Васильевич (р. 1906 г.) американский экономист, родился в С.–Петербурге. Окончил Ленинградский университет в 1925 г. Работал в Кильском университете, проф. Гарвардского университета (1931-1975 гг.) Нью – Йоркского университета с 1975 г. Автор метода «затраты – выпуска», за который в 1973 г. удостоен лауреата Нобелевской премии.

Модель межотраслевого баланса постоянно совершенствуется и сейчас известно много межотраслевых моделей.

Балансовый метод лежит в основе методологии планирования хозяйства на макроуровне. Правительство СССР ежегодно утверждало более 150 балансов. Госплан СССР и республик – свыше 1600 материальных балансов, органы материально – технического снабжения – 10500 балансов материальных ценностей.

Известный во всем мире метод экономического анализа «затраты – выпуск» разработанный В.В. Леонтьевым в своей основе имеет балансовый метод.

Рассмотрим математическую модель межотраслевого баланса производства и распределения продукции в народном хозяйстве.

Основу баланса составляет совокупность всех отраслей материального производства, на схеме их число равно n . Каждая отрасль дважды фигурирует в балансе – как производящая и как потребляющая. Отрасли как производителю соответствует определенная строка, а как потребителю – отдельный столбец.

Если номер любой производящей отрасли обозначить через i , а номер потребляющей отрасли через j , то находящийся на пересечении строк и столбцов величины x_{ij} нужно понимать как стоимость средств производства, произведенных в $i^{\text{й}}$ отрасли и потребленных в качестве материальных затрат в $j^{\text{й}}$ отрасли. Допустим, что в нашей схеме первая отрасль – это производство электроэнергии,

вторая – угольная промышленность, а третья отрасль – сельское хозяйство.

Таблица 1 - Математическая модель межотраслевого баланса

| Производящие отрасли | Потребляющие отрасли | | | | | Конечная продукция | Валовая продукция |
|----------------------|----------------------|----------|----------|-----|----------|--------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | n | | |
| 1 | x_{11} | x_{12} | x_{13} | ... | x_{1n} | y_1 | X_1 |
| 2 | x_{21} | x_{22} | x_{23} | ... | x_{2n} | y_2 | X_2 |
| 3 | x_{31} | x_{32} | x_{33} | ... | x_{3n} | y_3 | X_3 |
| - | - | - | I | .. | - | II | - |
| n | x_{1n} | x_{2n} | x_{3n} | ... | x_{nn} | y_n | X_n |
| Оплата труда | V_1 | V_2 | V_3 | ... | V_n | $V_{\text{кон}}$ | - |
| Чистый доход | m_1 | m_2 | m_3 | ... | m_n | $m_{\text{кон}}$ | - |
| Валовая продукция | X_1 | X_2 | X_3 | ... | X_n | - | X |

Тогда величина x_{11} показывает стоимость электроэнергии, израсходованной внутри отрасли на собственные нужды;

x_{22} – стоимость угля, израсходованного в угольной промышленности;

x_{33} – стоимость продукции сельского хозяйства, израсходованной на собственные нужды (семена, корма, продовольствие, потребленное работниками сельского хозяйства и т.д.)

Величина x_{13} – затраты электроэнергии в сельском хозяйстве.

x_{23} – затраты угля в сельском хозяйстве и т.д.

В целом же столбец $x_{13}, x_{23}, x_{33} \dots x_{n3}$ – характеризует структуру материальных затрат сельского хозяйства в разрезе отраслей поставщиков.

В балансе отражены не только материальные затраты, но и чистая продукция отраслей, или вновь созданная стоимость, валовой доход. Так чистая продукция для $3^{\text{й}}$ отрасли характеризуется суммой оплаты труда V_3 и чистого дохода m_3 . Сумма материальных затрат и чистой продукции отрасли равна валовой продукции отрасли. Математически это можно записать так:

$$X_3 = x_{13} + x_{23} + x_{33} + \dots + x_{n3} + v_3 + m_3 = \sum x_{i_3} + v_3 + m_3$$

или

(1)

$$X_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} + v_j + m_j$$

для любой потребляющей отрасли.

Формула (1) охватывает систему из n уравнений, отражающих стоимостной состав продукции всех отраслей материальной сферы. Структура уравнений стоимостного состава вполне соответствует известной нам из политэкономии формуле разложения стоимости К. Маркса

$$P = c + v + m.$$

Если под величиной C понимать перенесенную на продукт стоимость прошлого труда, а под $V+m$ вновь созданную стоимость, распределяющуюся на стоимость необходимого и прибавочного продукта.

Таким образом, в модели по столбцам отражается стоимостной состав продукции всех отраслей материального производства.

Рассмотрим экономическое содержание строк модели. В строках межотраслевого баланса содержатся данные о

распределении годового объема продукции каждой отрасли материального производства.

Так, в нашем примере, в строке 3 (сельское хозяйство) величина x_{31} – будет характеризовать расход продукции сельского хозяйства для производства электроэнергии, x_{32} – расход продукции сельского хозяйства в угольной промышленности и x_{33} – расход продукции сельского хозяйства на собственные нужды.

Величина y_3 – это продукция сельского хозяйства, потребленная **вне сферы** материального производства.

Суммирование всех величин по любой строке должно привести к тому же итогу, что и суммирование по соответствующему столбцу, так как в любом случае речь идет об одной и той же величине – стоимости валовой продукции отрасли.

Для любой производящей отрасли можно записать:

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i \quad (2)$$

Очевидно, таких уравнений имеется n , они называются уравнениями распределения или использования продукции отраслей материального производства.

Таким образом, в модели по строкам показано распределение или использование продукции отраслей материального производства.

В целом модель межотраслевого баланса отражает стоимостную структуру годовой продукции и распределение этой продукции по направлениям использования.

2 Характеристика квадрантов межотраслевого баланса

Рассмотрим теперь модель баланса в разрезе его крупных составных частей. По экономическому содержанию выделяют четыре части баланса. Они называются квадрантами баланса. На схеме баланса каждый квадрант обозначен римской цифрой (I, II, III, IV).

В 1 квадранте отображаются производственные связи между отраслями. По форме он представляет квадратную матрицу, сумма всех элементов которой и по строкам и по столбцам равняется годовому фонду возмещения затрат средств производства в материальной сфере. По данным этого квадранта исчисляют коэффициенты прямых и полных затрат на производство продукции, так как здесь содержатся межотраслевые потоки средств производства.

Во втором квадранте представлена конечная продукция всех отраслей материального производства. Под конечной понимается продукция, выходящая из сферы производства в область конечного использования на потребление и накопление.

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n y'_i + y''_i, \quad (3)$$

где y'_i - потребление,
 y''_i - накопление.

Потребление делится на личное и общественное (в жилищно-коммунальном хозяйстве, органах управления, просвещения, здравоохранения, науки, транспорта и связи, обслуживающих производственную сферу и т.д.).

Накопление делится на производственные основные фонды, непроизводственные основные фонды, прирост оборотных фондов, увеличение запасов и резервов. Кроме этого во втором квадранте показывают возмещение

выбывших основных фондов и капитальный ремонт, возмещение потерь, экспорт, прочие расходы. Применительно к сельскохозяйственному предприятию конечная продукция состоит из товарной продукции, непроедственного потребления и прироста запасов. При отражении в первом квадранте стоимости износа средств производства конечная продукция (2 квадрант) не отличается от национального дохода. Второй квадрант характеризует вещественную структуру (состав) вновь созданного чистого продукта или национального дохода. Вместе с тем во втором квадранте отражается целевое назначение или использование национального дохода.

В целом данные второго квадранта характеризуют отраслевую материальную структуру национального дохода, его состав, показывают распределение национального дохода на фонд накопления и фонд потребления, а также структуру потребления и накопления по отраслям производства и потребителям.

Третий квадрант также характеризует национальный доход, но со стороны стоимостного состава, как сумму оплаты труда и чистого дохода всех отраслей. Этот квадрант содержит различные виды доходов работников материального производства и различные виды чистого дохода (прибыль государственных предприятий, колхозов, налог с оборота, налог на добавленную стоимость и т. д.).

В теоретическом плане здесь показаны составные части формирования чистого продукта (продукт на себя и продукт на общество) и его отраслевой состав. Если мы сравним по отдельной отрасли чистую и конечную продукцию, то они будут не равны, то есть:

$$y'_i + y_i'' \neq v_j + m_j \quad (4)$$

потребление накопление

Но в целом по всем отраслям

$$\sum_{i=1}^n (y_i' + y_i'') = \sum_j^n m_j + m_j'' \quad (5)$$

Данные третьего квадранта необходимы для анализа соотношений между вновь созданной стоимостью и перенесенной стоимостью, между величиной необходимого и прибавочного продукта в целом по материальному производству и в отраслевом разрезе.

Четвертый квадрант находится на пересечении столбцов конечной продукции и строк доходов, он отражает конечное распределение и использование национального дохода. Здесь отражается перераспределение чистого дохода в пользу непроизводственной сферы, а также перераспределение чистого продукта и характер потребления этой части продукта (личное и общественное непроизводственное потребление, личное и общественное непроизводственное накопление).

В результате перераспределения первоначально созданного национального дохода образуются конечные доходы населения, предприятий, государства.

Их величиной определяется доля участия населения, предприятий, колхозов, учреждений в накоплении и потреблении всей массы конечной продукции, всего национального дохода.

Очевидно, что данные второй, третьей и четвертой квадрантов по итогу должны быть равны, так как речь идет об одной и той же вновь созданной стоимости – национальном доходе.

Таким образом, в целом межотраслевой баланс в рамках единой экономико-математической модели объединяет балансы отраслей материального производства, баланс всего общественного продукта, балансы национального дохода, финансовый баланс доходов и расходов населения.

Мы рассмотрели модель баланса в стоимостном выражении.

Наряду со стоимостными балансами разрабатываются межпродуктовые натуральные балансы. Натуральные балансы содержат перечень не отраслей, а самих продуктов материального производства – уголь, сталь, нефть, зерно, мясо и т.д. В качестве единиц измерения выступают специфические для каждого продукта количественные характеристики – вес, объем, площадь, длина и т.д.

В натуральном балансе первые и вторые квадранты по содержанию аналогичны стоимостным. Каждая строка в сути представляет собой материальный баланс отдельного продукта.

В третьем квадранте отражаются в натуральном измерении, в человеко-часах затраты труда на производство каждого вида продукции. Суммирование по столбцам в натуральном балансе не производится и стоимостная структура не выявляется. Основное значение межпродуктового баланса заключается в комплексном, математически взаимосвязанном рассмотрении материальных балансов важнейших видов продукции.

Коэффициенты прямых, косвенных и полных затрат

Технологические связи между отраслями измеряются с помощью коэффициентов прямых материальных затрат.

Впервые расчет коэффициентов для измерения технологических связей предложен В.К. Дмитриевым.

Дмитриев Владимир Карпович (1868-1913 гг.), русский экономист – математик и статистик, один из первооткрывателей метода межотраслевого баланса. Основная работа: «Экономические очерки. Опыт органического синтеза трудовой теории ценности и теории предельной полезности» (1904 г.). В ней предложено уравнение цены и система уравнений в которой применены технологические коэффициенты, сведенные к затратам труда как первичного фактора.

По данным модели баланса коэффициента прямых затрат можно рассчитать путем деления величины межотраслевых потоков на валовую продукцию потребляющих отраслей.

Для любой пары отраслей коэффициенты прямых затрат a_{ij} находятся:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad (6)$$

Определение: Коэффициент прямых затрат показывает, сколько единиц продукции i отрасли непосредственно затрачивается в качестве средств производства на единицу продукции j отрасли.

Если $i=j$ имеем коэффициент затрат собственной продукции на единицу ее выпуска.

Коэффициенты прямых затрат образуют квадратную матрицу. Коэффициенты прямых затрат начисляются как в стоимостном, так и в натуральном выражении.

Кроме прямых различают косвенные и полные затраты. Рассмотрим пример: пусть дана матрица затрат, необходимых при производстве одежды. (Пример заимствован у В.С. Немчинова).

Таблица 2 - Затраты на производство одежды

| Виды затрат и стадии производства | Хлопок | Пряжа | Ткань | Одежда |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|--------|
| Хлопок | -1 | 1,2 | | |
| Пряжа | | -1 | 1,1 | 0,1 |
| Ткань | | | -1 | 4,0 |
| Одежда | | | | -1 |
| Труд | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |

В этой таблице, затраты показаны как положительные числа, а элементы выпуска – как отрицательные.

Для производства единицы одежды требуется 4 единицы ткани, 0,1 пряжи, 0,4 единицы труда. Для производства единицы ткани требуется 1,1 единицы пряжи и 0,3 единицы труда, а для производства единицы пряжи требуется 1,2 единицы хлопка и 0,2 единицы труда. На единицу хлопка – сырца при производстве затрачивается 0,5 единиц труда.

Предположим, что выпускается одна единица одежды, а все остальные товары являются лишь промежуточными продуктами и полностью расходуются на производство единицы одежды. Построим таблицу полных затрат.

Таблица 3 - Коэффициенты полных затрат

| Виды затрат и стадии производства | Хлопок | Пряжа | Ткань | Одежда | Чистый продукт |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|----------------|
| Хлопок | -5,4 (5,4 ✕) | 5,4 (4,5 ✕, 2) | | | 0 |
| Пряжа | | -4,5 (4,4+0,1) | 4,4 (4 ✕, 1) | 0,1 | 0 |
| Ткань | | | -4 (4 ✕) | 4,0 | 0 |
| Одежда | | | | -1 | 1 |
| Труд | 2,7 (5,4 ✕, 5) | 0,9 (0,2 ✕, 5) | 1,2 (0,3 ✕) | 0,4 | 5,2 |

Поставим в таблицу сначала коэффициент затрат на единицу одежды пряжи 0,1, ткани – 4, труда 0,4. Это коэффициенты **прямых затрат на единицу одежды**.

Рассчитаем коэффициенты косвенных затрат пряжи, хлопка и труда на единицу одежды. Пряжи потребуется $4 \times 1,1 = 4,4$ единиц для изготовления 4 единиц ткани и 0,1 единица для того чтобы сшить одежду. Итого 4,4 единицы +

0,1 = 4,5 единицы пряжи. Чтобы изготовить 4,5 единицы пряжи потребуется $4,5 \times 1,2 = 5,4$ единицы хлопка.

Теперь рассчитаем затраты труда.

На производство: хлопка $5,4 \times 0,5 = 2,7$

пряжи $4,5 \times 0,2 = 0,9$

ткани $4,0 \times 0,3 = 1,2$

Изготовление одежды $1,0 \times 0,4 = 0,4$

Итого на производство одежды **5,2**

Следовательно, на каждую единицу одежды необходимо производить:

5,4 ед. хлопка

4,5 ед. пряжи

4,0 ед. ткани

и расходовать 5,2 ед. труда.

Это полные затраты труда. Они состоят из прямых затрат на изготовление одежды (0,4 ед.) и косвенных затрат труда (на изготовление ткани – 1,2 единицы, пряжи – 0,9, производства хлопка – 2,7 единиц).

Чтобы найти коэффициенты полных затрат необходимо сложить коэффициенты прямых и косвенных затрат всех порядков.

В данном примере мы сделали допущение, которое в реальной действительности невозможно.

