

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

*Рюмин Сергей Николаевич*

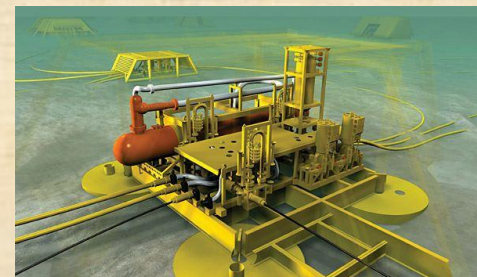
9 лекций, 9 практик

+ курсовая работа: описание объекта  
исследования как технической  
системы

# Основные принципы занятий

- Больше думайте;
- Задавайте вопросы;
- Лектор не знает всё 😊
- Если кто-то знает что-то лучше лектора, пусть поделится знанием;
- Придется всё записывать и зарисовывать.

# Морская техника



# Процессы создания МТ

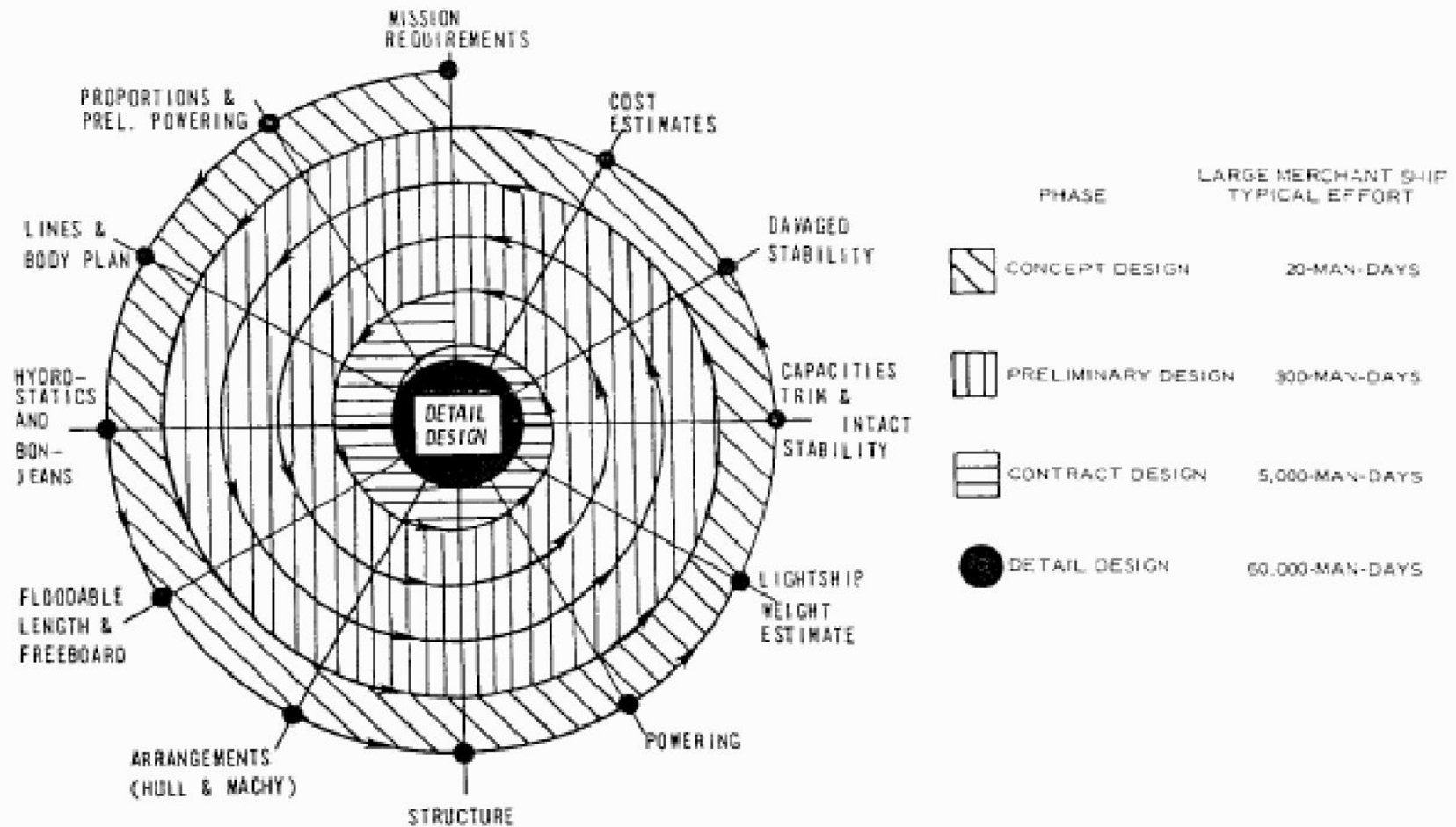
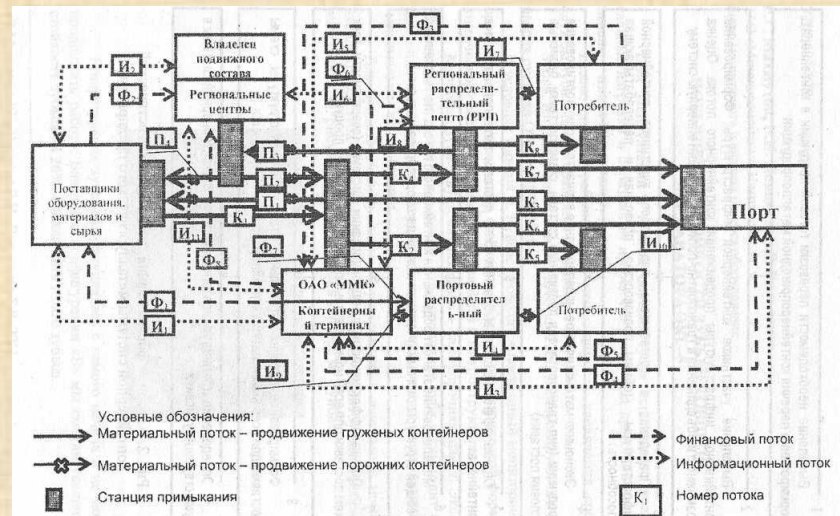
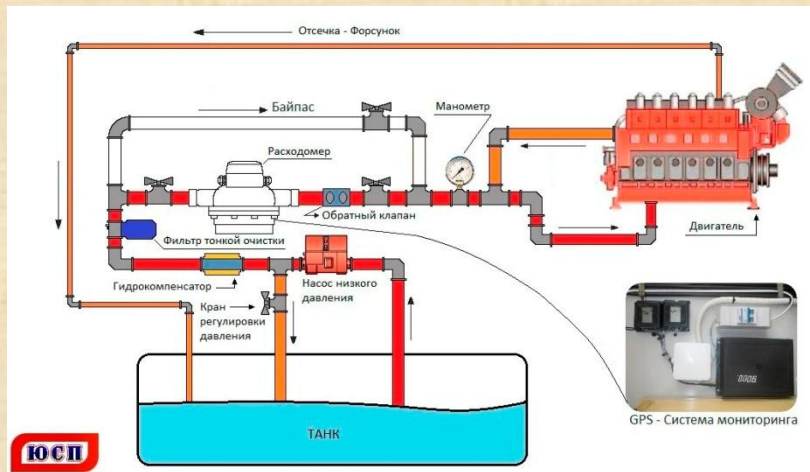
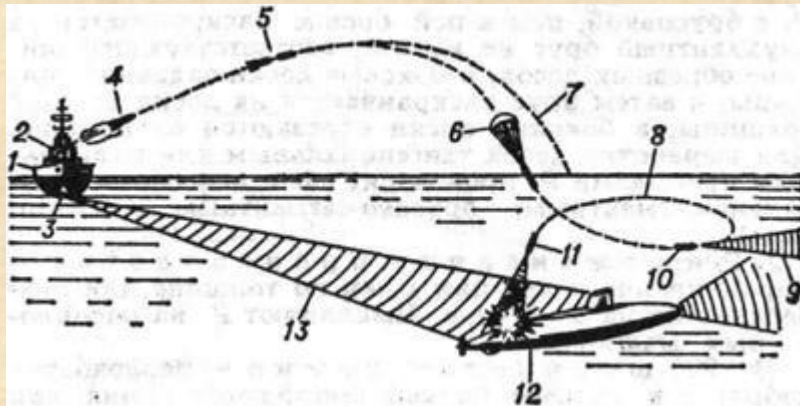


Fig. 1 Basic design spiral

# Процессы эксплуатации МТ



# Понятие моделирования

- **Объект** – это некоторая часть окружающего мира, рассматриваемого человеком как единое целое. Каждый объект имеет имя и обладает параметрами, т.е. признаками или величинами, характеризующие какое-либо свойство объекта и принимаемые различные значения.
- **Модель** - это такой материальный или виртуально представляемый объект, который замещает объект-оригинал с целью его исследования, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные черты и свойства оригинала.
- **Моделирование** — исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

# Моделирование

- Мысленное моделирование;
- Описательное моделирование;
- Физическое моделирование
- Математическое моделирование: метод исследования и объяснения явлений, процессов и систем (объектов-оригиналов) на основе создания новых объектов – *математических моделей*
- Математическая модель – совокупность соотношений (уравнений, неравенств, логических условий, операторов и т.п.), определяющих характеристики состояний объекта моделирования, а через них и выходные значения – реакции.

