

# Тема 16. Имитационные модели объектов АПК

1. Понятие об имитационных моделях. Особенности целей моделирования.
2. Основное предположение имитационного моделирования.
3. Основы методологии разработки имитационных моделей.
4. Структура имитационной модели АПК региона по С.О. Сиптицу.

# 1. Понятие об имитационных моделях

- Имитационная модель:
  - ◆ предназначена для имитации функционирования объекта моделирования;
  - ◆ не зависит от конкретной цели, для которой предпринимается имитация;
  - ◆ используется для постановки на ней компьютерных экспериментов (машинной имитации).

# 1. Понятие об имитационных моделях

- Имитационная модель:
  - ◆ представляет собой описание структуры моделируемого объекта, достаточное для воспроизведения существенных черт его поведения;
  - ◆ конструируется таким образом, чтобы в процессе моделирования ей могла быть сообщена цель моделирования.
- Способы использования (приёмы машинной имитации):
  - ◆ случайные испытания (метод Монте-Карло);
  - ◆ сценарный метод;
  - ◆ отыскание критических значений параметров модели;
  - ◆ поиск оптимума некоторой целевой функции.

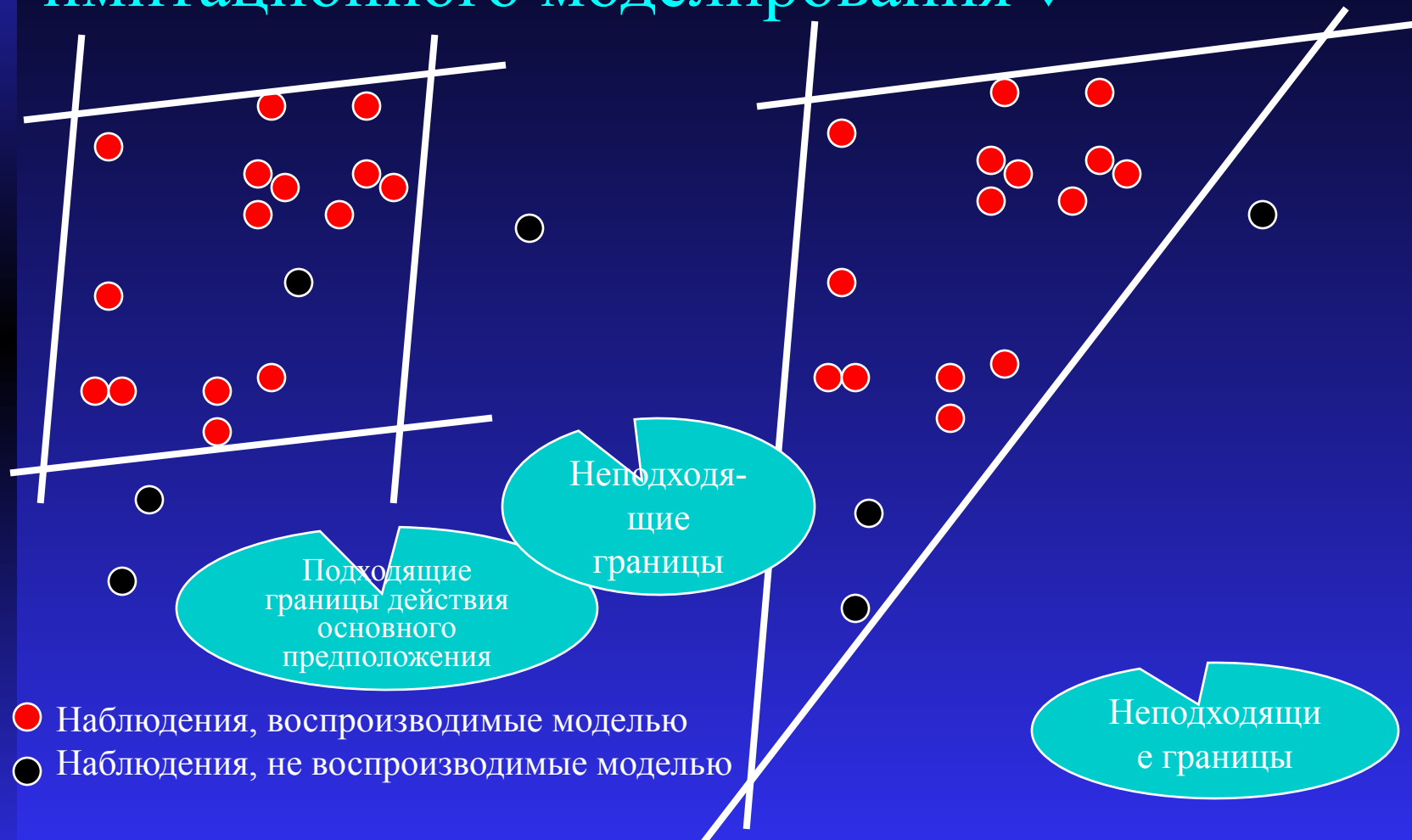
# 1. Понятие об имитационных моделях

- Формы представления, используемые при имитационном моделировании:
  - ◆ алгоритмическая система (чаще всего);
  - ◆ целенаправленная система  $\Rightarrow$  *оптимальная*;
  - ◆ конкурентная система  $\Rightarrow$  *равновесная*;
  - ◆ форма *неоптимальной системы* используется в процессе компьютерного эксперимента, если вводится целевая функция, отражающая внешнюю (вменённую) цель функционирования системы, достигаемая посредством управления.

