



ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Дейнеко С.В.



Москва - 2014



ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ



ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

- Уменьшение вероятности отказов изделий и конструкций.
- Установление количественных закономерностей возникновения отказов техники и технологических сооружений и разработка способов снижения числа отказов.



ЗАДАЧИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

1. Обоснование количественных характеристик – показателей надежности;
2. Построение моделей, позволяющих вычислить эти показатели для сложных систем по информации об ее элементах;
3. Разработка технологических схем и параметров систем и конструкций, обеспечивающих оптимальное сочетание надежности, эффективности и качества;
4. Рекомендации по рациональному выбору средств обеспечения надежности при проектировании технических систем и техногенных объектов;
5. Разработка методов контроля технического состояния эксплуатируемых объектов, а также рекомендаций по средствам и методам диагностирования;
6. Определение методов целенаправленного влияния на надежность эксплуатируемых установок и технических сооружений, в частности путем внедрения организационных и технологических мероприятий по их ремонту и профилактическому обслуживанию;
7. Разработка процедур получения первичной информации о надежности, в частности с помощью испытаний на надежность и обработки результатов этих испытаний;
8. Разработка рекомендаций по резервированию систем, выбору рационального количества запасных частей и т.д.;
9. Разработка методов контроля надежности при приемке изделий и конструкций.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

Основные термины теории надежности стандартизованы и разделены на следующие три группы: свойства, общие понятия и показатели.

Определение надёжности разработано государственным стандартом - «ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения».

ГОСТ 27.001-95 Система стандартов «Надежность в технике».

Основные понятия. Термины и определения»:

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надёжность трактуется государственным стандартом как **комплексное свойство**, состоящее из следующих единичных свойств: **безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость**. Определения единичных свойств надёжности приводятся в таблице.



ЕДИНИЧНЫЕ СВОЙСТВА НАДЕЖНОСТИ

№ п/п	Единичные свойства надёжности	Определение
1.	Безотказность	Свойство объекта сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов.
2.	Долговечность	Свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта.
3.	Ремонтопригодность	Приспособленность объекта к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния.
4.	Сохраняемость	Свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.



МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

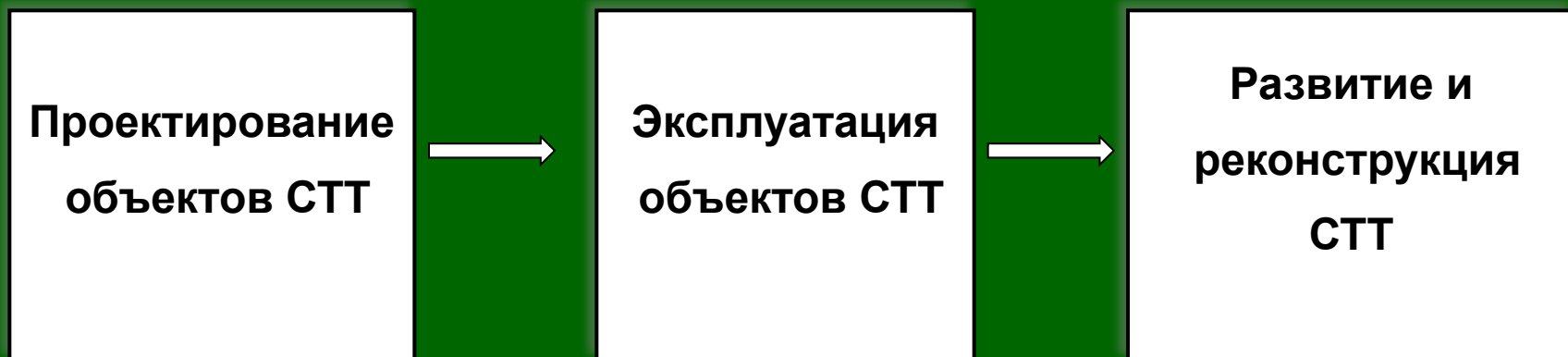
Математические методы теории надёжности основываются на использовании элементов

- теории вероятностей
- математической статистики
- теории случайных процессов
- теории массового обслуживания
- теории графов
- методов оптимизации



ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТТ

Решение задач и выполнение требований надёжности осуществляется на всех этапах жизненного цикла СТТ:





ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- На данном этапе формируются первоначальные показатели надежности объектов ГНП с учетом технологических особенностей и конструктивных схем отдельных элементов и линейных участков.
- При этом учитываются используемые материалы, определяются способы повышения безотказности и долговечности объектов ГНП в характерных условиях окружающей среды. На этапе проектирования разрабатываются нормативы.
- Сюда же отнесём и сооружение и испытание магистральных трубопроводов задачами, которых является разработка способов технологического контроля строительно-монтажных процессов и методов проведения предпусковых испытаний линейной части повышенным давлением для выявления производственных дефектов.



ЭТАП ЭКСПЛУАТАЦИИ

- На данном этапе решаются задачи, связанные с разработкой методов и способов определения технического состояния объектов ГНП и поддержания свойств надёжности, сформулированных на этапе проектирования.
- Этап эксплуатации включает сбор и обработку статистических данных о надёжности работы отдельных элементов трубопроводных систем, об удельных отказах и ущербах, построение моделей надёжности трубопроводных систем, выявление законов отказов и длительностей восстановления, разработку методов расчета показателей надёжности системы, разработку основных критериев и прогноз.



ЭТАП РАЗВИТИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ

На данном этапе особенно важен учёт надёжности с наибольшей экономической эффективностью. Этап развития и реконструкции частично совмещает первые два этапа жизненного цикла магистральных трубопроводов.

Здесь решаются следующие основные задачи:

- определение необходимого уровня надёжности ГНП;
- обеспечение заданного уровня надёжности ГНП;
- оптимизация уровня надёжности ГНП.

Здесь широко используются экономико-математические модели надёжности ГНП.



КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗМОЖНЫХ ДЕФЕКТОВ ТРУБ

ДЕФЕКТЫ ТРУБ

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ

Дефекты листов и лент, из которых изготавливаются трубы

Различные микро-расслоения, вкрапления окалины и неметаллических включений, поперечная разнотолщенность

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ

Несовершенство технологии изготовления труб

Дефекты поверхности

Наклеп, смещение или угловатость кромок, нарушение овальности труб

Дефекты сварки

Трещины, свищи, поры, непровары, шлаковые, флюсовые, окисные и сульфидные включения

СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Дефекты, обусловленные несовершенством технологии строительно-монтажных работ, нарушением технологических и проектных решений при транспортировке, монтажу, сварке, изоляционно-укладочных работ

Царапины, вмятины на поверхности труб, задиры, дефекты сварки швов и изоляционного покрытия

ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Механические повреждения трубопровода в результате несанкционированных воздействий

Развитие дефектов, заложенных на стадиях изготовления и строительства трубопровода (дефекты металла, сварных швов, механические повреждения труб и изоляционного покрытия в процессе строительного-монтажных работ)