# Цель моделирования

*Модель необходима для того, чтобы:*

- понять, как устроен конкретный объект - каковы его структура, основные свойства, законы развития и взаимодействия с окружающим миром;
- научиться управлять объектом или процессом и определить наилучшие способы управления при заданных целях и критериях (оптимизация);
- прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации заданных способов и форм воздействия на объект, процесс.



# Системный подход

**Предполагается**, что исследуемые объекты морской техники мы представляем как системы, являющиеся составной частью других систем более высокого уровня.

- 1) Под системой будем понимать определенное во времени и пространстве множество элементов с известными свойствами и с упорядоченными связями между элементами и свойствами, ориентированными на выполнение главной задачи данного множества.
- 2) *Система - совокупность взаимосвязанных элементов, отношения между которыми порождают интегративное качество, присущее системе в целом, но не присущее ее отдельным элементам.*

**Систéма** (в пер. с др. греческого - целое, составленное из частей, соединение) - множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

**Система** (классическое определение) — «комплекс взаимосвязанных элементов, образующих некоторую целостность, либо совокупность объектов, находящихся в устойчивом взаимодействии друг с другом и средой».

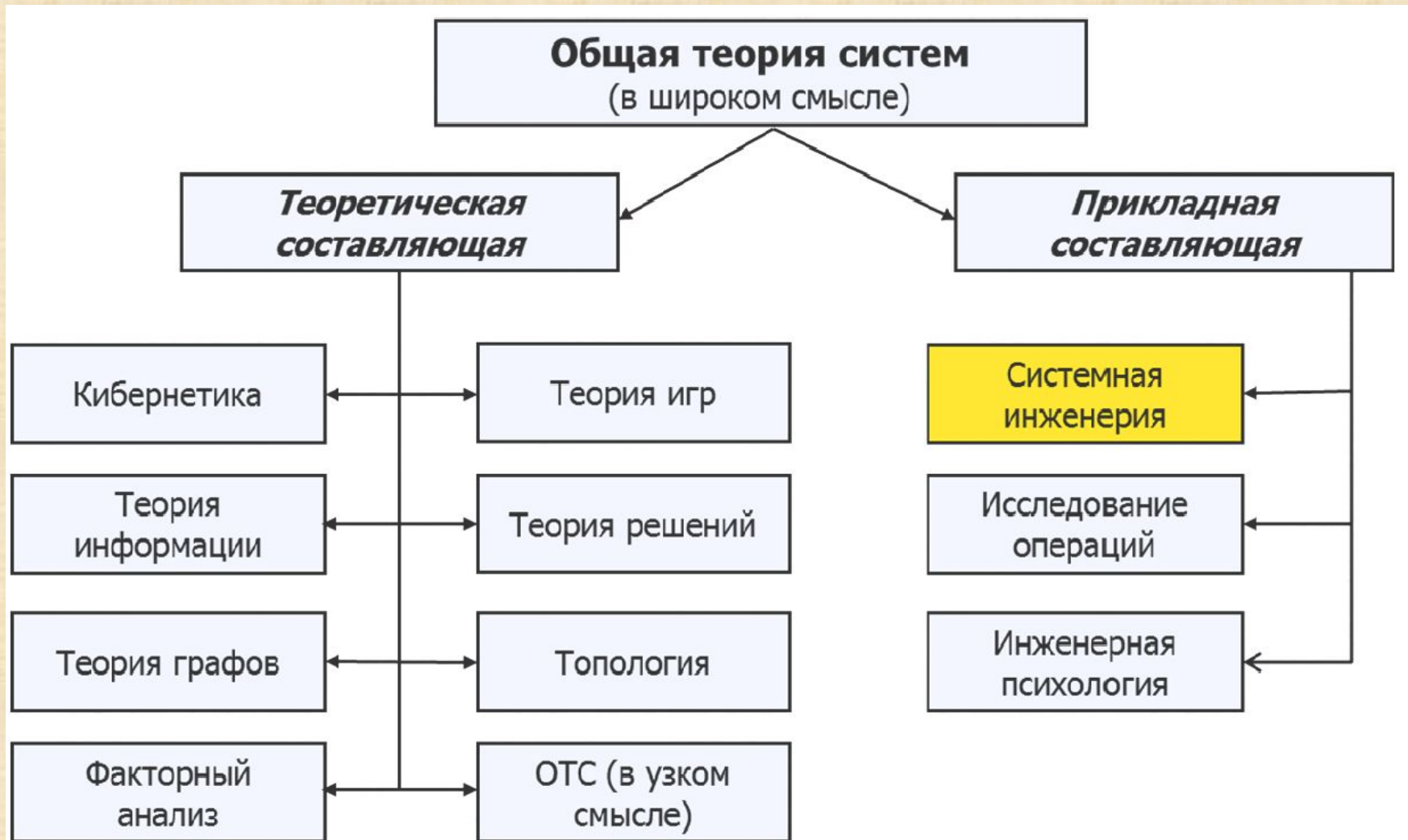
(Берталанфи Л. Фон, История и статус общей теории систем // Системные исследования. — М.: Наука, 1973 г.)

**Система** — множество взаимосвязанных элементов, обособленное от среды и взаимодействующее с ней, как целое.  
(Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. — М. Высшая школа, 1989.)

# Принципы системного подхода

- Целостность (объект частично обособлен, взаимодействует с окружающей средой ограниченным количеством связей, его свойства не являются суммой свойств составляющих частей);
- Сложность (внутренние процессы не определяются напрямую следствием внешних воздействий);
- Организованность (структурная упорядоченность, взаимозависимость и подчинение составляющих частей друг другу)
- Отсутствие избыточности

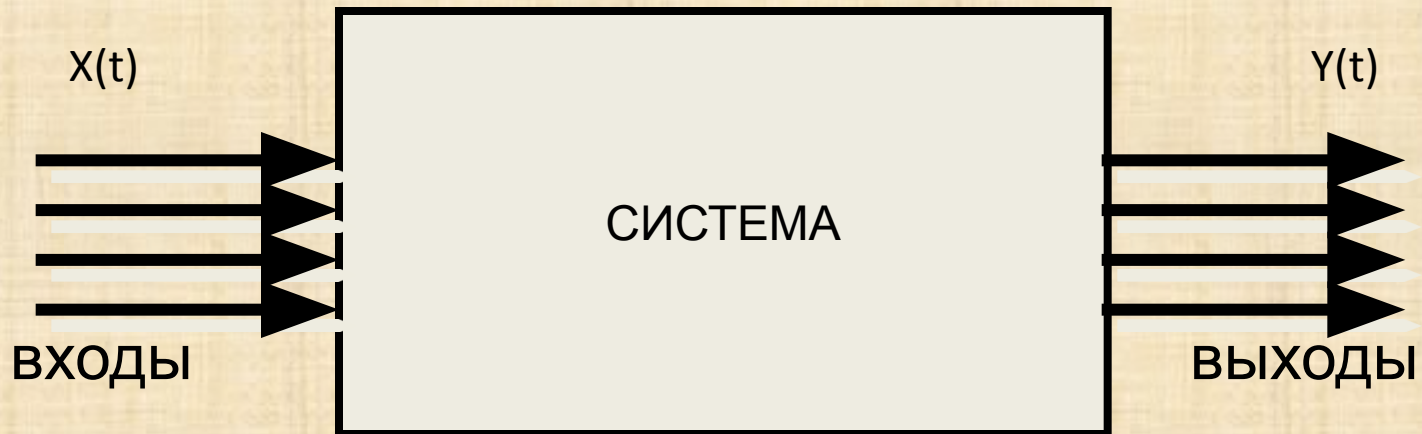
# Схема общей теории систем



- **Кибернетика** — наука об общих закономерностях получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах.
- **Теория информации** — раздел прикладной математики и информатики, относящийся к измерению количества информации, её свойств и устанавливающий предельные соотношения для систем передачи данных.
- **Теория графов** — раздел дискретной математики, изучающий свойства графов. В общем смысле граф представляется как множество *вершин* (узлов), соединённых *рёбрами*.
- **Факторный анализ** — многомерный метод, применяемый для изучения взаимосвязей между значениями переменных.
- **Теория игр** — математический метод изучения оптимальных стратегий в играх.
- **Теория принятия решений** — область исследования для изучения закономерностей выбора людьми путей решения проблем и задач, а также способов достижения желаемого результата.
- Топология – изучение непрерывности
- **Системная инженерия** — междисциплинарный подход и средства для создания успешных систем; междисциплинарный подход, охватывающий все технические усилия по развитию и верификации интегрированного и сбалансированного в жизненном цикле множества системных решений, касающихся людей, продукта и процесса, которые удовлетворяют потребности заказчика. Системноинженерное мышление — это использование системного подхода в инженерии.
- **Исследование операций** — дисциплина, занимающаяся разработкой и применением методов нахождения оптимальных решений на основе математического моделирования, статистического моделирования и различных эвристических подходов в различных областях человеческой деятельности.
- **Инженерная психология** — отрасль психологии, исследующая процессы и средства информационного взаимодействия между человеком и машиной, а также техническими средствами автоматизации