В данном примере выпуск продукции на более поздних стадиях не используется в виде производственных затрат на более ранних стадиях производства. Мы допустили, что хлопок выращивают люди без одежды, пряжу и ткань производят тоже нагие ткачи и ткачихи. Все коэффициенты материальных затрат расположены сверху и справа от главной диагонали. Мы не учитывали обратные связи и это позволило нам рассчитать коэффициент полных затрат путем простых арифметических действий. В реальной действительности очень часто продукция последующих стадий используется в качестве элементов производственных

затрат на предыдущих стадиях производства. Кроме этого любой промежуточный продукт может быть частично и конечным продуктом. Так возникают обратные связи и технологические отношения приобретают более сложный экономический характер.

Рассмотрим пример. (Заимствован у В.С Немчинова).

Таблица 4 - Коэффициенты затрат на производство машин

| Виды затрат и стадии производства | Уголь x | Сталь y | Машины z |
|-----------------------------------|------------|------------|-------------|
| Уголь | -1 | 2 | 0,2 |
| Сталь | 0,1 | -1 | 0,5 |
| Машины | 0,1 | 0,3 | -1 |
| Труд | 0,5 | 0,3 | 1 |

В данном случае имеется обратная связь, например, машины используются при производстве угля и стали, а уголь и сталь для производства машин.

В этом случае полные затраты можно подсчитать только решая систему уравнений:

$$\begin{cases} x - 2y - 0,2z = 0 & \text{по выпуску угля} \\ y - 0,1x - 0,5z = 0 & \text{по выпуску стали} \\ z - 0,1x - 0,3y = 1 & \text{по выпуску машин} \end{cases}$$

Выпуск угля и стали рассматривается как производство промежуточных продуктов (конечного продукта – 0), а машин, как выпуск конечного продукта. После решения этих уравнений получим следующие данные.

Таблица 5 - Косвенные и полные затраты

| Виды затрат и стадии производства | Уголь | Сталь | Машины | Выпуск конечной продукции |
|-----------------------------------|-------|-------|--------|---------------------------|
| Уголь | -2,31 | 2 | 0,31 | 0 |
| Сталь | 0,23 | -1 | 0,77 | 0 |
| Машины | 0,23 | 0,3 | -1,53 | 1 |
| Труд | 1,15 | 0,3 | 1,53 | -2,98 |

Данные о затратах труда в **таблице 5** получены путем умножения главной диагонали таблицы 5, определяющей полные затраты каждого вида продукции на последнюю строку таблицы 4, которая определяет прямые затраты труда.

Выпуск одной единицы машин в виде конечного продукта в силу обратной связи предъявляет требования:

- во - первых, на производство 1,53 единиц машин, в том числе 0,23 для добычи угля, 0,3 для производства стали.
- во - вторых, на производство 2,31 единицы угля в том числе для выплавки стали 2 единицы и непосредственно для производства машин 0,31 единицы.
- в третьих, на производство 1 единицы стали, в том числе для производства самих машин - 0,77 и 0,23 единицы для добычи угля.

На производство одной машины требуется 2,98 единицы труда из них 1,15 для добычи угля, 0,3 на производство стали и 1,53 на изготовление самих машин.

Аналогичным образом можно было бы определить полные суммы затрат заработной платы на единицу конечного продукта. Для этого следовало бы только данные главной диагонали таблицы 5 умножить на удельные нормы выплаты заработной платы. По аналогии можно рассчитать полные затраты капиталовложений, энергии, топлива и т.д.

Материальные затраты промежуточных продуктов также могут быть выражены как в натуральных единицах, так и в стоимостном выражении.

При расчетах полных затрат при решении уравнений обычно используют метод итераций или метод обращения матрицы.

3 Основное математическое соотношение межотраслевого баланса и его использование в плановых расчетах

Мы уже отмечали, что для любой пары отраслей коэффициент прямых затрат составляет:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \quad (7)$$

отсюда следует, что $x_{ij} = a_{ij}X_j$

Если это значение подставить в формулу (2)

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i, \text{ то получим}$$

$$X_i = \sum a_{ij}X_j + y_i \quad (8)$$

Формула (8) является основным математическим соотношением как стоимостных так и натуральных балансов. Это математическое соотношение служит исходным пунктом расчетов при разработке балансов на плановый период.

Предположим, что на плановый период технологические коэффициенты a_{ij} – известны.

Исходя из экономического смысла соотношения (4) можно говорить о трех вариантах расчета:

1. В модели заданы валовые уровни производства всех отраслей (величины X_i они же X_j), конечная продукция (величины y_i) определяются в результате расчета.

2. Заданы плановые уровни конечной продукции всех отраслей, а решение системы уравнений даст объемы валовой продукции.

3. По отдельным отраслям в модели задаются (планируются) уровни валовой продукции, по другим отраслям планируются уровни конечной продукции. Решение системы даст значения остальных параметров.

Первый вариант напоминает практику планирования, когда на основе изучения резервов развития отраслей

намечают задания по валовому выпуску продукции, а величина и структура конечной продукции и национального дохода являются в значительной мере производными величинами. Проще говоря, какими получатся в зависимости от вала.

Такой метод прост, позволяет точнее учесть возможности капиталовложений в те или иные отрасли, их производственные ресурсы. Но этот метод страдает и принципиальными недостатками. Известно, что рост удовлетворения материальных потребностей членов общества осуществляется за счет роста национального дохода. Поэтому экономически более оправданным представляет принцип планирования от национального дохода, когда на основе изучения потребностей намечается величина конечной продукции и ее материально вещественная структура, а в качестве производного показателя выступает валовая продукция (то есть какая получится). При планировании от валовой продукции вполне реальной является опасность получения нерациональной структуры национального дохода. Может иметь место неоправданный рост промежуточной продукции без соответствующего увеличения конечного продукта. Это позволяет говорить о неприемлемости первого варианта.

Второй вариант вполне обоснован теоретически, но его практическое применение сталкивается с известными трудностями. Когда по заданному объему и структуре национального дохода будут рассчитаны уровни валовой продукции, они могут оказаться для отдельных отраслей чрезмерно высокими, необеспеченными ресурсами. В отдельных отраслях могут оказаться неиспользованными уже действующие мощности. Это требует пересмотра плана. На этот вариант можно перейти постепенно, поэтапно.

Третий вариант расчетов, когда по некоторым отраслям задаются уровни выпуска валовой, по другим конечной

продукции, хотя теоретически менее строг, но представляется удобным в практическом отношении.

Валовой выпуск целесообразно задавать по отраслям, составляющим фундамент производства – энергетической, топливной, металлургической и т.д. По отраслям, удовлетворяющим непосредственные потребности населения, – намечается уровень конечной продукции. Решение системы уравнений межотраслевого баланса даст сбалансированный план производства валовой продукции и национального дохода.

Типы динамических межотраслевых моделей

Динамические межотраслевые модели характеризуют развитие народного хозяйства по годам. В отличие от статических моделей они отражают не состояние, а процесс развития экономики. Статические модели не отражают распределение и использование капитальных вложений, так как в них капиталовложения вынесены из сферы производства в сферу конечного использования вместе с предметами потребления и непроизводственными расходами.

В динамических межотраслевых моделях капиталовложения в производство выделены из состава конечной продукции и рассматриваются как межотраслевые производственные потоки, обеспечивающие прирост фондов.

Различают три основных типа динамических моделей в зависимости от отражения взаимосвязей процесса инвестирования с динамикой производства:

- модели, в которых сочетается статическая модель баланса на последний год с системой соотношений, определяющих распределение общего объема капиталовложений на весь моделируемый период по годам;

- модели поэтапного расчета объемов производства и капитальных вложений для каждого моделируемого перио-

да, начиная с первого года; решения для последующих лет при этом определяются решениями, полученными для предыдущих лет, а также экзогенно задаваемыми характеристиками воздействия капиталовложений на динамику производства в последующих периодах - так называемые **рекуррентные динамические модели**;

- **модели, в которых явно учитываются прямые и обратные связи показателей объемов производства и основных производственных фондов** внутри рассматриваемого периода; при этом величины новых реконструированных основных фондов исчисляются как результат капиталовложений, планируемых за счет продукции данного года и предшествующих лет, а возможности развития производства в данном году обуславливаются наличным объемом основных производственных фондов, часть которого образована фондами, введенными в предшествующие годы. Модели, учитывающие такие взаимосвязи, и являются собственно **динамическими моделями межотраслевого баланса**.

По характеру отражения процесса формирования капитальных вложений выделяют модели с учетом лага и модели без учета временного лага, Лаг - это промежуток времени, отделяющий эффект от предшествующего стимула.

Динамические модели являются дальнейшим развитием статических моделей, последовательно усложнявшимися и совершенствовавшимися в адекватном отражении действительности.

Схема динамической модели межотраслевого баланса

Модель включает **n** продуктов и **n** производственных отраслей. Каждая отрасль производит один продукт. Все процессы производства данного продукта агрегированы в один способ производства. Интенсивность использования данного способа измеряется объемом выпуска соответствующего про-

дукта. Годовой выпуск продукта ограничен имеющимися производственными мощностями отрасли. За единицу измерения принимается мощность, необходимая для выпуска единицы продукта.

Время в модели дискретно, моделируемый промежуток это один год. Продолжительность производственного цикла в промышленности обычно короче года, однако затраты и объемы выпуска относят к одному году. Процессы создания новых мощностей обычно имеют длительность больше года, однако для простоты полагают продолжительность строительства равной году.

Принципиальная схема первых двух квадратов динамической модели межотраслевого баланса может быть представлена таблицей.

Таблица - Схема динамической модели межотраслевого баланса

| Производящие отрасли | Межотраслевые потоки текущих затрат | | | | | Межотраслевые потоки капиталовложений (прирост фондов) | | | | | Конечный продукт | Вся продукция |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----|-----------------|------------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | n | 1 | 2 | 3 | ... | n | | |
| 1 | x ₁₁ | x ₁₂ | x ₁₃ | ... | x _{1n} | Δ ₁₁ | Δ ₁₂ | Δ ₁₃ | ... | Δ _{1n} | Z ₁ | X ₁ |
| 2 | x ₂₁ | x ₂₂ | x ₂₃ | ... | x _{2n} | Δ ₂₁ | Δ ₂₂ | Δ ₂₃ | ... | Δ _{2n} | Z ₂ | X ₂ |
| 3 | x ₃₁ | x ₃₂ | x ₃₃ | ... | x _{3n} | Δ ₃₁ | Δ ₃₂ | Δ ₃₃ | ... | Δ _{3n} | Z ₃ | X ₃ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| n | x _{n1} | x _{n2} | x _{n3} | ... | x _{nn} | Δ _{n1} | Δ _{n2} | Δ _{n3} | ... | Δ _{nn} | Z _n | X _n |

Из схемы видно, что модель содержит две квадратные матрицы межотраслевых потоков. Матрица текущих затрат совпадает с первым квадрантом статической модели. И там, и здесь годовые межотраслевые потоки средств производства образуют квадратную матрицу. Ее содержание мы детально рассматривали. Вторая матрица образована из межотраслевых потоков прироста фондов - то есть потоков капиталовложений в производство. Элементы данной матрицы показывают количество продукции отрасли поставщика (строка баланса) направленную отрасли потребителю (столбец баланса) в качестве производственных вложений в ее основные фонды. Эти капиталовложения имеют материальное выражение в виде дополнительного производственного оборудования, производственных площадей, транспортных линий и т. п.

В статическом балансе потоки капиталовложений по потребителям не показываются, а отражаются в составе конечной продукции.

В динамической модели конечный продукт Z_i включает продукцию i -й отрасли, идущую в личное и общественное потребление, накопление непродуцированной сферы, в приросте оборотных фондов, незавершенного строительства, на экспорт.

Для любой строки справедливо

$$\sum_{j=1}^n \Delta\phi_{ij} + Z_i = y_i \quad (1)$$

Сумма потоков капитальных вложений и конечного продукта динамической модели равна конечной продукции статического баланса.

А формулу строки баланса можно записать так -

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{j=1}^n \Delta\phi_{ij} + Z_i \quad (2)$$

Как и в статической модели, межотраслевой поток можно выразить через валовую продукцию и коэффициенты прямых затрат:

$$X_{ij} = a_{ij}X_j. \quad (3)$$

Потоки текущих затрат связаны с величиной выпуска продукции, а потоки капиталовложений обуславливают прирост продукции за период t по сравнению с предшествующим периодом $t-1$. Прирост продукции ΔX_j равен разности абсолютных уровней производства за эти периоды.

$$\Delta X_j = X_j^{(t)} - X_j^{(t-1)} \quad (4)$$

Если прирост продукции пропорционален приросту фондов, то можно записать:

$$\Delta \phi_{ij} = b_{ij} \Delta X_j, \quad (5)$$

где b_{ij} - коэффициенты пропорциональности

$$b_{ij} = \frac{\Delta \phi_{ij}}{\Delta X_j} \quad (6)$$

Коэффициенты b_{ij} показывают сколько продукции i - й отрасли должно быть вложено в j - ю отрасль для увеличения ее производственной мощности на единицу годовой продукции.

Коэффициенты b_{ij} получили название коэффициентов вложений или приростной фондоемкости.

С их помощью строку баланса можно записать так:

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j + \sum_{j=1}^n b_{ij}\Delta X_j + Z_i \quad (7)$$

Если объемы производства и конечная продукция относятся к периоду t , а прирост продукции определен в сравнении с периодом $(t-1)$, то можно записать:

$$X_i^{(t)} = \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j^{(t)} + \sum_{j=1}^n b_{ij}(X_j^{(t)} - X_j^{(t-1)}) + Z_i^{(t)} \quad (8)$$

Отсюда

$$X_i^{(t)} = \sum_{j=1}^n (a_{ij} + b_{ij})X_j^{(t)} - \sum_{j=1}^n b_{ij}X_j^{(t-1)} + Z_i^{(t)} \quad (9)$$

Если известны уровни производства всех отраслей в предыдущем периоде (величины $X_j^{(t-1)}$) и конечный продукт t – го периода, то выражение (9) представляет систему n линейных уравнений с n неизвестными, которые представляют собой уровни производства t – го периода.

Решение системы уравнений динамической модели позволяет определить выпуск продукции в последующем периоде в зависимости от уровня, достигнутого в предыдущем периоде. **Связь между периодами, собственно динамика, устанавливается через коэффициенты вложений, характеризующие фондоемкость единицы прироста продукции.**

Характеристика коэффициентов вложений

Для анализа и планирования капитальных вложений особый интерес представляют коэффициенты вложений.

В динамической модели они образуют квадратную матрицу $n \times n$, содержащую n^2 элементов, включая нулевые.

$$b_{ij} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & \dots & b_{2n} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & \dots & b_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Каждый столбец из этой матрицы характеризует структуру и объем фондов потребляющей отрасли, необходимых для увеличения ее производственной мощности на единицу выпуска продукции.

Нельзя забывать, что в I квадранте статической модели отражены только текущие затраты средств производства. Эти данные не дают представления об объеме занятых в отраслях всех производственных фондов и о фондоемкости выпускаемой продукции. Поэтому статическую модель иногда усложняют, вводя дополнительной строкой объемы производственных фондов в денежном выражении по каждой потребляющей отрасли. На основании этих данных и объемов продукции отраслей определяются **коэффициенты прямой фондоемкости** продукции j – й отрасли:

$$f_j = \frac{\phi_j}{X_j} \quad (11)$$

Коэффициенты прямой фондоемкости показывают величину производственных фондов, непосредственно занятых в производстве данной отрасли в расчете на единицу ее годовой продукции, выраженной в натуральных или денежных измерителях. Они также образуют матрицу $n \times n$.

