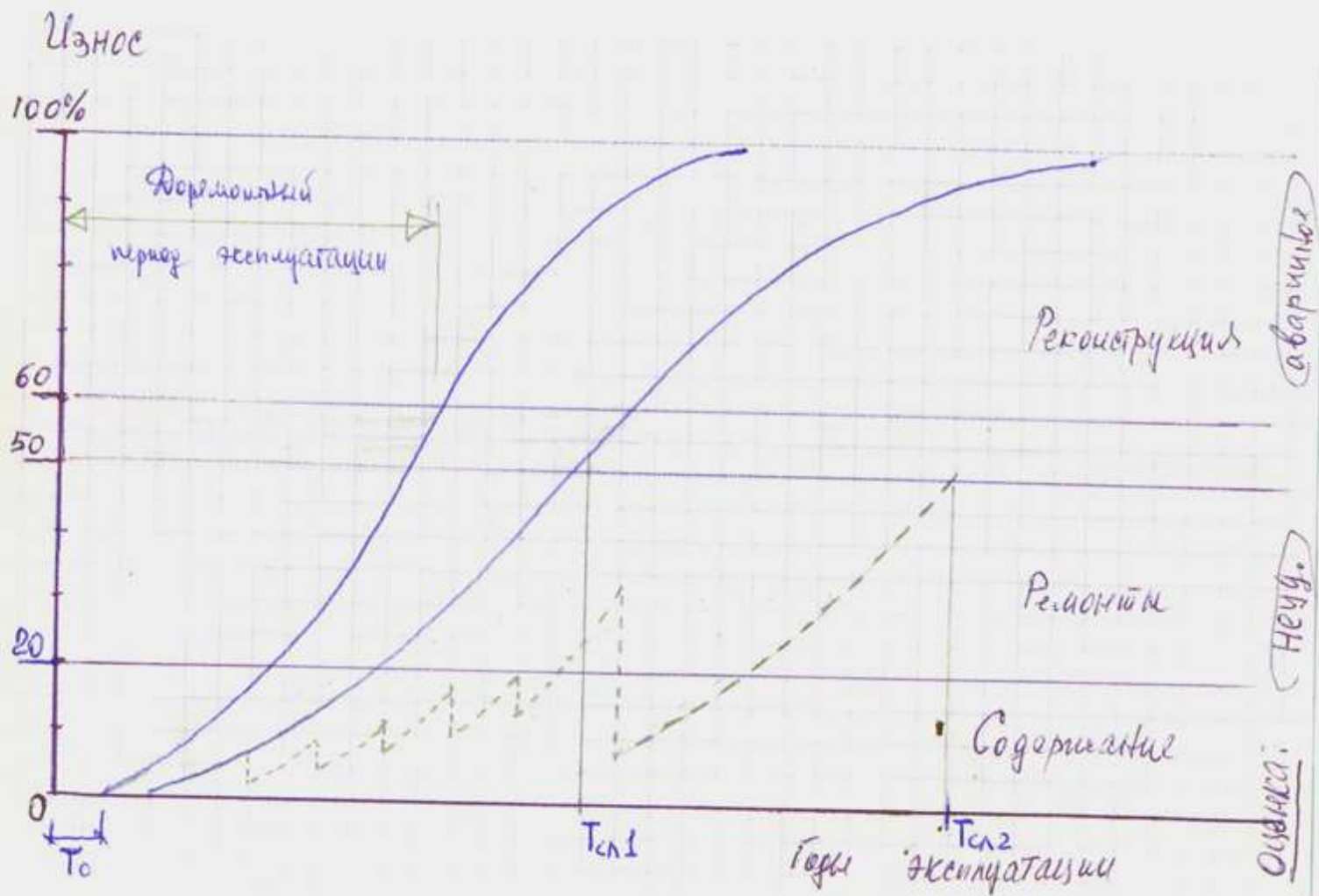
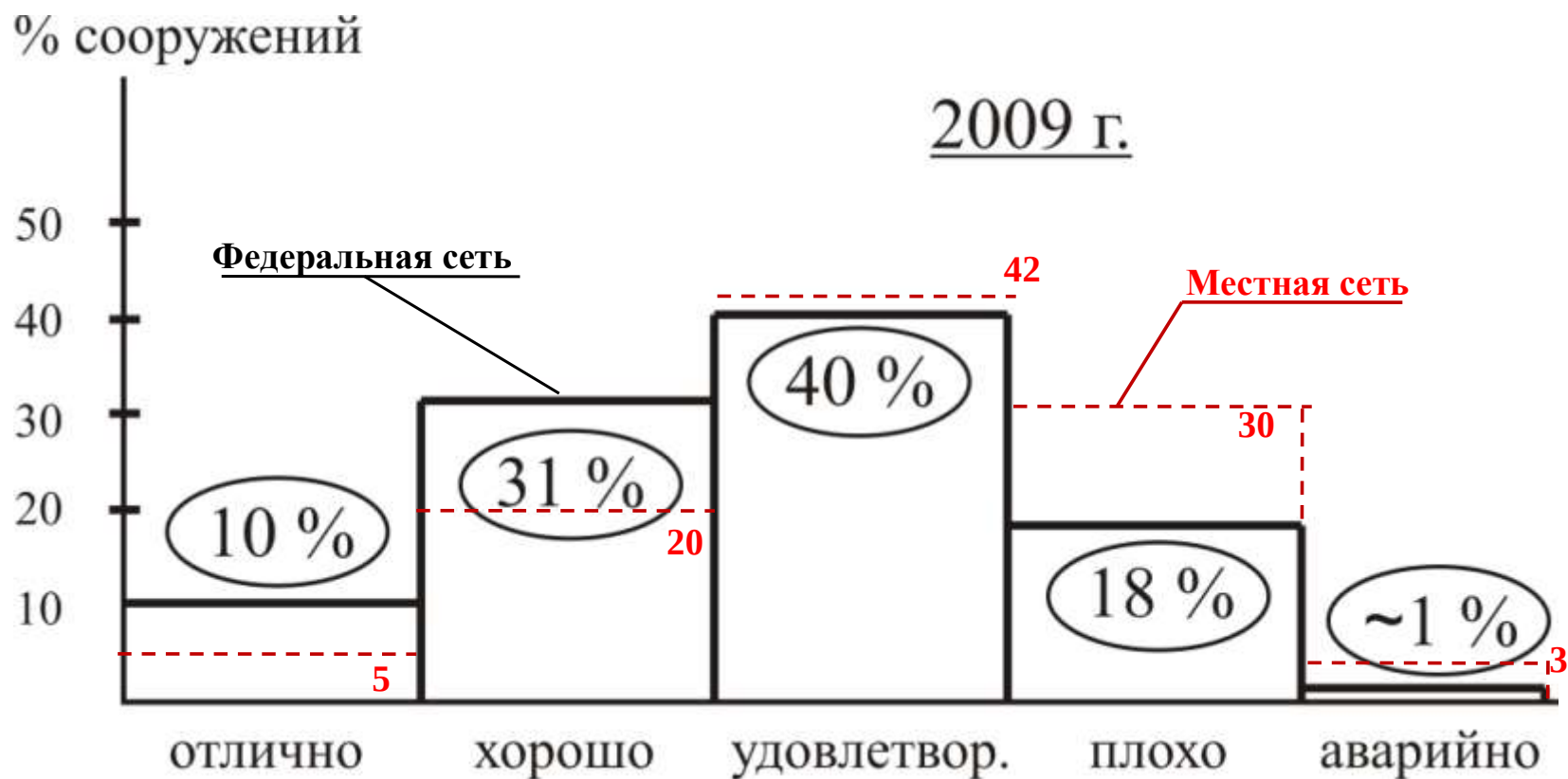


