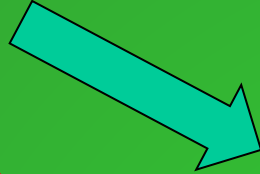
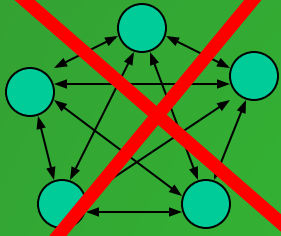


Лекция 1

**СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**

**УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ
КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО УРОВНЮ СЛОЖНОСТИ
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТА КАК СИСТЕМЫ
ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ
УРОВНИ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
РАСТЕНИЙ**

© С.А. Бородий, 2005



**ОПТИМАЛЬНОЕ
РЕШЕНИЕ**



**УПРАВЛЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВОМ**

ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

- **ПЛАНИРОВАНИЕ**
- **МОНИТОРИНГ**
- **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ

- **Декларативные знания**
- **Интегрированные банки данных
(малопараметрические модели)**
- **Базовые модели**

УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ

Декларативные знания



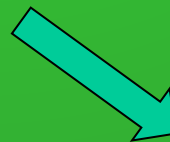
Локальный
агромониторинг

Производственно-
экспертные системы

Прогнозы и
рекомендации

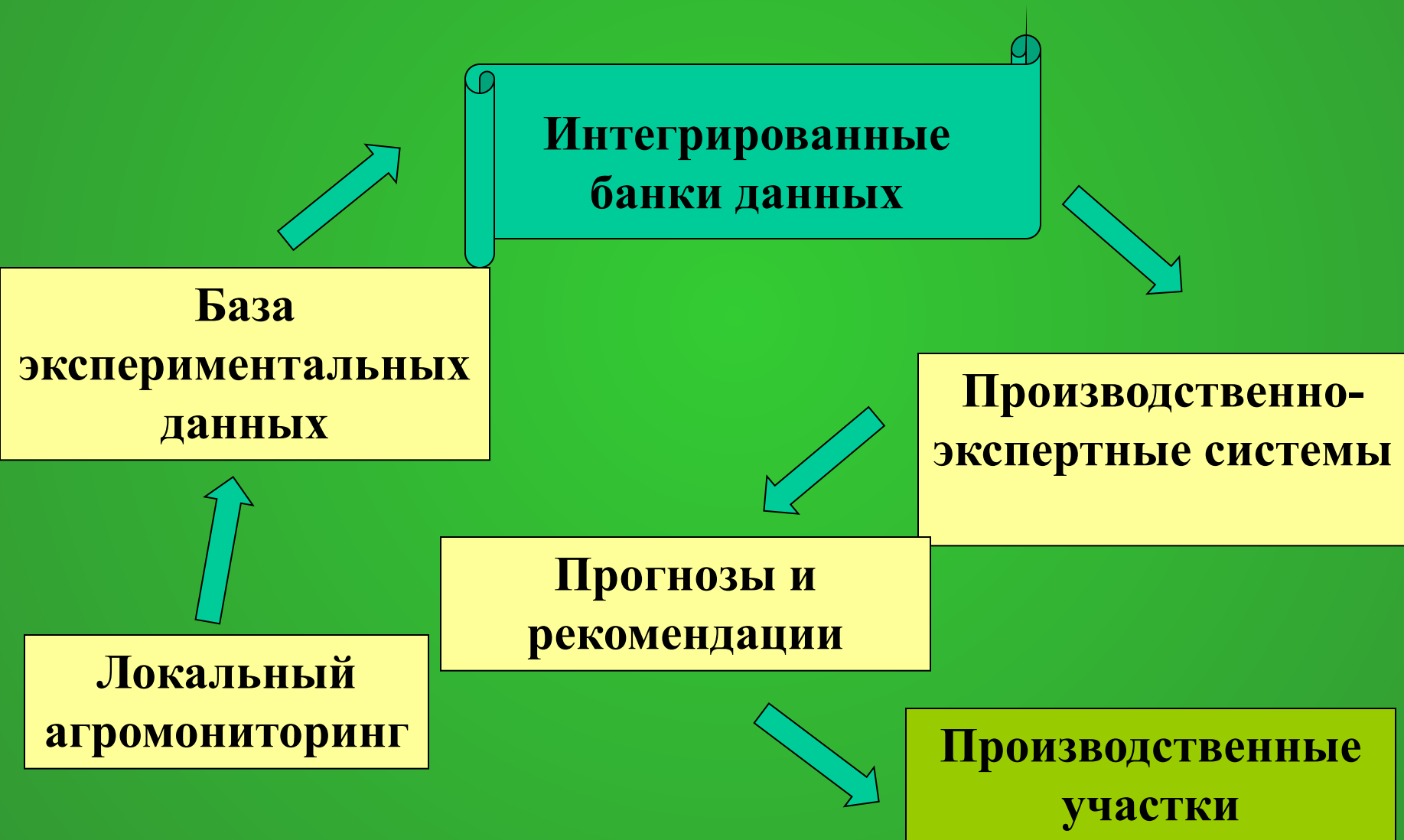
опытные
поля

Производственные
участки



УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ

Интегрированные банки данных



УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМАМИ

Базовые модели





Рис.1. Схема поддержки решений при управлении агроэкосистемами
(по Р.А.Полузктову, 1991)

- **МОДЕЛЬ** – это все, что похоже на данный предмет, выполняет основные его функции, но им не является.