Представляет определенный интерес и **показатели полной фондоемкости.** Они отражают объем фондов, необходимых во всех отраслях для выпуска единицы конечной продукции данной отрасли.

Для каждого столбца должно соблюдаться равенство

$$F_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} F_i + f_j \quad (12)$$

где F - полная фондоемкость, f_j – коэффициенты прямой фондоемкости.

Используя матрицу коэффициентов полных затрат A_{ij} , можно записать

$$F_j = \sum_{i=1}^n f_i A_{ij} \quad (13)$$

Дальнейшим усложнением можно разграничить фонды по видам и группам, например, основные и оборотные фонды.

каемой продукции. Тогда коэффициенты b_{ij} и f_{kj} были бы равны для соответствующей группы.

Практически они различаются по величине за счет того, что прирост фондов, новые капиталовложения всегда осуществляются на более высоком уровне научно-технического прогресса, а это новые материалы, новые технологии и т.д. Коэффициенты b_{ij} отражают существующую структуру фондов, а она складывается обычно десятилетиями, включает и устаревшую технику.

ТЕМА 4. СИСТЕМА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В АПК

Вопросы

1. История разработки
2. Содержание системы экономико-математических моделей оптимального планирования в АПК
3. Последовательность составления

1 История разработки

Сельское хозяйство - благодатная отрасль для эффективного применения принципа оптимальности, так как характеризуется свободой в выборе экономических решений, ограниченностью ресурсов во времени и пространстве, наличием целевых установок и показателей эффективности сельскохозяйственного производства. Свобода выбора решений вытекает из различного уровня потребностей и ресурсов. Одни и те же продукты могут производиться при использовании различных ресурсов или разном их сочетании, одни и те же ресурсы могут применяться для производства разнородной продукции. Принципы оптимальности реализуются при построении и решении разнообразных экономико-математических моделей оптимизации агропромышленного комплекса. Основные результаты в разработке этого научного направления принадлежат Р. Г. Кравченко, М. Е. Браславцу, И. Г. Попову, В. А. Кардашу, Э. Н. Крылатых, А. М. Гатаулину, В. В. Милосердову и другим.

К настоящему времени накоплен большой опыт внедрения оптимизационных задач в практику управления сельскохозяйственным производством. В основном это модели АПК страны, регионов, продуктовых подкомплексов стра-

ны и регионов, административных районов. Модели оптимизации производства для сельскохозяйственного предприятия в условиях, когда почти все параметры развития и структуры задавались "сверху", носили чисто иллюстративный характер, изучались в вузовских курсах и не имели практического значения. Опыт показал, что несмотря на признание положительного эффекта оптимизационных расчетов, массового внедрения их в практику управления не происходит, и к середине 80-х годов ученые отмечают спад интереса к решению этих задач.

Существует целый ряд причин как общих для всего народного хозяйства, так и специфичных, характерных только для сельского хозяйства. Среди них -техническое и программное обеспечение ЭВМ, сложность подготовки информации, высокие требования к кадрам, несовершенство самих моделей. Главная же причина - чужеродность методов оптимального планирования плановой социалистической экономике.

Не разобравшись в объективных причинах этих проблем, некоторые экономисты стали критиковать задачи оптимального управления АПК как устаревшие. Однако следует отметить, что взамен математических методов никем не выдвинуто не только более эффективных, но и равноценных подходов в решении управленческих задач.

В настоящее время положение коренным образом меняется. С переходом к рыночным отношениям изменились приоритеты в применении экономико-математических методов и моделей в управлении сельскохозяйственным производством. Эти изменения следует рассматривать в следующих аспектах:

- возрастание роли методов оптимального управления в условиях рыночной экономики;

- перемещение акцентов в планировании сельскохозяйственного производства на низшее звено - сельскохозяйственное предприятие;
- возрастание роли текущего и оперативного планирования в условиях быстроменяющейся внешней среды;
- новые возможности, связанные с реализацией моделей на ЭВМ.

Сейчас наиболее ответственным звеном хозяйственного механизма становится сельский товаропроизводитель. Не оформленный организационно, стихийно появился и становится устойчивым социальный заказ руководителей сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности на проведение оптимизационных расчетов. Необходимость приспособиться к быстроменяющейся экономической ситуации, занять выгодное место на рынке товаропроизводителей, просто выжить и сохранить ресурсный потенциал, требует особых подходов к проведению таких планово-экономических расчетов.

Невостребованные экономико-математические модели оптимизации сельскохозяйственного производства, не имея стимулов развития, устарели. Требуется большая работа по разработке новых экономико-математических моделей, адаптированных к условиям рыночных отношений и имеющих более совершенный математический аппарат. Модели, адекватные реальным условиям производства должны учитывать особенности воспроизводственного процесса в сельском хозяйстве: его стохастическую природу, взаимосвязанность и взаимозависимость отраслей, элементы нелинейности, динамики, целочисленности.

1 Содержание системы экономико-математических моделей оптимального планирования в АПК

- Моделирование и оптимизация структуры посевных площадей
- Моделирование и оптимизация рационов кормления животных
- Моделирование и оптимизация кормовых смесей и комбикормов
- Моделирование и оптимизация использования заготовленных кормов
- Моделирование и оптимизация структуры стада
- Моделирование и оптимизация производственной отраслевой структуры аграрного предприятия
- Моделирование и оптимизация параметров фермерских хозяйств

Моделирование производственной ситуации и пример составления числовой модели

В процессе моделирования большое значение имеет правильная формулировка всевозможных условий, которая позволяет увязать различные стороны моделируемого объекта в единую систему. При этом возникает множество ситуаций. Рассмотрим на примере наиболее распространенные приемы математической формулировки экономических условий. О хозяйстве имеется информация, представленная в таблице 3.

Известны производственные ресурсы: хозяйство имеет 2800 га пашни; 880000 чел.-ч трудовых ресурсов, в т. ч. в напряженный период - 80000 чел.-ч; механизированные ресурсы с учетом покупки новой техники позволяют выполнить работы в объеме 40000 усл. га. Хозяйство имеет возможность привлечь в напряженный период дополнительную рабочую

силу в количестве не более 16000 чел.-ч. Наличная техника позволяет выполнить только 35000 усл. га механизированных работ, хозяйство может купить минеральные удобрения в необходимом количестве, а комбикормов не более 5000 ц. Производство отдельных видов продукции должно быть гарантировано. Товарного картофеля необходимо произвести не менее 6000 ц, овощей не менее 45000 ц, молока не менее 25000 ц, но и не более 30000 ц. Требуется определить оптимальное сочетание отраслей, т.е найти такую производственную структуру предприятия, которая обеспечила бы наибольший экономический эффект .

Таблица 3 – Урожайность, затраты на 1 га посевов и 1 голову скота

| Наименование | Затраты на 1 га посева или на 1 голову скота | | | | | Урожайность, ц с 1 га, выход навоза от одной структурной коровы, т |
|--|--|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| | труд, всего, чел.-ч | труд в напряженный период, чел.-ч | механизированные работы, усл. га | минеральные удобрения, ц | органические удобрения, т | |
| Зерновые | 40 | 20 | 4,0 | 3,5 | 10 | 28 |
| Картофель | 310 | 130 | 18,0 | 6,8 | 18 | 140 |
| Овощи | 560 | 200 | 20,0 | 7,3 | 25 | 260 |
| Кормовые корне- | 440 | 140 | 15,0 | 6,3 | 20 | 320 |
| Многолетние травы на: | | | | | | |
| сено | 65 | 25 | 3,0 | 1,5 | 8 | 35 |
| зеленый корм | 50 | 22 | 3,0 | 1,5 | 8 | 90 |
| семена | 97 | 30 | 5,0 | 2,8 | 8 | 2,5 |
| Крупный рогатый скот, структурные головы | 250 | 50 | 10 | - | - | 8 |

Составление математической модели задачи следует начинать с обозначения переменных величин:

x_1 - площадь зерновых, га

x_2 - площадь картофеля, га

x_3 - площадь овощных, га

x_4 - площадь кормовых корнеплодов, га

x_5 - площадь многолетних трав на сено, га

x_6 - площадь многолетних трав на зеленый корм, га

x_7 - площадь многолетних трав на семена, га

x_8 - число структурных голов крупного рогатого скота (за структурную голову крупного рогатого скота принимается корова с приходящимся на нее поголовьем молодняка),

x_9 - привлеченная рабочая сила, чел.-ч

x_{10} - потребное количество покупных минеральных удобрений, ц

x_{11} - количество покупных комбикормов, ц.

Зная переменные величины, с помощью неравенств первого типа можно сформулировать условия задачи, прежде всего по использованию пашни. Если суммировать все переменные, обозначающие посевные площади культур, то их сумма не должна превышать площади пашни.

Это условие записывается так:

$$1) x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \leq 2800$$

Теперь запишем условие по использованию трудовых ресурсов, суммировать будем произведения коэффициентов затрат на соответствующие переменные:

$$2) 40x_1 + 310x_2 + 560x_3 + 440x_4 + 65x_5 + 50x_6 + 97x_7 + 250x_8 \leq 880000$$

Условия по использованию трудовых ресурсов в напряженный период:

$$3) \quad 20x_1+130x_2+200x_3+140x_4+25x_5+22x_6+30x_7+50x_8 \leq 80000$$

В практике встречаются случаи, когда объем производственных ресурсов (b_i) известен в нижних и верхних пределах, или частично, или совсем неизвестен и должен быть найден в процессе решения задачи.

В первом случае поступают так: левая часть неравенства записывается дважды, а в правой части отражается нижняя и верхняя граница наличных ресурсов. В нашем примере объем механизированных работ составляет 40000 усл. га. Но это с учетом ожидаемой покупки техники, и пока неизвестно, сможет ли хозяйство закупить запланированное количество машин и тракторов. Наличная же техника позволяет выполнить только 35000 усл. га механизированных работ, следовательно, суммарный объем механизированных работ составит не менее 35000 усл. га.

Ограничение 5 выполнить самостоятельно.

В целом 4 и 5 ограничения показывают, что суммарные затраты механизированных ресурсов могут быть в пределах от 35000 до 40000 усл. га.

Во втором случае, когда объем ресурсов известен частично, и надо определить дополнительно привлекаемый ресурс, к правой части b_i добавляется вспомогательная переменная x_j , которая будет означать искомую часть ресурсов и значение которой будет найдено в процессе решения задачи.

В нашем примере известно, что в напряженный период в хозяйстве имеется трудовых ресурсов 80000 чел.-ч. Но в этот период, когда своей рабочей силы не хватает, хозяйство использует привлеченный со стороны труд (x_9). В этом случае ограничение 3 запишем следующим образом:

$$20x_1+130x_2+200x_3+140x_4+25x_5+22x_6+30x_7+50x_8 \leq 80000+x_9$$

После переноса x_9 в левую часть получим:
 $20x_1+130x_2+200x_3+140x_4+25x_5+22x_6+30x_7+50x_8+x_9 \leq 80000$

Если в процессе решения задачи окажется, что привлеченной рабочей силы не требуется, то $x_9 = 0$, в противном случае величина $x_9 > 0$ укажет, сколько нужно привлеченного труда в данный напряженный период. Однако при такой записи x_9 будет зависеть лишь от конкретного значения основных переменных, но совершенно не будет зависеть от других внешних факторов производства.

Если при существующих условиях привлечь рабочую силу в количестве более 16000 чел.-ч нельзя, то на переменную x_9 необходимо наложить ограничение:

$$6) x_9 \leq 16000$$

В нашем примере количество минеральных удобрений заранее неизвестно. Поэтому условие по минеральным удобрениям запишется так:

$$7) 3,5x_1 + 6,8 x_2 + 7,3 x_3 + 6,3 x_4 + 1,5 x_5 + 1,5 x_6 + 2,8 x_7 = x_{10}$$

или $3,5x_1 + 6,8 x_2 + 7,3 x_3 + 6,3 x_4 + 1,5 x_5 + 1,5 x_6 + 2,8 x_7 - x_{10} = 0$. На основе полученной расчетной величины x_{10} дают необходимые заявки.

В нашем примере имеются еще коэффициенты затрат органических удобрений, но нет наличных ресурсов этих удобрений.

Органические удобрения производятся в собственном хозяйстве. Чтобы отразить условия по производству и использованию органических удобрений, необходимо знать выход их в расчете на структурную корову. Допустим, что он может составить 8 т в год. Тогда можно записать следующее ограничение задачи:

$$8) 10 x_1 + 18 x_2 + 25 x_3 + 20 x_4 + 8 x_5 + 8 x_6 + 8 x_7 \leq 8 x_8$$

$$\leq 0$$

или $10 x_1 + 18 x_2 + 25 x_3 + 20 x_4 + 8 x_5 + 8 x_6 + 8 x_7 - 8 x_8$

Это означает, что общий расход органических удобрений не будет превышать их производства в самом хозяйстве. Аналогичная запись делается по кормам. За некоторым исключением корма производятся и потребляются внутри хозяйства. Отсюда возникает необходимость отразить условия по кормопроизводству и их использованию таким образом, чтобы, во-первых, полностью обеспечить потребности скота собственными кормами и в необходимом соотношении между отдельными группами кормов; во вторых, в процессе решения задачи должна быть найдена наиболее дешевая кормовая база.

Для записи условия по производству и использованию кормов в хозяйстве требуется дополнительная информация. Нужно установить, какие культуры являются кормовыми, какие частично используются на корм; нужно знать годовую потребность одной головы скота в питательных веществах и содержание их в единице корма.

Допустим, что в год на одну корову расходуется 60 ц корм. ед. и 6,6 ц переваримого протеина. Выход питательных веществ в расчете на 1 га показан в таблице 4.

Таблица 4 - Выход питательных веществ с 1га посева кормовых культур

| Культуры | Кормовые единицы | Переваримый протеин, ц |
|-----------------------------------|------------------|------------------------|
| Зерновые | 28,13 | 2,81 |
| Картофель | 4,20 | 0,22 |
| Овощи | 2,60 | 0,21 |
| Корнеплоды | 35,50 | 2,88 |
| Многолетние травы | 15,75 | 2,10 |
| Многолетние травы на зеленый корм | 17,82 | 1,98 |

Смысл ограничений по производству и использованию кормов и содержащихся в них питательных веществ состоит в том, что затраты кормов не должны превышать их наличия (производство плюс покупка). Если объем покупных кормов твердо известен, то переменную по ним можно не вводить.