# ***Управление жизненным циклом мостовых сооружений***

Доктор технических наук  
**В.И. Шестериков**  
зам. генерального директора  
ФГУП «РОСДОРНИИ»

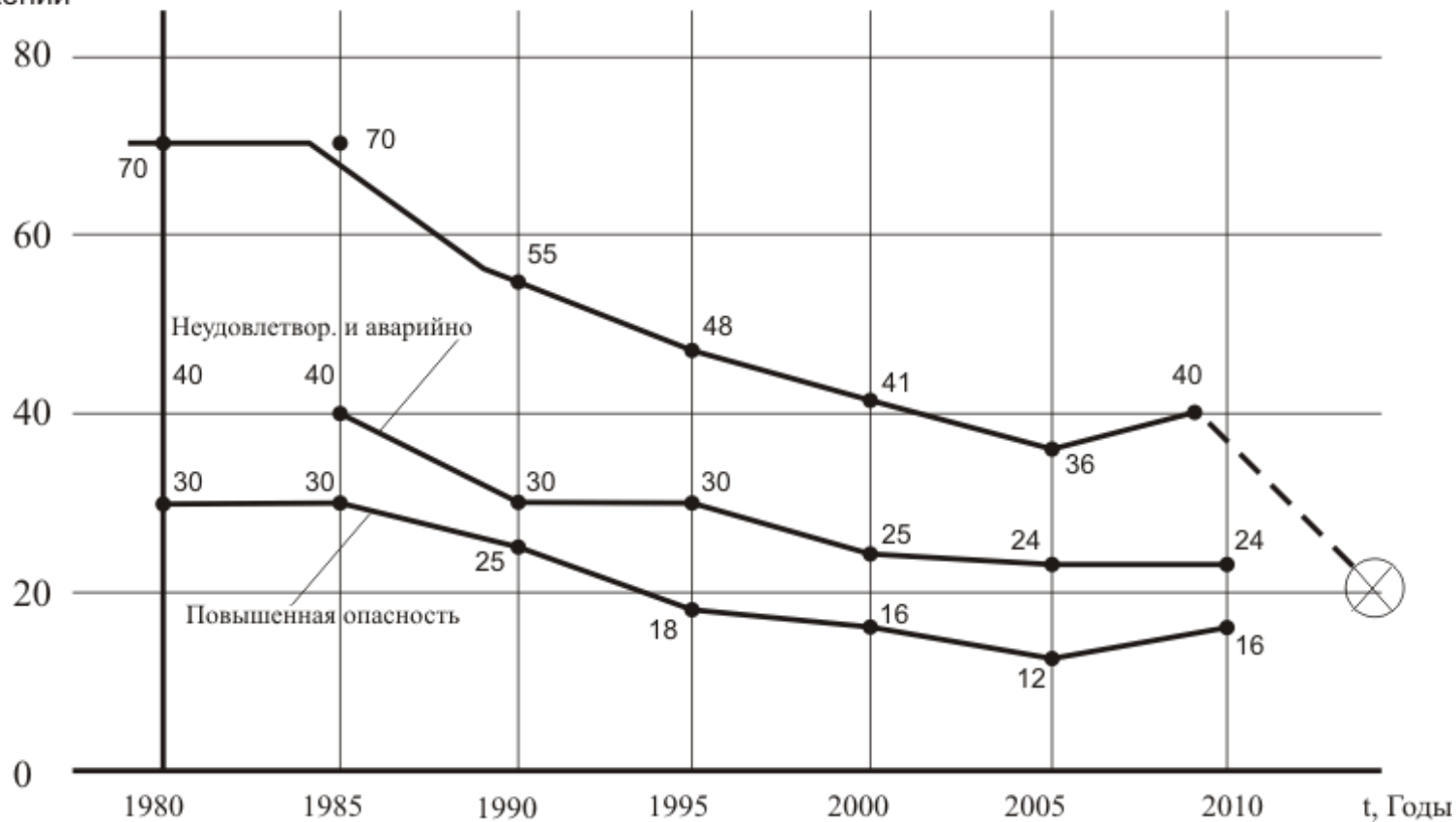


# I. Состояние мостовых сооружений



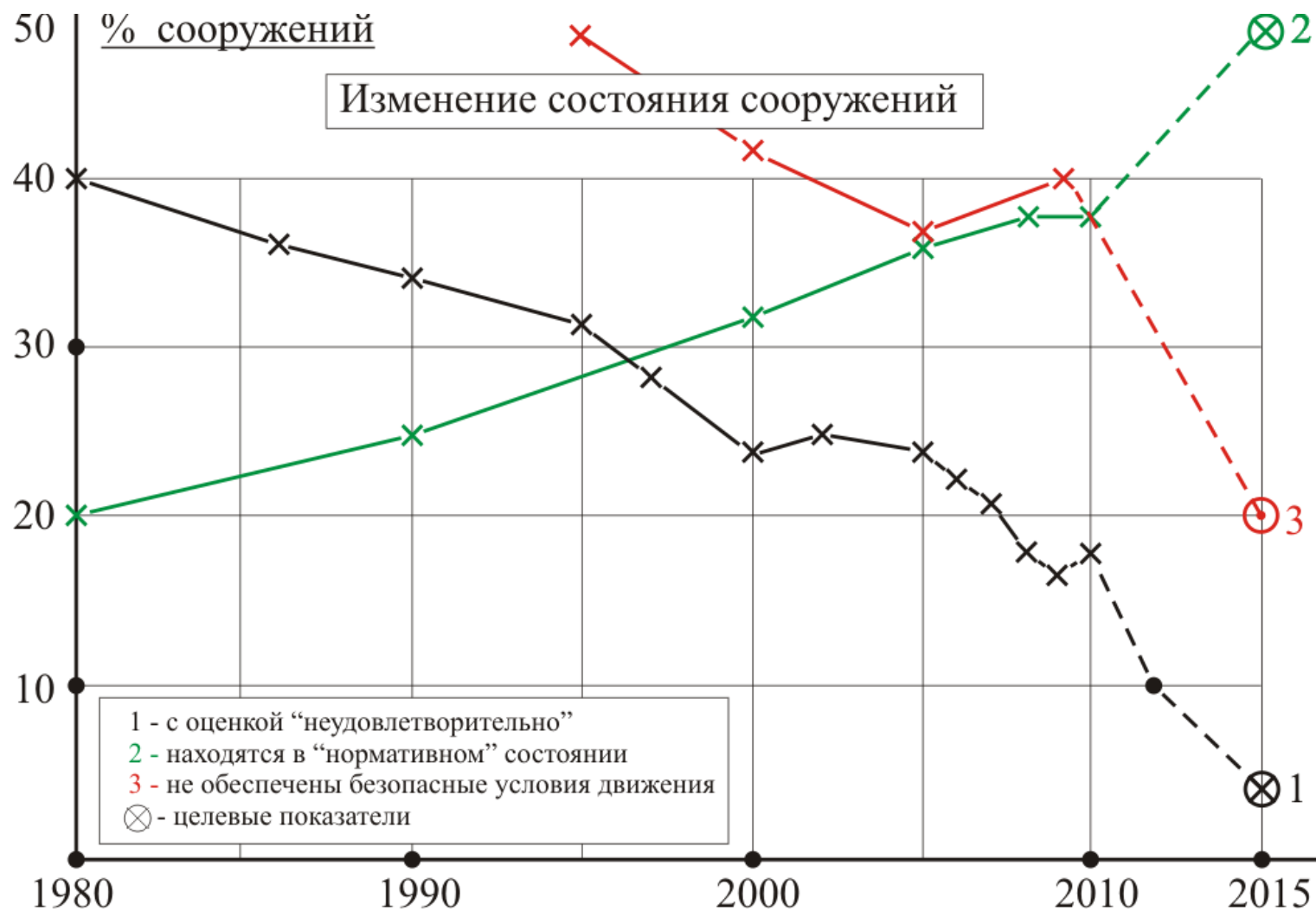
## Сооружения с неудовлетворительными условиями движения