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПО УРОВНЮ СЛОЖНОСТИ

- **Вербальные**
- **Табличная и графическая информация**
- **Регрессионные модели**
- **Базовые модели**

ВЕРБАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

описывают какой-либо процесс словами.

— Расчеты по такой модели не проводятся, так как отсутствуют числовые параметры,

+ но она позволяет сформулировать задачи для дальнейших исследований.

Например: "При внесении избыточных доз азотных удобрений возможно полегание посевов зерновых, усиление вредоносности группы сосущих вредителей, удлинение периода вегетации культуры и накопление нитратов и нитритов в продукции выше ПДК".

ТАБЛИЧНАЯ И ГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Уровень моделирования, *отражающий в таблицах, графиках, диаграммах, номограммах результаты эксперимента.*

- невозможность расчета не изучавшихся значений фактора
- нет гарантии аналогичного результата в других условиях
- + Наглядность

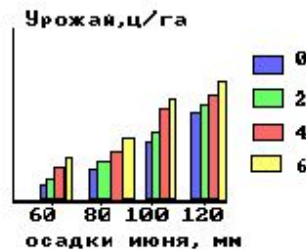
Урожайность соломы льна в зависимости от дозы удобрений и осадков

Доза удобрений ц/га	Осадки, мм			
	60	80	100	120
0	25	30	35	40
2	31	36	41	46
4	37	42	47	52
6	43	48	53	58

А



В



С

Рис.2. Представление информации в виде таблицы (А), линейного графика (В) и столбчатой диаграммы (С) (по Б.А.Доспехову).

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ

Этот тип моделей определяет *количественную или качественную связь изучаемого параметра с влияющими на него факторами.*

$$Y = 10 + 3X + 0,25Z,$$

где Y – урожайность соломы льна, ц/га;
 X – доза удобрений, ц/га;
 Z – сумма осадков июня, мм

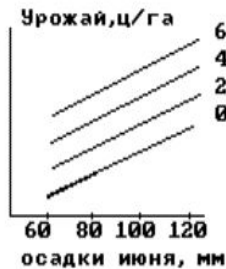
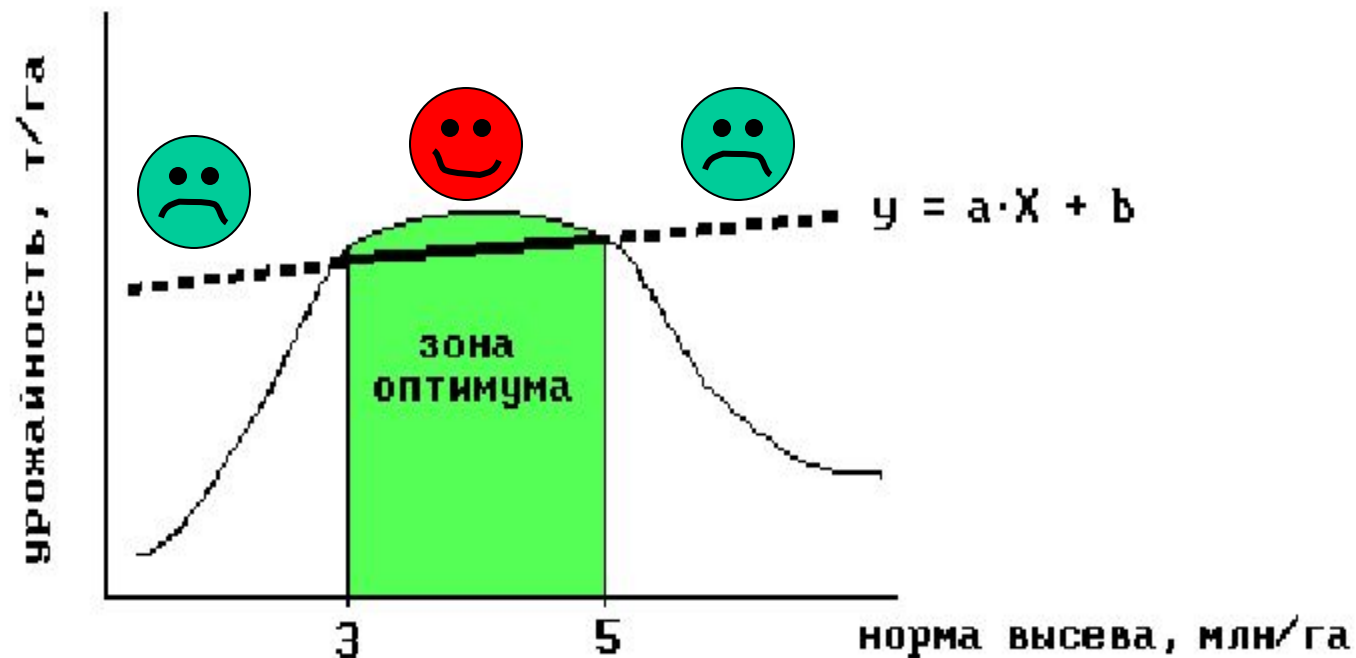


Рис.3. Пример многофакторной регрессионной модели (по Б.А.Доспехову).