Ограничение по кормовым единицам будет выглядеть так:

$$9) \quad 28,13x_1 + 4,2x_2 + 2,6x_3 + 35,2x_4 + 15,75x_5 + 17,82x_6 + 0,9x_{11} \geq 60x_8$$

или после переноса в левую часть всех элементов правой части:

$$28,13x_1 + 4,2x_2 + 2,6x_3 + 35,2x_4 + 15,75x_5 + 17,82x_6 - 60x_8 + 0,9x_{11} \geq 0$$

Ограничение по переваримому протеину:

$$10) \quad 2,81x_1 + 0,22x_2 + 0,21x_3 + 2,88x_4 + 2,1x_5 + 1,98x_6 + 0,11x_{11} - 6,6x_8 \geq 0$$

Ограничение по покупным комбикормам:

$$11) \quad x_{11} \leq 5000$$

Для определения полноценной кормовой базы следует вводить условия по большему количеству питательных веществ, например по каротину, фосфору, кальцию, сухому веществу и т. д. Кроме того, можно вводить ограничения по разным группам кормов с учетом min и max границ скармливания. Рассмотрим подобные ограничения на примере концентрированных кормов. Допустим, годовая потребность одной коровы в концентратах не ниже 10 ц и не выше 18 ц, тогда производство плюс покупка комбикормов будут колебаться между $10x_8$ и $18x_8$, т. е.:

$$10x_8 \leq 25,58x_1 + 0,9x_{11} \leq 18x_8$$

что будет записано двумя отдельными ограничениями:

$$12) \quad -25,58x_1 - 0,9x_{11} + 10x_8 \leq 0$$

$$13) \quad 25,58x_1 + 0,9x_{11} - 18x_8 \leq 0$$

Среди условий задачи часто встречается требование - обеспечить все культуры семенами собственного производства. Для зерновых культур и картофеля это достигается простым уменьшением урожайности на норму высева. Для многолетних трав, семена для которых производятся в хозяйстве, необходимо связать общую их площадь с площадью посева трав на семена. В нашем примере урожайность трав на семена составляет 2,5 ц с га. Это значит, что семян будет произведено $2,5x_7$ ц. Допустим, что норма высева семян на 1 га 0,2 ц. Следовательно, расход семян на всю площадь трав составит $0,2x_5+0,2x_6+0,2x_7$, а ограничение по семенам запишется следующим образом:

$$14) 0,2x_5 + 0,2x_6 + 0,2x_7 \leq 2,5x_7, \text{ или } 0,2x_5 + 0,2x_6 + 0,2x_7 - 2,5x_7 \leq 0$$

Это значит, что семян многолетних трав будет израсходовано не больше, чем их производится.

Чтобы записать условия по гарантированному производству продукции в математической форме, нужно определить коэффициенты выхода товарной продукции с 1 га посева или от одной коровы. По картофелю этот коэффициент составит 96 ц ($140 - 14 - 30$), то есть из валового урожая вычитаем расход продукции на семена и корма. По овощам ($260 - 26$) = 234 ц, а продуктивность коров за вычетом молока на выпойку телят составит 32 ц. Тогда условия запишутся следующим образом:

по производству картофеля

$$15) 96x_2 \geq 6000;$$

по производству овощей

$$16) 234x_3 \geq 45000;$$

по производству молока

$$17) 32x_8 \geq 25000$$

$$18) 32x_8 \leq 30000$$

Рассмотрим на нашем примере прием формулировки вспомогательных ограничений пропорциональной связи. Они

вводятся в тех случаях, когда необходимо задать определенные соотношения между посевными площадями различных культур или между отдельными кормами и их группами в рационе животных и в других случаях. Допустим, что площадь посева многолетних трав должна быть не менее 40 % от всей посевной площади. Тогда условие пропорциональной связи запишется так:

$$19) \quad x_5 + x_6 + x_7 \geq 0,4(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7),$$

или

$$x_5 + x_6 + x_7 - 0,4x_1 - 0,4x_2 - 0,4x_3 - 0,4x_4 - 0,4x_5 - 0,4x_6 - 0,4x_7 \geq 0$$

Эту запись можно упростить, разделив все члены ограничения на 0,4 и умножив на -1. В результате получим:

$$19) \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - 1,5x_5 - 1,5x_6 - 1,5x_7 \leq 0$$

Завершается составление экономико-математической модели записью целевой функции. Допустим, в качестве критерия оптимальности взят показатель максимум прибыли. Тогда в целевой функции будут участвовать лишь переменные по товарным отраслям. В нашем примере это картофель, овощи и крупный рогатый скот. В качестве оценки переменных (коэффициенты при них в целевой функции) должна выступать прибыль в расчете на гектар и одну голову скота. Для этого из среднереализационной цены вычитается себестоимость 1 ц продукции и умножается на товарный выход продукции с единицы измерения переменной величины.

Приведем пример расчета по картофелю. Средне-реализационная цена 1 кг составляет 9,50 руб., себестоимость - 7,12 руб., тогда прибыль на 1 га картофеля равна $(9,5 - 7,12) \times 9600 = 22848$. Допустим, что по овощам прибыль будет 40000 руб. на 1 га, а по крупному рогатому скоту - 25000 руб. на структурную корову. Тогда целевая функция запишется так:

$$Z = 22848x_1 + 40000x_3 + 25000x_8 \rightarrow \max.$$

Условия задачи по оптимизации отраслевой структуры сформулированы полностью. Числовую модель удобно представить в виде таблицы.

Таблица 5 - Матрица экономико-математической задачи оптимизации структуры производства

| ОГРАНИЧЕНИЯ | Зерновые, га | Картофель, га | Овощи, га | Кормовые корнеплоды, га | Люцерна, га | | | Крупный рогатый скот, (структурные головы) | Привлеченный труд, чел.-ч | Покупка минеральных удобрений, ц | Покупной комбикорм, ц | Объем и тип ограничений b_i |
|--|--------------|---------------|-----------|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|--|---------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | | | | | на сено | на зеленый корм | на семена | | | | | |
| | | | | | X ₁ | X ₂ | X ₃ | | | | | |
| 1. Пашня, га | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | ≤ 2800 |
| 2. Труд, всего, чел.-ч | 40 | 310 | 560 | 440 | 65 | 50 | 97 | 250 | | | | ≤ 880000 |
| 3. Труд в напр. период, чел.-ч | 20 | 130 | 200 | 140 | 25 | 22 | 30 | 50 | -1 | | | ≤ 80000 |
| 4. Механизированные ресурсы, тах, машинносмены | 4 | 18 | 20 | 15 | 3 | 3 | 5 | 10 | | | | ≤ 40000 |
| 5. Механизированные ресурсы, min, машинносмены | 4 | 18 | 20 | 15 | 3 | 3 | 5 | 10 | | | | ≥ 35000 |
| 6. Привлеченный труд, чел.-ч. | | | | | | | | | 1 | | | ≤ 16000 |
| 7. Минеральные удобрения, ц | 3,5 | 1,8 | 7,3 | 6,5 | 1,5 | 1,5 | 2,8 | | | -1 | | = 0 |
| 8. Органические удобрения, т | 10 | 18 | 25 | 20 | 8 | 8 | 8 | -8 | | | | ≤ 0 |
| 9. Кормовые единицы, ц | -28,1 | -4,2 | -2,6 | -35,2 | -15,8 | -17,8 | | 60 | | | -0,9 | ≤ 0 |
| 10. Переваримый протеин, ц | -2,81 | -0,22 | -0,21 | -2,88 | -2,1 | -1,98 | | 6,6 | | | -0,11 | ≤ 0 |
| 11. Покупной комбикорм, ц | | | | | | | | | | | 1 | ≤ 4000 |
| 12. Концентраты, ц, min | -25,6 | | | | | | | 10 | | | -0,9 | ≤ 0 |
| 13. Концентраты, ц, тах | 25,6 | | | | | | | -18 | | | 0,9 | ≥ 0 |
| 14. Семена многолетних трав, га | | | | | 0,2 | 0,2 | -2,3 | | | | | ≤ 0 |
| 15. Продажа картофеля, ц | | 96 | | | | | | | | | | ≥ 5000 |
| 16. Продажа овощей, ц | | | 234 | | | | | | | | | ≥ 40000 |
| 17. Продажа молока, ц, min | | | | | | | | 32 | | | | ≥ 20000 |
| 18. Продажа молока, ц, тах | | | | | | | | 32 | | | | ≤ 30000 |
| 19. Соотношение площадей многолетних трав и всех посевов | 1 | 1 | 1 | 1 | -1,5 | -1,5 | -1,5 | | | | | ≤ 0 |
| Целевая функция (прибыль), руб. | | 22848 | 40000 | | | | | 25000 | -100 | | | max |

ТЕМА 5. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Вопросы

1. Экономико-математические модели для расчета оптимального плана размещения предприятий АПК
2. Принципы и особенности размещения

1 Экономико-математические модели для расчета оптимального плана размещения предприятий АПК

С увеличением размеров производства и повышением продуктивности коров эффективность использования земли, труда, средств производства неуклонно возрастают. Увеличивается и доходность хозяйства, растет окупаемость затрат, уровень рентабельности производства.

Все это в совокупности позволяет сделать вывод, что оптимизация параметров специализированных молочных фермерских хозяйств позволяет найти достаточное разнообразие вариантов, обеспечивающих рентабельное производство.

В каждом конкретном случае малые специализированные молочные хозяйства организуются с учетом местных условий, естественно в стратегии ведения хозяйства находят отражение личные качества главы фермерского хозяйства, его знания, опыт, его личные представления о рациональном молочном хозяйстве.

Если все это отразить в экономико-математической модели и решить задачу на ЭВМ, то заведомо можно сказать, что решение в оптимальном варианте будет другим. Оно может быть лучшим или чуть худшим с точки зрения

среднестатистического решения, но оно будет лучшим с точки зрения фермера.

Анализ результатов решения рассматриваемых задач позволяет сделать однозначный вывод о том, что во всех рассмотренных вариантах предел возможной концентрации производства, предел увеличения размеров предприятий не достигается – во всех случаях рентабельность продолжает расти.

Понятно, что с увеличением размеров предприятий должны совершенствоваться и организационные формы. Предложенная структурная модель позволяет вводить в задачу все эти изменения при разработке числовой модели.

Известно, что капитальные вложения на строительство производственных и жилых помещений, мелиорацию, содержание дорожной сети оказываются более эффективными при более крупных размерах предприятий. Но одновременно с увеличением размеров предприятий увеличиваются внутрихозяйственные расходы на перевозку кормов, навоза, строительных материалов, семян. Растут расходы и на складирование продукции и сырья, охрану хозяйства, экологическую защиту.

Есть расходы, величина которых не зависит от размеров предприятия: стоимость семян и удобрений на гектар при покупке, стоимость выполнения отдельных работ.

Модель позволяет учитывать все эти особенности при оптимизации параметров предприятия, а критерий оптимизации численно определяется как средняя от равнонаправленных векторов при сложении. Для учета транспортных издержек необходимо исчислить средние расстояния перевозок. Внутрихозяйственные перевозки зависят от конфигурации земельного участка (таблица).

В общем виде величина среднего расстояния для одной и той же конфигурации земельного участка при одинаковом размещении хозяйственного центра прямо пропор-

циональна квадратному корню из площади землепользования (P).

Реально же средние расстояния зависят не только от конфигурации и площади земельного участка, но и от размещения дорожной сети, расположения хозяйственного центра.

Во всех случаях, чем больше земельная площадь хозяйства, тем больше стоимость внутрихозяйственных перевозок как в расчете на все хозяйство в целом, так и на единицу получаемого продукта.

Таблица– Средние расстояния внутрихозяйственных грузоперевозок специализированных молочных фермерских хозяйств для условий центральной зоны Краснодарского края, метры

| Конфигурация земельного участка | Формулы для расчета | Хозяйства с числом постоянных работников, чел. | | |
|----------------------------------|------------------------------------|--|-----|-----|
| | | 3 | 5 | 10 |
| При продуктивности коров 4500 кг | | | | |
| Круг | $\frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{\pi}}$ | 209 | 272 | 387 |
| Шестиугольник | $0,377 \sqrt{P}$ | 210 | 273 | 388 |
| Квадрат | $0,383 \sqrt{P}$ | 213 | 277 | 394 |
| Прямоугольник (1:3) | $0,475 \sqrt{P}$ | 264 | 344 | 489 |
| При продуктивности коров 5000 кг | | | | |
| Круг | $\frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{\pi}}$ | 221 | 287 | 408 |

| | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|
| Шестиугольник | $0,377 \sqrt{P}$ | 222 | 288 | 410 |
| Квадрат | $0,383 \sqrt{P}$ | 225 | 292 | 416 |
| Прямоугольник (1:3) | $0,475 \sqrt{P}$ | 279 | 362 | 516 |
| При продуктивности коров 6000 кг | | | | |
| Круг | $\frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{\pi}}$ | 234 | 305 | 434 |
| Шестиугольник | $0,377 \sqrt{P}$ | 235 | 306 | 435 |
| Квадрат | $0,383 \sqrt{P}$ | 239 | 311 | 442 |
| Прямоугольник (1:3) | $0,475 \sqrt{P}$ | 296 | 386 | 548 |

Взаимосвязь земельных размеров предприятия и стоимости внутривозвратных перевозок, определение рациональных средних расстояний внутривозвратных перевозок и размеров сельскохозяйственных предприятий находит отражение в трудах многих исследователей конца девятнадцатого века и практически не остается без внимания экономистов на протяжении всего двадцатого столетия. В работе А.В. Чаянова «Оптимальные размеры сельскохозяйственных хозяйств», написанной в марте 1921 г. рассматриваются результаты исследований двенадцати зарубежных авторов, исследовавших вопрос о влиянии отдаленности полей на чистый доход хозяйства. В частности, рассматриваются расчеты Тюнена, приводятся данные Вернера. В 1909г. Вернер писал, что для высокоинтенсивного хозяйства на первоклассных землях он считает нормальным средним расстоянием величину не выше 1000 метров, а на худших землях – 750 метров. А.В. Чаянов был, пожалуй, первым исследова-

телем, кто поставил проблему оптимизации размеров аграрных предприятий. Он писал: «... обильно пользуясь в дальнейшем методами и результатами перечисленных немецких работ, мы тем не менее должны совершенно заново поставить проблему об оптимальном размере хозяйства и попытаться самостоятельно ее разрешить. Согласно всему вышеизложенному, проблема оптимальных размеров хозяйства ставится нами как проблема нахождения таких размеров площади эксплуатации, при которых, при прочих равных условиях, себестоимость получаемых продуктов будет наименьшая» [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, с. 13].

В те годы еще не были разработаны методы оптимизации и моделирования экономических систем, а первые ЭВМ появятся спустя три десятка лет и А.В. Чайанов, используя графические построения, алгебраические преобразования, находит математическое решение, близкое к оптимальным значениям, предлагает интересные математические формулы для определения рациональных размеров аграрных предприятий с учетом затрат на внутривозвратные перевозки.

Современные модели оптимизации параметров аграрных предприятий позволяют прямо включать в модель внутривозвратные перевозки в качестве отдельного ограничения.

В рассмотренных выше вариантах задачи оптимизации параметров специализированных молочных фермерских хозяйств объем внутривозвратных перевозок составляет небольшую величину. Так, в хозяйстве с тремя постоянными работниками необходимо перевезти 596 т груза на среднее расстояние 264 метра. Это составит 157 т-км. Затраты на внутривозвратные перевозки даже при неблагоприятных условиях не будут превышать 786 руб., при общей сумме производственных затрат – 480 тыс. руб., что составляет 0,16 %. Собственно подтверждаются выводы Вернера и

Чаянова, что для мелких по земельной территории хозяйств влияние внутрихозяйственных перевозок на издержки производства незначительны. Однако с увеличением земельной площади, затраты на внутрихозяйственные перевозки могут достигнуть таких пределов, что полностью съедают прибыль хозяйства. В расчетах Тюнена это наступает при среднем расстоянии грузоперевозок 4980 метров, по данным Dr.v.Stebel – при расстоянии в 2-3 км в зависимости от вида земельных угодий и плодородия. И только для самых плодородных почв предел, при котором дальнейшее увеличение размеров хозяйства по земельной площади становится невыгодным, наступает при 4 км. Это данные для немецких хозяйств прошлого века, внутрихозяйственные перевозки осуществлялись живой тягловой силой, уровень урожайности, цены, технологии – все было другим.