## 2. Основное предположение имитационного моделирования



## 2. Основное предположение имитационного моделирования ♦



# 3. Основы методологии разработки имитационных моделей

## 1. Системный анализ объекта моделирования

- Результат – знание *структуры* объекта

## 2. Разработка системы переменных

- Результат – описание переменных модели с подразделением на:
  - *входные (экзогенные), промежуточные и выходные (эндогенные)*;
  - управляемые и неуправляемые.
- Если место переменной *в потоке данных* зависит от цели компьютерного эксперимента, это должно быть указано в сопроводительной документации к модели

## 3. Математическое описание связей между переменными

- Результат – математическая запись модели

### 3. Основы методологии разработки имитационных моделей

#### 4. Предварительное обоснование значений параметров модели

- Результат – грубая оценка параметров модели, достаточная для целей отладки её программной реализации.
- Источники – литература, экспертные знания, сопоставление со значениями известных параметров, статистическая оценка.

#### 5. Упрощение математической записи

#### 6. Программирование модели

- Результат – программный продукт, при помощи которого планируется осуществлять компьютерные эксперименты на модели.



# 3. Основы методологии разработки имитационных моделей

## 7. Отладка модели

- Устранение ошибок программирования.

## 8. Параметрическая идентификация

- Результат – подбор значений параметров модели, при которых модель даёт наилучшие результаты на имеющейся базе данных о фактических состояниях объекта моделирования.
- Могут использоваться как формализованные (метод наименьших квадратов и т.п.), так и неформальные (ручной подбор) методы.
- Параметры, значения которых известны a priori, не подлежат идентификации.
- Если модель допускает декомпозицию, идентифицировать лучше каждую субмодель отдельно.