- «жесткость» модели при экстраполяции
- + расчет при промежуточных значениях фактора



- — уравнение зависимости урожайности от нормы высева
- - - -** — экстраполяция уравнения

Рис.4. Выход за зону оптимума линейного графика, приводящий к погрешности работы регрессионной модели (Ориг.).

БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ

В основу при их разработке положено *математическое описание теоретических представлений о механизмах происходящих в природе процессов.*

$$C = C_s \cdot P_s + C_w \cdot W$$

где C – теплоемкость почвы, кал/см³·К
 C_s – теплоемкость почвенного скелета, кал/см³·К
(меняется в зависимости от механического состава почвы)
 P_s – плотность почвы, г/см³
(меняется в зависимости от обработки почвы и времени)
 C_w – теплоемкость почвенного раствора, кал/см³·К
(меняется в зависимости от концентрации растворенных солей и во времени)
 W – влажность почвы, доли единицы
(меняется во времени, в зависимости от осадков и развития корневой системы)

Рис.5. Пример расчета блока теплоемкости почвы в базовой динамической модели (по Р.А.Полузэктову).

- сложность разработки
- сложность применения
- + динамические
- + возможность совершенствования
- + возможность вставки новых модулей без нарушения общей структуры

Итак, вербальные модели не позволяют сделать расчет, табличная и графическая информация только констатирует факт, не позволяя делать расчеты и прогнозы, многофакторные регрессионные модели могут делать расчет, но слишком "жестко" привязаны к конкретным условиям, базовые динамические модели, хотя и "гибкие", но сложны в разработке и производственном использовании. Где же выход?

Выход, может, и не идеальный, но вполне приемлемый, был найден А.С.Образцовым (1990) в форме **ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ**, основанных на **СИСТЕМНОМ МЕТОДЕ**.

СИСТЕМА И СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

СИСТЕМА - это любая целостная совокупность элементов, находящихся во взаимодействии, объединенная в единое целое и способная выполнять заданную функцию. Следовательно, любая система характеризуется **составом, структурой** и **функцией**.

Поиск и реализация в компьютерном варианте закона функционирования системы является задачей **СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**.

СОСТАВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

**Коммерческая
служба**

**Экономическая
служба**

Руководитель

**Зооветеринарная
служба**

**Строительная
служба**

**Агрономическая
служба**

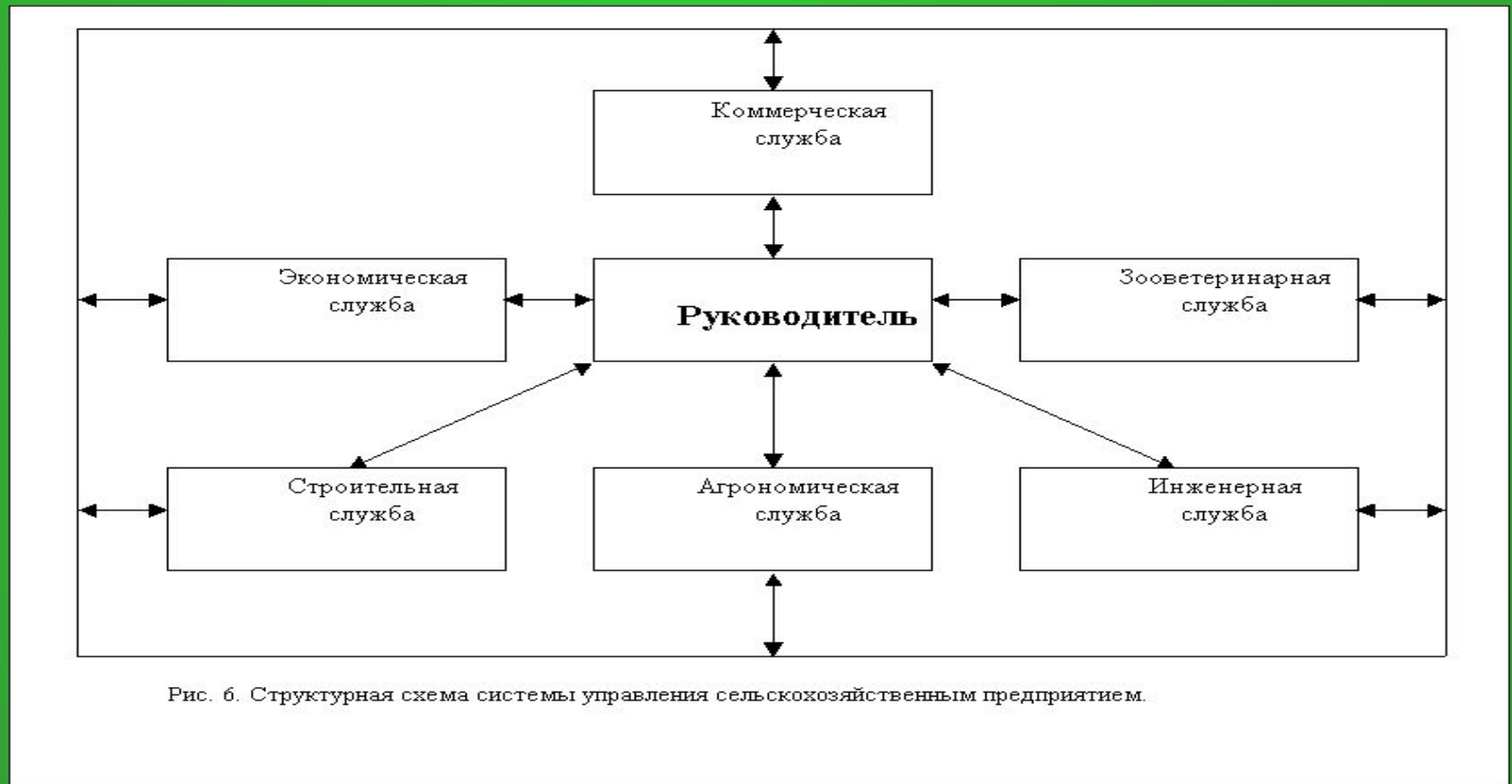
**Инженерная
служба**

СТРУКТУРА

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Все компоненты взаимодействуют с той или иной силой зависимости между собой по принципу **ОБРАТНОЙ СВЯЗИ**, то есть изменение параметров одного из компонентов ведет за собой изменение других и наоборот. Эти связи образуют **СТРУКТУРУ** системы.



СТРУКТУРА АГРОНОМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Агрономическая служба – руководитель. Руководитель хозяйства обеспечивает общую направленность работы службы, например, производство семян рапса для получения масла. Агрономическая служба, в свою очередь, рассчитывает необходимую для этого проектную документацию и представляет ее на рассмотрение руководителя.

Агрономическая служба – экономическая служба. Технологическая документация передается экономической службе для экспертизы на рентабельность, а та возвращает заключение на принятие к исполнению или корректировку.

Агрономическая служба – инженерная служба. Если экономисты считают целесообразным и выгодным производить семена рапса, то агрономическая служба передает сведения о необходимом техническом обеспечении производства инженерной службе, которая, производит закупку или, при отсутствии заявленной машины, дополнительно согласует с агрономами замену ее на аналог.

Агрономическая служба – строительная служба. Первая дает заявку второй на строительство новых или реорганизацию существующих производственных помещений, а строители, в свою очередь выполняют работы или согласуют с агрономами возможные варианты помещений при невозможности полного удовлетворения заявки.

Агрономическая служба – зооветеринарная служба. Агрономическая служба дает зооветеринарной сведения по объемам побочной продукции, которую планируется использовать в животноводстве и получает заключение о возможности использования.

Агрономическая служба – коммерческая служба. Полученные семена рапса, о валовом сборе которых сообщает агрономическая служба, надо реализовать. Этим и занимается коммерческая служба, которая, в свою очередь, заключает контракты на объем заказа перерабатывающих предприятий и сообщает о состоянии на рынке агрономической службе.

ФУНКЦИЯ

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Закон, по которому работает данная система и который в системном моделировании называется
ФУНКЦИЕЙ СИСТЕМЫ.

Этот закон должен описывать всю структуру системы и быть способным прогнозировать, как изменится работа (функционирование) всей системы, если изменится количество или качество компонентов.

**МОДЕЛЬ, ОПИСЫВАЮЩАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ
ПРОИЗВОДСТВО ДОЛЖНА ИСКАТЬ
ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ.**

При логическом анализе системы для последующего моделирования необходимо учитывать системные принципы

- 1. Взаимозависимость системы и внешней среды**
- 2. Целостность**
- 3. Структурность**
- 4. Иерархичность**
- 5. Множественность описания**

Принцип *взаимозависимости системы и среды.*

- Система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой, являясь при этом ведущим, активным компонентом. Если взять наше гипотетическое предприятие, то на него воздействует в первую очередь экономическая обстановка: нет спроса на семена рапса – система функционирует в направлении снижения производства, а это поведет за собой повышение спроса, которое, в свою очередь, вызовет повышение производства и т.д.

Принцип *целостности*.

- **Свойства всей системы нельзя сводить к свойствам суммы отдельных ее элементов. В нашем примере, изучая свойства агрономической службы нельзя судить о свойствах всего хозяйства поскольку при переходе к более высокому уровню возникают новые дополнительные свойства. Или $2+2$ не равно 4 !**

Принцип *структурности*.

- заключается в возможности описания системы через описание отдельных связей и соотношений входящих в нее элементов. Это служит основой так называемого *структурного моделирования*, когда описывается формулами не сразу вся система, как при множественном регрессионном анализе, а берется вначале два компонента и связываются между собой, затем берутся следующие два и так же связываются между собой и т.д. В дальнейшем одна взаимосвязанная пара связывается с другой.

