

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

---

**С.В. Гужов**

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ИНЖЕНЕРНОГО  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ СИТУАЦИИ**

Учебное пособие

по курсу

«Теория и практика инженерного исследования»  
для студентов, обучающихся по направлению  
13.04.01. «Теплоэнергетика и теплотехника»

Москва  
Издательство МЭИ  
2026

УДК 378  
ББК 74  
Г 936

*Утверждено учебным управлением НИУ «МЭИ»  
в качестве учебного издания*

Подготовлено на кафедре АСУ ТП

Рецензенты: С.В. Мезин, зав. каф. АСУ ТП, к.т.н. доц.;  
А.Н. Репин ген. директор ООО «Батлаб», к.т.н.

**Гужов, С.В.**

Г 936 Теория и практика инженерного исследования. Анализ исходной ситуации:  
учеб. пособие / С.В. Гужов. – М.: Издательство МЭИ, 2026. – 68 с.

ISBN 978-5-7046-3376-1

Показано применение алгоритма первичного анализа проблемы и компонентного анализа системы. Представлены основные механизмы дезагрегирования инженерной задачи с целью определения возможности её решения с применением различных воздействий. Приведены примеры решения задач из области теплотехники и теплоэнергетики.

Рассмотрены способы: проверки герметичности трубопроводов; компенсации механических напряжений, возникающих по причине температурных перепадов; контроля трещин в трубопроводах. Проведён анализ и поиск нового решения по контролю целостности трубопроводов, проложенных по дну водоёма и пр.

Предназначено для студентов технических университетов, обучающихся по программам подготовки магистров по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Также может быть использовано для подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

**УДК 378  
ББК 74**

---

*Учебное издание*

**Гужов Сергей Владимирович**

**ТЕОРИЯ ПРАКТИКА ИНЖЕНЕРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ СИТУАЦИИ**

Учебное пособие

Редактор С.В. Казакова

Компьютерная верстка З.Х. Айнетдиновой

Подписано в печать

12.04.26.

Печать ризография

Формат 60x84 1/16

Печ. л. 4,25

Тираж 50 экз.

Изд. № 26у-020

Заказ №

---

Оригинал-макет подготовлен в РИО НИУ «МЭИ».

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14.

Отпечатано в типографии НИУ «МЭИ».

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13.

ISBN 978-5-7046-3376-1

© С.В. Гужов, 2026

© Национальный исследовательский  
университет «МЭИ», 2026

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Проверка герметичности трубопроводов.....	4
2. Контроль трещин в трубопроводе.....	12
3. Обследование подводных трубопроводов.....	18
4. Использование разрушительных потоков воздуха при взрыве в шахте для защиты персонала.....	26
5. Как доставить паровую машину.....	33
6. Бульб на носу корабля.....	41
7. Маленькие чёрные точки на лобовом стекле (фритты).....	46
8. Противопожарное ведро.....	51
9. Как залудить алюминиевую деталь.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
ТЕСТЫ.....	65
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67

## **ВВЕДЕНИЕ**

Резкий рост скорости внедрения инновационных разработок во всех отраслях науки и техники, характерный для второй половины XX в. в России, сменился периодом освоения и массового внедрения. Существенные темпы деиндустриализации промышленности накладывают значительные ограничения на скорость внедрения современных технологий в массовое производство. В ряде промышленных отраслей считается более целесообразным снижение стоимости производства за счёт применения технологий предыдущего технологического уклада, возврата к широкому применению ручного труда, упрощению и удешевлению систем автоматизации производства. Совмещение задач сокращения затрат на производство с одновременным привлечением высококвалифицированных выпускников технических вузов приводит к необходимости решения целого ряда задач из отраслей, смежных с профильным образованием специалистов. В настоящем пособии доступно изложены основные постулаты теории решения инженерных задач, приведены примеры решения задач, направленных на анализ исходной ситуации.

### **1. ПРОВЕРКА ГЕРМЕТИЧНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ**

Крупные энергетические установки опутаны хитросплетениями труб и трубочек, каждая из которых периодически проверяется на герметичность. Для этого в трубы подают гелий и к каждому сварному шву и соединению прикладывают датчик газоанализатора. Метод этот затащивший и неэффективный – приходится наугад тыкать датчиком во все места в поисках утечек гелия.

Кроме того, гелий – дорогой газ, хранится он в громоздких баллонах, их надо переставлять и т.д.

Хорошо бы использовать воздух, но как определить место его выхода, ведь кругом тоже воздух?

#### **Задача в инженерном изложении**

Разработать метод для проверки герметичности трубопроводов, используя воздух для обнаружения.

#### **Техническое противоречие (ТП) [1]**

Разработать эффективный и недорогой метод проверки герметичности трубопроводов можно, но:

– неизвестен способ;

– крупная установка может находится под открытым небом, значит будут мешать метеорологические факторы;

– проверка будет мешать производственному процессу, так как в трубках в рабочее время не воздух.

**ИКР [2]:** нечто (X-воздух) без существенных технических затрат, без существенных экологических воздействий, без существенных экономических затрат:

– в нужном месте (в месте утечки);

– в нужное время (в момент проверки);

само:

– обеспечивает требуемый полезный результат (визуализирует место утечки).

### Ресурсы системы [3]

1. Труба – В<sub>1</sub>.

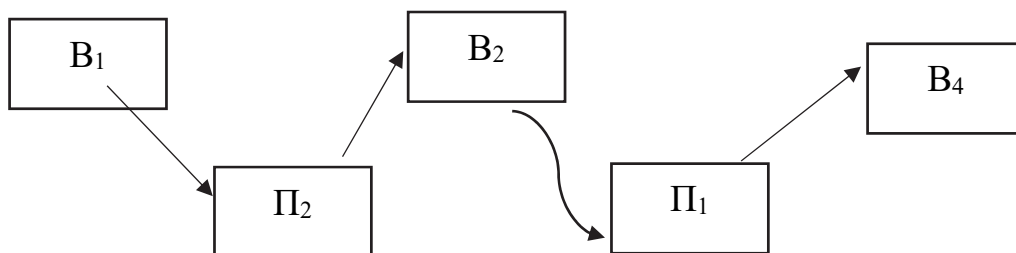
2. Гелий – В<sub>2</sub>.