% сооружений



## **Причины неудовлетворительного состояния сооружений и малого срока службы**

- не в полном объёме выполняются работы по содержанию
- недостаточный объем ежегодных работ по ремонту и капитальному ремонту,
- недостаточные объемы ППР,
- имеющиеся случаи необоснованной перестройкой сооружений,
- неправильная оценка состояния.



## ***Пути улучшения состояния эксплуатируемых мостовых сооружений***

- 1. Постоянные работы по содержанию в соответствии с «Классификацией» 2008г.**
- 2. Регулярные работы по диагностике (1 раз в 5 лет)**
- 3. Обследование мостовых сооружений**
  - 3.1. Коробчатые пр.стр. – специальное обследование (в план НИОКР)**
  - 3.2. Периодическое обследование внеклассных сооружений (1 раз в 10-15 лет)**
  - 3.3. Обследование других мостовых сооружений (при необходимости)**
- 4. Своевременные работы по ремонту (с применением новых технологий)**
- 5. Тщательное обоснование работ по реконструкции**
- 6. Изменить существующую оценку состояния**

## **Целевые показатели (% сооружений)**

- обеспечивающие безопасность движения  $\geq 80\%$ ,
- имеющие неудовлетворительную оценку состояния  
(работают в режиме перегрузки)  $\leq 4\div 5\%$ ,
- находящихся в «нормативном» состоянии (оценка 5 и 4)  $\geq 50\%$ ,
- имеющие грузоподъемность  $\geq 30$  т (по автомобилю)  $\geq 60\%$ ,
- доремонтный период эксплуатации - 35÷40 лет,
- срок службы - 70 ÷ 80 лет

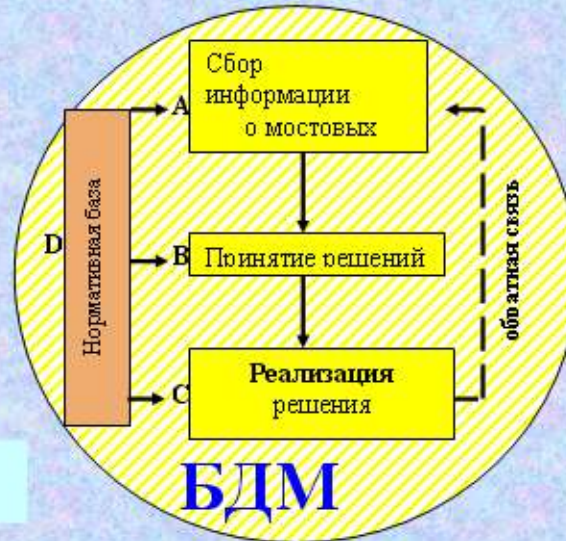
## % сооружений



● ○ △ × - целевые показатели на 2015 год

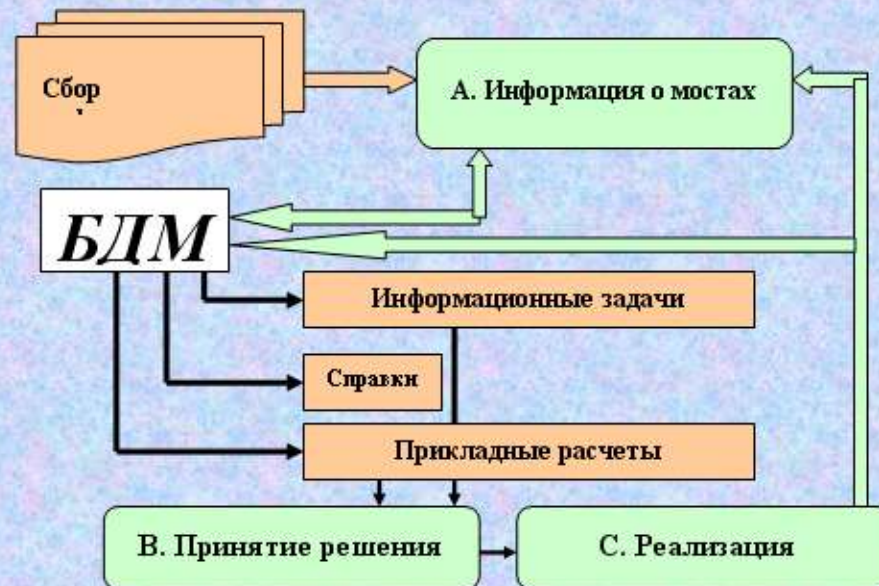
*Принципиальная схема системы  
управления эксплуатацией мостов (а)  
и схема взаимодействия отдельных уровней (б)*

а)



**БДМ** – База  
данных

б)



## Оценка состояния сооружений в странах Европы

| Состояние моста<br>(категории состояния) | Степень повреждения<br>(баллы)                   | Оценка состояния | Вид работ     |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------|---------------|
| А.Венгрия<br>Хорошее                     | $\leq 5,0$                                       | 5                | Содержание    |
| Удовлетворительное                       | $\leq 7,5$                                       | 4                |               |
| Недостаточно<br>удовлетворительное       | $\leq 10$                                        | 3                | Ремонт        |
| Плохое                                   | $\leq 15$                                        | 2                |               |
| Очень плохое                             | $\leq 20$                                        | 1                |               |
| Аварийное                                | $> 20$                                           | 0                | Реконструкция |
| Б.Германия<br>Нет повреждений            | нет повреждений                                  | 0                | Содержание    |
| Не опасное                               | нет опасности для<br>прочности и<br>устойчивости | 1                |               |
| Ухудшенное                               | ухудшение прочнос-ти                             | 2                | Ремонт        |
|                                          | ухудшение прочнос-ти и<br>безопасности           | 3                | Обновление    |
| Опасное, нужны срочные<br>меры           | Явная опасность для<br>условий движения          | 4                | Реконструкция |

