

К ПРОБЛЕМЕ ПРОГНОЗНЫХ И ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Современные экологические условия и состояние геосреды обуславливают актуальность исследований в области повышения эксплуатационной надежности всех инженерных объектов.

Анализ имеющихся исследований [1, 2, 3, 4] по технической и технологической надежности позволил нам разработать концептуальную схему прогнозных исследований в области повышения эксплуатационной надежности инженерных объектов (рис. 1).

Как видно из рис. 1 одним из важнейших элементов концептуальной схемы является предпрогнозная ориентация с матрицей требований по целям, уровню общности, особенностям и закономерностям формализации, условиям информативности и периоду упреждения.

Не менее важен и элемент корректировки сформированной (принятой) прогнозной модели с матрицей старения предпрогнозной информации и ориентации, который сегодня наименее изучен.

Задача изучения процесса старения информации состоит в анализе кумулятивной функции $k(T)$ во времени, под которой понимается глубина ретроспекции, выраженная в информационных единицах, т.е. элементах, которые могут восприниматься и использоваться самостоятельно на момент времени T .

Процесс кумуляции ретроспективной информации состоит в том, что объем полезной информации по мере увеличения ретроспекции все время увеличивается, достигая в некоторый момент $T=T_k$ значения $K(T_k)$, т.е.

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq k(T) \leq K(T) \leq \infty \\ k(T) \leq k(T') \text{ при } T < T' \\ k(T_n) = K(T_n), k(T) \rightarrow K(T_n), \text{ при } T \rightarrow T_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для устранения искажающего воздействия динамики границы ретроспекции, целесообразно абсолютные единицы измерения информации выразить в относительных, что осуществимо через ввод переменной $m(T)$, обозначающей долю полезной информации в общем ее объеме, при формировании прогнозного фона, достигнутого к моменту времени T и

$$m(T) = \frac{k(T)}{K(T)}. \quad (2)$$

При этом если $k(T) \rightarrow K(T)$, то $m(T) \rightarrow 1$.

Поскольку процесс кумуляции ценной информации имеет верхний предел, то введением переменной, характеризующей скорость приближения процесса к концу, можно определить темп старения информации –

$$H(T) = \frac{\dot{k}(T)}{K(T) - k(T)} \text{ или } h(T) = \frac{\dot{m}(T)}{1 - m}, \quad (3)$$