3. Датчик гелия – В<sub>3</sub>.

4. Химич. – П<sub>1</sub>.

5. Давление – П<sub>2</sub>.

### Построение Веполя (до) [4]:



### Силы и предложения

#### 1. Тепло

Нагреть воздух в трубе. Использовать тепловизор [5] для обнаружения разницы температуры из-за утечки воздуха.

#### Некоторые ограничения:

– дальняя полуплоскость каждой трубы всегда будет не видна;

– ограниченная точность при минимальных перепадах температуры;

– необходимость специализированного оборудования (тепловизор);

– трудности при использовании в условиях с неоднородным температурным фоном, при ветре и осадках в случае открытой установки;

– нагреется и труба, что существенно снизит эффективность способа;

– большая энергоёмкость способа.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow\uparrow\uparrow} = \downarrow\downarrow\downarrow.$$

## 2. Холод

Пропускать охладитель, например охлажденный воздух, и определять утечки по снижению температуры вокруг места утечки.

### Некоторые ограничения:

- эффективность работы системы может снизиться в жаркой среде;
- высокая стоимость охлаждающих устройств;
- большая энергоемкость способа.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \uparrow\uparrow} = \downarrow\downarrow\downarrow.$$

## 3. Электрическая

Применять электрические датчики, чувствительные к изменению давления воздуха в трубе.

### Некоторые ограничения:

- высокая чувствительность датчиков может приводить к ложным срабатываниям;
- требуется питание для датчиков, что может ограничить их применение;
- установка множества дорогих датчиков внутри труб – дорогой способ, что не соответствует ИКР.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \uparrow} = \downarrow.$$

## 4. Магнитная

Использовать электромагнитные датчики, реагирующие на изменение проводимости среды в месте утечки.

### Некоторые ограничения:

- крайне сложно, так как воздух практически не магнитится;
- невозможность работы в средах с исключительными немагнитными свойствами;
- ограниченная дальность обнаружения.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 5. Звуковая

5.1. Применять акустические датчики или микрофоны для улавливания ультразвука, создаваемого при утечке.

### Некоторые ограничения:

- наличие фонового шума может снизить точность обнаружения;
- нужно проверять при выключенном заводе и при безветренной погоде;

- нужен микрофон направленного действия;
- регулярная калибровка и проверка микрофонов.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

5.2. Устройство визуализации звука.

**Некоторые ограничения:**

- снижение точности при помехах;
- уязвимость датчиков к повреждениям;
- не устраняет угрозу, только информирует.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

**6. Вибрация**

Улавливать вибрации материала трубы в местах выхода воздуха с помощью вибрационных датчиков.

**Некоторые ограничения:**

- сложность в изоляции полезной вибрации от внешних шумов;
- нужно проверять при выключенном заводе и при безветренной погоде;
- нужен переносной датчик вибрации;
- способ неточен, так как нужно наугад проверять каждую трубочку;
- потребность в точной калибровке датчиков вибраций.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow} = \downarrow\downarrow.$$

**7. Световая**

Добавить в трубу люминофорные частицы, видимые при утечке через отверстие под УФ-излучением.

**Некоторые ограничения:**

- неизвестно, можно ли закачивать в трубки сторонние химические вещества;
- для проверки нужны глаза человека, что является ненадежным датчиком;
- ограниченное расстояние действия, так как на открытом воздухе будут мешать ветер и осадки.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

**8. Ядерная**

Использовать радиоактивные изотопы в минимальных количествах для маркирования воздуха и детектора для определения мест утечек.

### **Некоторые ограничения:**

- требования к радиационной безопасности и сложная утилизация;
- риск для здоровья при утечке радиоактивных изотопов;
- высокая стоимость оборудования и изотопов.

$$И = \downarrow\downarrow.$$

### **9. Гравитация**

Применять легкий дым или аэрозоль для визуализации направления выхода воздуха, учитывая его движение по гравитации.

### **Некоторые ограничения:**

- недостаточно точный метод для сложных потоков;
- зависимость от визуализации, которая может быть недостаточно явной;
- зависимость от внешних условий (ветер, фоновое течение, осадки).

$$И = 0.$$

### **10. Кинетическая**

Устанавливать датчики воздушного потока для определения направленного движения воздуха из утечки.

### **Некоторые ограничения:**

- чувствительность датчиков может падать из-за засорения;
- необходимы постоянная настройка и обслуживание;
- повышенные затраты на установку множества датчиков, что противоречит ИКР.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \uparrow\downarrow.$$

### **11. Архимеда**

Запустить легкий газ, например гелий или водород, для поиска мест утечки по его подъему к верхним точкам.

### **Некоторые ограничения:**

- медленный метод при больших объемах газа;
- зависимость от стабильности газа, например, потери гелия могут снизить точность;
- противоречит сути задачи.

$$И = 0.$$

### **12. Пружины**

Создавать систему с упругими элементами внутри трубы, которые будут реагировать на потоки воздуха.

### **Некоторые ограничения:**

- определение утечек требует специфических условий, например минимальной вибрации;
- ограниченный срок службы упругих элементов;

– противоречит ИКР.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### 13. Гидро

Заполнять трубы водой или иной жидкостью и находить утечки по каплям в местах повреждения.

#### Некоторые ограничения:

– противоречит ИКР.

И отсутствует.

### 14. Пневмо

Использовать контроль изменения давления в трубе с помощью высокочувствительных пневмодатчиков.