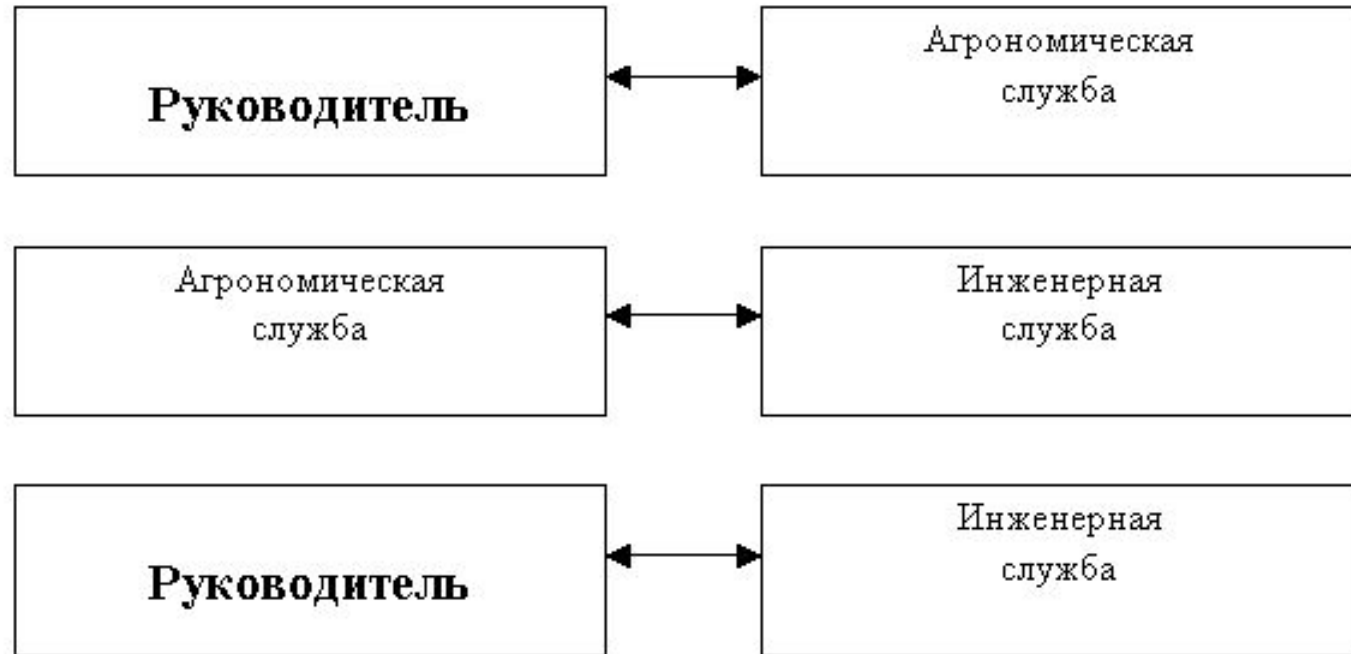


Рис. 8. Схематическая реализация принципа структурного моделирования.

Принцип *иерархичности*.

- **Каждый компонент системы можно представить как систему более низкого уровня. Например, агрономическую службу как компонент системы сельскохозяйственного производства можно представить как систему более низкого уровня организации**