## Определение общей оценки состояния мостов во Франции

| Шкала оценки повреждений | Характеристика состояния                                                                                                                                                                                                | Оценка состояния | Вид работ               |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|
| 0                        | Сооружение в отличном состоянии.<br>Требуется уход                                                                                                                                                                      | 0                | Содержание              |
| 1-4                      | Сооружение в хорошем состоянии; требуется текущее содержание                                                                                                                                                            | 1                |                         |
| 4-8                      | Сооружение, несущая конструкция которого в хорошем состоянии; требуется профилактический ремонт                                                                                                                         | 2                | Профилактический ремонт |
| 8-12                     | Сооружение, несущая конструкция которого незначительно повреждена, но без снижения безопасности пользователей в краткосрочной перспективе; требуется выполнение значительных ремонтных работ в долгосрочной перспективе | 3                | Ремонт                  |
| 12-16                    | Сооружение, несущая конструкция которого повреждена, но без снижения безопасности пользователей в краткосрочной перспективе требуется выполнение срочного ремонта                                                       | 4                |                         |
| 16-20                    | Сооружение, несущая конструкция, которого серьёзно повреждена, со снижением безопасности пользователей в краткосрочной перспективе требуется принятие срочных предупредительных мер                                     | 5                | Капитальный ремонт      |
| > 20                     | Сооружение в аварийном состоянии                                                                                                                                                                                        | 6                | Реконструкция           |

## Определение общей оценки состояния мостов в США

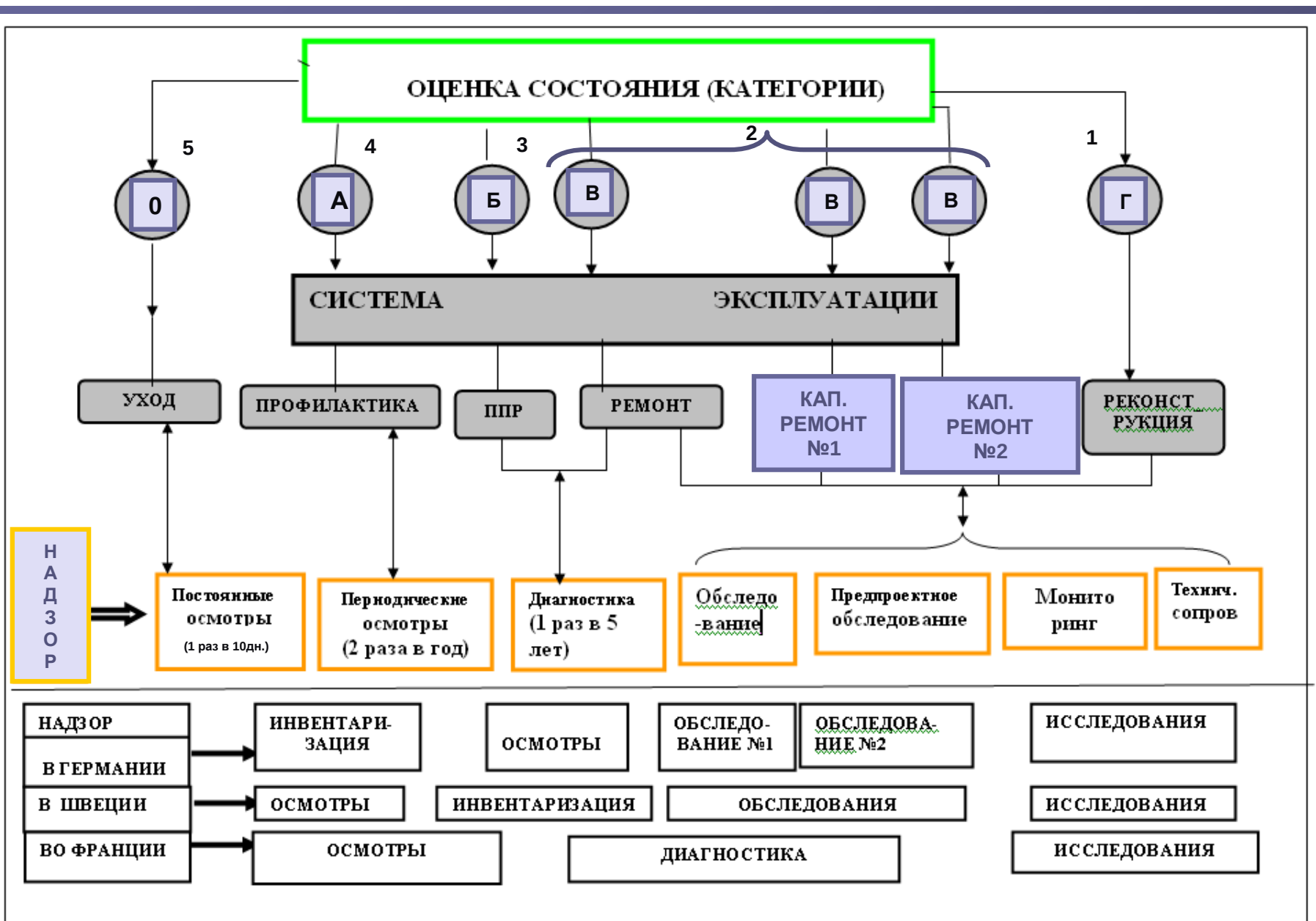
| Фактическое состояние | Оценка | Виды работ                     |
|-----------------------|--------|--------------------------------|
| Отличное              | 9      | Содержание                     |
| Очень хорошее         | 8      |                                |
| Хорошее               | 7      |                                |
| Удовлетворительное    | 6      | Ремонт                         |
| Приемлемое            | 5      |                                |
| Плохое                | 4      | Восстановление                 |
| Серьёзное             | 3      |                                |
| Критическое           | 2      | Функциональная<br>модернизация |
| Перед отказом         | 1      |                                |
| Отказ                 | 0      | Замена                         |