#### Некоторые ограничения:

- ограничения точности в условиях с высоким внешним давлением;
- высокая стоимость оборудования и обслуживания;
- ограниченное расстояние точного обнаружения утечек.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### 15. Механическая

Приложение чувствительных пластин или мембран по швам для распознавания утечки.

#### Некоторые ограничения:

- ограничения использования в многослойных трубах или сложных конструкциях;
- возможный износ чувствительных мембран;
- требования к регулярной замене материалов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### 16. Химическая

16.1. Ввести инертный газ с химическими добавками для обнаружения утечек через специальные реагенты.

#### Некоторые ограничения:

- высокая стоимость химических реагентов;
- противоречит ИКР;
- риски неправильного применения реагентов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = 0 \downarrow.$$

16.2. Нанести химическое вещество на поверхности трубы, для визуализации выхода воздуха из щели.

### **Некоторые ограничения:**

- низкая эффективность при малых утечках;
- зависимость от условий окружающей среды (температура, влажность);
- возможность ложных срабатываний из-за загрязнений.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

### **17. Био**

Использовать животных, например собак, чувствительных к выбросам конкретного газа.

#### **Некоторые ограничения:**

- чувствительность животных может изменяться в зависимости от окружающих условий;
- противоречит ИКР;
- неоднозначные результаты, требующие высокой квалификации для интерпретации.

И отсутствует.

### **18. Запах**

Добавлять в воздух вещество с ярко выраженным запахом, чтобы обнаружить утечку «по запаху».

#### **Некоторые ограничения:**

- ограниченное время работы добавленных веществ (разложение);
- высокая чувствительность к условиям окружающей среды;
- возможность ложноположительных или ложноотрицательных результатов.

И отсутствует.

### **19. Флора**

Использовать растения, чувствительные к утечке газа (например, изменения в их поведении при наличии определенных веществ).

#### **Некоторые ограничения:**

- растения реагируют медленно, что ограничивает оперативность метода;
- требуется поддержание специфических условий для их роста и работы;
- неэффективность в условиях с быстрыми изменениями газового состава.

И отсутствует.

### **20. Фауна**

Применить микроорганизмы или насекомых, изменяющих свое поведение в местах утечки газа.

### **Некоторые ограничения:**

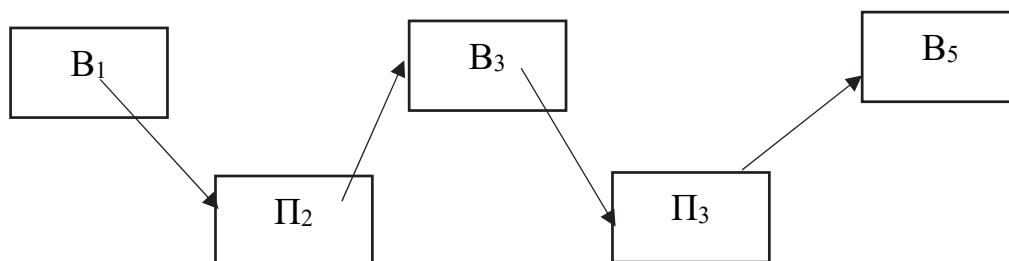
- поведение микроорганизмов и насекомых может быть трудно предсказуемым и требовать сложных условий для их содержания.
- ограниченная применимость из-за необходимости специализированных знаний для интерпретации поведения.
- медленный отклик, что делает метод неэффективным для оперативного обнаружения утечек.
- возможные этические и экологические проблемы, связанные с использованием живых организмов.

И отсутствует.

### **Ресурсы системы**

1. Труба – В<sub>1</sub>.
2. Гелий – В<sub>2</sub>.
3. Воздух – В<sub>3</sub>.
4. Датчик гелия – В<sub>3</sub>.
5. Микрофон – В<sub>5</sub>.
6. Химич. – П<sub>1</sub>.
7. Давление – П<sub>2</sub>.
8. Звук – П<sub>3</sub>.

### **Построение Веполя (после):**



### **Контрольное решение**

В данном случае очевидно, что выходящий воздух через микротрещины в трубке с повышенным давлением (это наше поле/воздействие) будет вести себя как, например, в обычном свистке. Кстати, можно попробовать использовать и другие поля для поиска решений.

Необходимо определять место утечки направленным микрофоном. Свист отчетливо слышен в наушниках, а вес приборчика, который улавливает звук даже на частотах, недоступных уху человека, всего сотни граммов.

## 2. КОНТРОЛЬ ТРЕЩИН В ТРУБОПРОВОДЕ

Природный газ используют на ряде электростанций. Но газ добывают далеко от мест расположения газовых электростанций. Поэтому в большинстве случаев его доставляют потребителю по трубам.

Представим: бесконечная нить газопровода пересекает огромные пространства. Время от времени в трубе образуются микротрещины. Их важно быстро обнаружить. Строить дорогостоящие поисковые системы с множеством тысяч датчиков – дорого. Как быть?

### **Задача в инженерном изложении**

Разработать систему обнаружения утечек природного газа, из проложенного под землей газопровода.

### **Техническое противоречие (ТП)**

Разработать эффективную систему контроля микротрещин в трубопроводах, но нужно учитывать:

- способ должен быть применим для газопровода большой протяженности без необходимости установки множества дорогостоящих датчиков;
- способ должен подходить для газопроводов проложенных под землей.

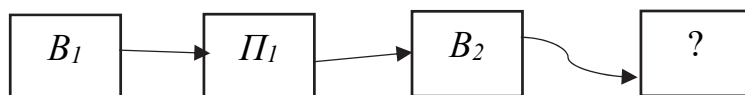
**ИКР:** нечто (X-элемент технической системы) без существенных технических затрат, без существенных экологических воздействий, без существенных экономических затрат:

- в нужном месте (в месте трещины);
  - в нужное время (во время утечки газа);
- само:
- устраняет вредный эффект;
  - обеспечивает требуемый полезный результат (визуализировать утечку газа).