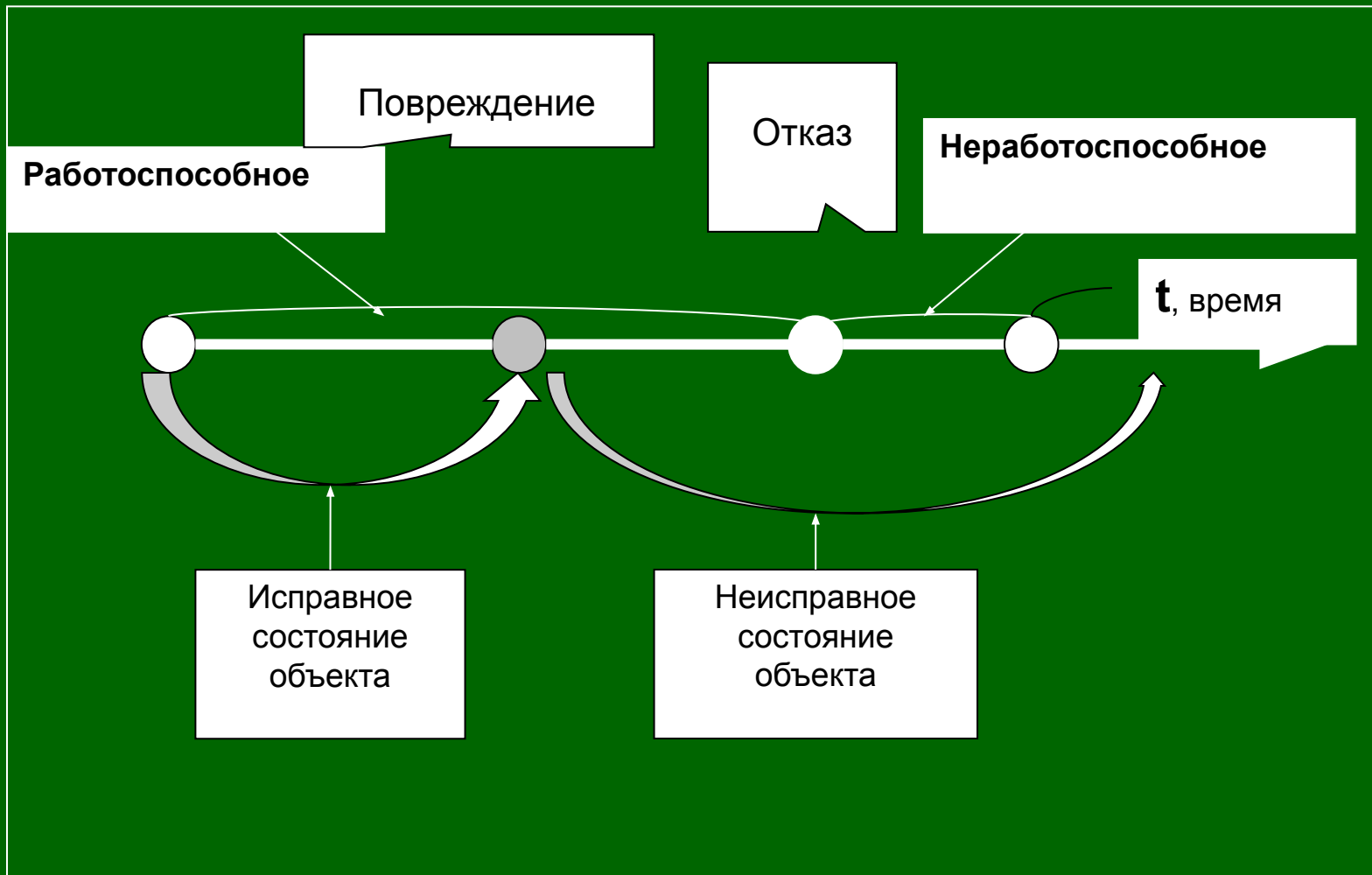
Коррозионные дефекты металла труб и сварных швов в результате воздействий перекачиваемого продукта и окружающей среды

Накопление усталостных повреждений в зонах концентрации напряжений металла труб и сварных швов

Изменение высотного-планового положения под влиянием гидро-геологических факторов природной среды



ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА ВО ВРЕМЕНИ





ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

№ п/п	Термины теории надёжности	Определение
1.	Исправность	Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, устанавливаемым нормативами технической документации.
2.	Неисправность	Состояние объекта, при котором он в данный момент не соответствует хотя бы одному из требований технической документации.
3.	Повреждение	Событие, заключающееся в нарушении исправности.
4.	Работоспособность	Состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.
5.	Не работоспособность	Состояние объекта, при котором он в данный момент времени не соответствует хотя бы одному из требований технической документации.



ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВРЕЖДЕНИЙ, ОТКАЗОВ, АВАРИЙ

1. Степень тяжести последствий отказа

2. Вид отказа

3. Механизм отказа

4. Причины отказа

5. Частота появления отказа

6. Параметр технического состояния, изменение которого привело к отказу

7. Меры предупреждения отказа



ВИДЫ ОТКАЗОВ

ВНЕЗАПНЫЙ

Характеризуется скачкообразным изменением основных параметров объекта

ПОСТЕПЕННЫЙ

Характеризуется постепенным изменением основных параметров объекта

ЗАВИСИМЫЙ

Связан с отказами других объектов

НЕЗАВИСИМЫЙ

Отказ элемента, который не связан с отказами других объектов

КОНСТРУКТИВНЫЙ

Ошибки при проектировании

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ

Строительно-монтажный брак

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ

Нарушение правил технической эксплуатации и негативные внешние воздействия



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГНП

Проведение базовых диагностических
обследований



Проведение расширенных диагностических обследований,
мониторинг



Экспертиза промышленной безопасности ГНП
как *единого целого*



*Оценка надежности и определение допустимого уровня риска аварии ГНП
Управление уровнем надежности и риска. Управление
технической диагностикой и планирование ремонта оборудования и
трубопроводов*

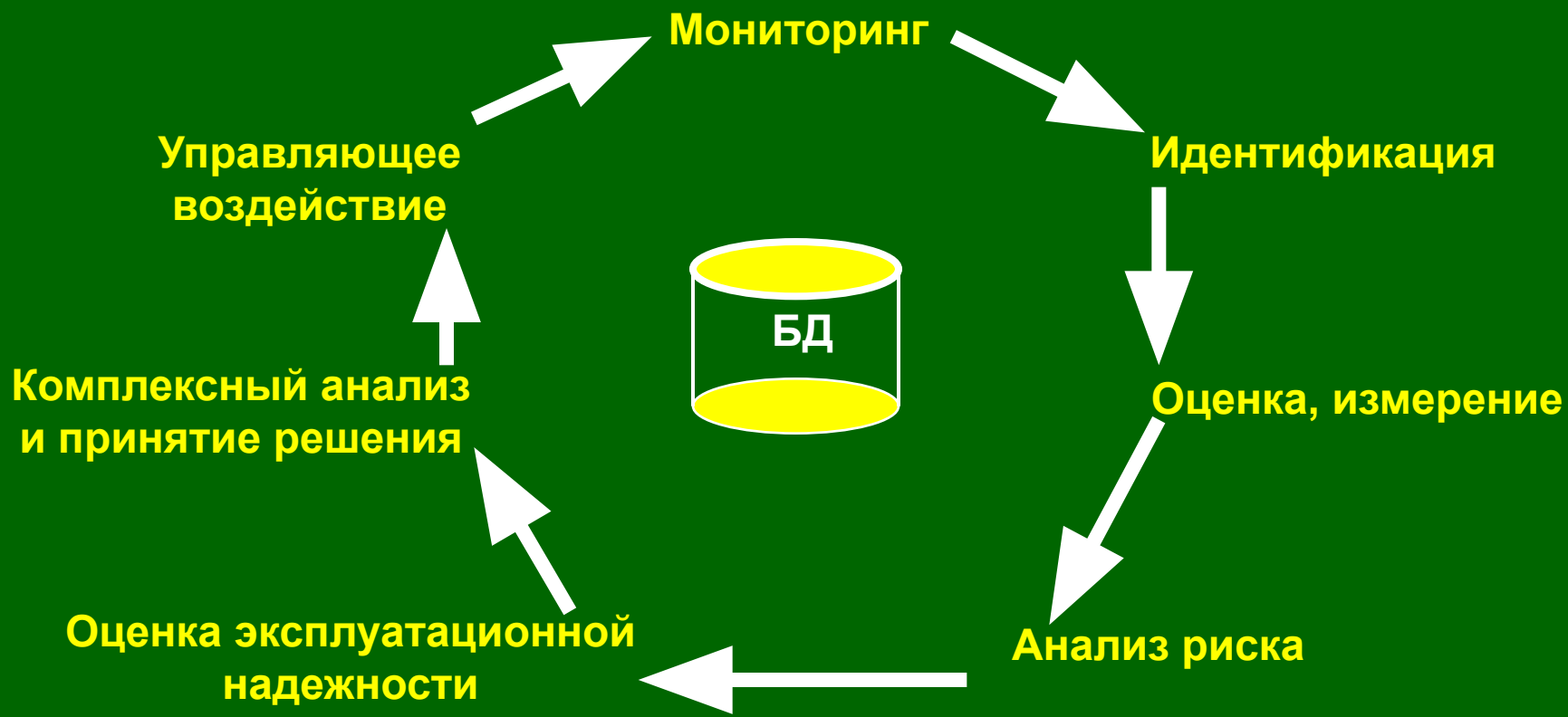


ШКАЛА УРОВНЕЙ РИСКА

КАТЕГОРИЯ РИСКА	ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ РИСКА
Высокий риск	$0,2 - 10^{-1}$
Риск выше среднего	$10^{-1} - 10^{-2}$
Средний риск	$10^{-2} - 10^{-3}$
Низкий риск	$10^{-3} - 10^{-6}$
Практически невероятное событие	$<10^{-6}$