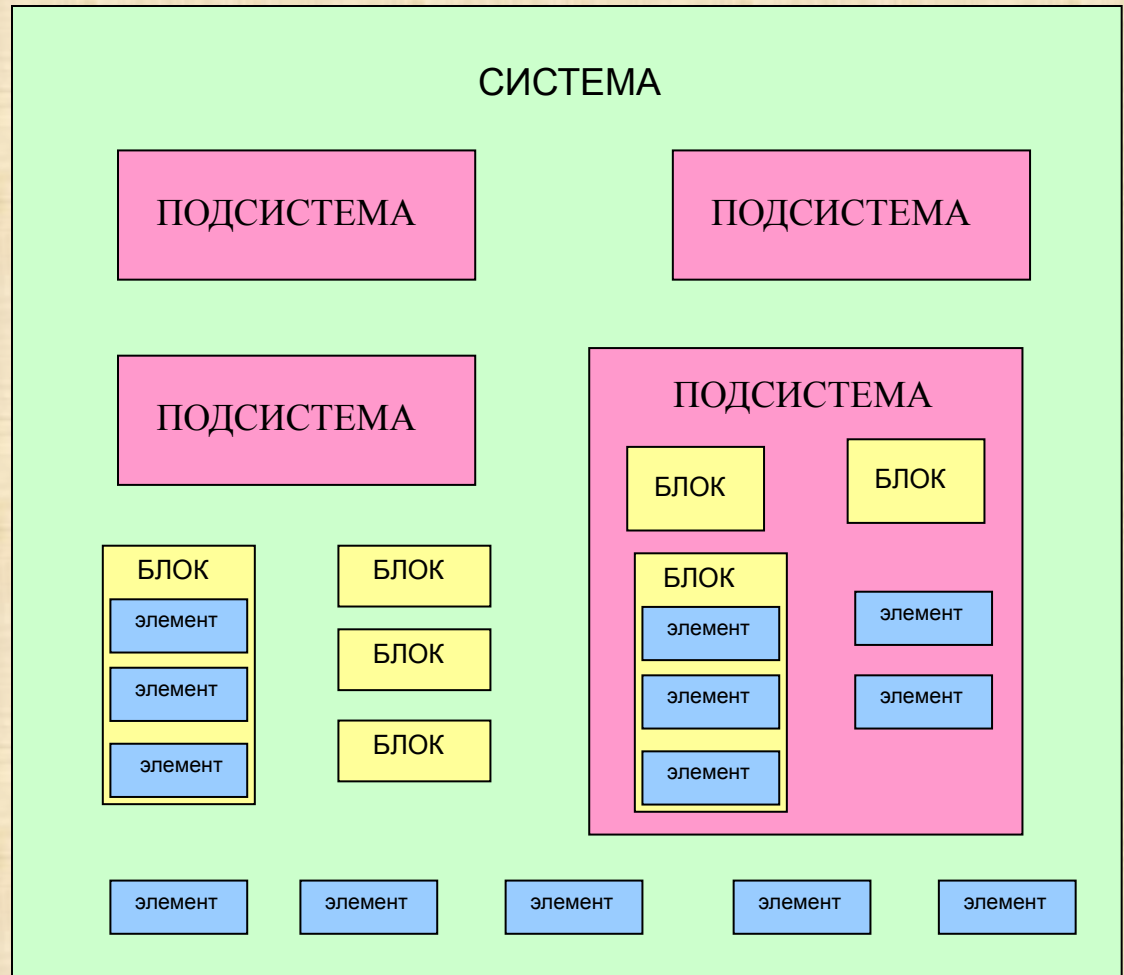
# Модель «черного ящика»

- определение входов и выходов системы



# Модель состава системы

Данная модель системы создается на основе анализа внутреннего устройства системы и выделения относительно независимых ее частей. Анализ этих частей также позволяет разбить их на составные части. Процесс разбиения системы на составные части называется декомпозицией системы. Это процесс продолжается до выделения частей, дальнейшее разделение которых не отвечает **цели создания модели системы**. Такие простейшие части системы называются **элементом системы**. Те части системы, которые содержат более одного элемента, называются блоками и подсистемами. Учитывая иерархический характер состава системы, вводится понятие подсистема



# Типы систем

Открытые системы постоянно обмениваются веществом, энергией или информацией со средой.



Закрытые системы – такие, в которые не поступают и из неё не выделяются вещество, энергия или информация.

Поведение *детерминированных* систем полностью объяснимо и предсказуемо на основе информации об их состоянии.



Поведение *вероятностной* системы определяется этой информацией не полностью, позволяя лишь говорить о вероятности перехода системы в то или иное состояние.

# Типы систем

По происхождению  
выделяют:

- *искусственные,*
- *естественные*
- *смешанные системы.*



# Аспекты системного подхода

1. **системно-элементный** или **системно-комплексный**, состоящий в выявлении элементов, составляющих данную систему. Во всех системах можно обнаружить компоненты, процессы;
2. **системно-структурный**, заключающийся в выяснении внутренних связей и зависимостей между элементами данной системы и позволяющий получить представление о внутренней организации (строении) исследуемой системы;
3. **системно-функциональный**, предполагающий выявление функций, для выполнения которых созданы и существуют соответствующие системы;
4. **системно-целевой**, означающий необходимость научного определения целей и подцелей системы, их взаимной увязки между собой;

# Аспекты системного подхода

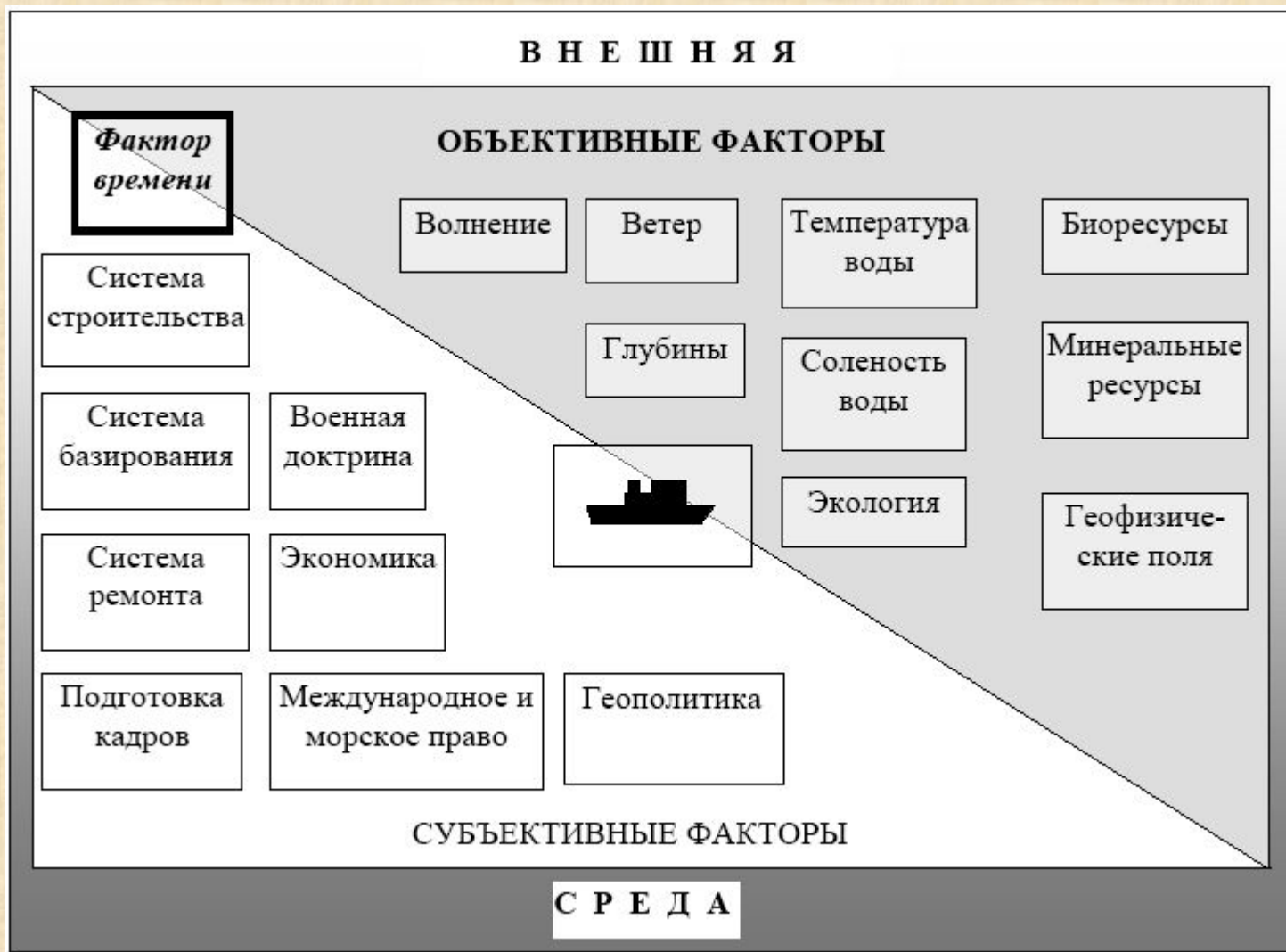
5. **системно-ресурсный**, заключающийся в тщательном выявлении ресурсов, требующихся для функционирования системы, для решения системой той или иной проблемы;
6. **системно-интеграционный**, состоящий в определении совокупности качественных свойств системы, обеспечивающих её целостность и особенность;
7. **системно-коммуникационный**, означающий необходимость выявления внешних связей данной системы с другими, то есть её связей с окружающей средой;
8. **системно-исторический**, позволяющий выяснить условия во времени возникновения исследуемой системы, пройденные ею этапы, современное состояние, а также возможные перспективы развития.