В моделях заложены современные технологии, новейшая техника начала 21 века, условия центральной зоны Краснодарского края. Мы использовали научные идеи опыт немецких ученых и научно-методические разработки по оптимизации оптимальных размеров земледельческих хозяйств А. Чаянова и его последователей при разработке оптимальных параметров аграрных предприятий.

При оптимизации параметров мелких аграрных предприятий, мы подтвердили выводы А. Чаянова о том, что влияние внутрихозяйственных перевозок на издержки производства в них незначительны, однако при расчетах параметров средних и крупных хозяйств это влияние возрастало и специально отслеживалось.

2 Принципы и особенности размещения

Размещение сельского хозяйства – это распределение производства отдельных видов продукции по территории страны, экономического района, региона в целях эффективного использования земельных, материальных, трудовых и финансовых ресурсов и максимального обеспечения потребителей продукцией.

При размещении применяются следующие основные принципы:

1 Минимизация затрат на производство единицы продукции;

2 Минимизация транспортных расходов;

3 Обеспечение продовольственной безопасности страны

4 Использование соотношения спроса и предложения ;

5 Оптимизация соотношения различных отраслей АПК;

6 Максимальное использование сложившихся производственно хозяйственных связей.

Принципы размещения должны реализовываться с учетом внесения основных факторов:

1) природно-климатические условия регионов

2) обеспеченность земельными ресурсами

3) обеспеченность трудовыми ресурсами

4) обеспеченность материально-производственными ресурсами

5) наличие транспортной сети

7) экономическая эффективность производства отдельных видов продукции в конкретном регионе.

А. И. Богачев предлагает применение метода решения блочных задач, или метода многоуровневой оптимизации. Такой подход к построению модели позволит получить наилучший план размещения предприятий при одновременном учете многочисленных (Научный журнал КубГАУ, №31(7), 2007 года <http://ej.kubagro.ru/2007/07/pdf/02.pdf> 8) условий и факторов, поскольку процесс оптимизации будет иметь в своей основе информацию, полученную с «нижнего» уровня (в соответствии с иерархией управления). В целях учета в задаче конкретных условий функционирования элементов организационной структуры АПК региона дополнительные требования к развитию производства могут быть заданы в форме соответствующих ограничений.

В общем виде схема предлагаемой модели представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Общая схема модели оптимизации размещения регионального АПК

На первом этапе определяются сельскохозяйственные зоны региона. На данной стадии обосновывается схема зональной специализации, размещения и концентрации сельского хозяйства; определяются приоритеты формирования зональной территориально-отраслевой структуры АПК; устанавливается степень участия в формировании внутриобластного и межрегионального рынков продовольствия и сельхозсырья. На втором этапе решается комплекс задач по размещению и специализации сельскохозяйственного производства в районах области, где рассчитывается комплекс структуры товарной продукции оптимальный для каждого административно-территориального образования. Критерием оптимизации может быть максимум валового дохода и налоговых поступлений в местный бюджет. В ходе решения задачи этого уровня необходимо определить схему внутрирайонной специализации и концентрации сельскохозяйственного производства, а также провести группировку административных районов по уровню товарного производства сельхозпродукции, обеспечивающей внутренние потребности и участие во внутриобластном и межрегиональном продуктообмене. На третьем этапе решается комплекс задач по размещению и специализации сельскохозяйственного производства на уровне отдельных предприятий. На этом этапе принимаются решения по вопросам выбора производственных типов предприятий, внутрипроизводственной специализации, сочетания отраслей, размеров производства. В качестве критерия оптимизации может рассматриваться максимизация уровня рентабельности сельхозтоваропроизводителей. Объединение отдельных уровней оптимизации воедино будет способствовать формированию общей модели оптимального размещения агропромышленного производства на региональном уровне. Ее использование позволит выбрать среди множества альтернативных вариантов размещения тот, который будет отвечать интересам населения,

предприятий АПК и органов власти. Математическая интерпретация описанной модели имеет следующий вид:

$$Z_{1.1} = \sum_{i=1}^n (N_{1i} - F_i)^2 \rightarrow \min$$

$$Z_{1.2} = \sum_{i=1}^n Q_i * N_{2i} - \sum_{i=1}^n (V_i - O_i - P_i) \rightarrow \min$$

$$Z_2 = \sum_{i=1}^n \gamma_{1i} * V_i \rightarrow \max$$

$$Z_3 = \sum_{i=1}^n \gamma_{2i} * V_i \rightarrow \max$$

При ограничениях:

1. По земельным ресурсам

$$\sum_{j \in J_1} Z_{ij} * X_{jk} \leq \sum Z_j; j = 1 \div M$$

2. По финансовым ресурсам (объему инвестирования)

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} I_{jk} * x_{kr} \leq \sum I_r; r = 1 \div N$$

где $Z_{1.1}$ – максимальное удовлетворение потребностей населения в продуктах питания; $Z_{1.2}$ – максимальное удовлетворение потребностей предприятий переработки в сельхозсырье; Z_2 – максимизация удельной прибыли; Z_3 – максимизация удельных налоговых поступлений в бюджет; i – количество видов продукции или видов деятельности; N_{1i} – рациональный норматив (научно обоснованная норма) потребления i -го вида продукции на душу населения; F_i – фактический уровень потребления i -го вида продукции на душу населения; Q_i – мощность перерабатывающих i -ый вид сельхозсырья предприятий; N_{2i} – норматив потребления (потребность) i -го вида сельхозсырья в расчете на 1 предприятие переработки, обеспечивающий максимальную загрузку производственных мощностей; V_i – общий объем производства i -го вида сельхозпродукции; O_i – внутриотраслевое использование i -го вида сельхозпродукции (семена, корм скоту, создание запасов и страховых фондов и т.п.); P_i – потери i -го вида сельхозпродукции; γ_{1i} – удельная прибыль с единицы продукции; γ_{2i} – удельный доход в бюджеты всех уровней за счет всех налогов с единицы продукции; J_1 – множество, включающее номера переменных по сельхозкультурам и угодьям; K – множество, элементами которого являются номера районов; $j = 1 \div M$ – множество, включающее номера ограничений по использованию земельных ресурсов по видам сельхозугодий; X_{jk} – искомая переменная по i -му виду деятельности в k -ом районе (по производству i -ой продукции); Z_j – затраты земли на производство единицы i -й продукции; $\sum Z_j$ – фонд земельных ресурсов региона (сумма угодий j -го вида); $\sum I_r$ – объем инвестиционных ресурсов в целом по региону/муниципалитету (суммарная величина инвестиционных ресурсов r -го вида); I_{jk} – затраты инвестиционных (финансовых) ресурсов на совокупность хозяйств i -го производственного типа в k -ой зоне; X_{kr} – количество предприятий i -го производственного типа в k -ой зоне; $r = 1 \div N$ – множество, элементами которого являются номера ограничений по использованию инвестиционных ресурсов.

Кроме того, в зависимости от того, какую экономическую единицу будет представлять блок модели (хозяйство, район, зона, регион), в общую модель могут быть внесены и другие ограничения и переменные. Основным достоинством предлагаемой модели выступает то, что ее решение позволяет выбрать действительно наиболее оптимальный вариант размещения производства, а также способствует учету интересов многочисленных экономических субъектов (население, предприятия АПК, муниципалитеты, регион).

Подводя итог можно утверждать, что размещение агропромышленного производства представляет собой весьма сложную теоретическую и практическую проблему со множеством экономических, социальных и политических составляющих. Успешное ее решение будет способствовать эффективному использованию наличного природно-ресурсного и экономического потенциала области, производству конкурентоспособной продукции высокого качества в широком ассортименте, обеспечению продовольственной безопасности, укреплению финансового положения региона и муниципальных образований за счет дополнительного поступления налоговых платежей, в конечном итоге давая стимул для комплексного развития экономики в целом.

ТЕМА 6. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Вопросы

1. Сущность параметров и содержание параметризации аграрных предприятий
2. Структурная модель экономико-математической задачи оптимизации параметров аграрного предприятия
3. Результаты оптимизации параметров предприятий различного производственного направления

1 Сущность параметров и содержание параметризации аграрных предприятий

Под **производственным параметром**, по нашему мнению, можно понимать существенное качественное свойство или состояние производственной системы, которое отражает её основные пропорции, может быть выражено количественно и использовано для характеристики производственной системы или процесса. Производственный параметр – это количественная характеристика существенных, значимых свойств производственной системы. Каждый производственный параметр выделяет данное производство среди других, показывает, чем оно отличается качественно и по количеству.

Сущность производственных параметров состоит в единстве качественной и количественной характеристик производства. Параметр отражает не любое свойство, не каждое состояние, а именно существенное, значимое, одно из основных для данной производственной системы или процесса.

- размер предприятия
- уровень специализации
- уровень концентрации производства конкретных видов продукции
- уровень эффективности производства
- технологические параметры
- уровень интенсивности производства

Размер сельскохозяйственного предприятия является одним из основных его параметров. Он отражает существенные свойства предприятия, может быть выражен количественно.

О размере сельскохозяйственного предприятия обычно судят по объему производимой продукции, по площади земли, по наличию средств производства и трудовых ресурсов, поголовья скота и по некоторым другим показателям. Каждый из названных показателей не во всех случаях отражает действительные размеры предприятия в полной мере. Объем производства продукции - удобный измеритель для сравнения хозяйств узкой специализации – птицефабрик, откормочных хозяйств, тепличных комбинатов, но это резульативный показатель, он зависит от многих факторов.

Определенное представление о размере хозяйства дает число занятых работников и наличие производственных фондов, но эти показатели зависят от специализации, технической оснащенности, природных условий и т.д. Если исключить узкоспециализированные хозяйства, у которых земля (как и у промышленных предприятий) выступает в качестве территориально-операционной базы, то остальные сельскохозяйственные предприятия используют землю как главное средство производства.

Четкое представление о размере предприятия дает только **объем чистой продукции**, а другие показатели – стоимость валовой и товарной продукции, площадь обрабатываемой земли, численность работников, стоимость основ-

ных средств производства, поголовье животных – это **косвенные показатели размера предприятия**.

Количественная оценка параметров предприятия осуществляется через **систему показателей**. Параметры функционирующего предприятия можно получить на основе учетных данных, а рациональные на перспективу необходимо рассчитать.

Для определения рациональных значений параметров аграрного предприятия можно использовать различные методы:

- статистический,
- монографический,
- расчетно-конструктивный,
- моделирования и оптимизации.

Принципы рационального ведения хозяйства и расчета оптимальной площади

1. Основные условия и факторы производства — земля, материальные ресурсы, рабочая сила — должны находиться в определенных пропорциях и быть **сбалансированными**.

2. Производственное направление хозяйства, его специализация и структура должны обязательно устанавливаться **с учетом плодородия почв**, степени окультуренности земель, возможности последующей трансформации и улучшения угодий.

3. Устойчивое развитие любого хозяйства возможно только на основе **расширенного воспроизводства** Необходимо также обеспечить постоянный кругооборот капитала и определенные накопления, обеспечивающие дальнейшее развитие хозяйства и рост фондов потребления.

4. Хозяйство по возможности должно располагаться **на одном земельном массиве, иметь правильную форму**, рациональную конфигурацию с экологически обоснованным

размещением границ и расположением хозяйственного центра ближе к середине участка.

5. По размерам земельной площади и организационно-производственной структуре хозяйство должно быть **управляемым**.

6. Учет комплекса требований, предъявляемых к любому сельскохозяйственному производству (сезонность, технологическая зависимость отраслей растениеводства и животноводства, агрономические, зоотехнические, биологические, экологические, строительско-планировочные, санитарно-гигиенические условия и ограничения).

6.2. Структурная модель экономико-математической задачи оптимизации параметров аграрного предприятия

Требуется найти параметры, обеспечивающие получение максимума прибыли

$$C = \sum_{j \in J_7} x_j - \sum_{j \in J_{19}} x_j \rightarrow \max \quad (1)$$

При условиях:

1. Ограничения по численности работников хозяйства и использованию трудовых ресурсов.

В модели численность работников задается:

$$x_j = B_i, \text{ где } j \in J_1, i \in I_1 \quad (2)$$

Ограничения по использованию трудовых ресурсов:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad \text{где } i \in I_1 \quad (3)$$

2. Ограничения по поголовью животных.

2.1 По покупке необходимого поголовья коров

$$\sum_{j \in J_2} x_j \geq 0 \quad (4)$$

2.2 По минимально-допустимому уровню концентрации поголовья

$$\sum_{j \in J_2} x_j \geq b_i \quad \text{где } i \in I_2 \quad (5)$$

2.3 По поголовью приплода

$$\sum_{j \in J_2} w'_{ij} x_j - \sum_{j \in J_2} w''_{ij} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_2 \quad (6)$$

3. Условия по земельным ресурсам, посевным площадям и севооборотам, зеленому конвейеру, сохранению почвенного плодородия.

3.1 Ограничения по земельным ресурсам

$$\sum_{j \in J_3} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_1} dx_j - \sum_{j \in J_3} x_j \leq 0 \quad \text{где } i \in I_3 \quad (7)$$

3.2 Требования севооборотов

$$\sum_{j \in J_3} w'_{ij} x_j - \sum_{j \in J_3} w''_{ij} x_j \left\{ \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \right\} 0 \quad \text{где } i \in I_3 \quad (8)$$

3.3 Ограничения по зеленому конвейеру

$$\sum_{j \in J_2} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_4} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_3 \quad (9)$$

3.4 Ограничения по органическим удобрениям и сохранению почвенного плодородия

$$\sum_{j \in J_2} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_3} a_{ij} x_j \geq 0 \quad (10)$$

4. Ограничения по кормам в натуре

$$\sum_{j \in J_3} v_{ij} x_j - \sum_{j \in J_4} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_4 \quad (11)$$

5. Баланс питательных элементов и структура рационов

$$\sum_{j \in J_2} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_3} v_{ij} x_j \leq 0 \quad \text{где } i \in I_5 \quad (12)$$

6. Условия по определению производственного и коммерческого потенциала, объемов производства продукции в натуральном выражении

$$\sum_{j \in J_2} v_{ij} x_j - \sum_{j \in J_2, J_3} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_6} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_6 \quad (13)$$

7. Условия по расчету коммерческого потенциала, денежной выручки от реализации продукции

$$\sum_{j \in J_6} c_j x_j - \sum_{j \in J_7} x_j = 0 \quad (14)$$

или

$$\sum_{j \in J_2, J_3} v_{ij} c_j x_j - \sum_{j \in J_7} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_7 \quad (15)$$

8. Определение затрат на производство кормов

$$\sum_{j \in J_3} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_8} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_8 \quad (16)$$

9. Расчет потребности в основных фондах

$$\sum_{j \in J_2} a_{ij} x_j + \sum_{j \in J_3} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_9} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_9 \quad (17)$$

10. Затраты на зооветеринарное обслуживание

$$\sum_{j \in J_2} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_{10}} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_{10} \quad (18)$$

11. Страховые платежи

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_{11}} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_{11} \quad (19)$$

12. Отчисления и платежи на социальное страхование, в пенсионный фонд, на медицинское страхование, местные налоги

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_{12}} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_{12} \quad (20)$$

13. Определение затрат на горючее и смазочные материалы, энергию и водоснабжение

$$\sum_{j \in J_2} a_{ij} x_j + \sum_{j \in J_3} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_{13}} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_{13} \quad (21)$$

14. Определение сумм амортизационных отчислений

$$\sum_{j \in J_9} a_{ij} x_j - \sum_{j \in J_{14}} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_{14} \quad (22)$$

15. Определение сумм краткосрочного кредита

$$\sum_{j \in J_1} x_j + \sum_{j \in J_3} c_j x_j + \sum_{j \in J_3} x_j + \sum_{j \in J_{10}} x_j + \sum_{j \in J_{11}} x_j + \sum_{j \in J_{12}} x_j + \sum_{j \in J_{13}} x_j - \sum_{j \in J_{15}} x_j = 0 \quad (23)$$

16. Определение сумм кредита на приобретение основных средств

$$\sum_{j \in J_2} c_j x_j + \sum_{j \in J_9} x_j - \sum_{j \in J_{16}} x_j = 0 \quad (24)$$

Для этих условий в модели отводится $i \in I_{16}$ строк.