Условия назначения категорий состояния

| Потребительское свойство | Характеристики                                                            | Конструктивная часть сооружения | Показатели при различной оценке состояния (балл) |               |                       |                             |       |       |                  |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|------------------|
|                          |                                                                           |                                 | 5<br>(отлично)                                   | 4<br>(хорошо) | 3<br>(посредственное) | 2<br>(неудовлетворительное) |       |       | 1<br>(аварийное) |
|                          |                                                                           |                                 | к а т е г о р и и                                |               |                       |                             |       |       |                  |
|                          |                                                                           |                                 | О                                                | А             | Б                     | В                           |       |       | Г                |
| В <sub>1</sub>           | В <sub>2</sub>                                                            | В <sub>3</sub>                  |                                                  |               |                       |                             |       |       |                  |
| 1                        | 2                                                                         | 3                               | 4                                                | 5             | 6                     | 7                           | 8     | 9     | 10               |
| Грузоподъёмность         | К <sub>Г</sub> , %<br>(снижение грузоподъёмности)                         | Пролетные строения, опоры       | 0                                                | ≤ 10          | ≤ 20                  | ≤ 30                        | ≤ 40  | ≤ 50  | > 50             |
| Безопасность движения    | [V],<br>безопасная скорость движения км/ч (% снижения расчётной скорости) | Элементы мостового полотна.     |                                                  |               |                       |                             |       |       |                  |
|                          |                                                                           | Категория дороги:               |                                                  |               |                       |                             |       |       |                  |
|                          |                                                                           | I <sub>а</sub>                  | > 150 (0)                                        | 150+130( ≤10) | ≥ 110 (≤ 25)          | до 80                       | до 60 | до 40 | < 40 (> 70)      |
|                          |                                                                           | I <sub>б</sub> , II             | > 120 (0)                                        | 120+100( ≤10) | ≥ 80 (≤ 30)           | до 60                       | до 50 | до 30 | < 30 (> 75)      |
|                          |                                                                           | III                             | > 100 (0)                                        | 100+90( ≤10)  | ≥ 70 (≤ 30)           | до 50                       | до 40 | до 25 | < 25 (> 75)      |
|                          |                                                                           | IV                              | > 80 (0)                                         | 80+70 ( ≤10)  | ≥ 50 (≤3 5)           | до 50                       | до 30 | до 20 | < 20 (> 75)      |
|                          |                                                                           | V                               | > 60 (0)                                         | 60+55 ( ≤10)  | ≥ 40 (≤ 35)           | до 40                       | до 20 | до 10 | < 10 (> 80)      |

Продолжение таблицы

| 1             | 2                                              | 3                                    | 4        | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10     |
|---------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Долговечность | $K_{д.}, \%$<br>(снижение остаточного ресурса) | Пролетные строения, опоры            | 0        | $\leq 10$ | $\leq 20$ | $\leq 30$ | $\leq 40$ | $\leq 50$ | $> 50$ |
|               | Износ, %                                       | Мостовое полотно, $U_{мп}$           | $\leq 5$ | $\leq 10$ | $\leq 40$ | $\leq 50$ | $\leq 60$ | $\leq 70$ | $> 70$ |
|               |                                                | Пролетное строение, $U_{пр}$         | $\leq 5$ | $\leq 10$ | $\leq 30$ | $\leq 40$ | $\leq 50$ | $\leq 60$ | $> 60$ |
|               |                                                | Опора, $U_{оп}$                      | 0        | $\leq 10$ | $\leq 30$ | $\leq 40$ | $\leq 50$ | $\leq 60$ | $> 60$ |
|               |                                                | Регуляционное сооружение, $U_{рег.}$ | $\leq 5$ | $\leq 20$ | $\leq 40$ | $\leq 45$ | $\leq 50$ | $\leq 60$ | $> 60$ |
|               |                                                | Сооружение в целом, $G_M$            | $\leq 2$ | $\leq 10$ | $\leq 20$ | $\leq 30$ | $\leq 40$ | $\leq 50$ | $> 50$ |



Взаимосвязь оценки состояния с системой эксплуатации и системой надзора

# Оценка состояния мостов

## Потребительские свойства

Грузоподъемность

Безопасность движения

Долговечность

Руководство по  
определению  
грузоподъемности

ОДН 218.017-2003  
Руководство по  
оценке ТЭС

Методики  
определения  
остаточного  
ресурса

Методики  
определения  
износа  
(изменения  
потребит.  
стоим.)

→ Проект содержания

→ Прогноз при  
проектировании  
новых сооружений

→ Оценка качества  
сооружений

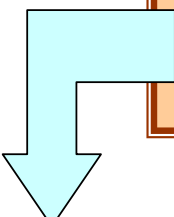
ОЦЕНКА

Цель 1: Условия эксплуатации

Цель 2: Планирование ремонта

Текущее и  
краткосрочное

Среднесрочное и  
долгосрочное



## **Контроль состояния мостовых сооружений (система надзора)**

### **Осмотры**

- постоянные, 1 раз в 10 дней
- периодические (весенний, осенний)

### **Диагностика**

- приёмочная (после ППР и ремонта)
- текущая , 1 раз в 5 лет

### **Обследование**

- приёмочное
- предпроектное

### **Испытания**

- для наиболее сложных объектов

### **Мониторинг (исследование)**

- при необходимости (внеклассные мосты, мосты сложных статических схем)