# Система-совокупность МНОЖЕСТВ

$$A = A (W, M, R, P)$$

- $W$  – множество факторов внешней среды;
- $M$  – множество элементов или их объединений;
- $R$  – множество отношений между элементами между собой и с внешней средой;
- $P$  – множество качеств системы.

# Факторы внешней среды ( W )



# Множество компонентов ( М )

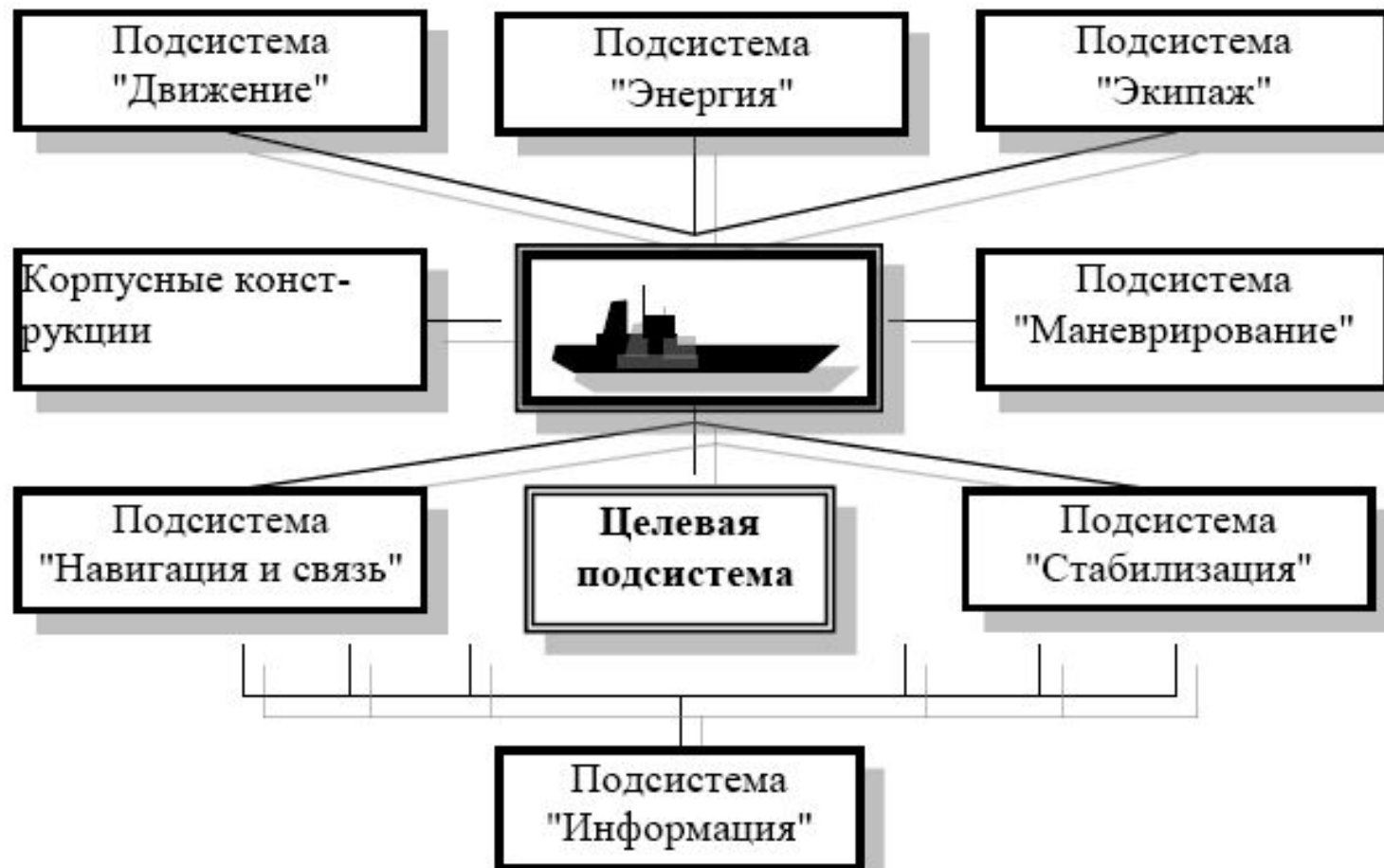


Рис. В.3. Основные подсистемы системы "Корабль"

# Множество отношений ( R )

- Идентифицирующие
- Структурные
- Пространственные
- Стоимостные
- Временные

# Баланс в отношениях R

- Геометрические отношения
- Силовые
- Моментные
- Энергетические
- Экономические

# Множество качеств системы ( Р )

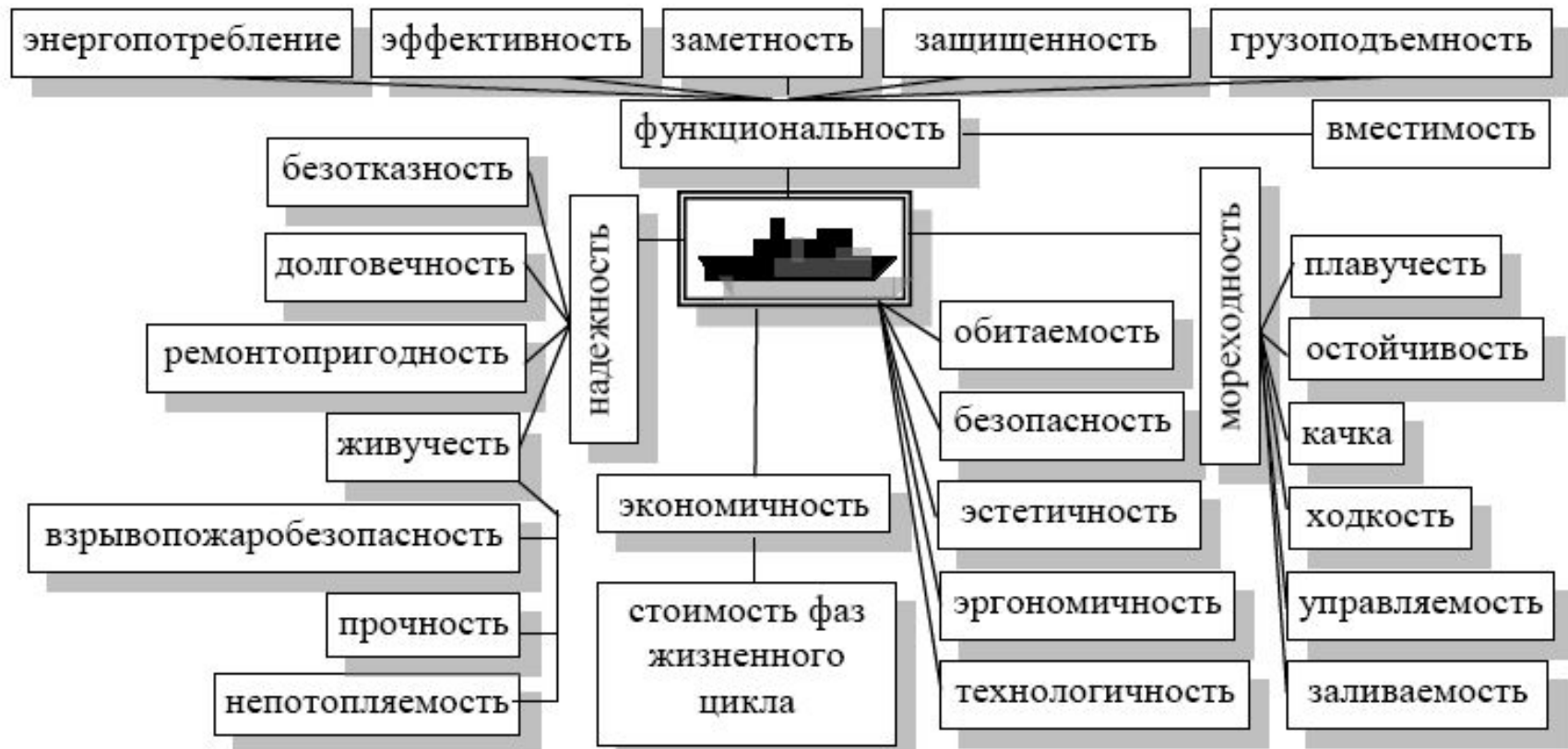
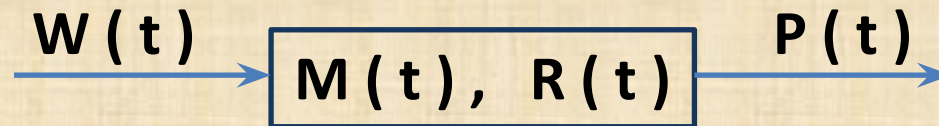


Рис. В.4. Фрагмент множества качеств системы "корабль".



# Проектирование в системном подходе

Корабль как кибернетическая система:



- Задача проектирования корабля : *определить элементы множеств компонентов и отношений при известных элементах, описывающих внешнюю среду и при заданных элементах множества свойств.*

# Анализ систем

- изучение различных способов декомпозиции системы на подсистемы, возможных методов построения каждой подсистемы, различных граничных задач, затрагивающих две или несколько взаимодействующих подсистем;
- определение затрат на сырье, рабочую силу и другие ресурсы, необходимые для изготовления, транспортировки, продажи, установки, обслуживания т.д.;
- исследование условий ввода в строй и совместимости новой системы с уже существующими;
- прогнозирование развития системы.