## 9. Эксплуатация модели

# 3. Основы методологии разработки имитационных моделей

## Требования к соотношениям, используемым в имитационных моделях

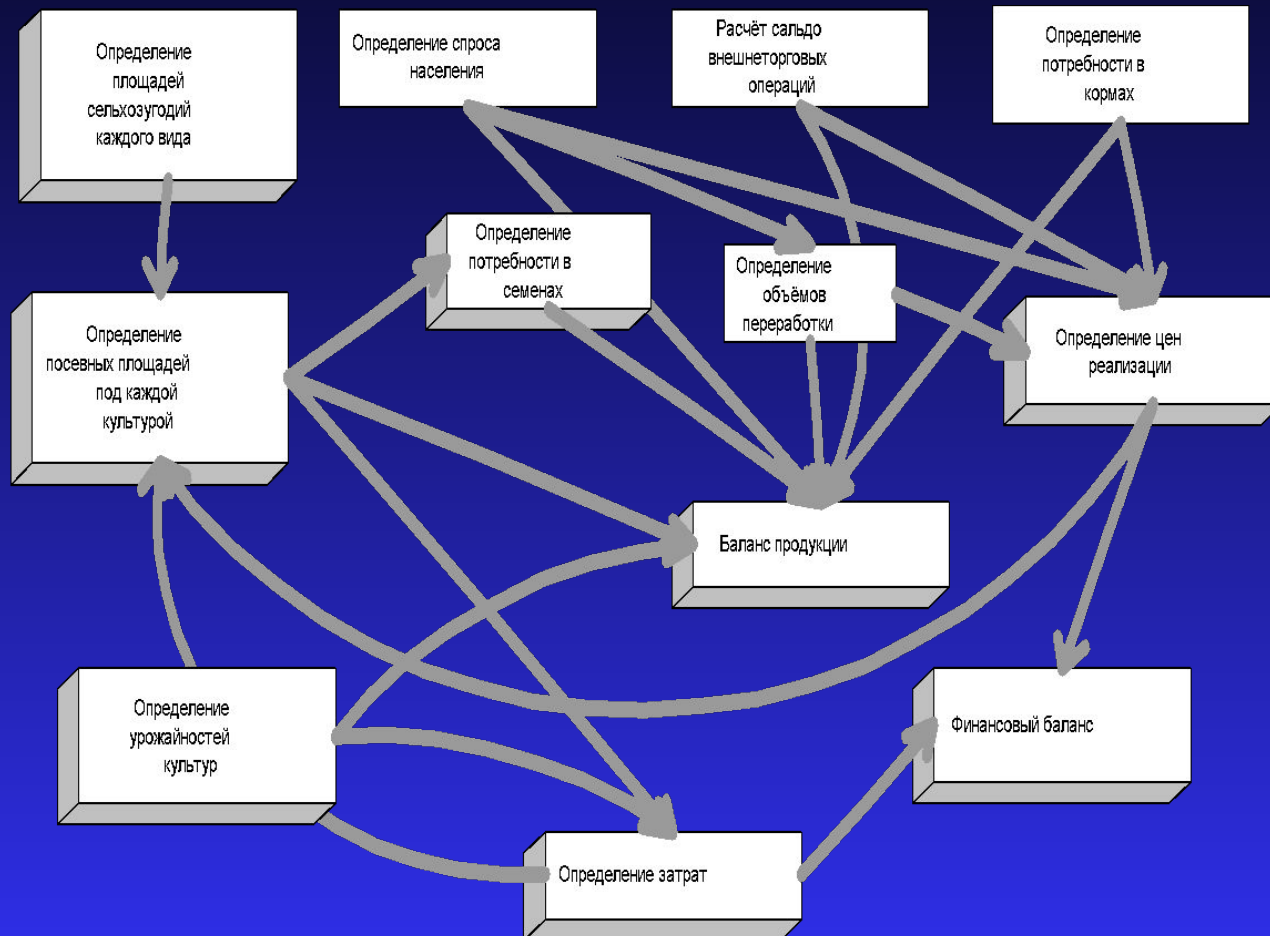
- Должны быть разрешимы относительно любой входящей в них переменной, причём решение должно быть единственным
- Должны иметь простой и понятный экономический смысл
- Не должны быть слишком длинными
- Все переменные и параметры должны иметь единицы измерения, соответствующие их смыслу
- Должны быть непрерывными и дифференцируемыми

Не являются безусловными, но  
должны выполняться по мере  
возможности

## 4. Структура имитационной модели АПК региона

- Модель *макроэкономическая*
- Состоит из подсистем растениеводства и животноводства
- Каждая из подсистем состоит из ряда субмоделей
- Каждая субмодель может быть представлена одним из экземпляров коллекции моделей, выбор которого зависит:
  - ◆ от наличия исходных данных;
  - ◆ от требуемой точности расчётов;
  - ◆ от поддерживаемых конкретной субмоделью направлений потока данных;
  - ◆ от имеющихся инструментальных средств реализации модели.