17. Годовой возврат ссуд и уплата процентов за пользование кредитом

$$\sum_{j \in J_{15}} (k_{ij} + 1) x_j + \sum_{j \in J_{16}} (k_{ij} + k'_{ij}) x_j - \sum_{j \in J_{17}} x_j = 0 \quad \text{где } i \in I_{17} \quad (25)$$

18. Расходы на внутрихозяйственные перевозки

$$\sum_{j=1}^n s c_j x_j - \sum_{j \in J_{18}} x_j = 0 \quad (26)$$

$$S = \alpha \sqrt{x_j} \quad \text{где } j \in J_3 \quad (27)$$

α - коэффициент, учитывающий конфигурацию участка и дорожной сети

19. Производственные затраты и ежегодные платежи хозяйства

$$\sum_{j \in J_1} c_j x_j + \sum_{j \in J_2} c_j x_j + \sum_{j \in J_8} x_j + \sum_{j \in J_{10}} x_j + \sum_{j \in J_{11}} x_j + \sum_{j \in J_{12}} x_j + \sum_{j \in J_{13}} x_j + \sum_{j \in J_{14}} x_j + \sum_{j \in J_{15}} k_{ij} x_j + \sum_{j \in J_{18}} x_j - \sum_{j \in J_{19}} x_j = 0 \quad (28)$$

Для этих условий в модели отводится $i \in I_{19}$ строк.

20. Определение стартовой суммы капитала

$$\sum_{j \in J_9} x_j + \sum_{j \in J_{19}} x_j - \sum_{j \in J_{14}} x_j - \sum_{j \in J_1} (q+1)x_j - \sum_{j \in J_{20}} x_j = 0 \quad (29)$$

Для этих условий в модели отводится $i \in I_{20}$ строк.

21. Условия не отрицательности переменных

$$x_j \geq 0 \quad (30)$$

Таблица 1 – Размеры коллективных аграрных предприятий Краснодарского края, в среднем за 1999-2000 гг.

| Зоны | Приходится в среднем на одно предприятие | | | | | |
|-----------------|--|--------------|---|---------------------|---|------------------------------------|
| | сельхоз- угодий га | пашни, га | основных производ- ственных фондов, млн. руб. | работников, чел. | выручки от реализации продукции, млн. руб. | налогового дохода, млн. руб. |
| Северная | 7656 | 7267 | 82,6 | 559 | 34,9 | 14,3 |
| Центральная | 5381 | 4964 | 82,0 | 552 | 37,3 | 16,5 |
| Западная | 6127 | 5508 | 130,8 | 616 | 38,7 | 15,4 |
| Южно-предгорная | 4946 | 3493 | 55,0 | 300 | 12,1 | 3,5 |
| Анапо-таманская | 2659 | 1653 | 61,5 | 451 | 39,6 | 15,1 |
| Черноморская | 529 | 142 | 42,6 | 211 | 12,4 | 3,6 |
| По краю | 5451 | 4785 | 76,9 | 482 | 30,6 | 12,4 |

Таблица 2 – Средние размеры земельных участков фермерских хозяйств Краснодарского края, общая земельная площадь на 1 января, га

| Годы | Зоны | | | | | | По краю |
|------|----------|-------------|----------|-----------------|-----------------|--------------|---------|
| | северная | центральная | западная | южно-предгорная | анапо-таманская | черноморская | |
| 1991 | 19,6 | 5,8 | 4,0 | 12,1 | 6,5 | – | 12,4 |
| 1992 | 23,6 | 19,5 | 8,7 | 11,0 | 3,5 | 2,4 | 15,0 |
| 1993 | 33,3 | 15,0 | 9,3 | 12,0 | 4,1 | 5,2 | 16,2 |
| 1994 | 29,6 | 14,0 | 10,6 | 11,6 | 4,2 | 4,7 | 15,2 |
| 1997 | 24,8 | 14,2 | 13,2 | 15,0 | 4,3 | 2,6 | 16,2 |
| 1998 | 29,1 | 15,6 | 15,2 | 17,6 | 4,4 | 2,7 | 18,9 |
| 1999 | 32,1 | 16,4 | 17,1 | 19,5 | 4,7 | 2,7 | 20,3 |
| 2000 | 34,8 | 20,4 | 18,2 | 22,3 | 5,0 | 2,7 | 23,6 |

Таблица 3 – Влияние размеров аграрных предприятий на эффективность сельскохозяйственного производства, центральная зона Краснодарского края, 1999 г.

| Группы хозяйств по валовому доходу, тыс. руб. | Количество хозяйств, единиц | Валовой доход на хозяйство, тыс. руб. | Прибыль от реализации продукции на: | | | Рентабельность, % |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| | | | 1 га сельхозугодий, руб. | 1 работника, руб. | 1000 руб. основных фондов, руб. | |
| до 5000 | 50 | 2118 | 273 | 2855 | 10,19 | 6,9 |
| 5001-10000 | 49 | 7483 | 900 | 11787 | 57,91 | 30,5 |
| 10001-15000 | 32 | 12179 | 1586 | 21473 | 113,79 | 52,5 |
| свыше 15000 | 70 | 30146 | 2152 | 26303 | 162,72 | 64,0 |
| Итого и в среднем | 201 | 14789 | 1651 | 20393 | 109,47 | 50,1 |

3 Результаты оптимизации параметров предприятий различного производственного направления

Таблица 4 – Оптимальные параметры специализированных молочных хозяйств для условий центральной зоны Краснодарского края при продуктивности коров 6000 кг молока

| Параметры и показатели | Хозяйства с числом постоянных работников, человек | | | | | | |
|---|---|-------|-------|---------|-------|---------|--------|
| | 3 | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 | 300 |
| | мелкие | | | средние | | крупные | |
| Размер предприятия | | | | | | | |
| Валовой доход, тыс. руб. | 1256 | 2125 | 4297 | 12220 | 20776 | 42127 | 126067 |
| Площадь сельхозугодий, га | 31 | 52 | 106 | 302 | 515 | 1045 | 3938 |
| Паровая коров, голов | 33 | 55 | 111 | 314 | 534 | 1085 | 3179 |
| Уровень специализации предприятия | | | | | | | |
| Удельный вес молока в товарной продукции, % | 90,8 | 90,8 | 90,8 | 90,8 | 90,8 | 90,8 | 90,8 |
| Уровень концентрации производства | | | | | | | |
| Стоимость продукции скотоводства, тыс. руб. | 1520 | 2574 | 5206 | 14837 | 25248 | 51275 | 153825 |
| Коммерческий потенциал | | | | | | | |
| Стоимость товарной продукции, тыс. руб. | 1480 | 2504 | 5065 | 14436 | 24566 | 49891 | 149673 |
| Уровень интенсивности производства | | | | | | | |
| Производственные затраты на 1 корову, тыс. руб. | 15,9 | 16,3 | 16,5 | 16,3 | 16,1 | 16,0 | 16,1 |
| Результаты производства | | | | | | | |
| Произведено: молока, т | 188 | 319 | 645 | 1840 | 3130 | 6357 | 19071 |
| телат, голов | 28 | 48 | 97 | 276 | 470 | 954 | 2861 |
| явюла, т | 283 | 479 | 968 | 2759 | 4693 | 9536 | 28607 |
| Уровень эффективности производства | | | | | | | |
| Уровень рентабельности, % | 195,6 | 199,2 | 201,8 | 188 | 192 | 195 | 193 |

Таблица 5 – Внутрихозяйственные грузоперевозки и затраты на управление в специализированных молочных хозяйствах оптимальных параметров для условий центральной зоны Краснодарского края, продуктивность коров 6000 кг молока

| Предпри-ятия | Хозяйства с числом постоянных работников, человек | Объем грузоперевозок, т-км в расчете на | | Расходы на грузоперевозки | | Количество служебной управленч. на. | Затраты на управление | |
|--------------|---|---|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| | | 1 корову | 1 га с-х угодий | всего, тыс. руб. | в % к производственным или затратам | | тыс. руб. | в % к производственным затратам |
| Мелкие | 3 | 7,1 | 5,7 | 1,1 | 0,2 | 1 | 11,9 | 2,4 |
| | 5 | 9,2 | 7,4 | 2,4 | 0,3 | 1 | 11,9 | 1,4 |
| | 10 | 13,1 | 10,6 | 7,0 | 0,4 | 1 | 11,9 | 0,7 |
| Средние | 30 | 20,8 | 16,8 | 31,0 | 0,6 | 2 | 194,8 | 3,9 |
| | 50 | 27,1 | 21,9 | 70,8 | 0,8 | 2 | 238,6 | 2,6 |
| | 100 | 38,7 | 31,2 | 205,0 | 1,2 | 2 | 278,3 | 1,0 |
| Крупные | 300 | 66,6 | 53,8 | 1058,5 | 2,1 | 3 | 834,9 | 1,6 |
| | 500 | 86,3 | 69,6 | 2289,1 | 2,7 | 3 | 1073,4 | 1,2 |

Таблица 6 – Сравнительная характеристика специализированных молочных хозяйств и хозяйств с полным циклом воспроизводства стада

| Показатель | Специализированные хозяйства с числом постоянных работников, чел. | | | Хозяйства с полным циклом воспроизводства стада с числом работников, чел. | | |
|--------------------------------------|---|-------|--------|---|-------|--------|
| | 5 | 50 | 500 | 5 | 50 | 500 |
| Валовой доход, тыс. руб. | 2125 | 20776 | 210940 | 1891 | 18393 | 187635 |
| Площадь сельхозугодий, га | 66 | 646 | 6603 | 86 | 843 | 8723 |
| Поголовье животных, усл. гол. | 53 | 522 | 5330 | 76 | 745 | 7707 |
| Производственные затраты, тыс. руб. | 837 | 8408 | 85741 | 878 | 8809 | 90599 |
| Выручено от реализации, тыс. руб. | 2504 | 24566 | 250971 | 2306 | 22526 | 233118 |
| Прибыль, тыс. руб. | 1667 | 16158 | 165230 | 1428 | 13717 | 141607 |
| Прибыль на: 1 чел.-ч, руб. | 140 | 135 | 138 | 120 | 115 | 119 |
| 1 га сельхозугодий, руб. | 25304 | 24999 | 25023 | 16550 | 16273 | 16233 |
| 1 руб. производственных затрат, руб. | 1,99 | 1,92 | 1,93 | 1,63 | 1,56 | 1,56 |

Таблица 7 – Оптимальные параметры полеводческих фермерских хозяйств для условий центральной зоны Краснодарского края

| Параметры и показатели | Хозяйства с числом постоянных работников, человек | | | | |
|--|---|-----------|-------|-------|-------|
| | 1 вариант | 2 вариант | 3 | 5 | 10 |
| Размер предприятия | | | | | |
| Валовой доход, тыс. руб. | 1157 | 1593 | 2434 | 4114 | 8321 |
| Площадь пашни, га | 112 | 156 | 239 | 402 | 818 |
| Уровень специализации предприятия | | | | | |
| Удельный вес зерна в стоимости товарной продукции, % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Уровень концентрации производства | | | | | |
| Стоимость валовой продукции хозяйства, тыс. руб. | 1544 | 2129 | 3257 | 5511 | 11148 |
| Уровень интенсивности производства | | | | | |
| Производственные затраты на 1 га пашни, руб. | 4642 | 4623 | 4590 | 4587 | 4588 |
| Основные производственные фонды и текущие производственные затраты (без амортизации) в расчете на 1 га пашни, руб. | 3011 | 7992 | 7968 | 7956 | 7937 |
| Результаты производства | | | | | |
| Произведено зерна, - всего, т | 453 | 825 | 956 | 1618 | 3273 |
| в т.ч.: смеси пшеницы | 255 | 352 | 538 | 910 | 1841 |
| кукурузы | 142 | 195 | 299 | 506 | 1023 |
| гороха | 56 | 78 | 119 | 202 | 409 |
| Уровень эффективности производства | | | | | |
| Уровень рентабельности, % | 193,5 | 194,7 | 196,3 | 197,1 | 198,3 |

Таблица 8 – Оптимальные параметры аграрных предприятий, сочетающих товарное скотоводство и полеводство для условий центральной зоны края

| Параметры предприятий и показатели | Хозяйства с числом постоянных работников, человек | | | | | |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 4 | | 50 | | 500 | |
| | 1 вариант | 2 вариант | 1 вариант | 2 вариант | 1 вариант | 2 вариант |
| Размер предприятия | | | | | | |
| Валовой доход, тыс. руб. | 2175 | 2098 | 21159 | 20418 | 21862 | 208178 |
| Площадь сельскохозяйственных угодий, га | 86 | 82 | 844 | 804 | 874 | 924 |
| Половина скота, условные головы | 63 | 67 | 616 | 660 | 633 | 682 |
| Стоимость товарной продукции, тыс. руб. | 2592 | 2517 | 25318 | 24588 | 262024 | 254458 |
| Уровень специализации предприятия | | | | | | |
| Удельный вес в стоимости товарной продукции, % | | | | | | |
| продукции растениеводства | 26,6 | 19,0 | 26,6 | 19,0 | 26,6 | 19,0 |
| в т.ч. зерна | 1,1 | 11,9 | 1,1 | 11,9 | 1,1 | 11,9 |
| технически уступку | 25,5 | 7,1 | 25,5 | 7,1 | 25,5 | 7,1 |
| продукции животноводства | 73,4 | 81,0 | 73,4 | 81,0 | 73,4 | 81,0 |
| в т.ч. молока | 57,4 | 63,3 | 57,4 | 63,3 | 57,4 | 63,3 |
| живой массы скота | 14,6 | 16,1 | 14,6 | 16,1 | 14,6 | 16,1 |
| нетелой | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| Уровень концентрации производства | | | | | | |
| Стоимость валовой продукции, тыс. руб.: | | | | | | |
| скотоводства | 2087 | 2253 | 20259 | 21693 | 209734 | 224627 |
| полеводства | 505 | 1413 | 15253 | 13808 | 17852 | 142897 |
| Уровень интенсивности производства | | | | | | |
| Производственные затраты на 1 га сельскохозяйственной земли | 10179 | 9528 | 10470 | 9797 | 10552 | 9868 |
| Результаты производства | | | | | | |
| Стоимость валовой продукции, тыс. руб. | 3647 | 3646 | 35512 | 35501 | 367586 | 367524 |
| Уровень эффективности производства | | | | | | |
| Уровень рентабельности, % | 194,7 | 185,5 | 186,3 | 177,7 | 184,2 | 175,7 |