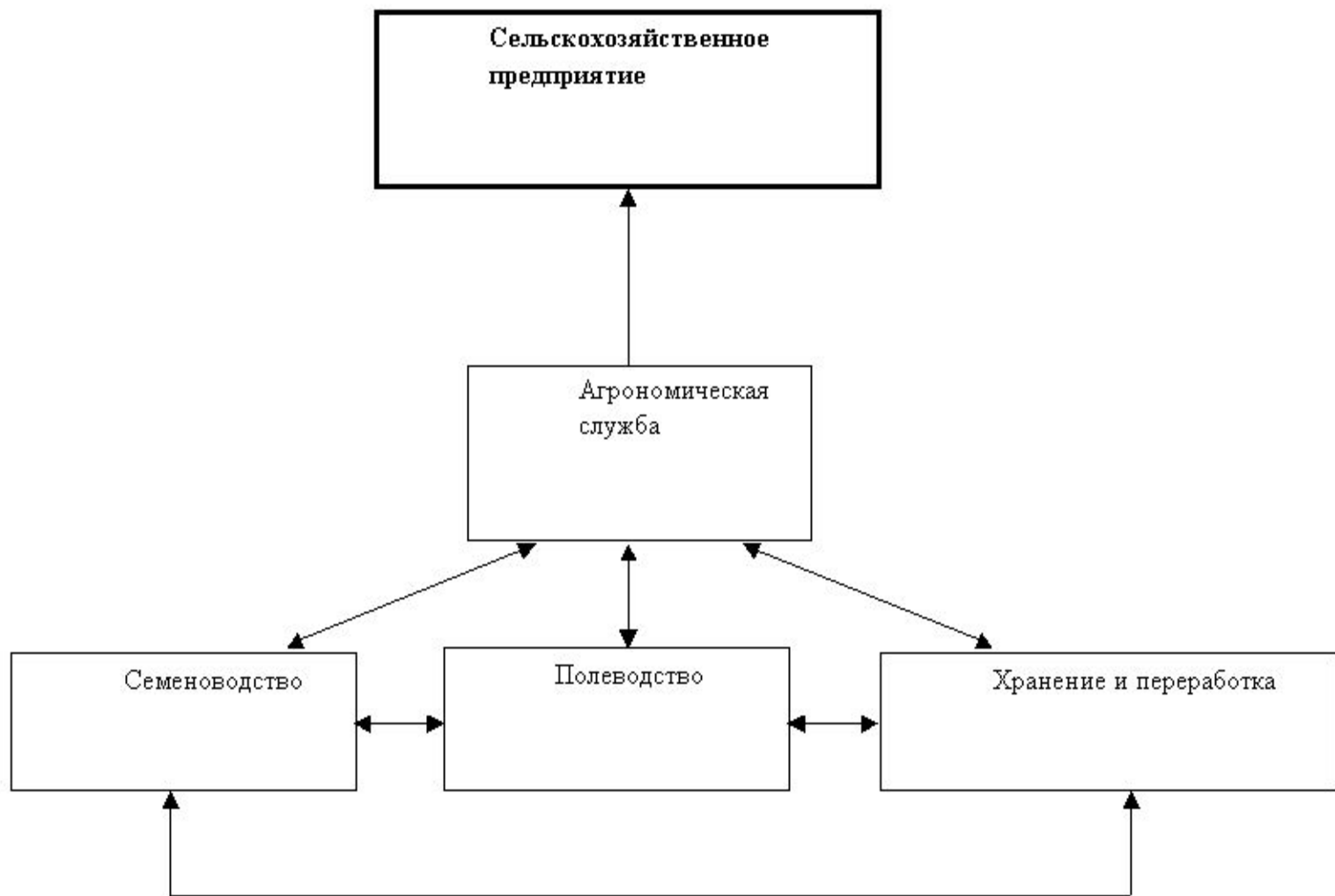


Рис. 9. Схематическая реализация принципа иерархичности.

Принцип *множественности* *описания системы.*

- В связи с принципиальной сложностью системы ее адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает определенный аспект.

Эти принципы являются преимуществами структурного системного моделирования, в основе которого лежит описание вначале отдельных модулей общей модели, а затем связь модулей между собой

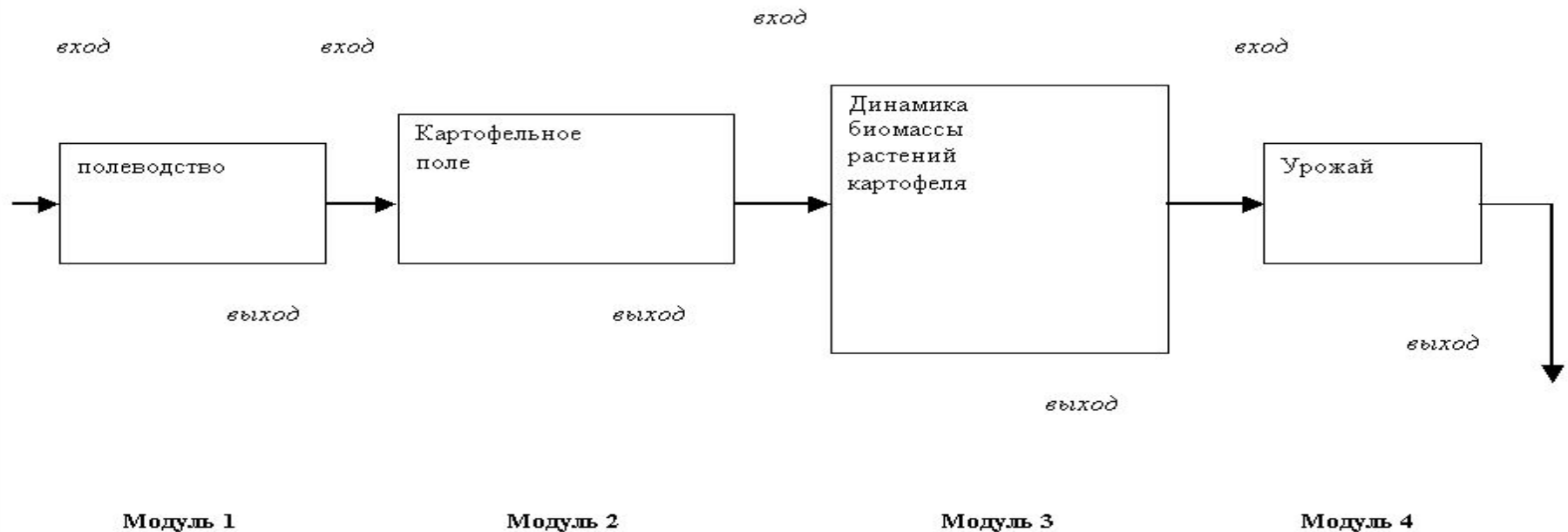


Рис. 10. Схема связи модулей модели продукционного процесса картофеля.