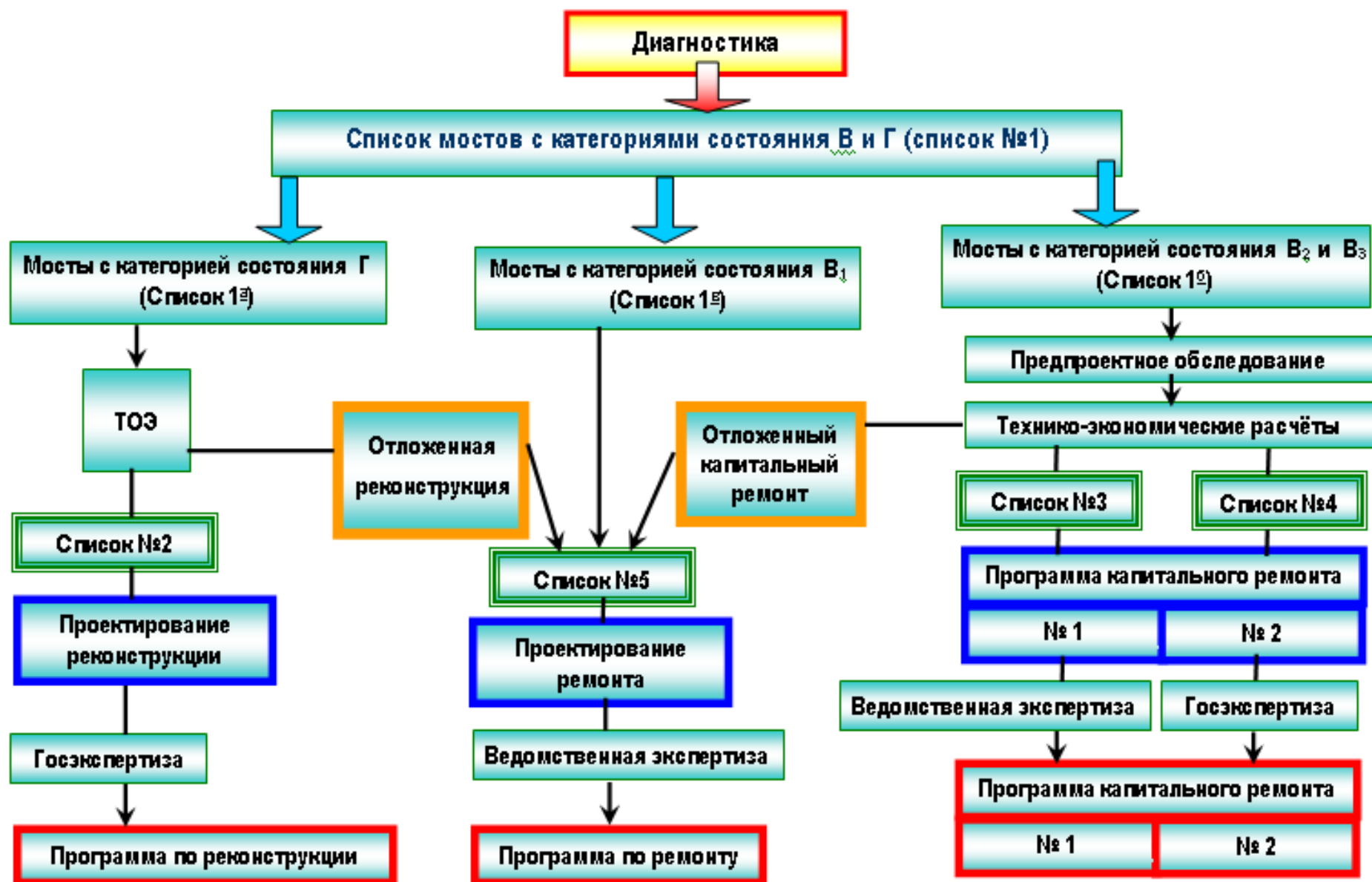
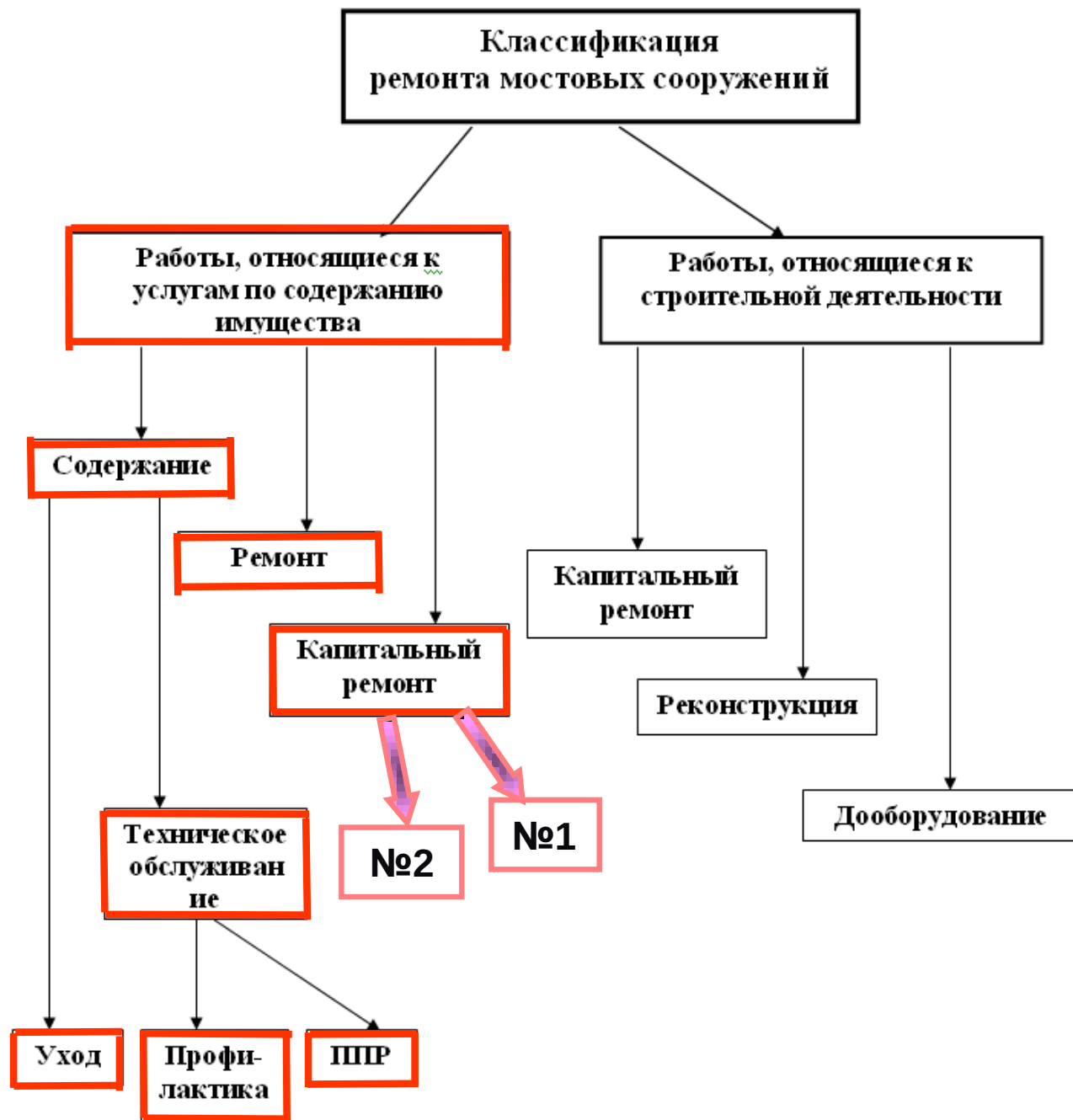


Рис. 3 Последовательность работ при планировании ремонта, капитального ремонта и реконструкции мостов