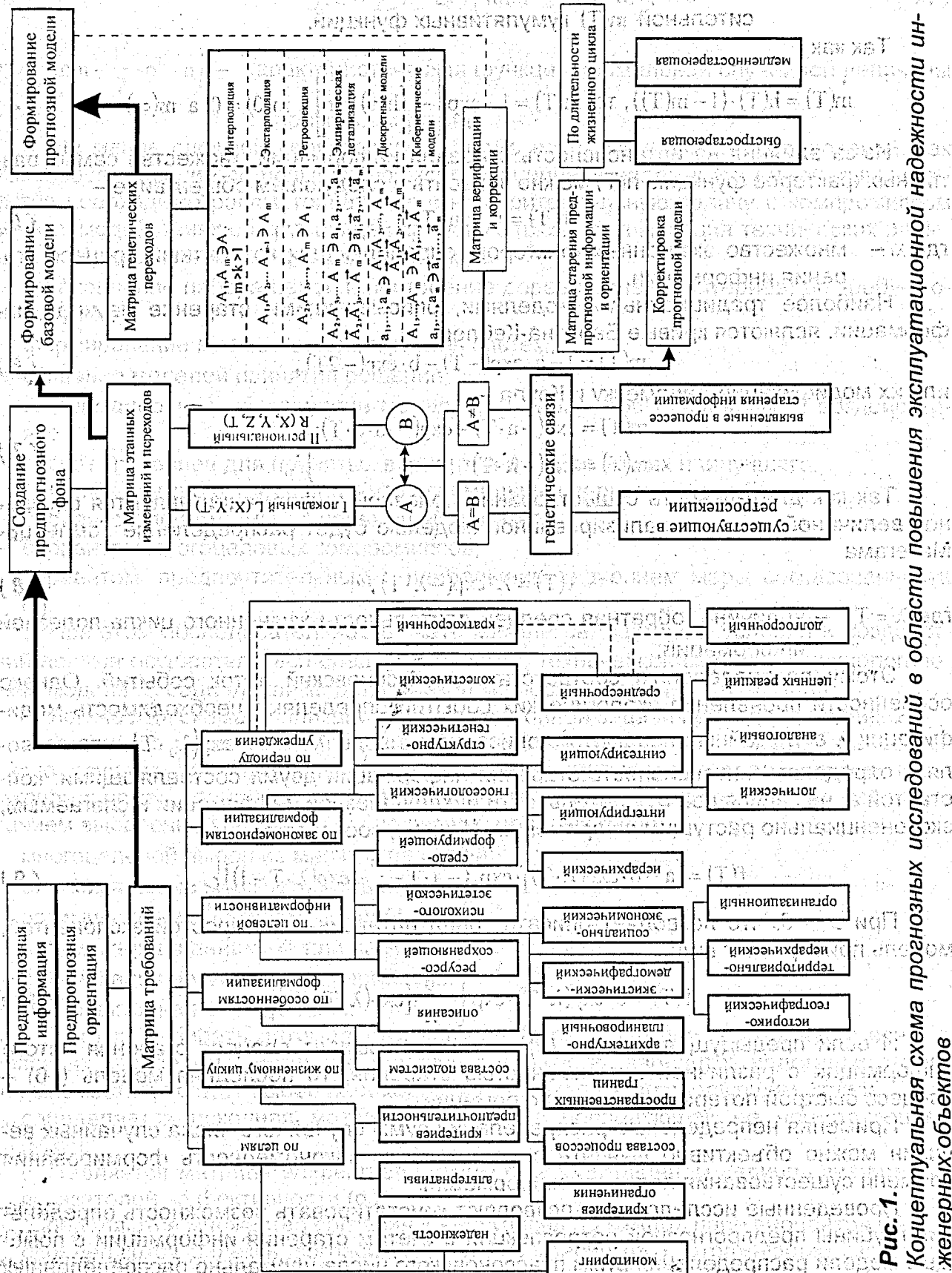


Рис. 1 Концептуальная схема прогнозных исследований в области эксплуатационной надежности инженерных объектов

где $H(T)$ и $h(T)$ – интенсивности старения информации для абсолютной $k(T)$ и относительной $\dot{m}(T)$ кумулятивных функций.

Так как

$$\dot{m}(T) = h(T) \cdot (1 - m(T)), \text{ то } m(T) = 1 - \exp \left[- \int_0^T h(\tau) \cdot d\tau \right] \text{ и } m(0) = 0, \text{ а } m(\infty) = 1. \quad (4)$$

Из-за влияния на интенсивность старения информации множества самых различных факторов функцию $h(T)$ можно записать в следующем общем виде –

$$h(T) = h(T, m(T), x_i), \quad (5)$$

где x_i – множество экзогенных факторов, определяющих конкретный процесс старения информации.

Наиболее традиционными моделями, описывающими старение научной информации, являются кривые Бартона-Кеблера

$$m(T) = 1 - a \cdot \exp(-T) - b \cdot \exp(-2T), \quad (6)$$

или их модификации Аврамеску и Коула –

$$\left. \begin{aligned} m(T) &= \exp(-a \cdot T) - \exp(-m \cdot a \cdot T); \\ m(T) &= \exp(-\lambda \cdot T) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Так как длительность существования полезной информации является случайной величиной, то ее идеализированной моделью будет распределение Гомперца-Макегама

$$f(T) = \lambda \cdot \exp(-\lambda \cdot T), \quad (8)$$

где $\lambda = T_0^{-1}$ – величина, обратная средней длительности жизненного цикла полезной информации.

Этому распределению соответствует пуассоновский поток событий. Однако особенности проявления экологических событий определяют необходимость модификации λ в случайный параметр с описанием в виде $\lambda = a + b \cdot \exp(\lambda_0 \cdot T)$, что позволяет определять интенсивность старения информации двумя составляющими: константой a , не зависящей от длительности цикла полезной информации и слагаемым, экспоненциально растущим со временем. И тогда, соответственно –

$$f(T) = [a + b \cdot \exp(\lambda \cdot T)] \cdot \exp \left\{ -a \cdot T - \frac{b}{\lambda} \cdot [\exp(\lambda \cdot T) - 1] \right\}. \quad (9)$$

При $a = 0$, что позволяет описать тренд интенсивности простой экспонентой, модель приобретает вид:

$$f(T) = b \cdot \exp(\lambda \cdot T) \cdot \exp \left\{ -\frac{b}{\lambda} \cdot [\exp(\lambda \cdot T) - 1] \right\}. \quad (10)$$

И если предыдущая модель (9) хорошо описывает процесс старения потока информации с различной интенсивностью старения, то последняя модель (10) – процесс быстрой потери ценности информации.

Применяя непределенные распределения сумм случайного числа случайных величин можно объективно выявить статистическую закономерность формирования времени существования полезной информации.