# Синтез системы

- Определение характеристик и структуры системы и ее компонентов по имеющимся требованиям к ней;
- Отбор варианта системы из нескольких альтернатив.

# Примеры декомпозиции

# Множество компонентов ( М )

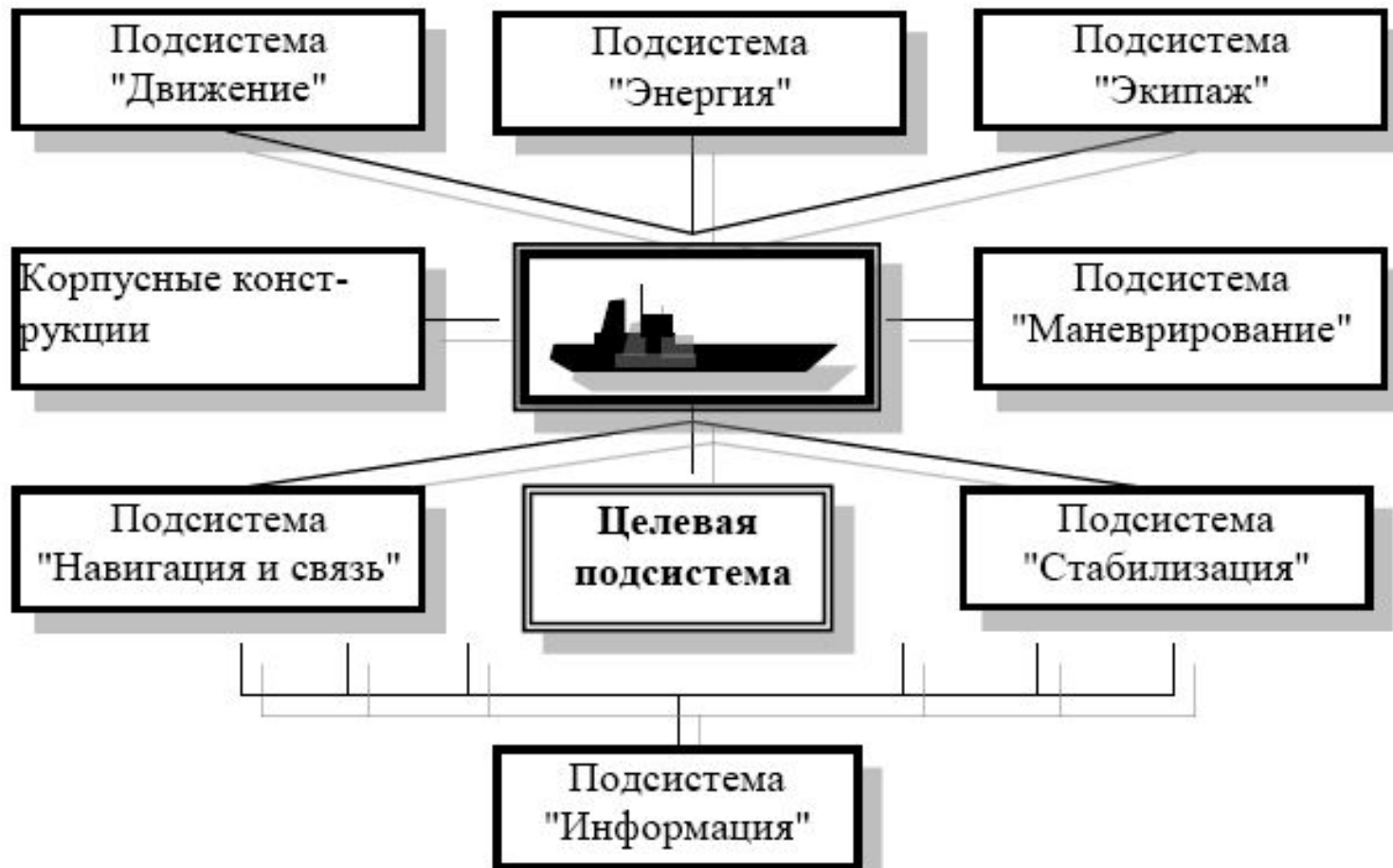


Рис. В.3. Основные подсистемы системы "Корабль"

# ПОДСИСТЕМА «Движение»

(множество элементов М) :

- Главный двигатель;
- Главная передача;
- Движитель;
- Расходные среды и система их подачи;
- Валопровод;
- Продукты сгорания и системы их вывода
- Система управления;

# ПОДСИСТЕМА «Движение»

Множество качеств (P):

- Масса
- Мощность
- Крутящий момент
- Габариты
- Топливная экономичность
- Экологичность
- Надежность
- Ремонтопригодность
- Вибронагруженность
- Шумность
- И т.д.

*Множество отношений (R):*

- *Создание усилия (воздействие на корпусные конструкции в виде тяги)*
- *Давление на опоры (вес + реакция агрегатов)*
- *Возмущение воздуха (шум)*
- *Нагнетание воздуха и питание топливом*
- *Выделение выхлопных газов*
- *.....*

# Подсистема «Главный двигатель»

- *Блок цилиндров*  
**(отношения:**
- *Головки цилиндров*  
**(отношения:**
- *Кривошипно-шатунный механизм*  
**(отношения:**
- *Цилиндропоршневая группа*  
**(отношения:**
- *Газораспределительная система*
- *Топливная система*
- *Воздушная система, наддув*
- *Система охлаждения*



# Подсистема «Главная передача»

Множество элементов М:

- Корпус ( отношения: )
- Валы (
- Шестерни
- Фланцы
- Система смазки
- Система охлаждения
- И т.д.

# Подсистема «Корпус»

- Обшивка (*отношения:*  
(*качества:*
- Основной набор (...)
- Рамный набор
- Переборки
- Выгородки
- Палубы
- Надстройки

# Задачи второго уровня (отношения качеств)

Множество качеств как  
элементы (M):

- Масса
- Мощность
- Крутящий момент
- Габариты
- Топливная экономичность
- Экологичность
- Надежность
- Ремонтпригодность
- Вибронагруженность
- Шумность
- И т.д.

Множество  
отношений качеств  
(R)

- Масса –  
мощность
- Экономичность -  
Экологичность
- Надежность -  
Ремонтпригодность

# Задачи второго уровня (отношения отношений)

*Множество отношений  
(M):*

- *Создание усилия  
(воздействие на  
корпусные конструкции в  
виде тяги)*
- *Давление на опоры (вес +  
реакция агрегатов)*
- *Возмущение воздуха  
(шум)*
- *Нагнетание воздуха и  
питание топливом*
- *Выделение выхлопных  
газов*
- *.....*

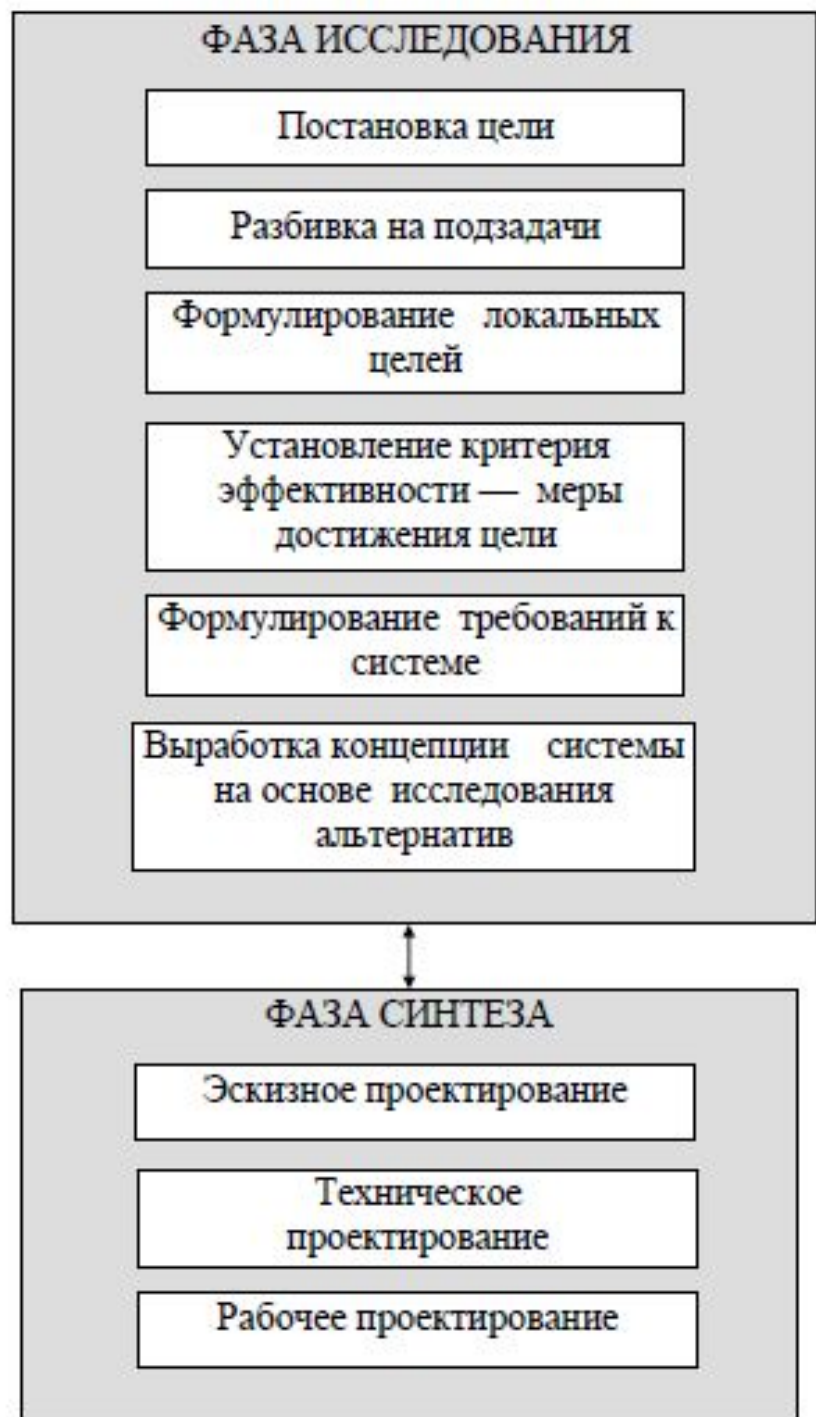
*Множество отношений  
между отношениями  
(P):*