# 4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство



## 4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- На схеме отражены логические связи, а не потоки данных.
  - ◆ Потоки данных определяются тем, какие данные известны при компьютерном эксперименте, а какие нет.
  - ◆ Не все направления потоков данных могут быть реализованы:
    - ◆ некоторые не реализуются вообще;
    - ◆ другие реализуются только при подключении подходящих экземпляров из коллекций субмоделей отдельных процессов.
  - ◆ Направления потока данных, соответствующие логическим связям, реализуются гарантированно.
- В трёхмерных блоках компоненты модели растениеводства, в двумерных — компоненты других моделей.

## 4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- Пример 1: простейший экземпляр коллекции моделей прогнозирования площади сельхозугодий

$$\omega_{k+1} = \omega_k (1 - a_1) \cdot (1 + m_k/\omega_k)^{a_2} \cdot (1 + m_{k+1}/m_k)^{a_3}$$

$\omega_k$  — площадь пашни в период  $k$ ;  $m_k$  — объём капитальных вложений в улучшение земли и поднятие целины (в сопоставимых ценах) в период  $k$ ;  $a_1, \dots, a_3$  — параметры.

Проверка единиц измерения:

$$\begin{aligned} \ln(\omega_{k+1}) &= \\ &= \ln(\omega_k) + \ln(1 - a_1) + a_2 \cdot \ln(1 + m_k/\omega_k) + a_3 \cdot \ln(1 + m_{k+1}/m_k) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln(za) &= \ln(za) + \ln(za) + \\ &+ [\ln(za)/\ln(py\bar{b}/za)] \cdot \ln(py\bar{b}/za) + [\ln(za)/\ln(py\bar{b}/za)] \cdot \ln(py\bar{b}/za) \end{aligned}$$

## 4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- Пример 1: простейший экземпляр коллекции моделей прогнозирования площади сельхозугодий

$$\omega_{k+1} = \omega_k (1 - a_1) \cdot (1 + m_k/\omega_k)^{a_2} \cdot (1 + m_{k+1}/m_k)^{a_3}$$

$\omega_k$  — площадь пашни в период  $k$ ;  $m_k$  — объём капитальных вложений в улучшение земли и поднятие целины (в сопоставимых ценах) в период  $k$ ;  $a_1, \dots, a_3$  — параметры.

Проверка единиц измерения:

$$\begin{aligned} \ln(\omega_{k+1}) &= \\ &= \ln(\omega_k) + \ln(1 - a_1) + a_2 \cdot \ln(1 + m_k/\omega_k) + a_3 \cdot \ln(1 + m_{k+1}/m_k) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln(za) &= \ln(za) + \ln(za) + \\ &+ [\ln(za)/\ln(py\bar{b}/za)] \cdot \ln(py\bar{b}/za) + [\ln(za)/\ln(py\bar{b}/za)] \cdot \ln(py\bar{b}/za) \end{aligned}$$

# 4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- Пример 2: простейший экземпляр коллекции моделей урожайности культур

$$Y_{ik+1} = Y_{ik} \prod_{\Phi} (\Phi_{\Phi k+1} / \Phi_{\Phi k})^{\alpha_{\Phi i}}$$

$Y_{ik}$  — урожайность культуры  $i$  в период  $k$ ;  $\Phi_{\Phi k}$  — интегральная оценка факторов группы  $\Phi$  в периоде  $k$ ;  
 $\alpha_{\Phi i}$  — параметр, характеризующий влияние фактора  $\Phi$  на урожайность культуры  $i$ .