Таблица 9 – Оптимизация расширенного воспроизводства фермерского хозяйства «Белый лебедь» Кореновского района при норме накопления 25% (данные Е.А. Метельской)

| Показатели | Значения производственных параметров по годам до достижения оптимального варианта расширенного воспроизводства | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|---------|
| | 1-й год | 2-й год | 3-й год | 4-й год | 5-й год |
| Численность постоянных работников, занятых в производстве, человек | 1,88 | 2,50 | 3,31 | 4,40 | 5,00 |
| Отработано чел.-часов: всего | 4524 | 5999 | 7955 | 10549 | 12000 |
| в т.ч. наемными работниками | 1131 | 1500 | 1989 | 2637 | 3000 |
| Площадь пашни, га | 249,57 | 320,96 | 438,89 | 582,01 | 662,07 |
| Посевная площадь, га | | | | | |
| сидеральных культур | 74,87 | 99,29 | 131,67 | 174,60 | 198,62 |
| озимой пшеницы | 24,96 | 33,10 | 43,89 | 58,20 | 66,21 |
| яровой пшеницы | 62,39 | 82,74 | 79,72 | 145,50 | 165,32 |
| подсолнечника | 49,91 | 66,19 | 87,78 | 116,4 | 132,41 |
| соя | 37,44 | 49,64 | 65,83 | 87,30 | 99,31 |
| Производство зерна, т | 1045 | 1387 | 1839 | 2439 | 2774 |
| Производство семян подсолнечника, т | 125 | 165 | 219 | 219 | 331 |
| Стоимость валовой продукции, тыс. руб. | 4440 | 5888 | 7809 | 10355 | 11780 |
| Производственные затраты и платежи, тыс. руб. | 1927 | 2555 | 3388 | 4494 | 5112 |
| Прибыль, тыс. руб. | 2513 | 3333 | 4420 | 5862 | 6668 |
| в т.ч. направленная на накопление: | | | | | |
| возможная величина, тыс. руб. | 628 | 833 | 1105 | 1466 | - |
| фактическая величина, тыс. руб. | 628 | 833 | 1105 | 618 | - |

Таблица 10 – Валовая продукция моделируемых аграрных предприятий, сочетающих производство и переработку молока (данные Благовского И.М.)

| Наименование продукции | Хозяйства с числом постоянных работников | | | | | |
|--|--|------------------------------------|-----------|------------------------|------------------------------------|-----------|
| | 300 человек | | | 500 человек | | |
| | без переработки молока | с промышленной переработкой молока | | без переработки молока | с промышленной переработкой молока | |
| | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант |
| Продукция растениеводства: | | | | | | |
| зерно озимой пшеницы, т | 2097 | 2007 | 1994 | 3528 | 3436 | 3327 |
| корнеплоды сахарной свеклы, т | 31413 | 30044 | 29859 | 52799 | 51430 | 50246 |
| маслосемена подсолнечника, т | 586 | 564 | 559 | 989 | 964 | 941 |
| корма и корм. ед. | 59953 | 56824 | 56967 | 100745 | 98156 | 95859 |
| Продукция животноводства: | | | | | | |
| молоко, т | 12879 | 12318 | 12238 | 21642 | 21087 | 20593 |
| живая масса скота, т | 859 | 821 | 816 | 1443 | 1406 | 1373 |
| племенные телки, гол. | 483 | 462 | 459 | 812 | 790 | 772 |
| навоз, т | 34976 | 33453 | 33234 | 58773 | 57264 | 55924 |
| Продукция переработки молока: | | | | | | |
| молоко фасованное в пакетах, т | | | | | | |
| | – | 210 | 210 | – | 210 | 210 |
| сир, т | – | 360 | 388 | – | 360 | 663 |
| масло, т | – | 144 | 186 | – | 144 | 318 |
| побочная продукция (сыворожка, пахта), т | – | 3789 | 4086 | – | 3789 | 6982 |

Таблица 11 – Размеры производственных ресурсов моделируемых хозяйств по оптимальным решениям (данные Благовского И.М.)

| Показатели | Хозяйства с числом постоянных работников | | | | | |
|--|--|------------------------------------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------|
| | 300 чел. | | | 500 чел. | | |
| | без промышленной переработки молока | с промышленной переработкой молока | | без промышленной переработки молока | с промышленной переработкой молока | |
| | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант |
| Численность работников, чел. | 405 | 405 | 405 | 675 | 675 | 675 |
| Запас труда, тыс. чел. – ч | 716,1 | 716,1 | 716,1 | 1193,5 | 1193,5 | 1193,5 |
| Площадь сельскохозяйственных угодий, всего, га | 5089 | 4868 | 4836 | 8553 | 8339 | 8138 |
| в том числе: | | | | | | |
| нашии | 4663 | 4460 | 4431 | 7836 | 7635 | 7456 |
| естественных пастбищ | 426 | 408 | 405 | 716 | 698 | 682 |
| Поголовье крупного рогатого скота, усл. гол. | 3670 | 3511 | 3488 | 6168 | 6009 | 5869 |
| Поголовье овец, гол. | 2146 | 2053 | 2040 | 3607 | 3514 | 3432 |
| Стоимость основных производственных фондов сельскохозяйственного назначения, млн. руб. | 150,4 | 143,9 | 143,0 | 2352,8 | 246,3 | 240,6 |
| Производственные затраты, тыс. руб. | 51529 | 52906 | 53082 | 86042 | 87413 | 88487 |

Таблица 12 – Размеры производственных ресурсов моделируемого аграрного предприятия, сочетающего производство и переработку с.-х. продукции, по оптимальному решению при численности работников 500 чел. (по Франциско О.Ю.)

| Показатель | Сценарии развития предприятия | | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|--|
| | без переработки | переработка маслосемян подсолнечника | переработка озимой пшеницы | переработка молока | переработка маслосемян подсолнечника с возможностью их покупки |
| | 1 сценарий | 2 сценарий | 3 сценарий | 4 сценарий | 5 сценарий |
| Площадь сельскохозяйственных угодий, всего, га | 9291 | 9103 | 7993 | 9048 | 8017 |
| в том числе: | | | | | |
| нашии | 8513 | 8341 | 7324 | 8290 | 7346 |
| естественных пастбищ | 778 | 762 | 669 | 758 | 671 |
| Поголовье крупного рогатого скота, усл. гол. | | | | | |
| | 7911 | 7750 | 6805 | 7703 | 6826 |
| Поголовье коров, гол. | | | | | |
| | 3919 | 3839 | 3371 | 3816 | 3381 |
| Стоимость основных производственных фондов, млн. руб. | | | | | |
| | 350 | 342 | 298 | 340 | 302 |
| Производственные затраты, тыс. руб. | | | | | |
| | 126843 | 127212 | 125713 | 148614 | 230903 |

Таблица 13 – Эффективность производства при различных сценариях развития моделируемого предприятия по оптимальному решению при численности постоянных работников 500 чел. (данные Франциско О.Ю.)

| Показатель | Сценарии развития предприятия | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|--|
| | без переработки | переработка маслосемян подсолнечника | переработка озимой пшеницы | переработка мопова | переработка маслосемян подсолнечника с возможностью их покупки |
| | 1 сценарий | 2 сценарий | 3 сценарий | 4 сценарий | 5 сценарий |
| Выручка от реализации, млн. руб. | 332,8 | 335,8 | 346,8 | 361,6 | 444,9 |
| Выручка от реализации в расчете на: | | | | | |
| 1 га сельхозугодий, тыс. руб. | 35,8 | 36,9 | 43,4 | 40,0 | 55,5 |
| 1 работника, тыс. руб. | 498,9 | 303,4 | 320,0 | 542,1 | 667,0 |
| 1 руб. затрат, руб. | 2,6 | 2,6 | 2,8 | 2,4 | 1,9 |
| Прибыль, млн. руб. | 205,9 | 208,6 | 221,1 | 212,9 | 214,0 |
| Прибыль в расчете на: | | | | | |
| 1 га сельхозугодий, тыс. руб. | 22,2 | 22,9 | 27,7 | 23,5 | 26,7 |
| 1 работника, тыс. руб. | 308,7 | 312,7 | 331,5 | 319,3 | 320,8 |
| 1 руб. затрат, руб. | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,4 | 0,9 |
| Рентабельность, % | 162,0 | 164,0 | 176,0 | 143,0 | 93,0 |

Факторы интеграции способствуют созданию многоотраслевых хозяйств. К ним относятся:

- Стремление к равномерному распределению работ в течение года и равномерной загрузке рабочей силы.
- Стремление сохранить плодородие почвы.
- Стремление уменьшить риск от неудач с одним или малым числом видов продукции.
- Стремление использовать в хозяйстве побочные продукты, которые нельзя продать.
- Стремление к самообеспечению семенами, посадочным материалом, кормами, молодняком животных, органическими удобрениями.

Факторы дифференциации способствуют более узкой специализации хозяйств. К ним относятся:

- Благоприятные природные условия производства (почва, климат, рельеф местности).

- Высокий уровень развития науки и техники.
- Благоприятные экономические условия и рыночная конъюнктура.
- Высокий уровень развития кооперирования товаропроизводителей.
- Наличие хорошо развитых путей сообщения и невысокий уровень транспортных расходов.
- Близость перерабатывающих предприятий.

Литература

1. Барановская Т. П. Модели производственной структуры агропредприятия и их согласование / Т. П. Барановская, С. А. Курносов, И. В. Арушанов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – № 23. – С. 35–52.
2. Барановская Т. П. Математические модели оптимизации объемов материальных потоков в интегрированных зерноперерабатывающих производственных системах / Т. П. Барановская, В. И. Лойко, О. А. Макаревич, С. Н. Богославский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 100. С. 1153-1173.
3. Богачев А.И. Новые подходы к решению задачи оптимального размещения предприятий регионального АПК / А.И. Богачев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №07(031). С. 24 – 34. – Шифр Информрегистра: 0420700012\0128, IDA [article ID]: 0310707002. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/07/pdf/02.pdf>, 0,688 у.п.л.
4. Бурда А. Г. Тренд-сезонные модели управления запасами хлебопекарных производств / А. Г. Бурда, Д. В. Чулков // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2009. – № 18. – С. 28–32.
5. Бурда А. Г. Исследование операций: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, Е. В. Яроцкая. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – 59 с.
6. Бурда А. Г. Компьютерное экспериментирование процессов расширенного воспроизводства в фермерских хозяйствах Кубани / А. Г. Бурда // Региональное развитие: опыт и перспективы: сб. материалов междунар. науч. е-симпозиума. – Киров, 2013. – С. 86–99.
7. Бурда А. Г. Компьютерные технологии в экспериментировании процессов расширенного воспроизводства в фермерских хозяйствах Кубани / А. Г. Бурда, Е. А. Метельская // Социально-экономические проблемы развития Южного макрорегиона: сб. научн. трудов. – Краснодар, 2013. – С. 26–36.
8. Бурда А. Г. Кооперативные связи сельскохозяйственных и перерабатывающих отраслей предприятий: параметризация, моделирование и оптимизация / А. Г. Бурда, О. Ю. Франциско, Л. А. Исаева // сб. Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйствен-

ной и пищевой продукции ГНУ "Всерос. науч.-исслед. институт табака, махорки и табачных изделий РАСХН". – 2013. – С. 193–196.

9. Бурда А. Г. Математическая экономика: учеб. пособие для вузов / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, А. А. Гусельникова – Краснодар : КГАУ, 2003 г., 2010 г. – 510 с.

10. Бурда А. Г. Математические модели наращивания по простым процентам и их реализация в компьютерном тренажере финансовых вычислений / А. Г. Бурда // сб. Образовательный процесс в современной высшей школе: инновационные технологии обучения. – 2014. – С.18-22.

11. Бурда А. Г. Математическое моделирование в управлении плодородными предприятиями: учеб.-метод. пособие / А. Г. Бурда, С. Н. Косников. – Краснодар : КубГАУ, 2012.

12. Бурда А. Г. Математическое моделирование процессов расширенного воспроизводства и вычислительное экспериментирование производственных параметров крестьянских (фермерских) хозяйств при различных нормах накопления / А. Г. Бурда, Е. А. Метельская // Программные системы и вычислительные методы. – 2013. – № 3. – С. 285–294.

13. Бурда А. Г. Методика рейтинговой оценки использования плодородного потенциала и его экономической эффективности в хозяйствах Краснодарского края / А. Г. Бурда, С. Н. Косников // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2009. – № 16. – С. 7–12.

14. Бурда А. Г. Методические подходы к исследованию производственных операций фермерских хозяйств методами экономико-математического моделирования в контексте жизненного цикла семьи и производства / А. Г. Бурда, Е. А. Метельская // сб. Социально-экономический ежегодник - 2014. – Краснодар, 2014. – С. 21–25.

15. Бурда А. Г. Методы принятия управленческих решений в экономических системах АПК: учеб. пособие для вузов / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – 532 с.

16. Бурда А. Г. Моделирование процессов расширенного воспроизводства в АПК : монография / А. Г. Бурда, С. Н. Косников, С. И. Турлий. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 146 с.

17. Бурда А. Г. Моделирование экономики: учеб. пособие для вузов. В 2-х частях. Часть 1. Основы моделирования и оптимизации экономики // А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, А. Г. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2005.

18. Бурда А. Г. Моделирование экономики: учеб. пособие для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Методы моделирования производства и рынка // А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, А. Г. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2005.

19. Бурда А. Г. Мониторинг и методика комплексной сравнительной оценки конкурентоспособности предприятий кондитерской промышленности / А. Г. Бурда // *Промышленность: технологии, управление, экономика: сб. материалов междунар. науч. е-симпозиума.* – Россия, Москва, 26–28 сентября 2013 г. ; под ред. А. Г. Бурды. – Москва, 2013. – С. 15–29.

20. Бурда А. Г. Обоснование выбора свеклосеющих аграрных районов Краснодарского края в качестве объектов моделирования и оптимизации / А. Г. Бурда, В. А. Шеховцов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубан. гос. аграр. ун-та.* – 2004. – № 6. – С. 223–228.

21. Бурда А. Г. Обоснование производственных параметров молочной отрасли сельскохозяйственных предприятий (по материалам Краснодарского края): автореф. дисс. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / А. Г. Бурда; КубГАУ; науч. рук. А. З. Рысьмятов – Краснодар, 1994.

22. Бурда А. Г. Определение рациональных экономических параметров фирмы методами имитационного моделирования / А. Г. Бурда, Т. В. Кудрявцева // *Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубан. гос. аграр. ун-та.* – 2004. – № 6. – С. 214 – 222.

23. Бурда А. Г. Основы финансовых вычислений: учебное пособие для самостоятельной работы / А. Г. Бурда, А. А. Белоусова. – Краснодар: Изд-во ЮИМ, 2015. – 140 с.

24. Бурда А. Г. Параметризация и компьютерное экспериментирование процессов расширенного воспроизводства в фермерских хозяйствах / А. Г. Бурда // *Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубан. гос. аграр. ун-та.* – 2012. – № 84. – С. 619 –637.