- *Связь между тягой и  
реакцией опор  
(фундаментов)*
- *Связь между  
нагнетанием воздуха и  
выделением  
выхлопных газов*
- *И т.д.*

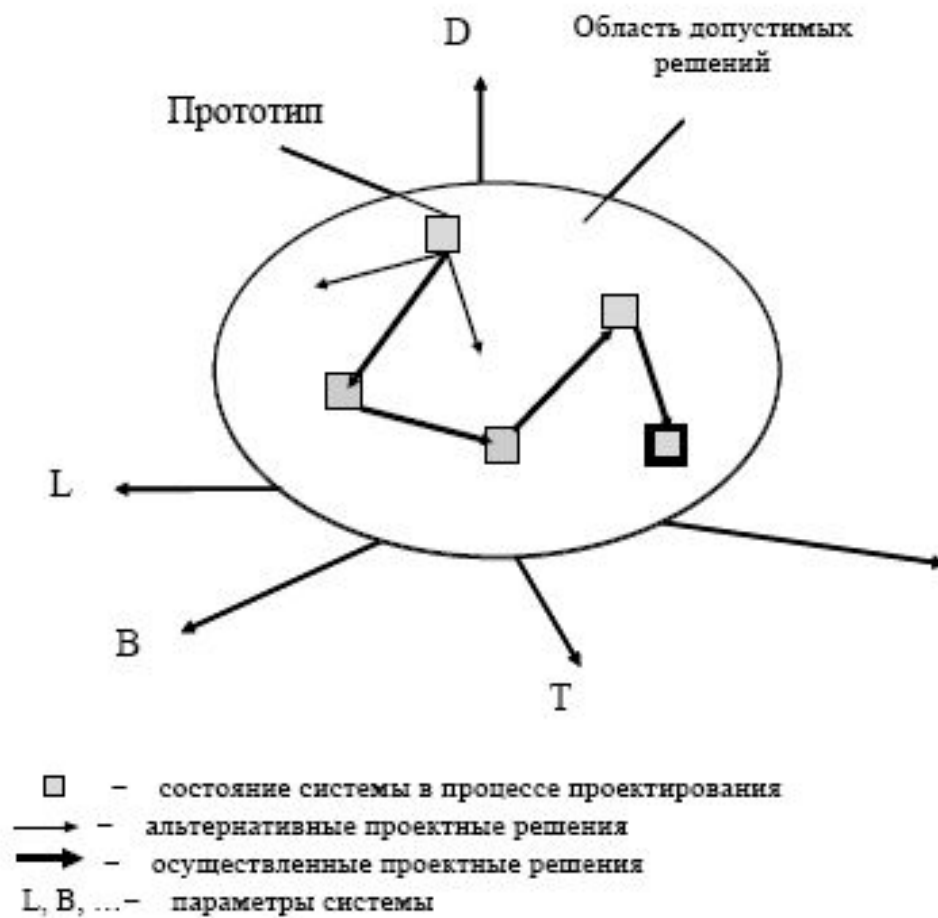
# Проектирование (системы «корабль»)

- продуктом проектирования является упорядоченная информация, служащая знаковой моделью объекта, реально *не существующего в момент проектирования*;
- процедуры проектирования представляются как процедуры преобразования *исходного описания* объекта в его *конечное описание* в некотором пространстве;
- вследствие сложности проектируемых объектов в их создание на каждом этапе вовлекаются различные специалисты, что придает проектированию характер *коллективной деятельности*. При этом необходимо находить *компромисс* между интересами различных групп;
- *нестабильность и неопределенность* постановки задачи, ее изменчивость до завершения процесса проектирования;
- проектирование, как правило, носит *итерационный*, многовариантный характер, в ходе которого используются различные научно-технические знания.

# Фазы и стадии проекти- рования



# Проектирование системы в пространстве состояний



# Теория графов

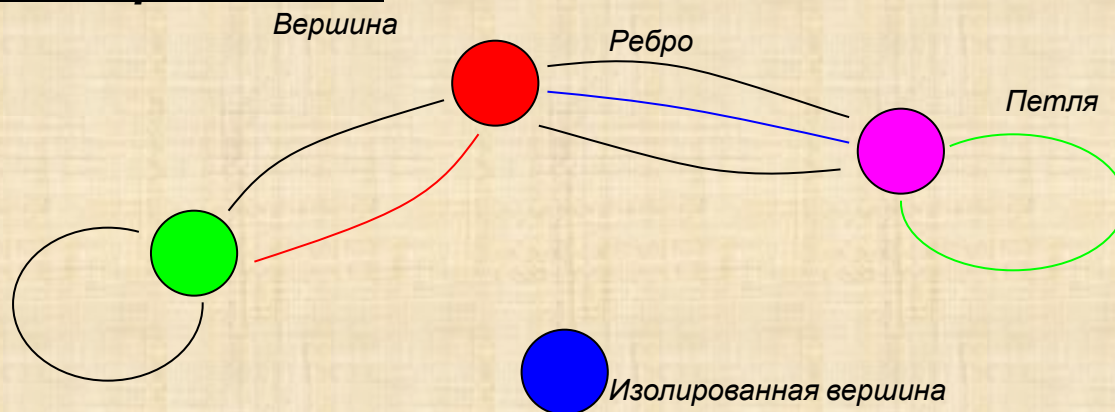
- Графом называется совокупность конечного числа точек, называемых вершинами графа, и попарно соединяющих некоторые из этих вершин линий, называемых ребрами или дугами графа.
- Или: графом называется непустое множество точек (вершин) и отрезков (ребер), оба конца которых принадлежат заданному множеству точек



# Граф

Граф – это схема, в которой обозначается только наличие элементов и связей между ними, а также (в случае необходимости) разница между элементами и между связями.

То есть граф состоит из элементов произвольной природы называемых **вершинами** и связей между ними называемых **ребрами** (или **дугами**). При несимметричности связей, изображающее ее ребро снабжают стрелкой. При наличии стрелок граф называется **ориентированным** (полностью ли частично), если направления ребер не указаны – **неориентированным**.



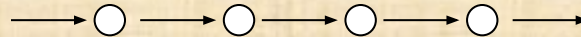
# Структуры

Графы могут изображать любые структуры.

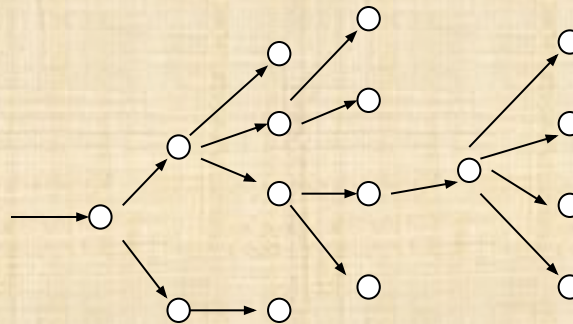
**В организационных системах** часто используются линейные, древовидные (иерархические) и матричные структуры;

**в технических системах** чаще встречаются сетевые структуры; в теории систем важное место занимают структуры с обратными связями, которые соответствуют кольцевым путям в ориентированных графах.