### **Ресурсы системы**

1. Труба –  $B_1$ .
2. Природный газ –  $B_2$ .
3. Давления газа –  $\Pi_1$ .
4. Воздух –  $B_3$ .

### **Построение Веполя (до):**



### **Силы и предложения**

#### **1. Тепло**

Использование тепловых сенсоров для обнаружения утечек газа, так как выходящий газ может изменять температуру трубы [6].

### **Некоторые ограничения:**

- непонятно, как именно подводить тепловую энергию;
- большая часть тепловой энергии будет передаваться через металл трубы сразу к теплоносителю и не обеспечит нагрев трубы;
- уникальность: способ уникальный и, следовательно, требует времени на разработку.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

### **2. Холод**

Газ при утечке может охлаждать поверхность трубы, что можно выявить с помощью устройства определения температуры.

### **Некоторые ограничения:**

- могут возникнуть термические напряжения;
- эффективность зависит от условий окружающей среды.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### **3. Электрическая**

Применение датчиков изменения электрохимических свойств трубы при возникновении дефектов.

### **Некоторые ограничения:**

- необходимость точной настройки датчиков;
- влияние внешних электромагнитных полей.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

### **4. Магнитная**

Использование магнитометрии для выявления изменений в структуре металла, вызванных микротрещинами.

### **Некоторые ограничения:**

- малое изменение магнитных свойств при мелких дефектах;
- требуется калибровка оборудования.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

### **5. Звуковая**

Установка акустических датчиков для фиксации звука, вызываемого выходящим газом через микротрещины.

### **Некоторые ограничения:**

- шумы могут затруднять обнаружение;
- требуется отделение полезного сигнала от шума [7, 8].

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

## 6. Вибрация

Определение вибраций трубы в местах утечки газа с помощью вибрационных сенсоров.

### Некоторые ограничения:

- высокая чувствительность к внешним вибрациям;
- требуется частая калибровка.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 7. Световая

Введение оптических датчиков или волокон в трубу для фиксации изменений в световом потоке из-за трещин.

### Некоторые ограничения:

- влияние загрязнений на датчики;
- зависимость от температуры [9].

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 8. Ядерная

Использование гамма-сканирования для контроля повреждений.

### Некоторые ограничения:

- высокая стоимость оборудования;
- требует строгих мер безопасности [10, 11].

И отсутствует.

## 9. Гравитация

Применение гравиметров, которые фиксируют изменения массы газа на участке трубы.

### Некоторые ограничения:

- высокая чувствительность оборудования, что требует изоляции от внешних факторов;
- ограничения по точности для малых утечек газа;
- высокая стоимость оборудования [12].

И отсутствует.

## 10. Кинетическая

Мониторинг скорости движения газа. Понижение скорости может свидетельствовать о наличии трещины.

### Некоторые ограничения:

- зависимость от стабильности потока газа;
- технические сложности в настройке точного контроля скорости;

– возможные ошибки из-за турбулентности или переменных условий окружающей среды.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

### 11. Архимеда

Применение принципа Архимеда для фиксации изменения плотности газа.

#### Некоторые ограничения:

- ограниченная применимость при малых утечках;
- высокая зависимость от однородности газа;
- требование сложного оборудования для точного измерения изменений плотности.

И отсутствует.

### 12. Пружины

Установка механических устройств на основе пружин для фиксации изменения давления трубы.

#### Некоторые ограничения:

- со временем пружины могут изнашиваться;
- требуется точная калибровка для условий трубы;
- невозможность надежного контроля в агрессивной среде.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = 0.$$

### 13. Гидро

Использование жидкостей для испытаний на герметичность (гидродинамическое давление).

#### Некоторые ограничения:

- не подходит для труб с высокой температурой или давлением;
- неудобство при транспортировке больших объемов жидкости;
- сложность удаления жидкости после испытаний.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

### 14. Пневмо

Продувка газопровода и мониторинг изменений давления.

#### Некоторые ограничения:

- зависимость от давления и температуры газа;
- проблемы при работе с загрязненными или влажными газами;
- сложность расчета утечки при наличии многочисленных факторов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \uparrow\downarrow.$$

## 15. Механическая

Установка механических считывателей трещин и повреждений.

### Некоторые ограничения:

- подверженность механическим повреждениям оборудования;
- трудности в монтаже и эксплуатации на больших участках трубы;
- ограниченная долговечность в сложных внешних условиях.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \uparrow\downarrow.$$

## 16. Химическая

Применение реагентов, которые изменяют цвет при контакте с вытекающим газом.

### Некоторые ограничения:

- не подходит для обнаружения невидимых или бесцветных газов;
- возможность ложных результатов из-за контакта с другими веществами;
- требуется регулярная замена реагентов.

И отсутствует.

## 17. Био

Использование бактерий или других организмов, которые реагируют на утечку газа.

### Некоторые ограничения:

- узкая специфичность для определенных типов газа;
- возможность гибели бактерий из-за неблагоприятных условий окружающей среды;
- сложность поддержания популяции бактерий на месте исследования.

И отсутствует.

## 18. Запах

Мониторинг запаха, добавленного в газ, для выявления утечек.

### Некоторые ограничения:

- неэффективен для газа без запаха;
- возможность привыкания к запаху у людей, что снижает эффективность;
- требуется постоянный контроль из-за изменения концентрации газа.

И отсутствует.

## 19. Флора (метод устарел)

Контроль состояния растительности рядом с трубой, которая может погибать из-за утечек.