## Технико-экономические расчёты

Чистый дисконтированный доход

$$ЧДД = \sum_{t=1}^T \frac{(D_t - I_t)}{(1 + i)^t}$$

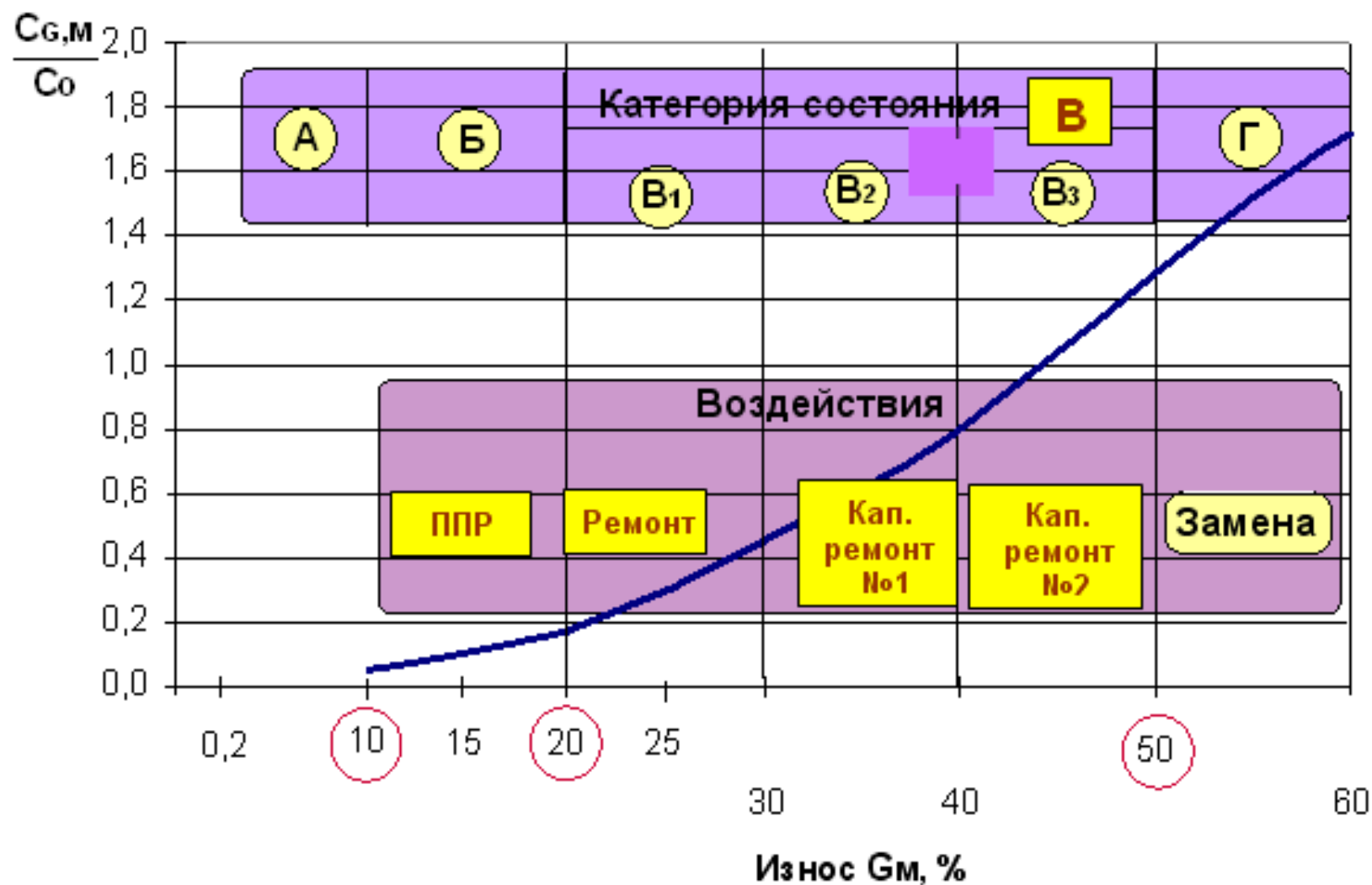
Внутренняя норма доходности

$$\sum_{t=1}^T \frac{(D_t - I_t)}{(1 + ВНД)^t} = 0$$

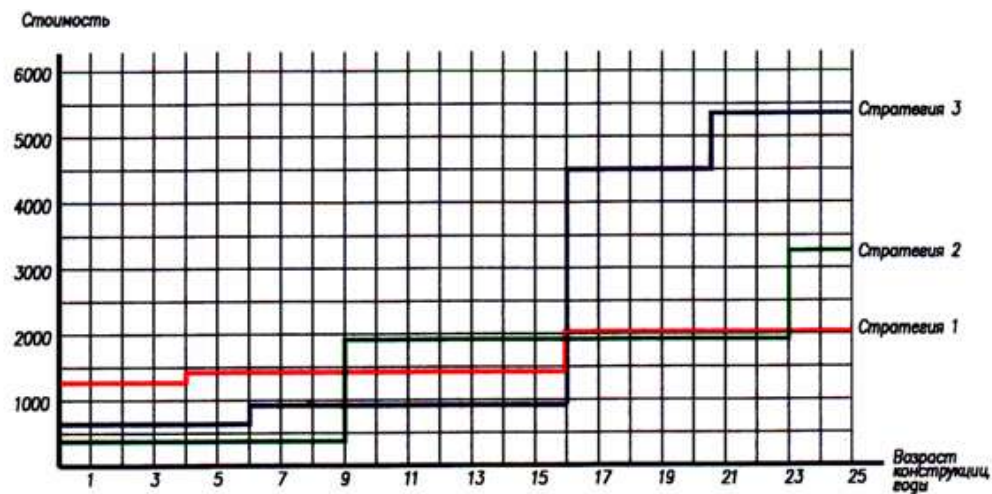
$$\sum_{t=1}^T \frac{Y_t}{(1 + ВНД)} = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + ВНД)_t}$$

Индекс доходности

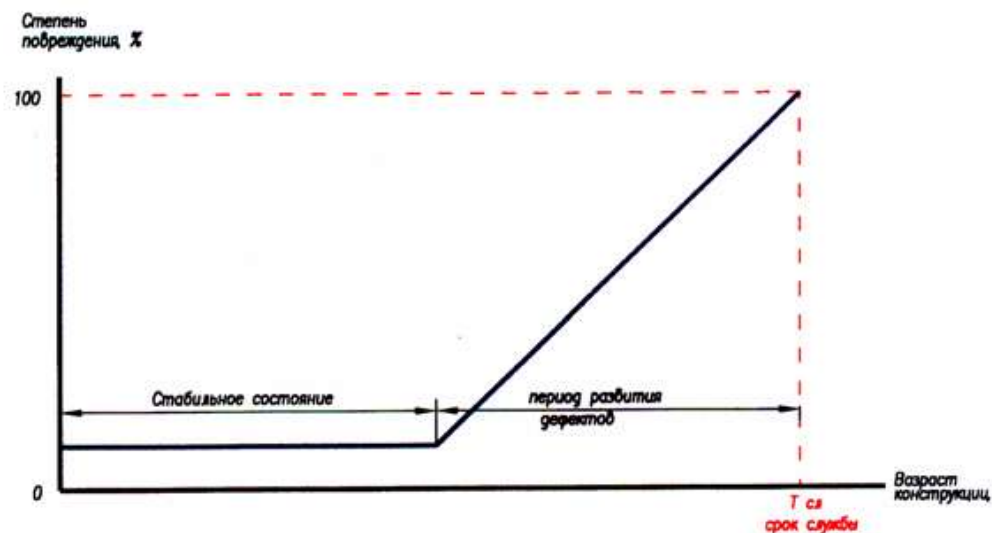
$$ИД = \frac{ЧДД}{\sum_{t=1}^T I \cdot (1 + i)^t}$$



*Зависимость относительной стоимости восстановления моста  $C_{G,M}/C_0$  от значения его износа  $G_M$ .*



б)



Пример сопоставления различных стратегий эксплуатации (а) и принципиальная модель старения конструкций (б) в Датской СУМ «Danbro».

# IV. Ремонт мостовых сооружений

**Разработанные в РОСДОРНИИ технологии ремонта,  
нашедшие широкое применение:**

- пропитка поверхности бетона (гидрофобизация) – выполняется при содержании (профилактика);
- локальный ремонт гидроизоляции (ППР);
- торкретирование поверхности опор и пролётных строений- выполняется при содержании (планово-предупредительные работы) и ремонте;
- то же – с использованием полимерных вяжущих;
- технические и технологические решения по уширению (капитальный ремонт и реконструкция);
- ремонт деформационных швов (ППР);
- подъёмка пролётных строений без прекращения движения в различных целях (замена опорных частей, выравнивание профиля); выполняется при ППР;
- усиление элементов пролётных строений и опор.