Группы факторов:

- а) мелиоративные работы: террасирование склонов, борьба с оврагами, оползнями, водной эрозией (регулирование стока рек, укрепление берегов);
- б) работы по повышению плодородия почв: внесение удобрений (органических и минеральных), известкованию, гипсованию;
- в) работы по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями;
- г) оснащённость угодий техническими средствами по видам;
- д) оснащённость угодий объектами инженерной и социальной инфраструктуры;
- е) факторы труда: обеспеченность трудовыми ресурсами, оценка качества труда;
- ж) факторы текущих затрат: обеспеченность финансовыми ресурсами, обеспеченность ГСМ;
- з) биологический потенциал: качество семенного (посадочного) материала.



# 4. Структура имитационной модели АПК региона: растениеводство

- Пример 2: простейший экземпляр коллекции моделей урожайности культур

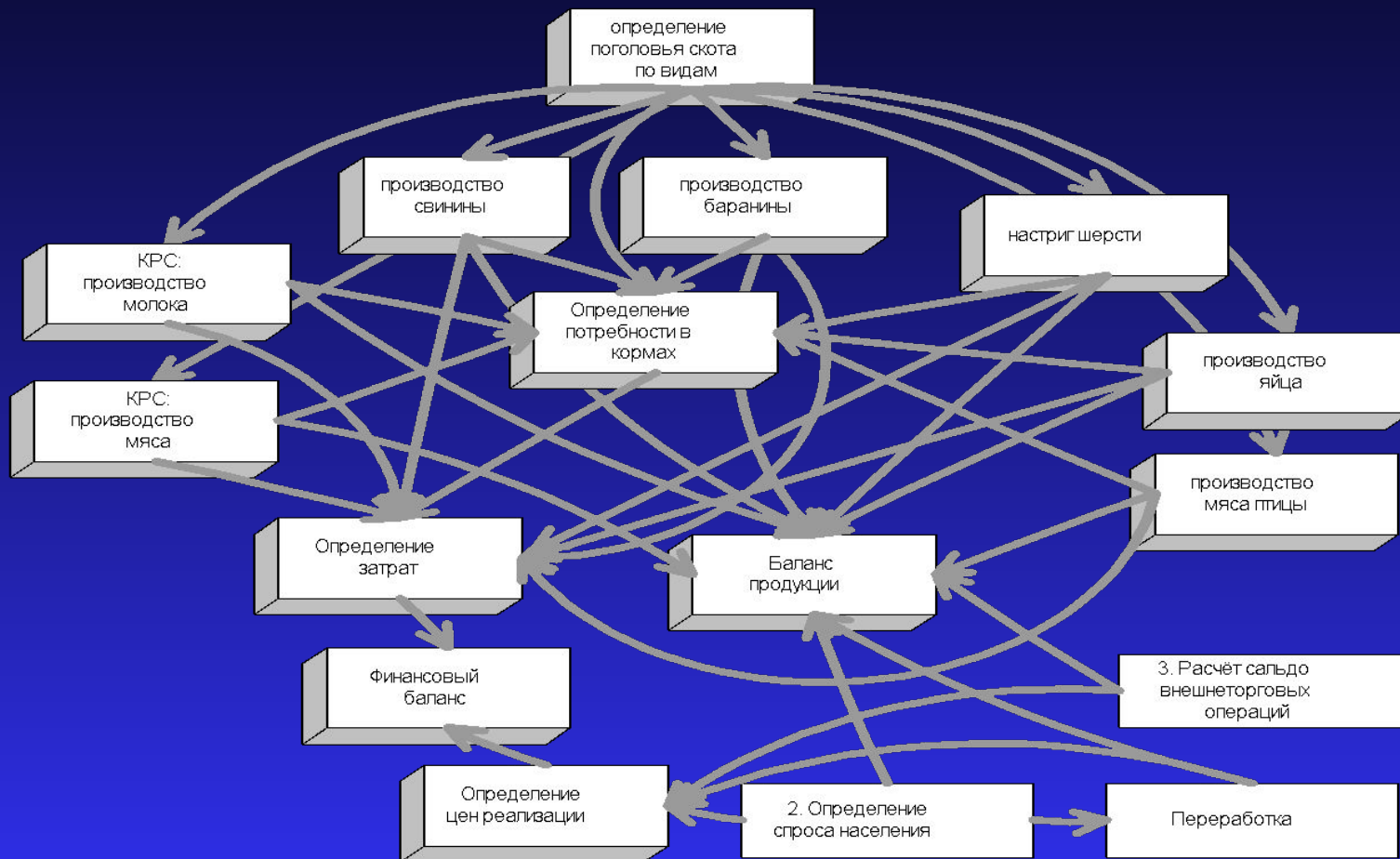
$$Y_{ik+1} = Y_{ik} \prod_{\Phi} (\Phi_{\Phi k+1} / \Phi_{\Phi k})^{\alpha_{\Phi i}}$$