### Некоторые ограничения:

- метод устарел;
- зависимость от множества факторов окружающей среды;
- не подходит в случае отсутствия растительности вокруг трубопровода.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

### 20. Фауна (метод устарел)

Наблюдение за поведением животных, которые реагируют на утечки газа.

### Некоторые ограничения:

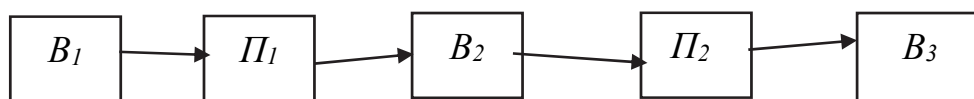
- метод устарел;
- животные чаще всего покидают опасную зону, что не позволяет своевременно обнаружить утечку;
- трудности в идентификации изменений в поведении, вызванных исключительно утечками газа.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

### Ресурсы системы

1. Труба – В<sub>1</sub>.
2. Природный газ – В<sub>2</sub>.
3. Давления газа – П<sub>1</sub>.
4. Звук – П<sub>2</sub>.
5. Акустический датчик – В<sub>3</sub>.

### Построение Веполя (после):



### Контрольное решение

Установка акустических датчиков – это эффективный и доступный способ обнаружения утечек газа.

Они позволяют фиксировать характерный шум, вызванный выходом газа через микротрещины.

Метод недорогой, достаточно точный и применяется в реальной практике.

### 3. ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Зачастую при пересечении реки трубопровод укладывают в траншею, вырытую на речном дне; траншея после укладки трубопровода засыпается.

Однако со временем речной грунт размывается течением, труба оголяется, и ее можно повредить. Поэтому для контроля целостности трубопровода на дно периодически опускаются водолазы. При обследовании определяется состояние подводных трубопроводов: их обнажение и провисание; граница размыва дна в непосредственной близости от трубопровода.

Если при обследовании обнаружено вскрытие трубопровода, то принимаются экстренные меры.

Спуск водолазов – сложная и дорогая операция. Размыв речного грунта происходит нечасто, и поэтому в большинстве случаев погружение водолазов под воду не дает результатов. А это связано со значительными затратами.

Что необходимо предпринять?

#### **Задача в инженерном изложении**

Разработать метод дистанционной визуализации степени разрыва подводных трубопроводов.

#### **Техническое противоречие (ТП)**

Необходимо получить информацию о состоянии трубопровода на дне реки быстро и дешево, но нужно учитывать:

- вода оптически непрозрачная;
- в воде могут быть деревья, льдины, способные повредить внешние датчики;
- не использовать водолазов;
- ценные датчики, провода, металлоконструкции могут быть украдены местным населением.

**ИКР:** нечто (X-элемент технической системы) без существенных технических затрат, без существенных экологических воздействий, без существенных экономических затрат:

- в нужном месте (в месте размыва трубопровода);
  - в нужное время (в момент проведения мониторинга);
- само:
- устраняет вредный эффект;
  - обеспечивает требуемый полезный результат (визуализация размыва трубы).

## Справка

Периодическая инспекция состояния подводного трубопровода проводится разными методами. В Великобритании трубопровод обследуют после строительства и через шесть месяцев эксплуатации, а далее – через год при отсутствии изменений. В Нидерландах обследование проводится ежегодно, а при отклонениях – два раза в год.

Максимальные нагрузки место с размывым участком испытывает в паводковый период, поэтому обследования и ремонтные работы проводятся зимой.

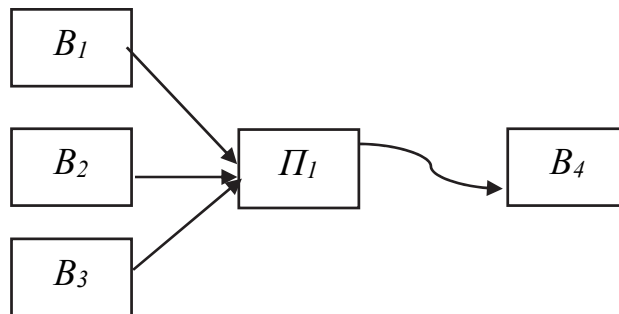
Один из методов инспекции – решение компании British Gas – использование прибора внутри трубопровода, который определяет плотность газа и толщину слоя грунта под трубопроводом.

Компания Wimprol разработала в 1986–1987-е гг. сканирующую систему для исследования состояния трубопроводов.

### Ресурсы системы

1. Труба закопанная –  $B_1$ .
2. Дно –  $B_2$ .
3. Вода –  $B_3$ .
4. Гидротечение –  $\Pi_1$ .
5. Труба размывтая –  $B_4$ .

### Построение Веполя (до):



### Силы и предложения

#### 1. Тепло

Использовать тепловизоры для отслеживания изменений температуры воды, которые могут указывать на участки размыва грунта или обнажение трубопровода.

#### Некоторые ограничения:

– точность измерения: на точность работы тепловизора могут влиять внешние факторы, такие как температура окружающей среды и теплопроводность материалов;

– затраты: высокая стоимость тепловизионного оборудования и его обслуживания;

– интерференция: другие объекты с высокой температурой могут вызвать ложные срабатывания;

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

## 2. Холод

Применять датчики контроля температуры труб, чтобы фиксировать снижение температуры в местах контакта трубы с холодной водой из-за размыва защитного грунта.

### Некоторые ограничения:

– чувствительность: датчики должны быть крайне чувствительными к изменениям температуры, чтобы фиксировать небольшие разрывы;

– влагозащищённость: необходима защита датчиков от влаги и конденсата, что может усложнить установку и эксплуатацию;

– скорость реакции: не все изменения температуры могут быть зафиксированы в режиме реального времени.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow} = \uparrow.$$

## 3. Электрическая

Организовать систему контроля коррозии труб с помощью электрических потенциалов; изменения могут указывать на оголение труб.