Линейная структура

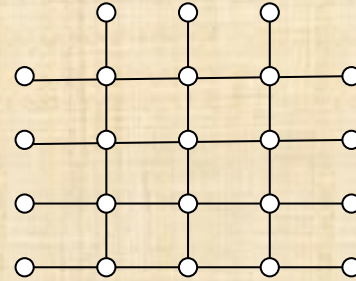


Древовидная структура

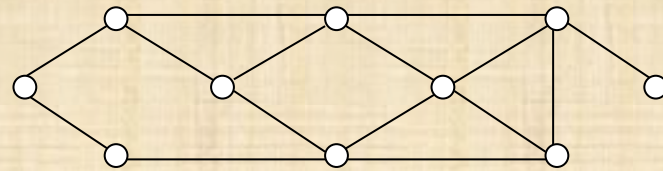


# Структуры

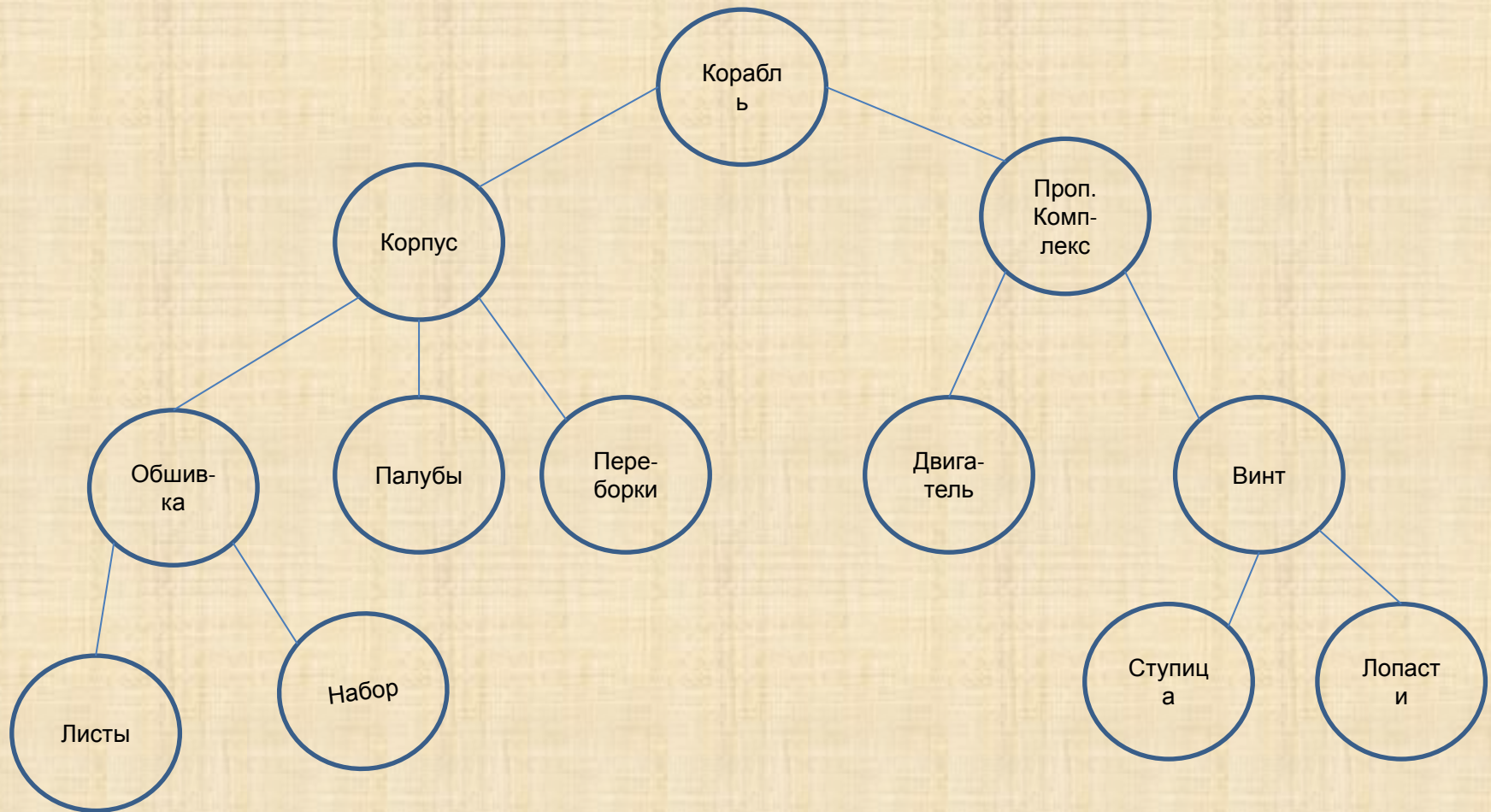
Матричная структура



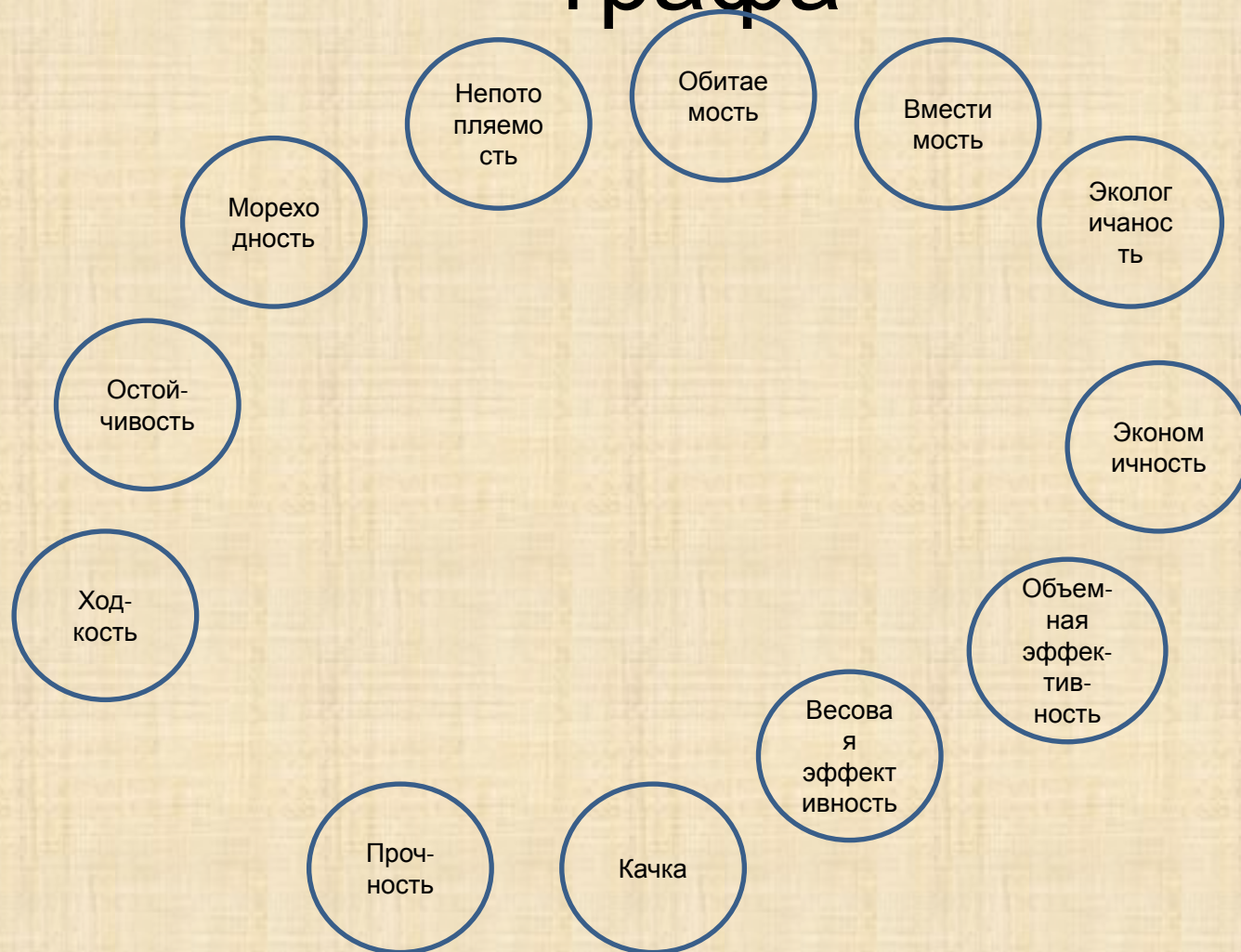
Сетевая структура



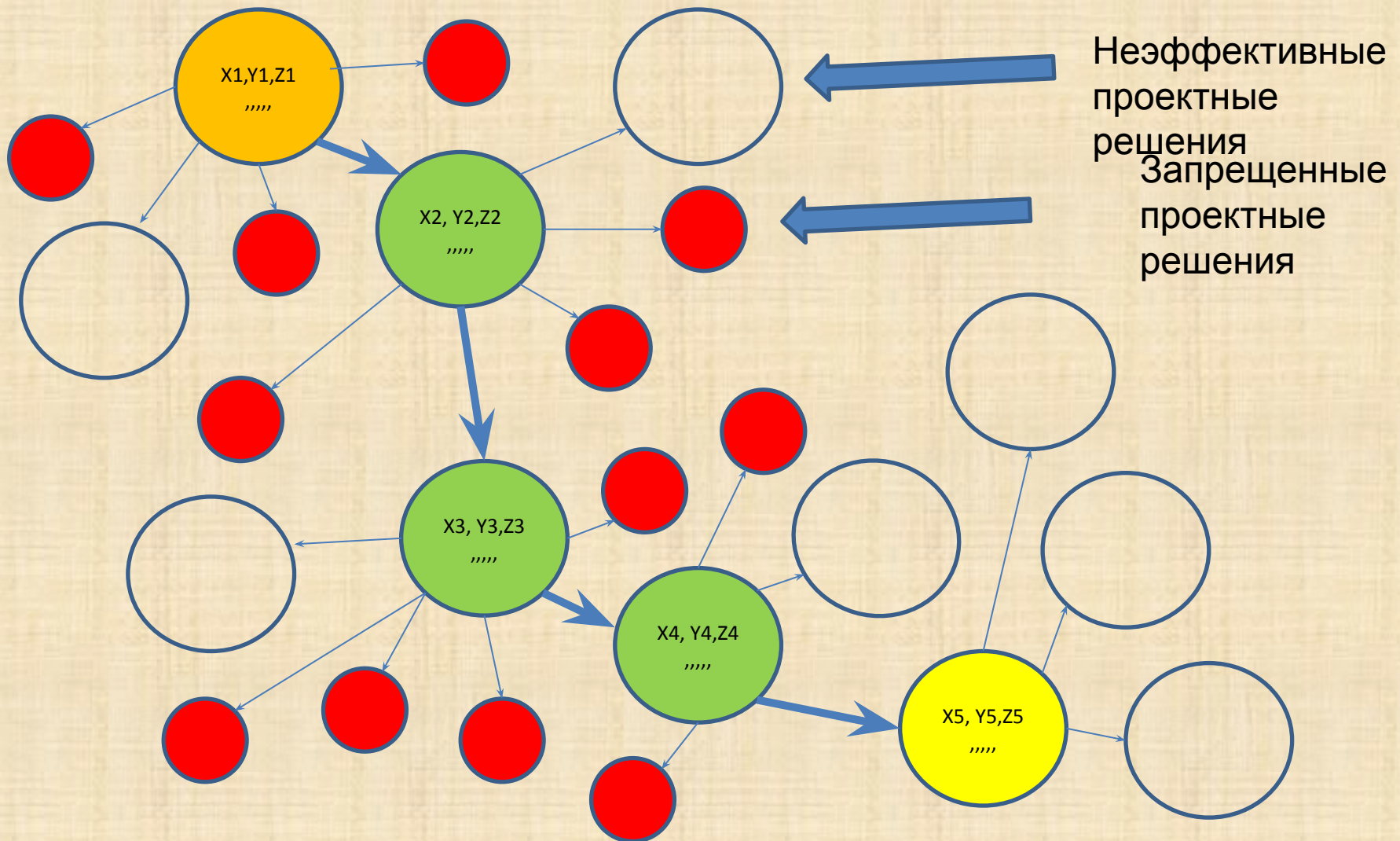
# Представление системы «Корабль» в виде графа