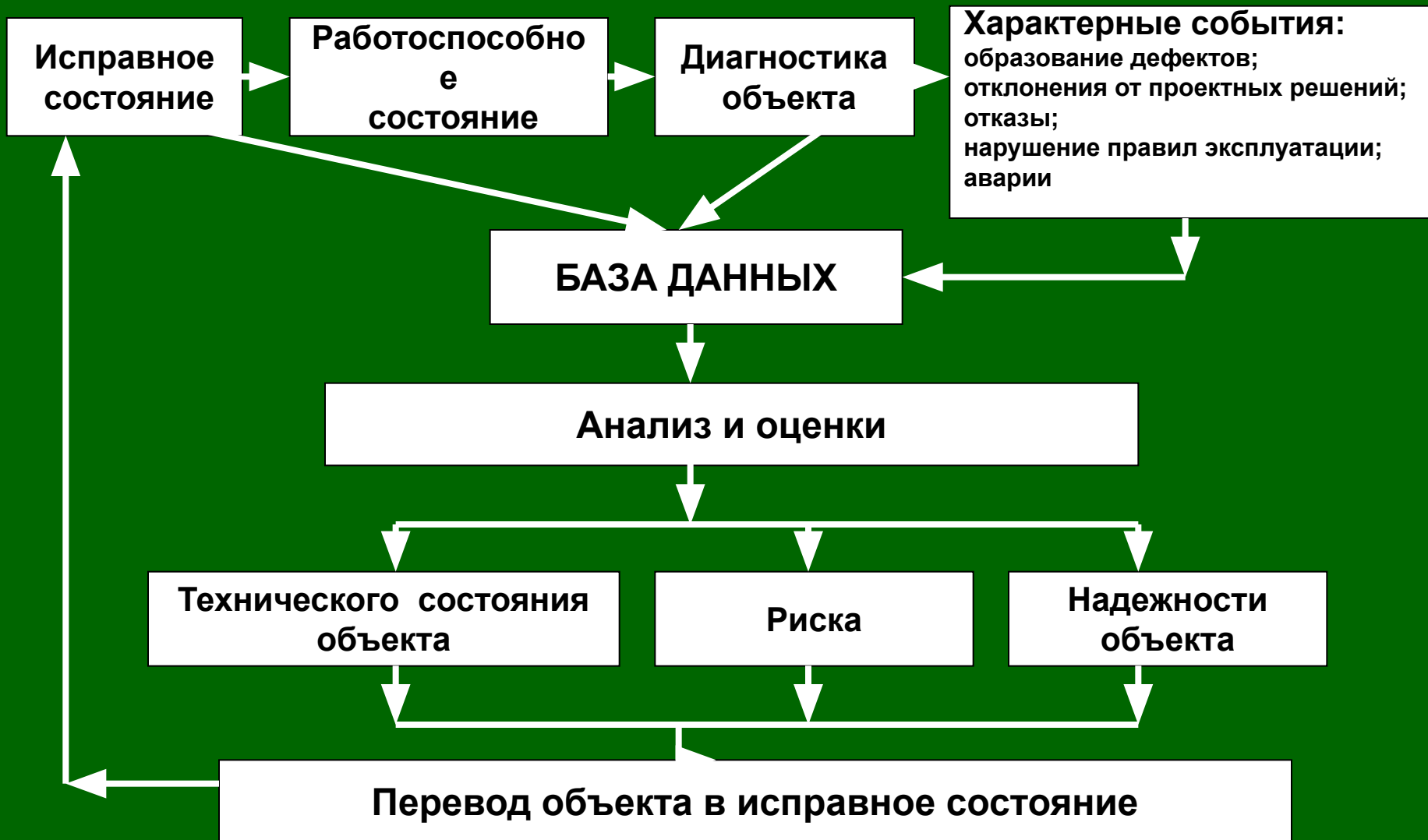


ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГНП





СИСТЕМА ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ





ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЕСПЕЧИВАЕТ РЕШЕНИЕ СЛЕДУЮЩИХ ЗАДАЧ

1. Повышение надежности эксплуатации промышленных объектов.
2. Снижения риска возникновения отказов и аварий.
3. Обеспечение экологической безопасности.
4. Повышение качества и эффективности эксплуатации промышленных объектов.
5. Уменьшение экономических затрат на эксплуатацию оборудования ГНП за счет:
 - рационального планирования и организации проведения ремонтов;
 - рационального планирования и организации проведения технической диагностики;
 - предупреждения отказов и аварий.

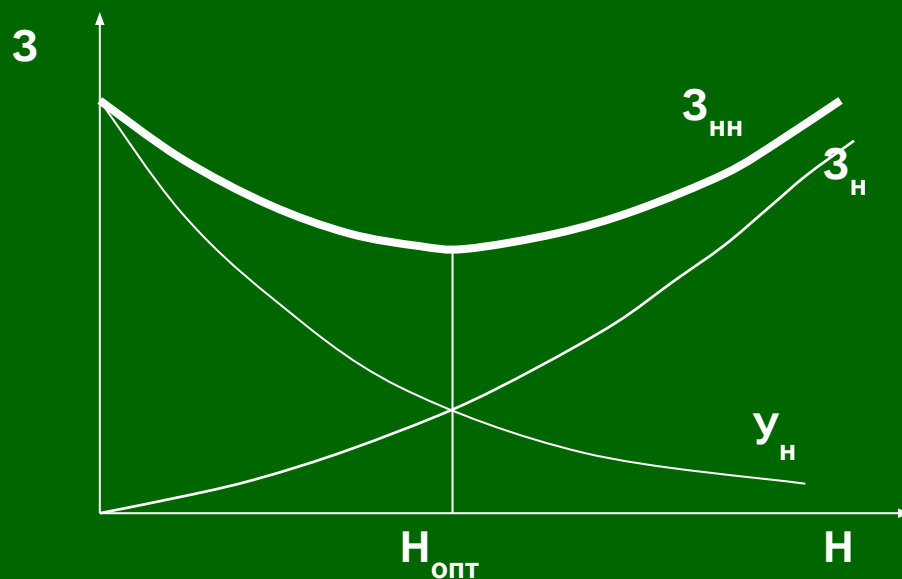


ВОЗМОЖНЫЕ УЩЕРБЫ И МАТЕРИАЛЬНЫЕ ПОТЕРИ ОТ ОТКАЗОВ НА ГНП





ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ГНП



ось $З$ – денежные затраты и ось $Н$ – количественная оценка надежности исследуемой системы (показатель надежности); $Зн$ – затраты на обеспечение надежности; $Ун$ – экономический ущерб от ненадежности; $Знн$ – сумма $Зн + Ун$; $Н_{опт}$ – оптимальные затраты на обеспечение надежности системы (рациональная надежность)

Анализируют соотношение цены и качества обеспечения надежности системы, на основании чего выбирают нормированный уровень надежности при оптимальных экономических затратах.



МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА ГАЗА И НЕФТИ



ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГНП

Этпaп 1. Построение структурной модель-схемы надежности ГНТС на базе анализа факторов, влияющих на надежность системы.

Этпaп 2. Сбор и обработка статистических данных об отказах ГНТС за период наблюдения. Построение вариационного ряда.

Этпaп 3. Выдвижение гипотезы о законе распределения случайной величины – о теоретическом распределении вероятности безотказной работы объекта исследования.

Этпaп 4. Построение теоретической модели надежности объекта исследования.

Этпaп 5. Проверка гипотезы: соответствия построенной теоретической модели надежности действительности, т.е. проверка модели на адекватность действительности.

Этпaп 6. Расчет количественных параметров и характеристик теоретической модели надежности объекта.

Этпaп 7. Разработка управляющего воздействия на повышение надежности ГНТС на базе технико-экономического анализа.



ПЕРВЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГНП

На данном этапе формулируется постановка задачи надежности системы ГНП.

Проводится анализ факторов, влияющих на надежность системы. Анализ включает описание условий функционирования системы.

Формулируется критерий отказа системы, основой которого является определение требуемого уровня подробности рассмотрения системы.

На данном этапе применяются допущения и ограничения, исходя из которых, строится *структурная модель-схема надежности* системы ГНП с последовательно-параллельными соединениями элементов на базе правил приводимых и неприводимых систем.



ВТОРОЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГНП

На этом этапе производится сбор и обработка наблюдений по отказам элементов системы ГНП на основе конкретных статистических методов анализа данных.

Проверяется однородность исследуемых данных, т.е. устанавливается принадлежность результатов наблюдений одной и той же генеральной совокупности.

Очень важной задачей на данном этапе является *построение вариационного ряда* – статистического распределения вероятности безотказной работы объекта исследования в рассматриваемом интервале времени.



ТРЕТИЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГНП

Определяется переход от реальной исследуемой системы к ее математической абстракции, т.е. построение математической модели надежности исследуемого объекта.

Для этих целей используется качественная оценка статистической информации на базе ее графического представления с учетом характерных законов распределения отказов, присущих конкретным элементам системы ГНП.

Итогом исследования на данном этапе является *выдвижение гипотезы о виде закона распределения случайной величины* – о теоретическом распределении вероятности безотказной работы. Выдвижение гипотезы о законе распределения случайной величины обосновывается.



ЧЕТВЕРТЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГНП

На данном этапе выбираются методы математического и компьютерного моделирования.

Например, для компьютерного моделирования это может быть метод наименьших квадратов или, графический метод – линий тренда, или метод регрессионного анализа.

В качестве компьютерной среды можно использовать как статистические специализированные системы программ, так и пакеты анализа данных в Excel или системы компьютерной математики.

Результатом компьютерного моделирования является построение *теоретической модели надежности (функции надежности)* объекта исследования, на основе которой вычисляют статистические параметры модели надежности.



ПЯТЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГНП

Проводится исследование *соответствия теоретической модели надежности действительности* (проверка модели на адекватность действительности), т.е. производится проверка гипотез.

Для этих целей используются критерии согласия и корреляционный анализ. В результате чего приводится обоснование принятой модели.



ШЕСТОЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГНП

Вычисляются *количественные параметры и характеристики надежности* исследуемого объекта на базе построенной модели.

Определяются интенсивность отказов, математическое ожидание наработки между отказами, среднее время (математическое ожидание) восстановления объекта исследования, коэффициент готовности, коэффициент вынужденного простоя, коэффициент технического использования и т.п.

На данном этапе делается прогноз оценки надежности исследуемого объекта системы ГНП.



СЕДЬМОЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГНП

Осуществляется выработка управляющего воздействия на повышение надежности объектов систем на базе технико-экономического анализа.



СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ- СХЕМА НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТА



ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛЬ-СХЕМЫ

Оценка надежности системы с помощью структурной модель-схемы заключается в некотором *комбинировании вероятностей* безотказной работы элементов, вычисленных на основе *соответствующих законов распределения вероятностей*, что позволяет определить вероятность безотказной работы системы в целом.



СТРУКТУРНАЯ ФУНКЦИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

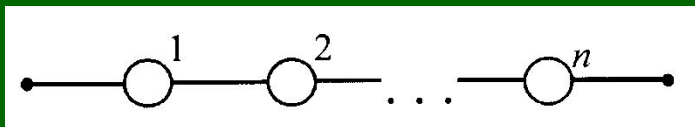
- Рассмотрим элементы с двумя возможными состояниями. Работоспособному состоянию поставим в соответствие единицу, а неработоспособному — нуль. Такие элементы называются бинарными, или *булевыми*. Система — это совокупность n элементов, определенным образом взаимосвязанных. Будем считать, что система также может быть только в двух состояниях: работоспособном и состоянии отказа.
- Каждому элементу i поставим в соответствие булеву переменную x_i . Состояние системы определяется состоянием всех ее элементов, или вектором. Будем характеризовать систему *структурной функцией работоспособности* (СФР) положив

$$S(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{если система работоспособна,} \\ 0 & \text{если система в состоянии отказа.} \end{cases}$$



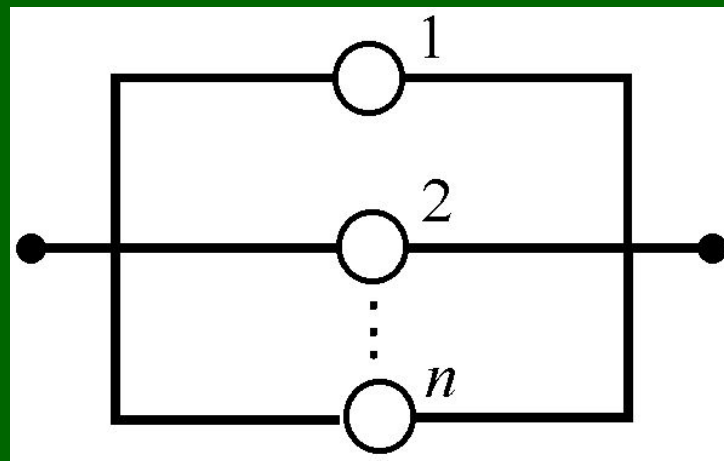
ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРУКТУРНОЙ СХЕМЕ НАДЁЖНОСТИ

Последовательное соединение



$$S(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^n x_i = \min_{1 \leq i \leq n} x_i = \bigwedge_{i=1}^n x_i$$