Проведенные исследования позволяют констатировать возможность определения глубины предпрогнозной ретроспекции с учетом старения информации с помощью модели распределения сумм пуассоновского числа нормально распределенных случайных величин –

$$\Phi_z(t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n \cdot \exp\left(itmn - \frac{t^2}{2} \cdot \sigma^2 \cdot n\right), \quad (11)$$

где $\left(itmn - \frac{t^2}{2} \cdot \sigma^2 \cdot n\right)$ — характеристическая функция нормальной случайной величины с параметрами m и σ .

Не менее сложной является и проблема оптимизационных исследований, так как любое решение по повышению эксплуатационной надежности инженерных объектов необходимо рассматривать как многокритериальную задачу с компромиссом во взаимодействиях с окружающей средой. Отсюда оптимизация технических решений требует решения следующего ряда задач:

- установление набора целей и построение дерева целей (критериев) до требуемого уровня;
- формирование множества альтернатив систем;
- создание моделей принятия решений;
- информационное обеспечение моделей по параметрам, условиям и воздействиям;
- расчет критериев для принятых вариантов и выбор из них наилучшего.

Однако нужно иметь в виду, что оптимальный вариант может быть:

- вариантом приемлемым с наивысшей полезностью;
- вариантом многоцелевых компромиссов;
- вариантом, предпочтительным с наибольшим значением меры согласованности [1].

При этом последовательность учета комплекса факторов, условий и воздействий должна осуществляться следующей схеме: техническая модель \Rightarrow технологическая модель \Rightarrow социальная модель \Rightarrow экономическая модель.

Логическая схема реализации оптимизационной задачи приведена на рис. 2.

Анализ ее показывает, что выбор оптимального решения наиболее целесообразно осуществлять по группе критериев эффективности и предпочтительности (экономической, социально-природной, технолого-конструктивной и т.д.) с использованием выборочной реализации следующих целевых групп:

- многоцелевой выбор из множества целей;
- оптимизация на множестве объектов;
- оптимизация из множества целей;
- оптимизация в динамике или на множестве условий;
- оптимизация на множестве вариантов;
- многовекторная оптимизация.

Так как выбирать оптимальный вариант (стратегию) приходится чаще всего в условиях неопределенности, т.е. наличия в множестве вариантов недоминируемого подмножества, то этот выбор необходимо осуществлять по следующим этапам:

- определяется исходная матрица решений с последующей ее нормализацией (РЭР);
- составляется матрица эффективности (F) с использованием величин значимости показателей эффективности (q_i);
- определяются множества согласия и несогласия по каждой паре вариантов (H_{kc});
- определяются индексы согласия (C_{kc}) и несогласия (d_{kc}), отражающие взаимную предпочтительность;