### Некоторые ограничения:

– коррозия: наличие коррозии может повлиять на точность электрических измерений;

– помехи: электромагнитные помехи от других устройств могут исказить показания;

– контактные поверхности: необходимо обеспечить хороший электрический контакт с трубами для точных измерений.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \uparrow.$$

## 4. Магнитная

Использовать магнитные датчики или сканеры для проверки целостности металлического трубопровода и обнаружения участков без грунта.

### Некоторые ограничения:

– материал трубопровода: ограниченная применимость для немагнитных материалов;

– точность измерений: чувствительность к внешним магнитным полям, которые могут вызвать ошибки;

– дистанция: зависимость точности от расстояния до трубопровода.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

## 5. Звуковая

Применять гидроакустические датчики для эхолокации размыва грунта и выявления пустот над трубами.

### Некоторые ограничения:

- шум: внешние шумы могут повлиять на точность эхолокации;
- плотность среды: эффективность зависит от среднего уровня плотности и влажности;
- интерференция: зависимость от качества используемого оборудования и его настроек [13].

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

## 6. Вибрация

Установить вибрационные датчики на трубу для регистрации измененной динамики вибраций, вызванной потерей опоры.

### Некоторые ограничения:

- ложные срабатывания: вибрации от других источников могут вызвать ложные сигналы;
- чувствительность: требуется высокая чувствительность для отслеживания малых изменений;
- крепление датчиков: правильная установка датчиков критична для получения точных данных.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 7. Световая

Применить подводные оптические камеры с освещением для визуального осмотра трубопровода в местах возможного размыва.

### Некоторые ограничения:

- освещение: требуется качественная подсветка для визуализации в условиях плохой видимости;
- прозрачность воды: мутная и загрязнённая вода может значительно ухудшить видимость;
- покрытие труб: если трубы покрыты слоем грязи, ржавчины или ила, визуальный осмотр становится менее эффективным.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 8. Ядерная

Использовать радиоизотопные сканеры для определения плотности грунта вокруг трубы.

### Некоторые ограничения:

- радиационная безопасность: использование радиоизотопных сканеров связано с повышенными требованиями безопасности;
- сложность эксплуатации: необходима высокая квалификация персонала;
- экологические требования: законодательные ограничения на использование радиоактивных источников.

И отсутствует.

## 9. Гравитация

Установить приборы для отслеживания локальных изменений гравитационного поля, связанных с утратой грунта над трубопроводом.

### Некоторые ограничения:

- чувствительность оборудования: небольшие изменения в гравитационном поле могут быть сложными для точного измерения;
- сложность интерпретации результатов: локальные изменения в плотности грунта могут быть вызваны другими причинами, не связанными с повреждением трубопровода;
- затраты: высокая стоимость оборудования и его обслуживания.

И отсутствует.

## 10. Кинетическая

Применять автономные подводные дроны для обследования трубопроводов по маршруту движения течений.

### Некоторые ограничения:

- управление: дронам требуется стабильная навигация, особенно в условиях сильных течений или затруднённой видимости;
- энергозависимость: ограниченная автономность дронов из-за необходимости периодической подзарядки;
- сложные условия: подводные препятствия могут затруднить обследование.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

## 11. Архимеда

К трубам на тросах крепятся цветные поплавки, которые закапывают вместе с трубой. При размывании грунта поплавки всплывают: видно, что пришло время ремонта.

### **Некоторые ограничения:**

- зависимость от времени: метод эффективен только по истечении длительного срока эксплуатации трубы;
- потеря точности: не позволяет определить точное место повреждения заранее;
- экологические факторы: поплавки могут быть смещены течением или другими факторами.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow} = \uparrow.$$

### **12. Пружины**

Установить механические устройства с пружинами, реагирующими на изменение давления грунта на трубу.

#### **Некоторые ограничения:**

- чувствительность: могут фиксироваться изменения давления, не связанные с повреждением труб (например, сдвиги грунта);
- износ компонентов: пружины и датчики могут изнашиваться или ломаться со временем;
- точность: метод может не давать полного понимания характера повреждений;

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### **13. Гидро**

Использовать гидродинамические датчики для анализа изменения потоков воды над трубопроводом, что свидетельствует о размыве.

#### **Некоторые ограничения:**

- калибровка: датчики требуют регулярной калибровки для поддержания точности измерений;
- изменения потоков воды могут иметь множество причин, не связанных с повреждением труб;
- требуется определённая сложность в установке датчиков в нужные места.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow \uparrow.$$

### **14. Пневмо**

Применить воздушные камеры (пневмодатчики) на трубе, чувствительные к изменению давления воды или грунта.

#### **Некоторые ограничения:**

- изменения давления: могут регистрироваться изменения давления, не связанные напрямую с повреждением труб;

– эксплуатация: требуются стабильные условия эксплуатации, чтобы избежать ложных сигналов;

– чувствительность к условиям: может реагировать на изменения давления окружающей среды.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow \uparrow.$$

### **15. Механическая**

Использовать устройства механического контактного контроля состояния грунта и трубы.

#### **Некоторые ограничения:**

– контактные элементы: внешние воздействия могут повлиять на точность работы устройства;

– износ: механические компоненты со временем могут изнашиваться или ломаться.

– процесс установки: требуется определённая сложность при установке на трубопроводе.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \downarrow \uparrow.$$

### **16. Химическая**

Применять химические сенсорные системы для определения состава воды, который может изменяться в местах размыва.

#### **Некоторые ограничения:**

– чувствительность: трудность в точном определении изменения состава воды без ложных сигналов;

– затраты: высокая стоимость сенсорных систем и их обслуживания;

– сложность анализа: требуются высококвалифицированные специалисты для интерпретации данных.

И отсутствует.

### **17. Био**

Внедрить биоэлектронные системы, например датчики с микроорганизмами, реагирующими на изменение характеристик воды.