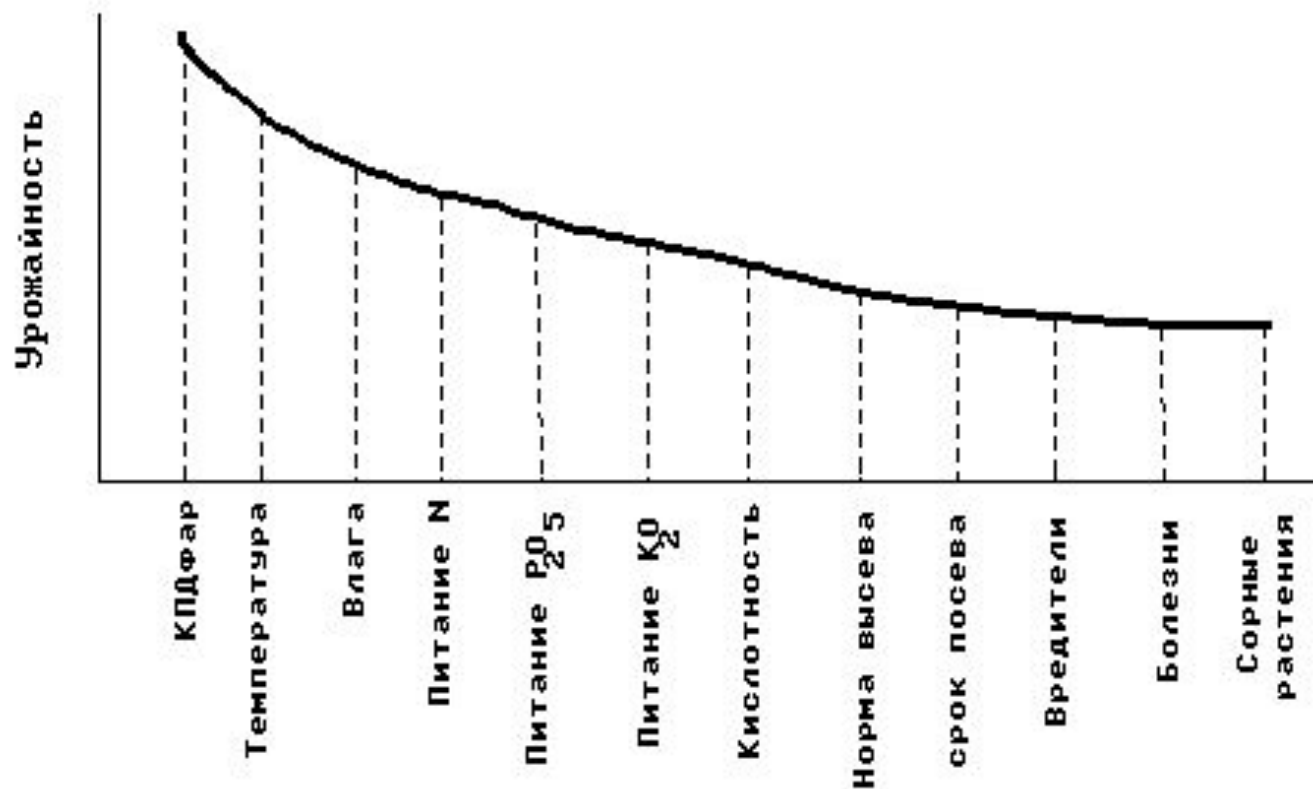
Каждый модуль по мере накопления новых знаний может быть детализирован, то есть разбит на более мелкие, связанные между собой модули без изменения общего построения модели

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ

Прежде, чем говорить о высокой или низкой урожайности, надо найти **объективный критерий для сравнения**. Этот критерий называется *потенциальная урожайность* (ПУ). Потенциальная урожайность определяется количеством поступающей на данной географической широте фотосинтетически активной радиации, которая принимает непосредственное участие в фотосинтезе, то есть процессе накопления биомассы.

Если значение фактора выходит за зону оптимума, он становится лимитирующим, определяет уровень урожайности и заменить этот фактор другим нельзя

Рис.11. Зависимость снижения уровня урожайности от неоптимальности обеспеченности факторами (по И.А.Матаруевой, личное сообщение)



Производственная функция учитывает насколько фактическая обеспеченность фактором соответствует оптимальной и насколько снизится урожайность в случае значительного несоответствия.

Функция оптимальности рассчитывается отдельно по каждому фактору с помощью малопараметрических регрессионных моделей, которые в общем виде представляют собой соотношение:

$$K_i = \frac{F_i \text{ факт.}}{F_i \text{ оптим.}},$$

В общем виде производственная функция записывается следующим образом:

$$Y = Y_q \cdot КПДфар \cdot \prod_{i=1}^n Ki,$$

УРОВНИ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

- При разработке модели продукционного процесса основная проблема вызвана большим количеством факторов, которые необходимо включать в формулы.
- Одним из способов решения является применение принципов множественности описания системы и структурности.
- С этой целью выделяется четыре уровня продуктивности, каждый из которых служит базовым для следующего и включает один или несколько дополнительных факторов.

Первый уровень продуктивности

характеризуется урожайностью,
полученной при лимитирующем
действии фотосинтетически активной
радиации и температуры воздуха

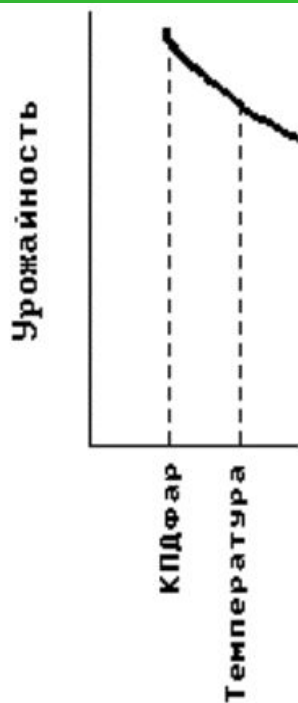


Рис.12. Факторы, определяющие первый уровень продуктивности.