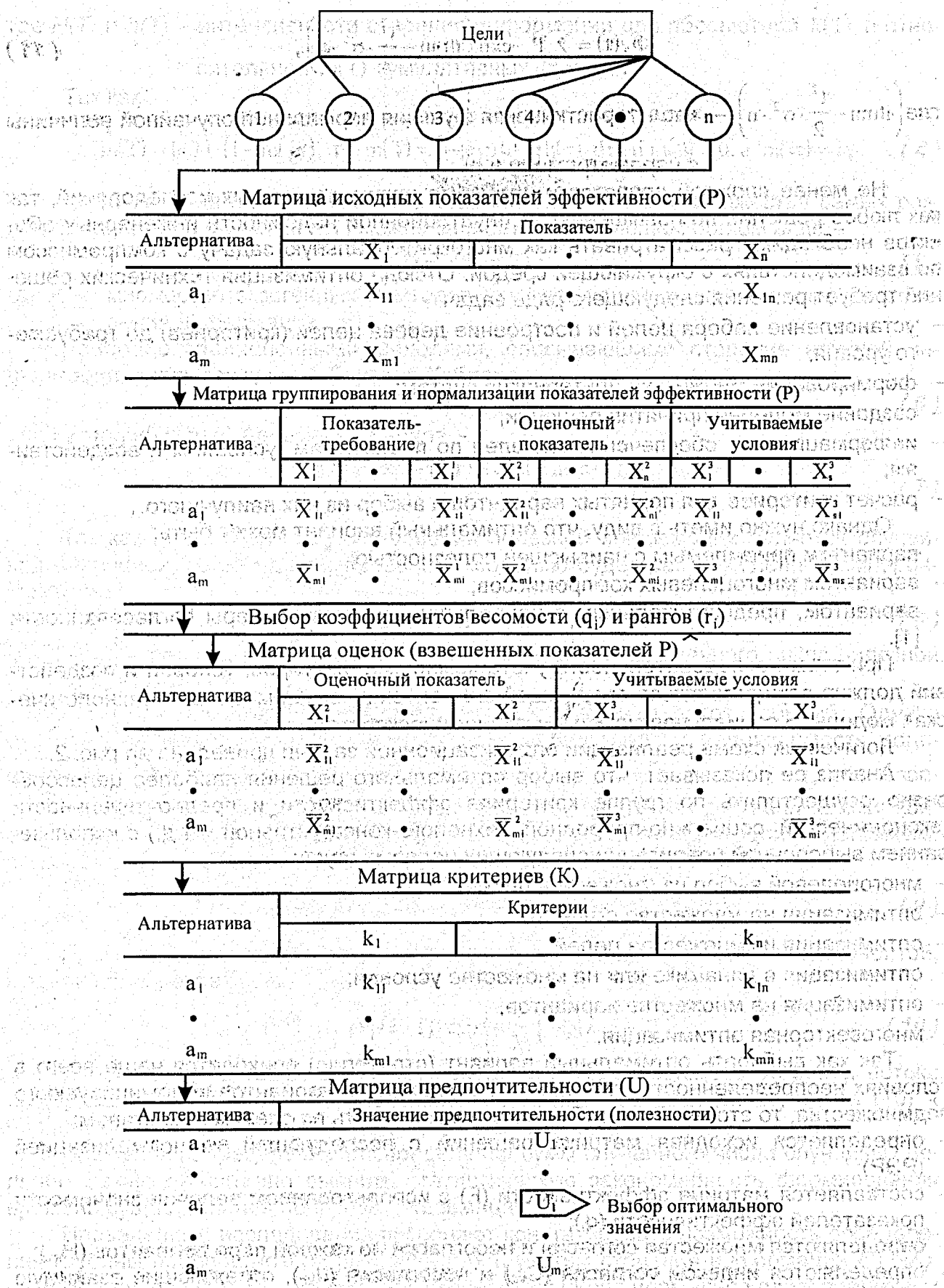


Рис. 2. Логическая схема реализации задачи по выбору оптимального решения

- составляется агрегированная матрица доминирования (D_a);
- отбраковываются менее предпочтительные варианты, как по критерию согласия, так и несогласия.

Аналогично реализуется и проблема упорядочения вариантов по предпочтительности, при этом необходимо использовать системы как кардинальных (материально осязаемых ценностей), так и ординальных (неосязаемых ценностей) показателей [2].

Не менее существенна и проблема направленного улучшения выбранного варианта, которая решается на базе общей функции полезности, учитывающей как независимость по предпочтительности (НПР), так и независимость по полезности (НПО). Блок-схема общей функции полезности имеет следующий вид:

- определение взвешенной нормированной матрицы (P_n);
- определение идеального (a_n) и негативно-идеального ($a_{ни}$) вариантов;
- определение меры раздельности (L_i) между выбранным (i -ым), идеальным (a_i) и негативно-идеальным ($a_{ни}$) вариантами;
- определение относительной близости (K_i) i -ых вариантов к идеальному;
- проверка выполнения свойств НПР и НПО;
- определение возможной формы общей функции полезности (U_x);
- расчеты локальных значений общей функции полезности по вариантам (V_i);
- реализация процедуры улучшения выбранного варианта.

Требования технолого-конструктивной и социально-экономической совместимости технических решений по повышению эксплуатационной надежности инженерных объектов позволяет общую функцию полезности выразить в мультипликативной форме вида –

$$U(x_i) = \frac{1}{k} \cdot \prod_{i=1}^n [1 + k_1 \cdot k_2 \cdot U_i(x_i)] - 1; \quad \sum_{i=1}^n k_i \neq 1; \quad (12)$$

где: U_i – функции полезности;

k – детерминированные коэффициенты;

n – множества кардинальных и ординальных показателей.

Минимально возможное число показателей для общей функции полезности – 5.

В настоящее время нами адаптируется общая функция полезности с 15 показателями, на базе варианта многоцелевых компромиссов, наивысшей полезности и наибольшего значения меры согласованности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартыщенко Л.А. Математические задачи теории малых выборок и их приложение к испытаниям сложных технических систем. – Л.: МО СССР, 1975.
2. Райфа Г. Анализ решений. – М.: Колос, 1980.
3. Шведовский П.В и др. Выбор оптимальных решений в строительстве. – М.: ЦКНИ-ЭПСис, 1990, 340с.
4. Шведовский П.В. и др. Реконструкция сельскохозяйственных объектов. – Мн.: Ураджай, 1989, 200с.