# Представление свойств в виде графа



# Представление состояния системы в виде графа



Методы проектирования



Алгоритмические

Эвристические

Массовость	→	нет
Детерминированность	→	нет
ь	→	нет
Результативность		

# Определения

- Массовость – процедура предназначена для решения класса однородных задач;
- Детерминированность – одинаковость результата при нескольких расчетах с одними и теми же исходными данными;
- Результативность – конечность применения указаний для получения результата или констатации отсутствия решения.



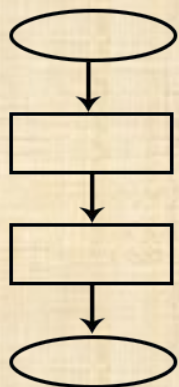
# Методы мышления

- Полностью алгоритмическое (жесткое)
- Дедуктивные эвристические методы (оптимизация)
- Эвристические процедуры, не гарантирующие результат (нечеткая логика)
- Полуформализованные эвристические действия (что-то выбирается интуитивно)
- Интуитивные эвристические действия

# Алгоритмические методы

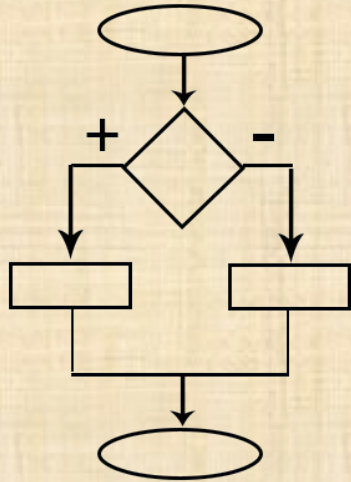
## Виды алгоритмов

линейный

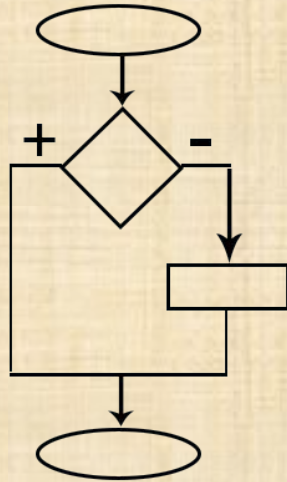


разветвляющийся

полное  
ветвление

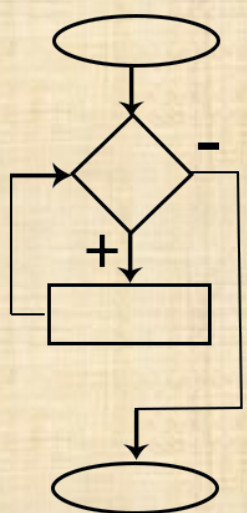


не полное  
ветвление



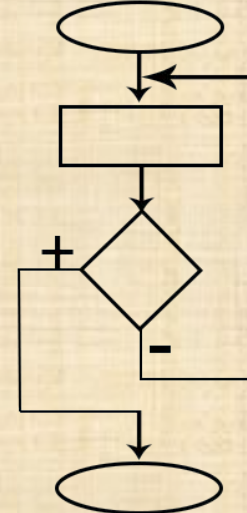
циклический

цикл  
с предусловием



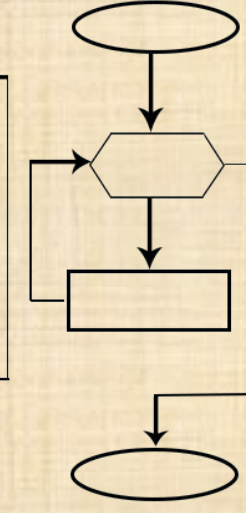
цикл типа ПОКА

цикл  
с постусловием



цикл типа ДО

цикл  
с параметром



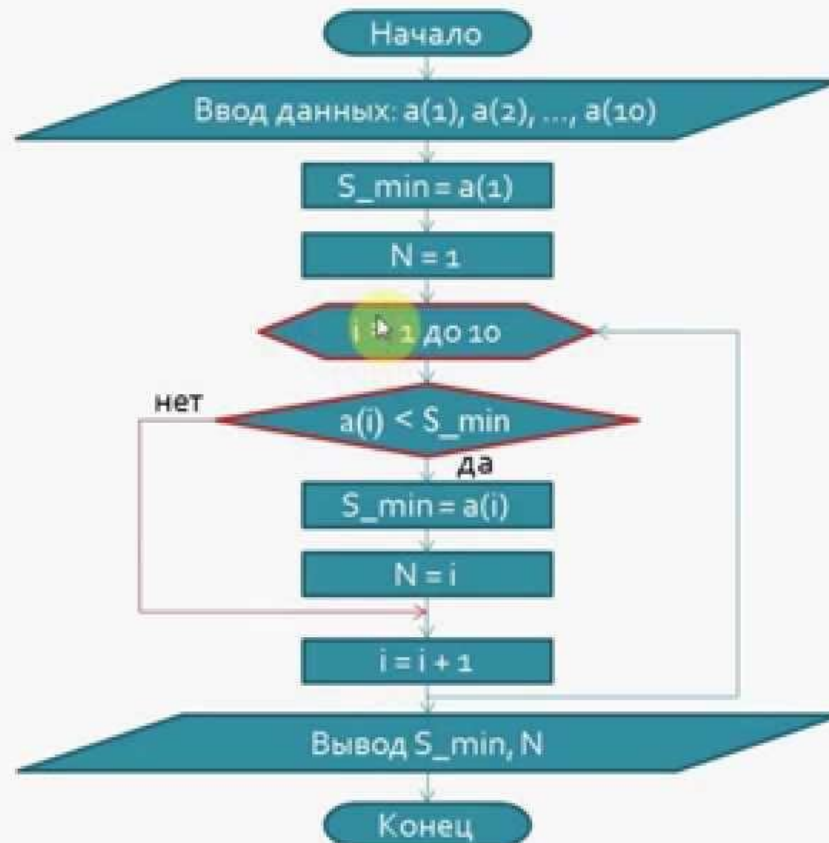
цикл типа ПОКА

# Алгоритм

## Алгоритм поиска минимального элемента массива

$i = 1$   
 $S\_min = 6$   
 $N = 1$

$a(i)$
6
12
0
4
20
-3
8
18
-2
3



# Эвристические приемы (1)

Прием	Решаемые задачи	Формализация	Мат. аппарат
Аналогия	Восполнение недостающей информации	Частичная	Мат. моделирование
Имитация	Восполнение недостающей информации	Полная	Теория вероятностей, мат. статистика, планирование эксперимента
Ранжирование	Выделение значащих факторов и отбрасывание второстепенных	Частичная	Теория экспертных оценок и т.д.
Линеаризация	Упрощение алгоритмов решения проектных задач	Полная	Мат. Анализ, математическое программирование, регрессионный анализ

# Эвристические приемы (2)

Прием	Решаемые задачи	Формализация	Мат. аппарат
Декомпозиция	Сведение задачи к подзадачам. Упрощение алгоритмов решения. Снижение размерности задач.	Частичная	Теория сложных систем, корреляционный анализ
Агрегирование	Упрощение алгоритмов решения задачи. Снижение размерности задачи. Обработка эмпирической информации.	Частичная	Математическое программирование
Унификация	Упрощение решения. Повышение надежности и технологичности.	Частичная	Вычислительный эксперимент

# Эвристические приемы (3)

Прием	Решаемые задачи	Формализация	Мат. аппарат
Детерминация	Исключение влияния случайности с целью упрощения задачи.	Полная	Математическая статистика
Оптимизация	Выбор варианта решения. Синтез системы.	Полная	Математическое программирование
Адаптация	Увеличение гибкости математических моделей проектирования.	Частичная	Искусственный интеллект, математическое программирование