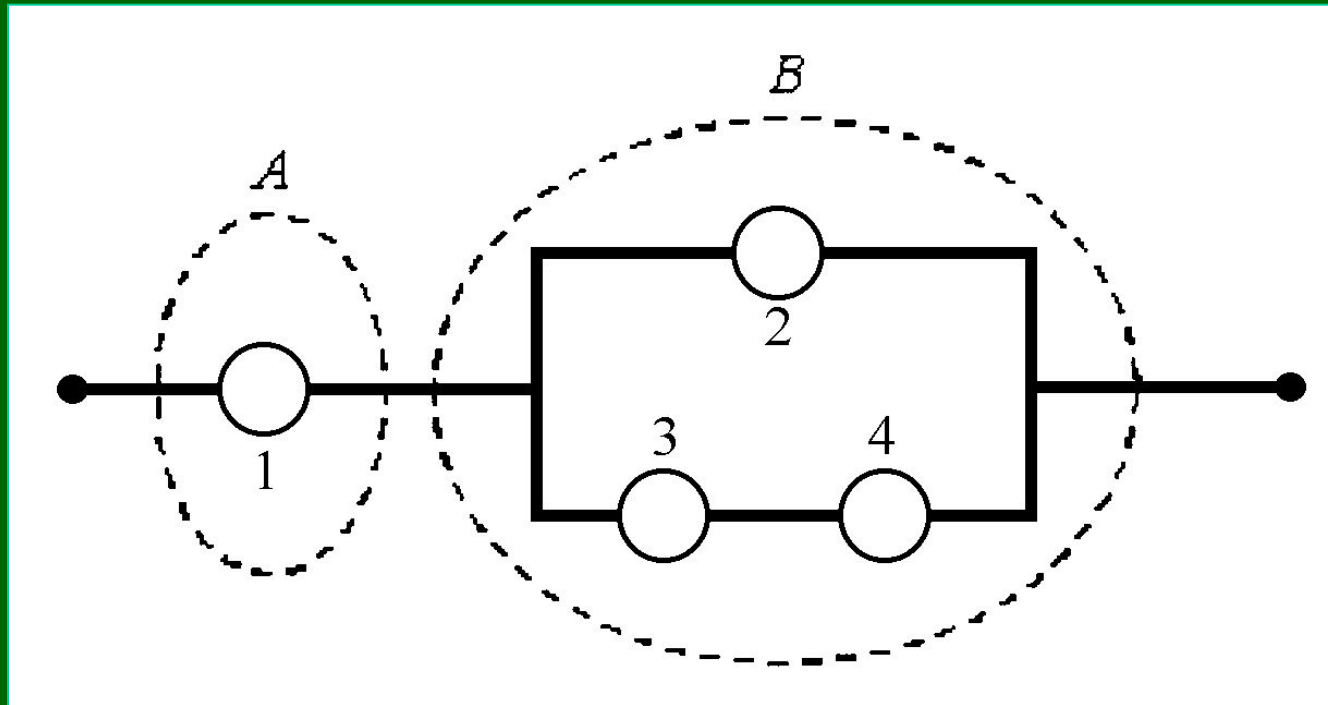
Параллельное соединение



$$S(\mathbf{x}) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - x_i) = 1 - \prod_{i=1}^n \bar{x}_i = \max_{1 \leq i \leq n} x_i = \bigvee_{i=1}^n x_i$$



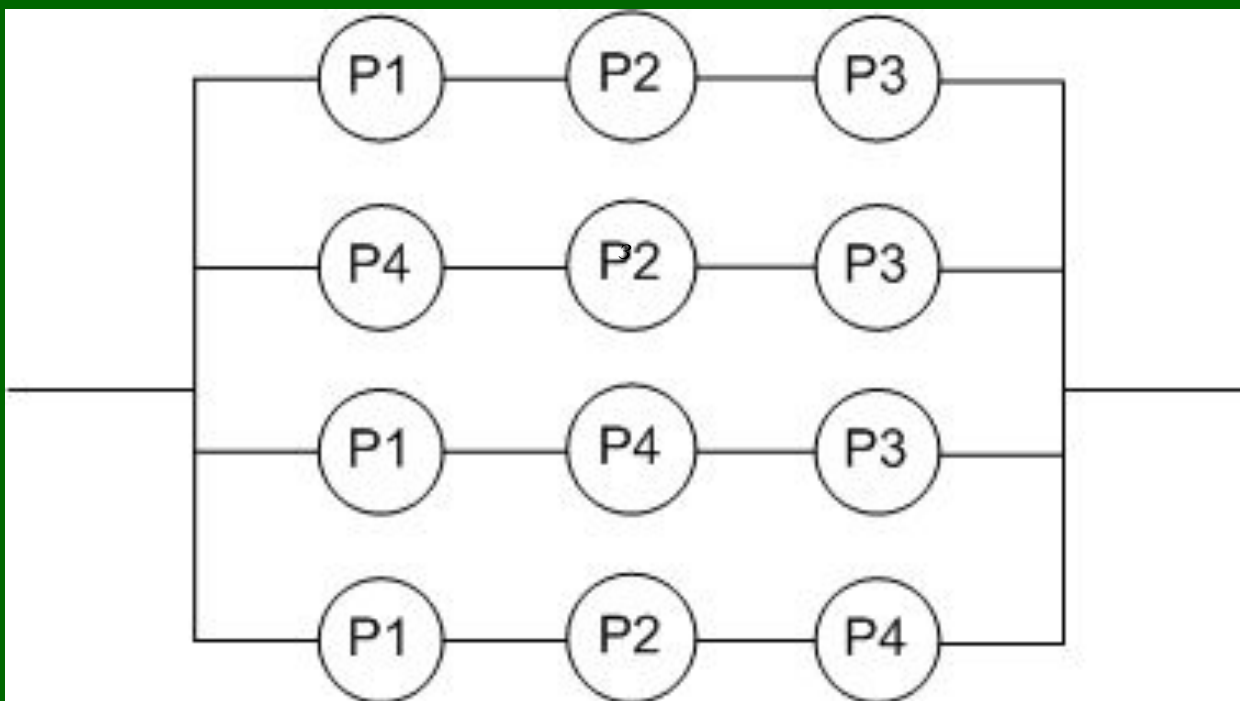
ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ



$$S(x) = S(x_1, x_2, x_3, x_4) = S_A(x_1)S_B(x_2, x_3, x_4) = x_1 [1 - (1 - x_2)(1 - x_3 x_4)]$$



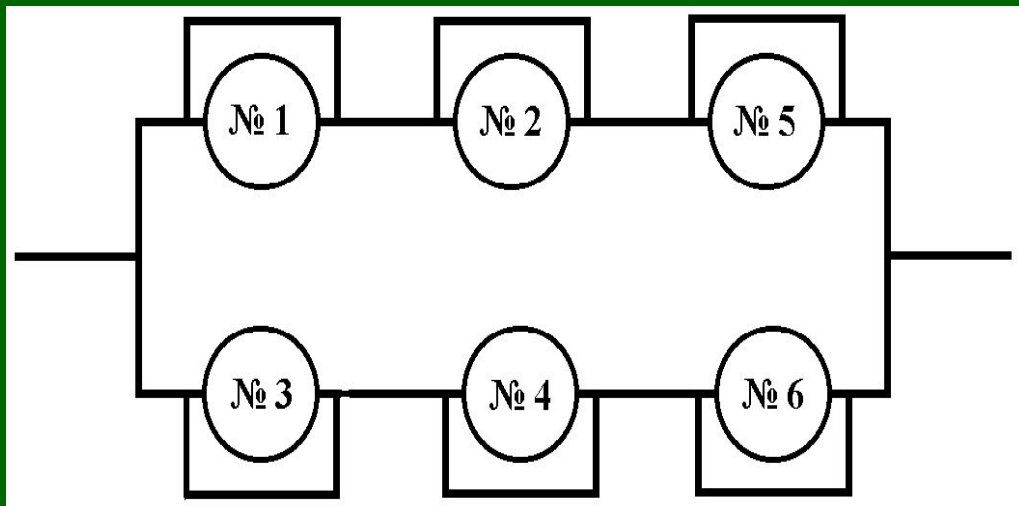
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА НАДЕЖНОСТИ МНС-1



$$S(\mathbf{x}) = 1 - (1 - x_1 x_2 x_3)(1 - x_4 x_2 x_3)(1 - x_1 x_4 x_3)(1 - x_1 x_2 x_4).$$