#### **Некоторые ограничения:**

– экологические: введение в экосистему может вызывать нежелательные изменения;

– чувствительность: биосистемы могут давать ложные сигналы, требующие дополнительной проверки;

– сложность разработки: разработка эффективных биосистем требует значительных научных ресурсов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 18. Запах

Разработать системы детекции изменения химического запаха воды в местах размыва или утечек в трубах.

### Некоторые ограничения:

- особенность водоёмов: запах может меняться в зависимости от множества факторов, не связанных с повреждением;
- точность: комплексное определение источника запаха требует высокой точности оборудования;
- сложность настройки: требуется сложная калибровка сенсоров для точного выявления изменяющегося запаха.

И отсутствует.

## 19. Флора

Наблюдать за состоянием водорослей или другой растительности в зоне трубопровода, так как размыв влияет на их рост.

### Некоторые ограничения:

- временные изменения: водоросли и растения могут меняться из-за сезонных изменений, а не только из-за повреждений;
- задержка реакции: флора может медленно реагировать на изменения, что замедляет выявление проблемы;
- многозадачность: необходимо учитывать множество других факторов, влияющих на рост растений.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

## 20. Фауна

Использование поведения рыб или животных как индикатор (например, создание искусственных рифов рядом с трубой и наблюдение за ними).

### Некоторые ограничения:

- изменчивое поведение: рыбы и животные могут изменять своё поведение из-за множества экологических факторов.
- дополнительное оборудование: требуется установка искусственных рифов и постоянное наблюдение.
- экологическая значимость: вмешательство может повлиять на естественные экосистемы и вызвать нежелательные последствия.

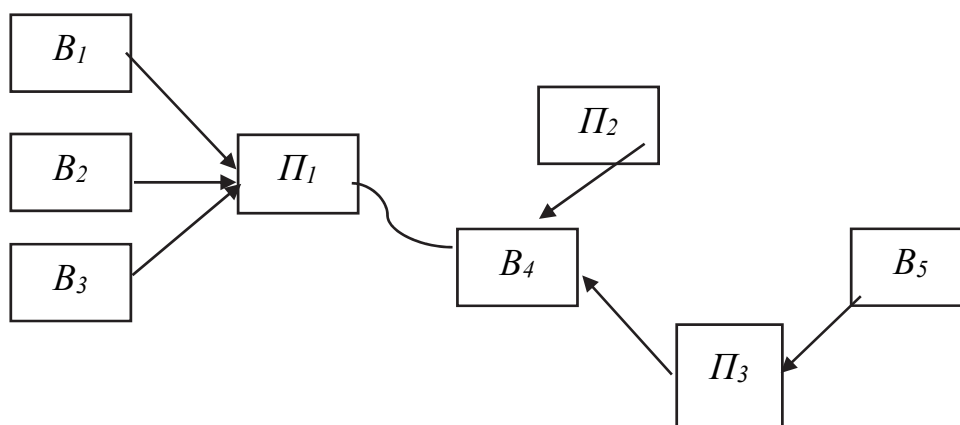
$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### Ресурсы системы

1. Труба закопанная – В<sub>1</sub>.
2. Дно – В<sub>2</sub>.

3. Вода –  $B_3$ .
4. Гидро–течение –  $\Pi_1$ .
5. Труба размытая –  $B_4$ .
6. Пневмо –  $\Pi_3$ .
7. Поплвок –  $B_5$ .
8. Сила Архимеда –  $\Pi_2$ .

**Построение Веполя (после):**



### **Контрольное решение**

К трубам на тросах крепятся цветные поплавки, которые закапывают вместе с трубой. При размывании грунта полавки всплывают: видно, что пришло время ремонта.

## **4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ ВОЗДУХА ПРИ ВЗРЫВЕ В ШАХТЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА**

На угольных электростанциях электричество получают путем сжигания большого количества угля. Добыча этого угля происходит в шахтах, что является сложной и опасной работой. Реальный опыт показывает, что в шахтах часто случаются разные аварии. Одной из таких является скопление метана на глубине, что иногда приводит к взрыву. Такой взрыв крайне опасен, так как может привести к гибели людей. Подземные взрывы метана представляют собой особую опасность, так как разрушительные волны быстро распространяются по шахтным каналам.

Как обезопасить людей при взрыве?

### **Задача в инженерном изложении**

Необходимо найти решение от разрушительных потоков в шахте.

## Техническое противоречие (ТП)

Обезопасить людей при взрыве можно, очевидно, с помощью какой-нибудь преграды, но

- неизвестен способ;
- будут мешать производственному процессу;
- могут быть дорогостоящими.

**ИКР:** нечто (X-элемент технической системы) без существенных технических затрат, без существенных экологических воздействий, без существенных экономических затрат:

- в нужном месте (в шахте);
- в нужное время (во время взрыва);

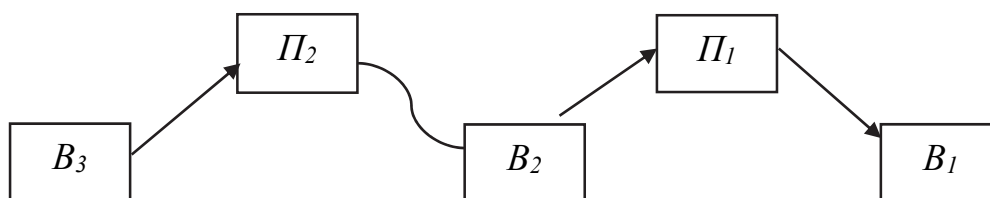
само:

- устраняет вредный эффект;
- обеспечивает требуемый полезный результат (обеспечивает жизнь персоналу).

### Ресурсы системы

1. Персонал –  $B_1$ .
2. Метан –  $B_2$ .
3. Уголь –  $B_3$ .
4. Взрывная волна –  $\Pi_1$ .
5. Поле давлений –  $\Pi_2$ .