$Y_{ik}$  — урожайность культуры  $i$  в период  $k$ ;  $\Phi_{\Phi k}$  — интегральная оценка факторов группы  $\Phi$  в периоде  $k$ ;  
 $\alpha_{\Phi i}$  — параметр, характеризующий влияние фактора  $\Phi$  на урожайность культуры  $i$ .

Группы факторов:

- а) мелиоративные работы: террасирование склонов, борьба с оврагами, оползнями, водной эрозией (регулирование стока рек, укрепление берегов);
- б) работы по повышению плодородия почв: внесение удобрений (органических и минеральных), известкованию, гипсованию;
- в) работы по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями;
- г) оснащённость угодий техническими средствами по видам;
- д) оснащённость угодий объектами инженерной и социальной инфраструктуры;
- е) факторы труда: обеспеченность трудовыми ресурсами, оценка качества труда;
- ж) факторы текущих затрат: обеспеченность финансовыми ресурсами, обеспеченность ГСМ;
- з) биологический потенциал: качество семенного (посадочного) материала.

# 4. Структура имитационной модели АПК региона: животноводство



## 4. Структура имитационной модели АПК региона: животноводство

- Пример 3: расчёт максимально достижимого надоя на имеющейся кормовой базе при кормлении до уровня насыщения

$$U^d = \frac{0.001425\mu\rho^2 - 0.456\rho - 0.005187\mu\rho}{3 - 0.0057\rho^2}$$

$U^d$  — максимально достижимый суточный удой (кг/гол),  $\mu$  — средняя живая масса молочной коровы (кг),  $\rho$  — среднее содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона, МДжс.