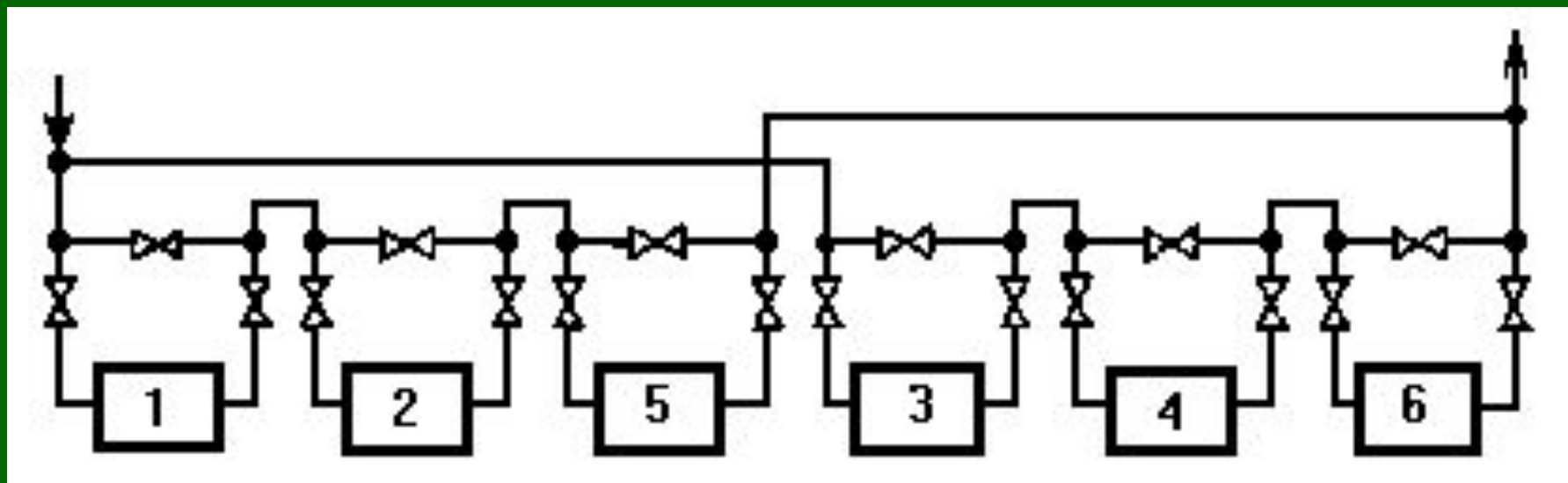
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ МСН



В цехе перекачивающей станции установлено 6 агрегатов. Основной режим работы — двухступенчатое сжатие в две параллельные группы. В каждой группе имеется по одному резервному агрегату. Принципиальная схема цеха изображена на рисунке.



СХЕМА КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА С РЕЗЕРВНЫМ АГРЕГАТОМ В ГРУППЕ С ЗАДВИЖКАМИ



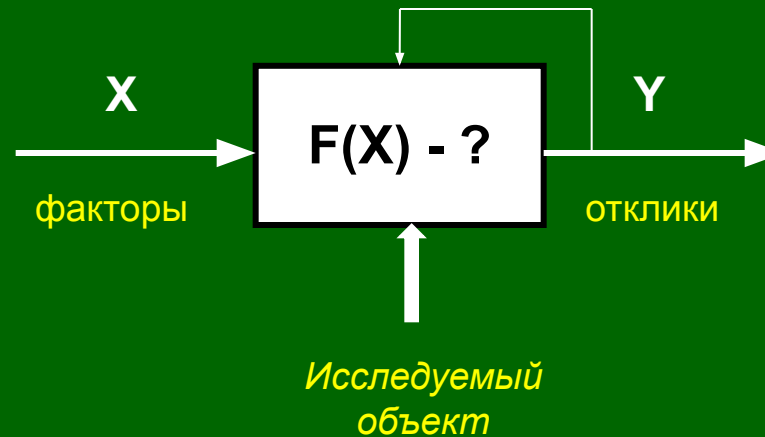
$$S(\mathbf{x}) = [1 - (1 - x_1x_2)(1 - x_1x_5)(1 - x_2x_5)][1 - (1 - x_3x_4)(1 - x_3x_6)(1 - x_4x_6)].$$



КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ



ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ГНТС



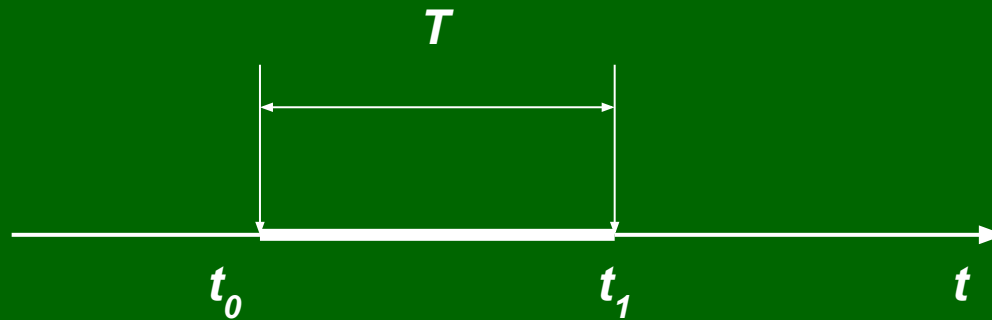
Факторы (x_i) - независимые переменные, отклики (y_i) – зависимые.

Главной задачей при построении модели надежности ГНТС является установление *функциональной зависимости $F(X)$ между факторами x_i , воздействующими на систему, и откликами y_i , которые являются реакцией системы на воздействие.*

Полученная функциональная зависимость позволяет провести расчеты количественных характеристик надежности ГНТС или их параметров, что в конечном итоге дает возможность разработать управляющие воздействия, направленные на повышение надежности исследуемой системы



ПОЯСНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ

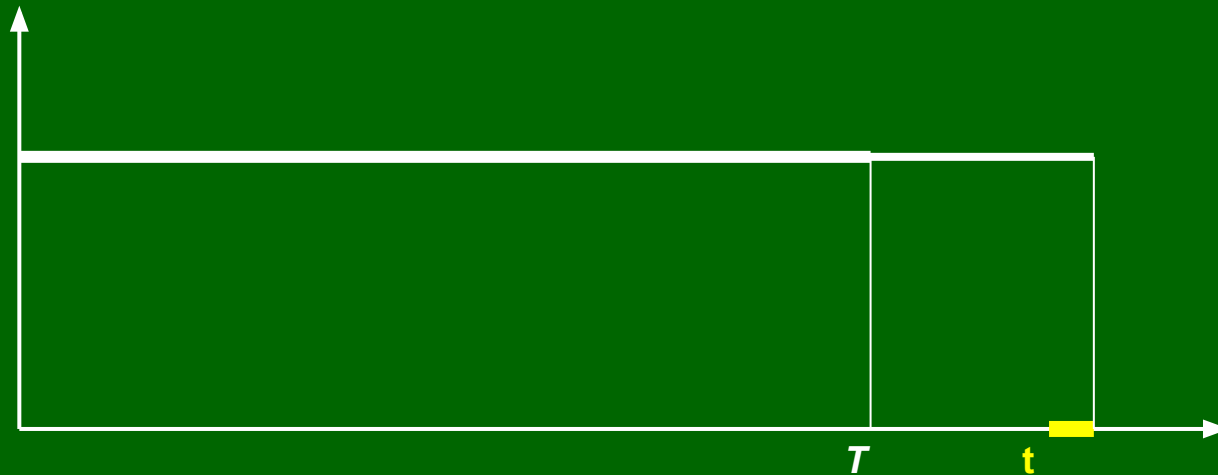


Наработка до отказа



ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКАЗА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ НАРАБОТКИ

$$F(t) = P\{T \leq t\}, \quad t \geq 0$$

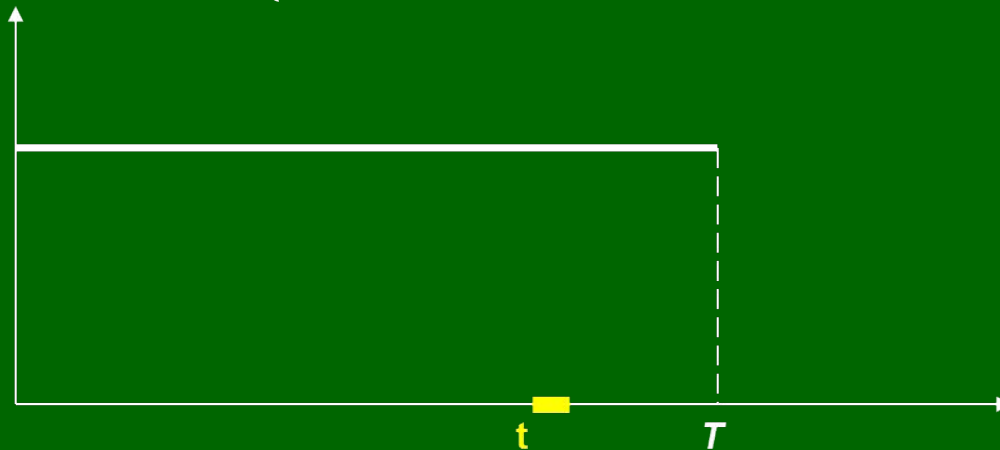


$F(t)$ – вероятность того, что время работы объекта до отказа T (наработка до отказа) **не превысит** заданное время t .