Мост через р. Протву. Построен в 1938.  
Новые технологии восстановления  
(11 новых технологических решений)



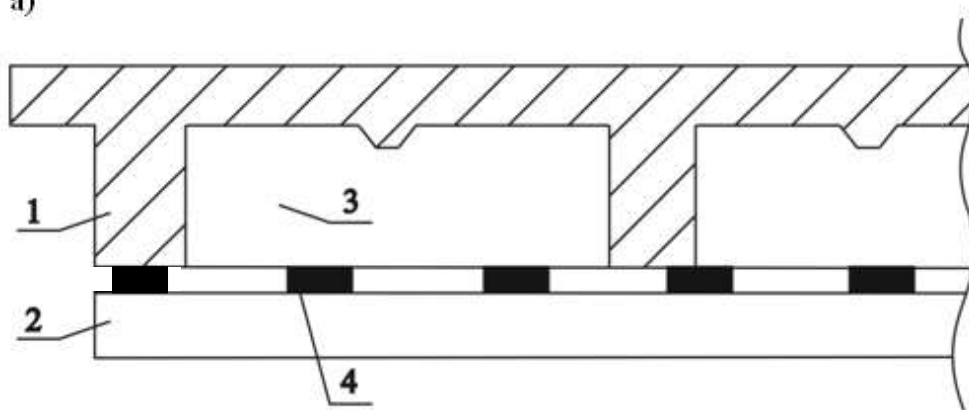
Обследование  
Обоснование  
Проектирование  
Сопровождение

2003 г.





а)



**Схема опирания подвески  
на столик (а)  
и  
внешний вид узла опирания  
до ремонта (б).**

б)



1 – балка подвесного пролета,  
2 – столик  
3 – поперечная диафрагма подвески,  
4 – РОЧСП.





**Подъёмка с заменой опорных частей**

# Мост через Канал им.Москвы



Москва у пос. Хлебниково Дмитровское ш.



**Первый объект с усилением внешними пучками**  
**Мост через р. Горетовку (1987г.)**



## ППР. Усиление нескольких балок «шашлычного» пролётного строения $l=42,5$ м





**Усиление ж/б балок  $\ell = 24\text{м}$ , р. Оять**

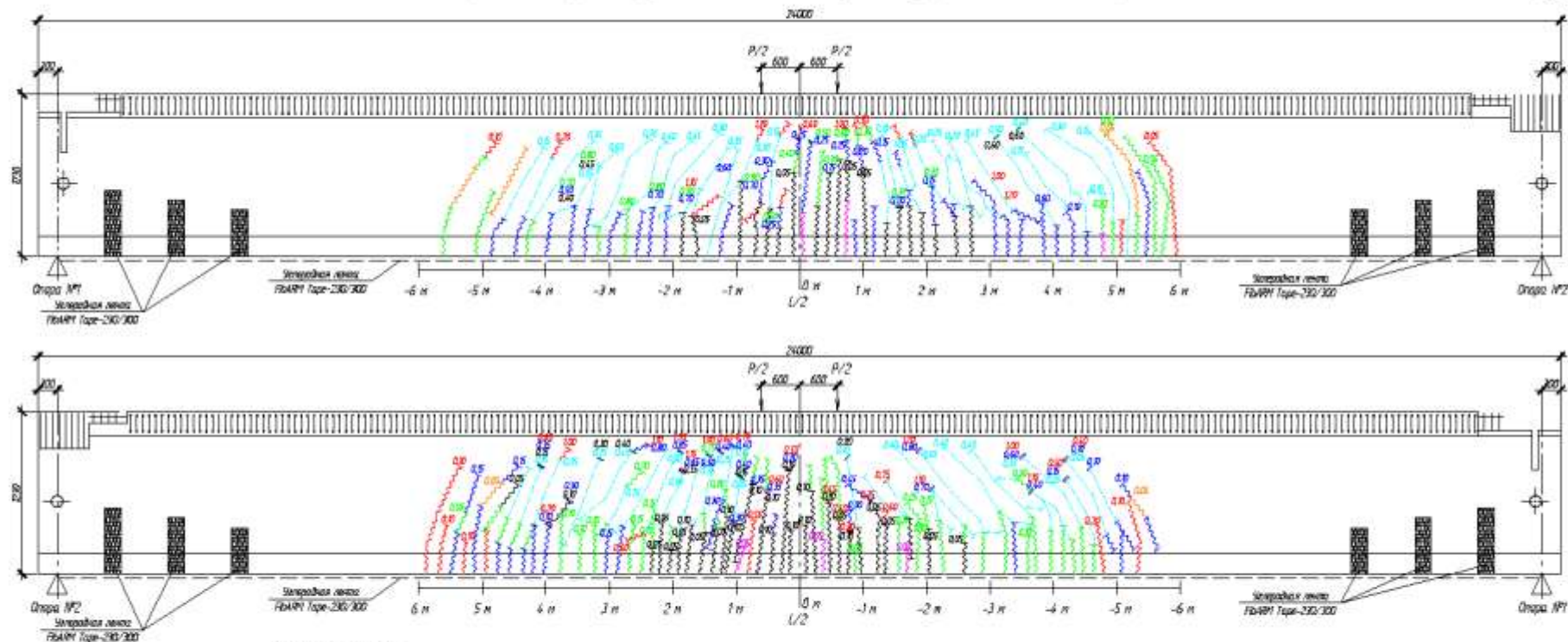






**Общий вид испытательного стенда  
с установленной усиленной балкой длиной 24 м  
под воздействием испытательной нагрузки**

Схема расположения трещин в ребре балки №1 длиной 24 м с усилением углеродной лентой FIBARM Tape-230/300.



Условные обозначения:

- 0.10 – фиолетовым цветом показано максимальное раскрытие трещин в миллиметрах, образовавшихся при усилии на дократе 23,5 т ( $P_{lim}=230,6 \text{ т}\cdot\text{м}$ );
- 0.10 – фиолетовым цветом показано максимальное раскрытие трещин в миллиметрах, образовавшихся при усилии на дократе 31,4 т ( $P_{lim}=174,2 \text{ т}\cdot\text{м}$ );
- 0.20 – черным цветом показано максимальное раскрытие трещин в миллиметрах, образовавшихся при усилии на дократе 43,9 т ( $P_{lim}=243,9 \text{ т}\cdot\text{м}$ );
- 0.25 – синим цветом показано максимальное раскрытие трещин в миллиметрах, образовавшихся при усилии на дократе 62,8 т ( $P_{lim}=348,4 \text{ т}\cdot\text{м}$ );
- 0.30 – зеленым цветом показано максимальное раскрытие трещин в миллиметрах, образовавшихся при усилии на дократе 78,5 т ( $P_{lim}=435,5 \text{ т}\cdot\text{м}$ );
- 0.50 – красным цветом показано максимальное раскрытие трещин в миллиметрах, образовавшихся при усилии на дократе 100,4 т ( $P_{lim}=557,4 \text{ т}\cdot\text{м}$ );
- 0.05 – трещины, сформировавшиеся после испытания не усиленной балки.

Рис. 13.1

|          |              |
|----------|--------------|
| Чертил   | Куряков К.С. |
| Проверил | Куряков Г.С. |

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Все размеры даны в мм.
2. Величина раскрытия трещин до 0,05 мм не показана.
3. Масштаб по вертикали в 2 раза крупнее, чем по горизонтали.

## Новая балка

Новый подход к расчётам



Проверка работоспособности и ремонтпригодности



Балка считается разрушенной: - трещины  $\delta \geq 1,0\text{мм}$   
- прогиб под нагрузкой -  $\ell/50$   
- остаточный прогиб -  $\ell/75$





**Направления исследований в области эксплуатации и сохранности мостовых сооружений**