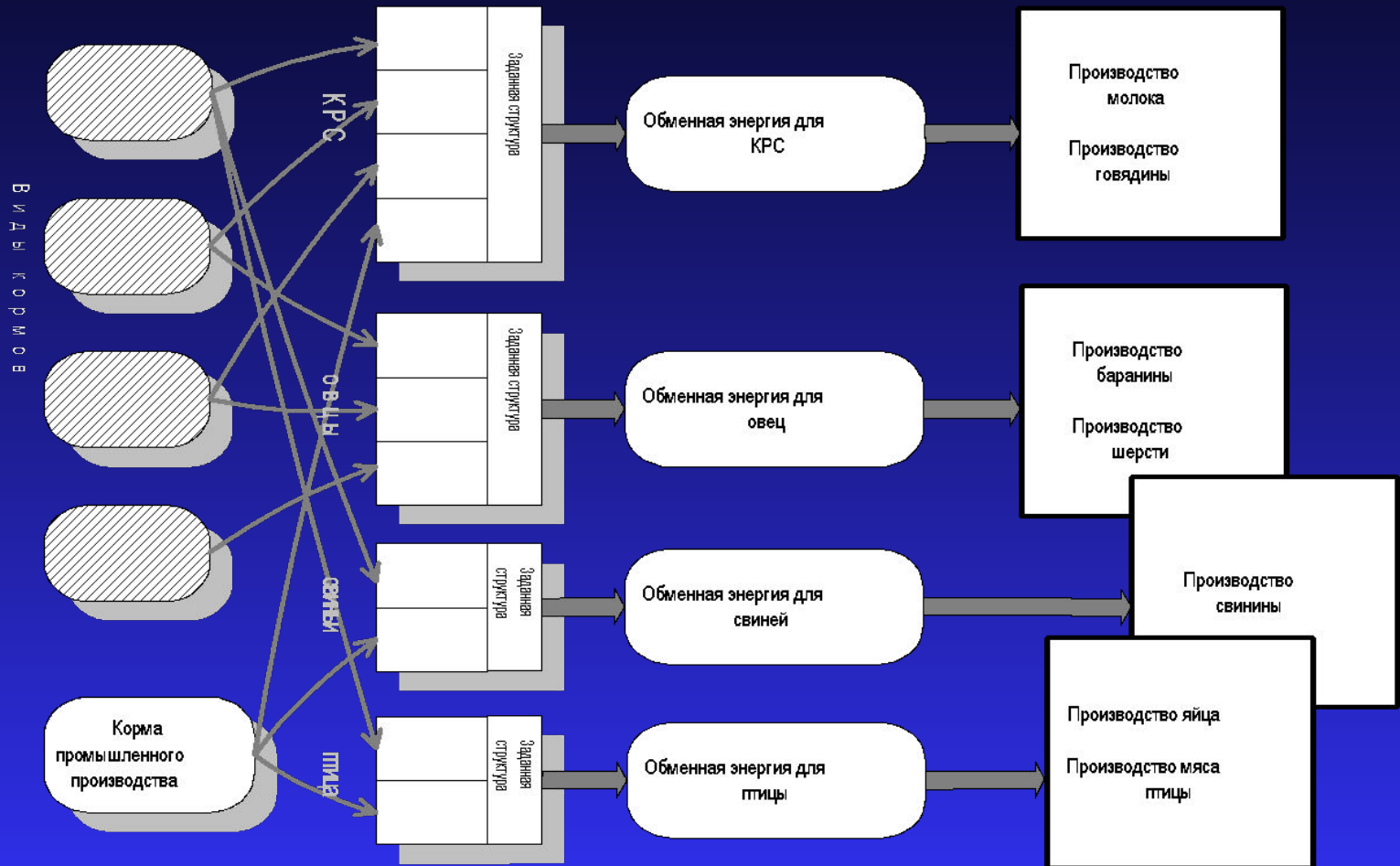
## 4. Структура имитационной модели АПК региона: животноводство

- Пример 3: расчёт максимально достижимого надоя на имеющейся кормовой базе при кормлении до уровня насыщения