ПОЯСНЕНИЕ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ

$$P_R(t) = P\{T > t\} = 1 - F(t) = R(t)$$

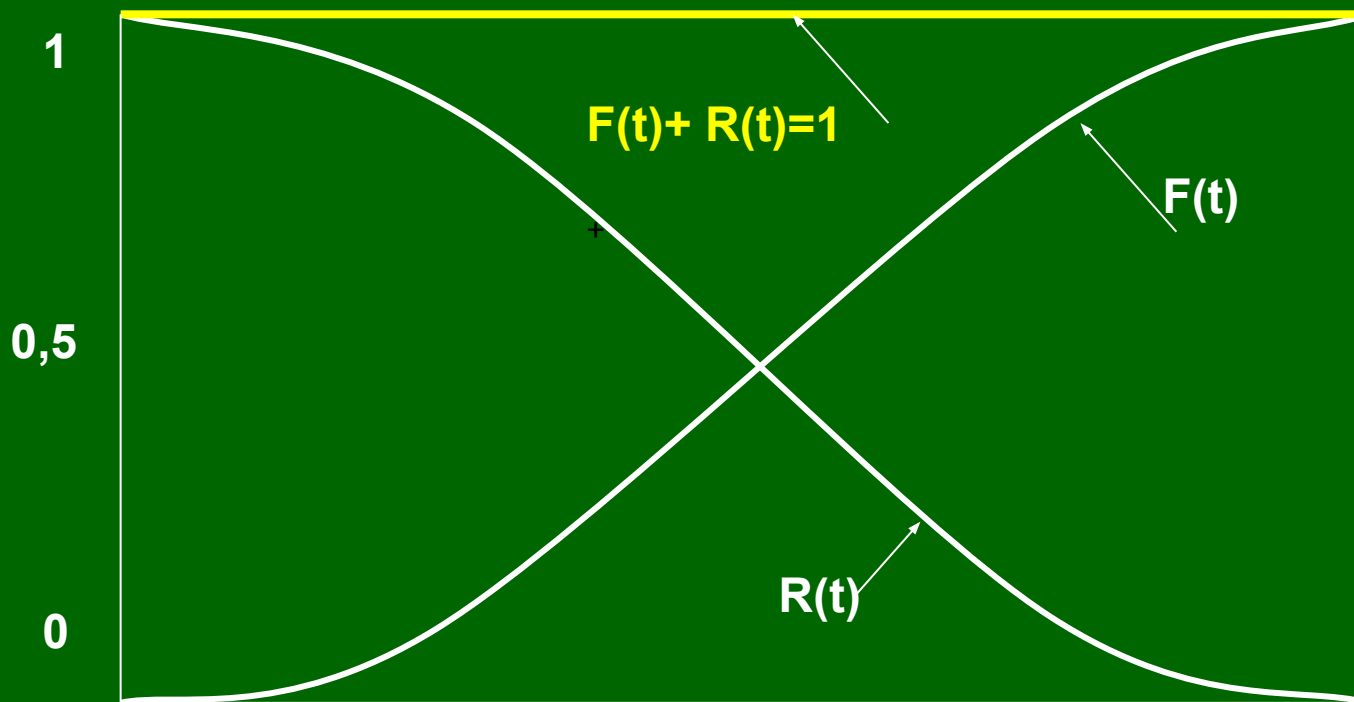


$PR(t)$ – это вероятность того, что в пределах заданной наработки **t** отказ объекта не возникает



ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ЗА ЗАДАННОЕ ВРЕМЯ ИЛИ ФУНКЦИЯ НАДЕЖНОСТИ – $R(t)$

$$P(A) + P(B) = 1 \quad \equiv \quad F(t) + R(t) = 1$$





ПЛОТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Это третья характеристика случайной величины T , которая также может служить показателем надежности объекта наряду с вероятностями отказа и безотказной работы.

Плотность распределения существует, если наработка является случайной величиной непрерывного типа, иначе говоря, если функция распределения дифференцируема, то *первая производная $F(t)$ определяет плотность распределения:*

$$f(t) = F'(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$



ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ

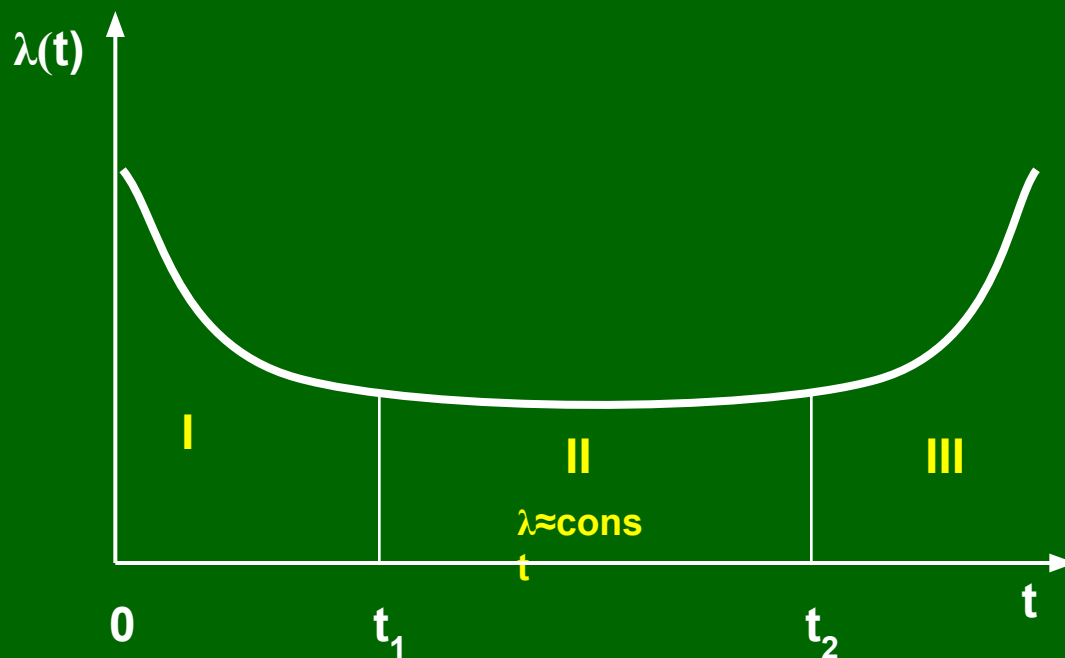
Определяется как условная плотность вероятности отказа, при условии, что до момента t отказ не произошел.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{P_R(t)}$$

где $f(t)$ – плотность распределения отказов;
 $P_R(t)$ – вероятность безотказной работы объекта;
 t – текущая длительность наработки.



ХАРАКТЕРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ОТ ВРЕМЕНИ



Изменения интенсивности отказов имеет следующие три характерных участка:

I (от 0 до t_1) – период приработки;

II (от t_1 до t_2) – период нормальной работы;

III (от t_2 до и далее) – период старения и износа.



ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

- Можно сделать вывод, что $\lambda(t)$ является одной из форм закона *распределения случайной величины*.
- Из чего следует, что все четыре характеристики случайной величины $F(t)$, $R(t)$, $f(t)$ и $\lambda(t)$ выражаются одна через другую, поэтому знание какого-либо одного из них позволяет однозначно определить все три другие показатели надежности.