25. Бурда А. Г. Параметризация, моделирование и оптимизация эффективного использования производственного потенциала АПК Кубани / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда // *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* – 2015 – № 2.

26. Бурда А. Г. Плодовый потенциал Кубани: экономическая оценка и эффективность использования: монография / А. Г. Бурда, С. Н. Косников. – Краснодар: КГАУ, 2009. – 224 с.

27. Бурда А. Г. Практикум по методам принятия оптимальных управленческих решений в экономических системах АПК: учеб. пособие для вузов / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – 272 с.

28. Бурда А. Г. Практикум по моделированию и оптимизации производственных процессов: учеб. пособие для вузов / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, Ан. Г. Бурда – Краснодар: КГАУ, 2008. – 495 с.

29. Бурда А. Г. Практикум по основам финансовых вычислений: учеб. пособие для вузов / А. Г. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2013.

30. Бурда А. Г. Рейтинговая оценка конкурентоспособности кондитерских предприятий / А. Г. Бурда, В. В. Кочетов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – № 17. – С. 98–117.

31. Бурда А. Г. Рекомендации по оптимизации плодового потенциала сельскохозяйственного предприятия / А. Г. Бурда, С. Н. Косников. – Краснодар : КубГАУ, 2010 – 29 с.

32. Бурда А. Г. Рекомендации по рейтинговой оценке плодового потенциала и эффективности его использования / А. Г. Бурда, С. Н. Косников. – Краснодар : КубГАУ, 2010 – 30 с.

33. Бурда А. Г. Синергический эффект и эмерджентность амортизационных отчислений в аграрных предприятиях / А. Г. Бурда, С. А. Бурда // Глобализация науки: проблемы и перспективы: сб. статей Международной научно-практической конференции (13 октября 2014 г., г. Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – С. 54–56.

34. Бурда А. Г. Социальные параметры аграрного сектора Кубани: развитие и количественная оценка взаимосвязей / А. Г. Бурда, С. А. Бурда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №04(108). – IDA [article ID]: 1081504058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/04/pdf/58.pdf>

35. Бурда А. Г. Управление процессом расширенного воспроизводства в фермерских хозяйствах: результаты компьютерного экспериментирования / А. Г. Бурда, Е. А. Метельская // Дайджест-финансы. – 2013. – № 5. – С. 58-68.

36. Бурда А. Г. Управление процессом расширенного воспроизводства в фермерских хозяйствах: результаты компьютерного экспериментирования / А. Г. Бурда, Е. А. Метельская // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – № 14. – С. 30–40.

37. Бурда А. Г. Финансовая математика на персональном компьютере: разработка и использование тренажера финансовых вычислений по простым процентам / А. Г. Бурда // сб. науч. тр. Социально-экономические проблемы развития Южного макрорегиона. – Краснодар, 2013. – С. 36–48.

38. Бурда А. Г. Финансовые вычисления по простым процентам: тематические модели и компьютерные симуляции / А. Г. Бурда // сб.

Социально-экономический ежегодник - 2014. – Краснодар, 2014. – С. 96–99.

39. Бурда А. Г. Финансовые вычисления по простым процентам: математические модели и компьютерные симуляции / А. Г. Бурда // в сб.: Социально-экономический ежегодник – Краснодар, 2014. – С. 96–99.

40. Бурда А. Г. Эконометрическая модель рейтинговой оценки конкурентоспособности предприятий кондитерской промышленности / А. Г. Бурда // Социально-экономические проблемы развития Южного макрорегиона: сб. науч. трудов – Краснодар, 2013. – С. 48–59.

41. Бурда А. Г. Экономико-математическое моделирование и исследование воспроизводственных операций фермерских хозяйств в контексте жизненного цикла семьи и производства / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда // Экономика, социология и право. – 2014. – № 1. – С. 26–29.

42. Бурда А. Г. Экономико-математическое моделирование и исследование воспроизводственных операций фермерских хозяйств в контексте жизненного цикла семьи и производства / А. Г. Бурда // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – Омск, 2014. – № 2 (10). – С. 10 – 13.

43. Бурда А. Г. Экономические проблемы параметризации аграрных предприятий ; под ред. академика РАСХН, профессора И. Т. Трубилина – Краснодар, 2001. – 508 с.

44. Бурда А. Г. Экономические проблемы параметризации аграрных предприятий и повышения эффективности использования их потенциала (по материалам Краснодарского края): дисс. ... докт. экон. наук : 08.00.05 / А. Г. Бурда; КубГАУ; науч. конс. И. Т. Трубилин. – Краснодар, 2001.

45. Бурда А. Г. Эффект эмерджентности амортизационных отчислений как источник финансирования расширенного воспроизводства основных фондов в АПК / А. Г. Бурда, С. А. Бурда // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы Всерос. науч.- практ. конф. молодых ученых (26–28 ноября 2013 г. и 2–4 декабря 2014 г.).– Краснодар: КубГАУ, 2014. – 768 с. – С. 366-367.

46. Бурда Г. П. Методические разработки для самостоятельной работы студентов по моделированию и оптимизации экономических процессов и систем / Г. П. Бурда, А. Г. Бурда – Краснодар : КГАУ, 2008 г. – 185 с.

47. Бурда Г. П. Практикум по методам оптимальных решений: учеб. пособие для вузов / Г. П. Бурда, А. Г. Бурда – Краснодар : КубГАУ, 2012. – 233 с.

48. Бурда Г. П. Экономико-математические методы и модели : учеб. пособие для вузов. Издание 2-е. Краснодар, КГАУ, 2003. – 638 с.
49. Бурда Г. П. экономико-математические методы и модели: учеб. пособие для вузов / Г. П. Бурда. – Краснодар : КГАУ, 2000. – 638 с.
50. Бурда Г.П. Методы оптимальных решений и теория игр: пособие для вузов // Г. П. Бурда, А. Г. Бурда – Краснодар : КубГАУ, 2011. – 491с.
51. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под ред. П. В. Трусова. - М.: Логос, 2005. - 440 с.
52. Власов, М.П. Моделирование экономических процессов: учеб. пособие / М.П. Власов, П.Д. Шимко – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 410 с.
53. Журнал «Математическое моделирование» (основан в 1989 г.).
54. Зайцев М.Г., Варюхин С.Е. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы: учебное пособие. – М.: Издательство Дело АНХ, 2008
55. Замотайлова Д. А. Оптимизация перевозок с использованием автоматизированной информационной системы визуального решения транспортных задач / Д. А. Замотайлова, А. Г. Бурда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2010. – № 60. – С. 183–190.
56. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 496 с. 2-е изд. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XXI).
57. Затонская И. В. Игровые модели в экономике : методические разработки для лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы / Затонская И. В., Франциско О. Ю., Бурда А. Г. – Краснодар : КубГАУ, 2009 – 28 с.
58. Зелинская М. В. Проблемы функционирования виртуальных организаций социально-экономических региональных систем России / М. В. Зелинская, Е. Н. Ткачева. – Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. – 2009. – № 3. – С. 229-231.
59. Информационные технологии и модельные тренажеры в обучении методам оптимальных решений в агроэкономических системах: монография / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, С. Н. Косников, В. В. Осенний, С. В. Пермякова, О. Ю. Франциско ; под ред. А. Г. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – 133 с.
60. Ковалева К. А. Фазовый анализ как инструмент предпрогнозного анализа деятельности многофункционального центра / К. А. Ковалева, Е. В. Попова, С. А. Молошнев // Политематический сетевой электрон-

ный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 107. С. 473-483.

61. Косников С. Н. Основы математического моделирования социально-экономических процессов: учеб. пособие / С.Н. Косников ; под ред. д-ра экон. наук, проф. А. Г. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – 90 с.

62. Косников С. Н. Теория принятия решений: учеб. пособие, задачник / С. Н. Косников; под ред. д-ра экон. наук, проф. А. Г. Бурда. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – 54 с.

63. Косников С. Н. Экономическая оценка формирования и использования плодового потенциала: автореф. дисс. ... канд. экон. наук / С. Н. Косников; КубГАУ. – Краснодар, 2009.

64. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математические методы и модели для магистрантов экономики: Питер, 2010 – 496 с.

65. Кумратова А. М. Экономико-математическое моделирование риска в задачах управления ресурсами здравоохранения /А. М. Кумратова, Е. В. Попова, А. З. Биджиев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет. – 2014.

66. Липчиу Н.В. Методология научного исследования: учебное пособие / Н.В. Липчиу, К.И. Липчиу. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 290 с.

67. Лопатников Л. И. Популярный экономико-математический словарь / Л. И. Лопатников. – 3-е изд., доп. – М. : Знание, 1990.

68. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки / Л. И. Лопатников. – Изд. 4-е. – М. : Изд-во «АВФ», 1996. – 704 с.

69. Лосев А.Ф. Творческий путь Владимира Соловьева // Вл.Соловьев. Сочинения. М., 1988. Т. 1. С. 5.

70. Магницкий Н.А., Сидоров С.В. Новые методы хаотической динамики. - М. Физматлит. 2004. - 320 с.

71. Математические методы и модели исследования операций / под ред. Колемаева. - Изд-тво: Юнити-Дана, 2007 г. 592 с.

72. Математические модели природы и общества. Монография. Калиткин Н.Н. и др.М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 360 с.

73. Моделирование крестьянских хозяйств ; под ред. академика Россельхозакадемии И. Т. Трубилина – Краснодар: КГАУ, 1995.

74. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей: Изд-во Либроком. – 2009. – 192 с.

75. Плохотников К.Э. Метод и искусство математического моделирования: курс лекций. – М.: Флинта. – 2012. – 519 с.

76. Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике Университет, Высшая школа, 2002 – 288с.

77. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005 г.

78. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш. Шк., 2004 – 616 с.

79. Советов Б. Я., Яковлев С. А., Моделирование систем: Учеб. для вузов — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001.

80. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. —912 с.

81. Трубилин А. И. Параметризация, моделирование и оптимизация конкурентоспособного АПК: монография / А. И. Трубилин, А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, И. М. Благивский, С. Н. Косников, В. В. Кочетов, Е. А. Метельская, С. И. Турлий, О. Ю. Франциско ; под руководством и ред. академика РАСХН, доктора экономических наук, профессора И. Т. Трубилина – Краснодар : КубГАУ, 2012. – 630 с.

82. Трубилин И. Т. Инструментальные средства финансовых вычислений: разработка и обучение применению в экономической работе на предприятиях АПК / И. Т. Трубилин, А. Г. Бурда, О. Ю. Франциско // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 08 (102). – IDA [article ID]: 10214080029. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/29.pdf>.

83. Трубилин И. Т. Моделирование крестьянских хозяйств / И. Т. Трубилин, Г. П. Бурда. – Краснодар: КГАУ, 1999.

84. Трубилин И.Т. Инструментальные средства финансовых вычислений: разработка и обучение применению в экономической работе на предприятиях АПК / И.Т. Трубилин, А.Г. Бурда, О.Ю. Франциско // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №08(102). С. 459 – 484. – IDA [article ID]: 1021408029. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/29.pdf>

85. Турлий С. И. Моделирование в управлении предприятиями по переработке молока: учеб.-метод. пособие – С. И. Турлий – Краснодар, КубГАУ, 2014. – 150 с.

86. Улезько А. В. Имитационное моделирование как инструмент исследования агроэкономических систем / А. В. Улезько, А. П. Курносков, А. А. Тютюников. – Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2012. – № 8. – С. 28–30.

87. Улезько А. В. Моделирование как инструмент принятия управленческих решений / А. В. Улезько, А. В. Котарев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2008. – № 1–2. – С. 73–80.

88. Франциско О. Ю. Выбор режима налогообложения при развитии подсобных перерабатывающих производств аграрных предприятий / О. Ю. Франциско, А. Г. Бурда // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2009. – № 16. – С. 72–77.

89. Франциско О. Ю. Обоснование прогнозных сценариев сочетания производства и переработки сельскохозяйственной продукции в аграрных предприятиях (с использованием методов моделирования и оптимизации) / О. Ю. Франциско // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2007. – № 9. – С. 46–49.

90. Франциско О. Ю. Обоснование экономических параметров и прогнозных сценариев развития подсобных производств аграрных предприятий: автореф. дисс. ... канд. экон. наук / О. Ю. Франциско; КубГАУ. – Краснодар, 2008.

91. Франциско О. Ю. Особенности развития перерабатывающих производств аграрных предприятий / О. Ю. Франциско, А. Г. Бурда // сб. Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции ГНУ "Всероссийский научно-исслед. институт табака, махорки и табачных изделий РАСХН". – 2013. – С. 196 – 197.

92. Чураков, Е.П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике: учеб. пособие / Е.П. Чураков –М. Финансы и статистика, 2004. 240 с.

93. Burda A. G. Study of economic operations of the farms using methods economic and mathematical modeling / A. G. Burda, G. P. Burda // Формування науково-освітньої політики: 1 частина (економічні науки, філологічні науки, педагогічні науки) міжнародна конференція, м. Київ, 31 травня 2014р. Центр наукових публікацій. – 102 стр., с. 16-19 – URL: http://cnp.org.ua/files/Archive/May_2014/Kyiv_may_part_1.pdf

94. Burda A. G. Parameters expanded reproduction in farms at various norms of accumulation: mathematical modeling and computer experimenting / A. G. Burda // International Journal Of Applied And Fundamental Research. – 2013. – № 2 – URL: www.science-sd.com/455-24086

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

ТЕМА 1. РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ В ПЛАНИРОВАНИИ, ПРОГНОЗИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ АПК

1. Содержание и классификация задач планирования, прогнозирования и управления АПК
2. Роль и значение математических методов и моделей в планировании, прогнозировании и управлении АПК
3. Необходимость системного анализа для эффективного управления АПК
4. Общая характеристика методов и моделей прогнозирования экономического и социального развития АПК

ТЕМА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АПК И ЭТАПЫ ИХ ПОСТРОЕНИЯ

1. Общая классификация экономико-математических моделей АПК
2. Этапы моделирования

ТЕМА 3. МОДЕЛИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

1. Межотраслевой баланс в прогнозировании развития экономики. Межотраслевые потоки. Матрица межотраслевых связей В.Леонтьева и основные экономические показатели, рассчитываемые на ее основе
2. Характеристика квадрантов межотраслевого баланса
3. Основное математическое соотношение межотраслевого

баланса и его использование в плановых расчетах

ТЕМА 4. СИСТЕМА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В АПК

1. История разработки
2. Содержание системы экономико-математических моделей оптимального планирования в АПК
3. Последовательность составления

ТЕМА 5. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

1. Экономико-математические модели для расчета оптимального плана размещения предприятий АПК
2. Принципы и особенности размещения

ТЕМА 6. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

1. Сущность параметров и содержание параметризации аграрных предприятий
2. Структурная модель экономико-математической задачи оптимизации параметров аграрного предприятия
3. Результаты оптимизации параметров предприятий различного производственного направления

Учебное издание

БУРДА Алексей Григорьевич
БУРДА Григорий Петрович

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

Учебное пособие (курс лекций)

В авторской редакции

Дизайн и оформление: А.А. Зарученко,
В. В. Осенний

Подписано в печать __.__.2015. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 10,35. Уч.-изд. л. – 8,09.

Тираж ___ экз. Заказ № ___.

Типография Кубанского государственного
аграрного университета,
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13