Второй уровень продуктивности

характеризуется урожайностью,
полученной при лимитирующем
действии фотосинтетически активной
радиации, температуры воздуха и влаги

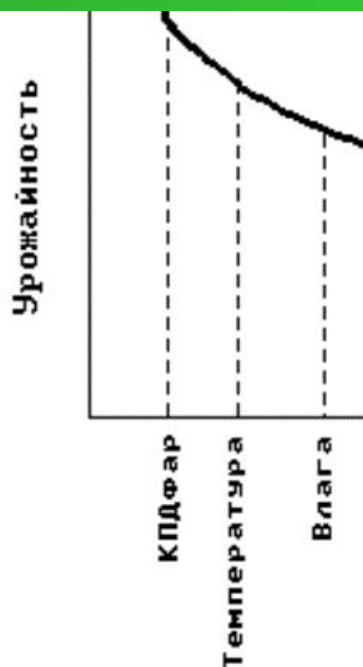


Рис.13. Факторы, определяющие
второй уровень продуктивности

Третий уровень продуктивности

характеризуется урожайностью, полученной при лимитирующем действии фотосинтетически активной радиации, температуры воздуха, влаги и азотного питания

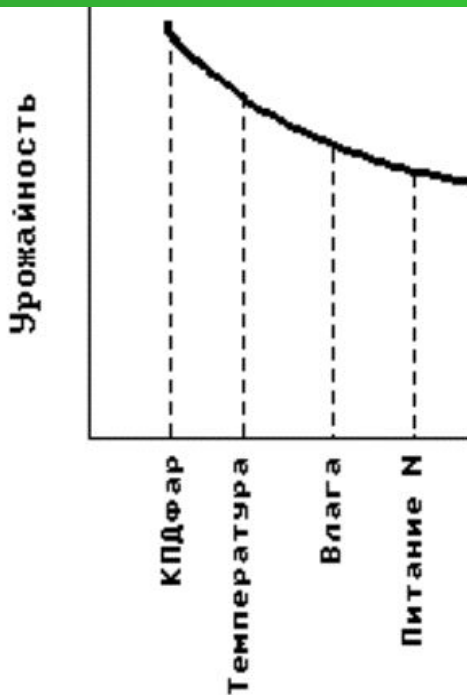
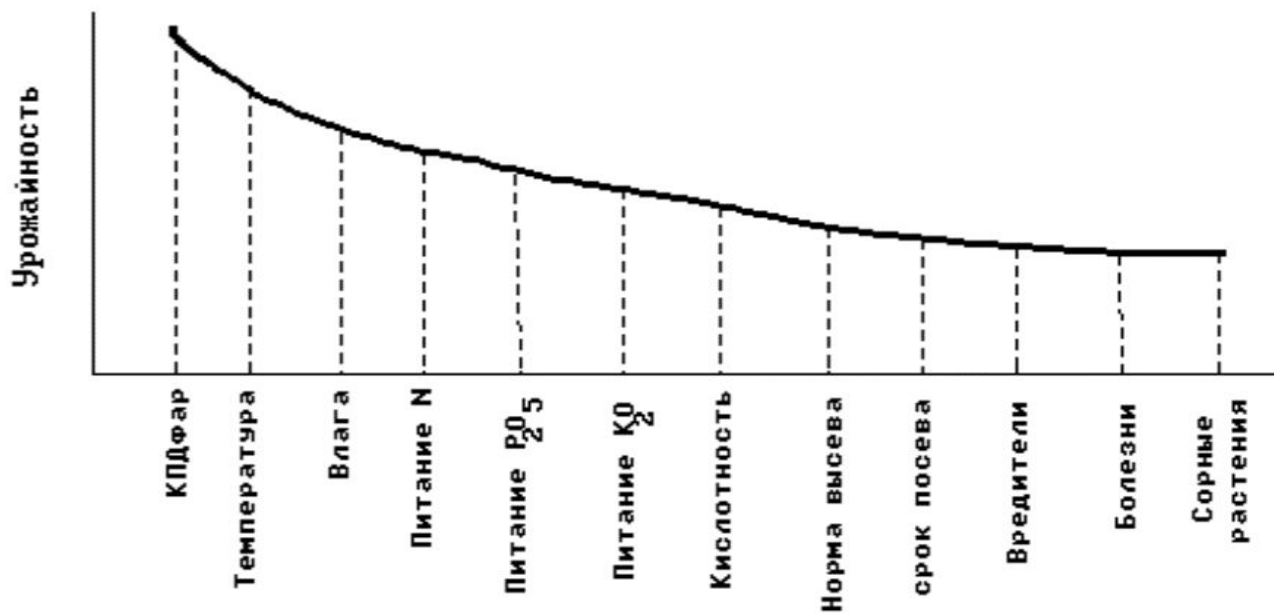


Рис.14. Факторы, определяющие третий уровень продуктивности

Четвертый уровень продуктивности

характеризуется урожайностью, полученной при лимитирующем действии фотосинтетически активной радиации, температуры воздуха, влаги, N, P, K, вредоносных объектов и др.

Рис.11. Зависимость снижения уровня урожайности от неоптимальности обеспеченности факторами (по И.А.Матаруевой, личное сообщение)



Благодарю за внимание!