ПОСТРОЕНИЕ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ



ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ПОСТРОЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ КС

Рассмотрим задачу обработки информации и построение вариационного ряда безотказной работы МГ на примере отказов и аварийных остановок МГ «Мирное-Изобильное».

Сбор информации осуществлен на основе журнала аварийных остановок МГ за период (4,5 лет) с 1969 по 1974 г.г. - период приработки.

Обработанные данные по отказам сведены в таблицу.



ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1. Построить *вариационный ряд* безотказной работы МГ и определить:
2. Число интервалов, количество которых зависит от объема наблюдений.
3. Ширину интервала Δt (в сутках).
4. Середину интервала t .
5. Число отказов в интервале n – эмпирическую частоту отказов в интервале.
6. Эмпирическую частоту отказов к моменту $n(t)$ – число отказов к моменту (суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала).
7. Статистическое распределение вероятности отказов МГ «Мирное-Изобильное» – $F_c(t)$.
8. Статистическую вероятность безотказной работы МГ «Мирное-Изобильное» – $P_c(t)$.



ДАННЫЕ ОБ ОТКАЗАХ НА МГ «МИРНОЕ-ИЗОБИЛЬНОЕ»

№ п/п	Дата отказа или остановки	Интервал между отказами, сут.	Место отказа, км	Причина или характер отказа или остановка
1	16.10.1969	-	54	Продольный разрыв
2	21.11.1969	36.5	0	Свищ в тройнике
3	12.12.1969	17.25	153	Трещина в стыке
4	26.12.1969	13.53	165	Трещина в стыке
5	26.12.1969	13.53	167	Трещина в стыке
38	04.03.1974	205.33	-	-



ПОСТРОЕНИЕ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА

$$v_n = \sum_{i=1}^n m_i, \quad n \in [1, N]$$

где $[1, N]$ – интервал наблюдений;

N – общее количество наработок между отказами (количество всех наблюдений);

m_i – элемент статистического временного ряда, полученного в результате наблюдений.

Вариационный ряд:

36,5; 53,75; 67,28; 67,28; 80,53; 82,0; 88,6; 103,16;
103,63; 104,21; 110,77; 143,24; 177,5; 193,03; 245,28;
245,28; 260,67; 262,83; 262,99; 290,12; 312,94; 347,68;
379,37; 410,7; 411,98; 435,81; 505,48; 506,15;
528,32; 528,32; 545,32; 669,82; 1056,32; 1183,4;
1326,4; 1359,99; 1359,99; 1565,32.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА РАЗРАДОВ (ИНТЕРВАЛОВ)

Учитывая, что количество наработок между отказами МГ равно 38, вычислим число интервалов k по формуле: $k=1 + 3,2 \lg N$,

$$k=1 + 3,2 \log 38 = 6,055 \approx 6.$$

Определим ширину интервала Δt по формуле:

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{k} = \frac{1565,32 - 36,5}{6} = 254,803 \approx 300,$$



РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ОТКАЗАМ НА МГ «МИРНОЕ--ИЗОБИЛЬНОЕ»

№№ п/п	Интервал Δt , сут	Середина интервала t , сут	Эмпирическая частота отказов в интервале Δn , шт.	Эмпирическая частота отказов к моменту (середина интервала) $n(t)$, шт.
1	0 – 300	150	20	10
2	300 – 600	450	11	25,5
3	600 – 900	750	1	31,5
4	900 – 1200	1050	2	33
5	1200 – 1500	1350	3	35,5
6	1500 – 1800	1650	1	37,5



ЭМПИРИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ НАДЕЖНОСТИ

Эмпирическая вероятность отказов для середины интервала $F_{ci}(t)$ определяется по следующей формуле:

$$F_{ci}(t) = \frac{n_i(t)}{N},$$

где $n_i(t)$ – число отказов к моменту (суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала);

N – суммарное количество всех наблюдений (число отказов за весь период наблюдения), $N=11$.

Эмпирическая функция надежности $P_{ci}(t)$ вычисляется по следующей формуле:

$$P_{ci}(t) = 1 - F_{ci}(t)$$



РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ПО ОТКАЗАМ НА МГ «МИРНОЕ-ИЗОБИЛЬНОЕ»

№№ п/п	Середина интервала t, сут	Вероятность отказа (для середины интервала), F _c (t)	Эмпирическая функция надежности, P _c (t)
1	150	0,263158	0,736842
2	450	0,671053	0,328947
3	750	0,828947	0,171053
4	1050	0,868421	0,131579
5	1350	0,934211	0,065789
6	1650	0,986842	0,013158



КОМПЛЕКСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕПРОВОДОВ



КОМПЛЕКСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ

Объект может находиться в следующих четырех состояниях:

1. Работа под нагрузкой.
2. Простой в резерве.
3. Планово-предупредительный ремонт.
4. Вынужденный простой (аварийный ремонт).

Комплексные показатели характеризуют несколько свойств, составляющих надежность объекта.

К комплексным показателям надежности восстанавливаемых объектов (которыми являются объекты ГНТС) относятся следующие:

- *коэффициент готовности,*
- *коэффициент вынужденного простоя*
- *коэффициент технического использования*



КОЭФФИЦИЕНТ ГОТОВНОСТИ

$$K_G = \frac{T_H}{T_H + T_B}$$

где **T_H** — средняя наработка (математическое ожидание) на отказ;

T_B — среднее время (математическое ожидание) восстановления.

Средняя наработка на отказ (среднее значение или математическое ожидание наработки между отказами) определяется формулой:

$$T_H = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i$$

где **N** — число отказов за период времени наблюдения за объектом;

t_i — время работы объекта после **i** отказов.

Среднее время (математическое ожидание) восстановления определяется следующей формулой:

$$T_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{Bi}$$

где **t_{Bi}** — время отыскания и устранения **i**-го отказа.

Коэффициент готовности объекта частично характеризует свойства безотказности и ремонтпригодности объекта. Данный показатель надежности восстанавливаемого объекта представляет собой вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, *за исключением запланированных периодов времени*, когда не предусмотрено использование объекта по назначению (простой в резерве, планово-предупредительный ремонт).



КОЭФФИЦИЕНТ ВЫНУЖДЕННОГО ПРОСТОЯ

Коэффициент вынужденного простоя объекта или аварийного состояния (аварийный ремонт) объекта **КП** связан с коэффициентом готовности следующим выражением:

$$K_{П} = 1 - K_{Г} = \frac{T_{В}}{T_{Н} + T_{В}}$$

Данный коэффициент более чувствителен к изменениям отношения **ТН: ТВ**, чем **ТГ**. Коэффициент вынужденного простоя представляет собой вероятность того, что объект будет находиться в неплановом ремонте. Иногда этим коэффициентом удобнее использовать, чем коэффициент готовности.



КОЭФФИЦИЕНТ ТЕХНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Коэффициент технического использования объекта **КТИ** характеризует те же свойства объекта, что и коэффициент готовности, но *дополнительно учитывает простой в резерве и пребывание объекта в планово-предупредительном ремонте*. Коэффициент технического использования определяется как отношение среднего времени (математического ожидания) наработки объекта за период наблюдения (время пребывания объекта в работоспособном состоянии) к сумме этой наработки и времени *всего простоя* за этот же период, и имеет следующий вид:

$$K_{ТИ} = \frac{T_H}{T_H + T_B + T_{ПР} + T_{РЕЗ}}$$

где **ТН** — средняя наработка (математическое ожидание) на отказ (наработка между отказами — работа под нагрузкой);

ТВ — среднее время (математическое ожидание) восстановления;

ТПР — среднее время (математическое ожидание) планово-предупредительного ремонта;

ТРЕЗ — среднее время (математическое ожидание) простоя в резерве.



БЛАГОДАРЮ

ЗА ВНИМАНИЕ !

Конец показа слайдов