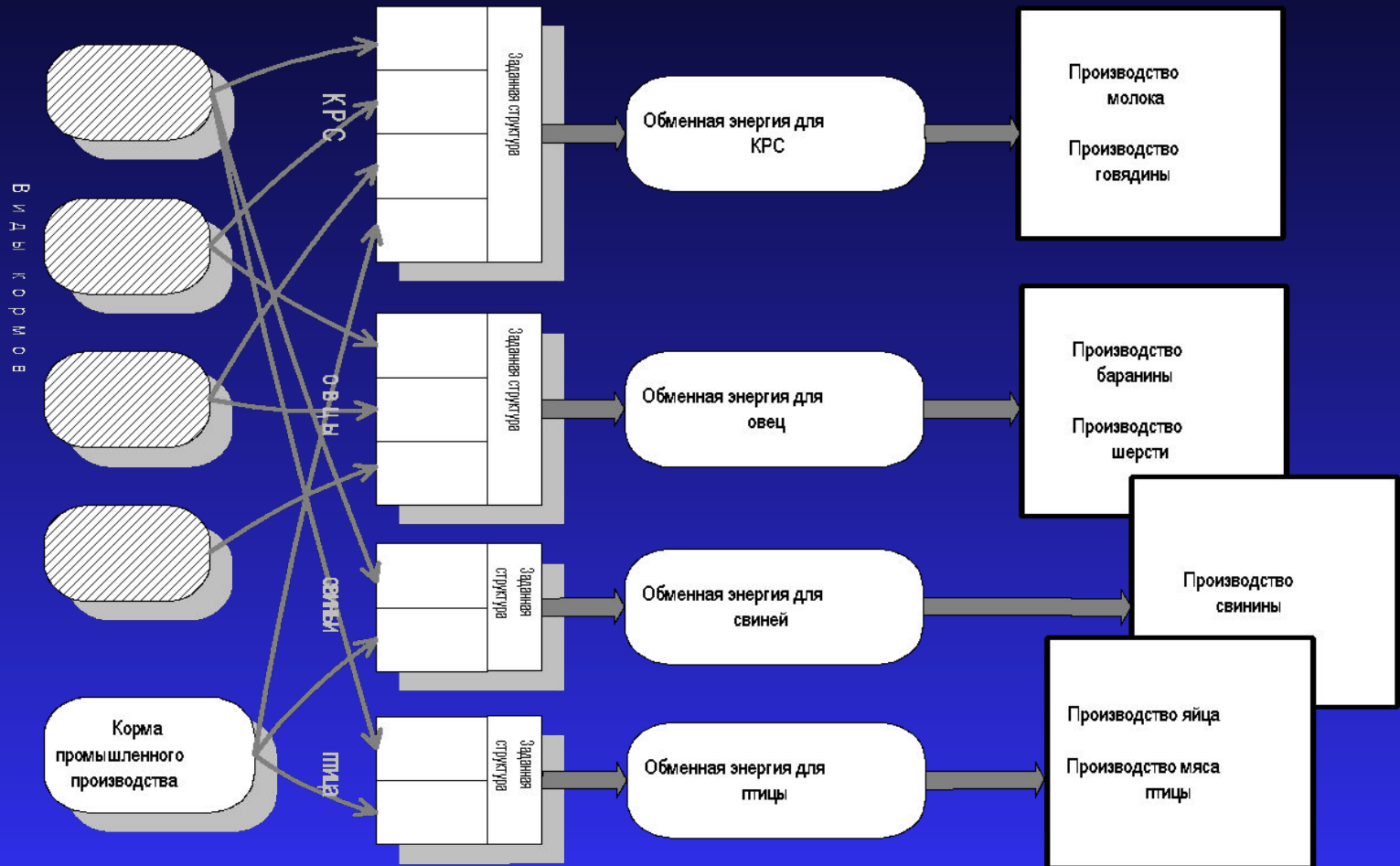
$$U^d = \frac{0.001425\mu\rho^2 - 0.456\rho - 0.005187\mu\rho}{3 - 0.0057\rho^2}$$

$U^d$  — максимально достижимый суточный удой (кг/гол),  $\mu$  — средняя живая масса молочной коровы (кг),  $\rho$  — среднее содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона, МДж.

# 4. Структура имитационной модели АПК региона: кормовой баланс



# 4. Структура имитационной модели АПК региона: кормовой баланс



# Литература

- *Франс Дж., Торнли Дж.* Математические модели в сельском хозяйстве. М.: Агропромиздат, 1987.
- *Огнивцев С.Б., Сиптиц С.О.* Моделирование АПК: методология, теория, практика. М.: Энциклопедия российских деревень, 2003.
- Презентация:  
<http://svetlov.timacad.ru/umk1/lek16.ppt>