### Построение Веполя (до):



### Силы и предложения

#### 1. Тепло

Создание систем пожаротушения, которые управляются автоматически при обнаружении повышения температуры.

#### Некоторые ограничения:

- сложно предусмотреть универсальный способ установки систем пожаротушения в уже существующих шахтах;
- возможны ложные срабатывания из-за внешних факторов, таких как высокая температура окружающей среды, вибрация от работы оборудования;

– высокая стоимость эксплуатации требует выделения дополнительных ресурсов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \uparrow \downarrow.$$

## 2. Холод

Использование охлаждающих систем для снижения температуры газа и воздуха, уменьшение последствий взрыва.

### Некоторые ограничения:

– необходимы значительные затраты на разработку и установку охлаждающих систем;

– используемые вещества для охлаждения могут быть опасными для окружающей среды;

– неизвестен безопасный способ быстрого и полного охлаждения.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow \downarrow.$$

## 3. Электрическая

Установка оборудования, реагирующего на взрыв и отключающего электроустановки.

### Некоторые ограничения:

– системы требуют сложной калибровки и регулярного обслуживания;

– не отвечает ИКР – не сохраняет жизнь персонала;

– риск сбоя оборудования в случае резких перепадов напряжения.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \times.$$

## 4. Магнитная

Использование магнитных датчиков для обнаружения взрывоопасных газов.

### Некоторые ограничения:

– магнитные датчики могут быть нечувствительными к некоторым видам газов;

– высокая стоимость чувствительных датчиков снижает доступность технологии;

– влияние электромагнитных помех может исказить работу датчиков.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 5. Звуковая

5.1. Направить встречный звук для компенсации взрывной волны.

### **Некоторые ограничения:**

- высокий уровень шума может негативно влиять на здоровье человека и оборудование;
- эффективность звукоотражающих и звукопоглощающих конструкций ограничена;
- требуется точная синхронизация встречных звуков для эффективной компенсации волны.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \uparrow\downarrow} = 0 \uparrow.$$

5.2. Установить звукопоглощающие стены.

### **Некоторые ограничения:**

- требуются большие площади и толщина;
- износ от влаги, температуры и повреждений;
- низкая эффективность против низких частот.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow\downarrow.$$

## **6. Вибрация**

Вызвать контролируемые вибрации, чтобы обрушить свод шахты и закупорить взрыв.

### **Некоторые ограничения:**

- неконтролируемая вибрация может привести к обрушению больших участков и создать дополнительную угрозу для людей и техники;
- вибрация может повредить чувствительное оборудование;
- точное направление вибрации затруднено и требует сложного оборудования;
- не отвечает ИКР – опасно для жизни персонала.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow\downarrow} = \times.$$

## **7. Световая**

Компенсировать взрыв световой энергией.

### **Некоторые ограничения:**

- способ теоретически не известен.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = \times.$$

## **8. Ядерная**

Не применимо в данном контексте.

И отсутствует.

## **9. Гравитация**

Размещение аварийных вентиляционных шахт на разных уровнях для сброса давления.

### **Некоторые ограничения:**

- необходимы значительные затраты на проектирование и установку вентиляционных шахт;
- размещение может быть ограничено структурными особенностями сооружения;
- возможно появление зон с неэффективной вентиляцией.

И отсутствует.

### **10. Кинетическая**

Укрепление конструкций шахты и создание специальных зон для поглощения ударной волны.

### **Некоторые ограничения:**

- требуются дополнительные материалы для укрепления конструкций;
- сложности в проектировании специальных зон внутри существующих структур;
- увеличение веса конструкции может потребовать дополнительных инженерных расчетов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = 0.$$

### **11. Архимеда**

Моделирование движения газов с использованием законов гидродинамики для точной оценки размещения вентиляции.

### **Некоторые ограничения:**

- не отвечает ИКР;
- оценка может занять много времени, особенно при сложных условиях;
- потребность в высокоточном оборудовании для анализа.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \infty.$$

### **12. Пружины**

Установка амортизирующих конструкций для гашения ударной волны.

### **Некоторые ограничения:**

- возможен износ амортизирующих конструкций со временем;
- требуется регулярное обслуживание и замена компонентов;
- возможность отказа системы при больших нагрузках.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = 0 \uparrow.$$

### 13. Гидро

Применение аварийных систем водяного тумана для снижения температуры и давления.

#### Некоторые ограничения:

- высокая стоимость установки водяных систем;
- потребность в постоянном источнике воды в системах аварийного распыления;
- возможные проблемы с замерзанием системы в холодном климате.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### 14. Пневмо

Установка воздухонагнетателей для создания встречных ударных потоков воздуха.

#### Некоторые ограничения:

- необходима значительная энергия для создания мощных воздушных потоков;
- возможен риск повреждения установленного оборудования и коммуникаций;
- требуется точный расчёт параметров, чтобы избежать непредвиденных последствий для окружающей среды.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### 15. Механическая

Автоматические закрывающиеся двери.

#### Некоторые ограничения:

- возможны отказы срабатывания дверей при сильном износе или повреждении;
- работоспособность может зависеть от внешних условий (пыли, влаги, температуры);
- в случае перебоев с электропитанием автоматизация может быть нарушена.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### 16. Химическая

Использование химических реагентов для нейтрализации метана в воздухе.

#### Некоторые ограничения:

- риски неправильного использования химических реагентов;

- вероятность появления токсичных побочных веществ;
- не отвечает ИКР.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \times.$$

### 17. Био

Постоянный мониторинг рабочих зон с использованием бактерий для анализа уровня метана.

#### **Некоторые ограничения:**

- возможность ошибок в анализе из-за внешних факторов;
- технология не разработана;
- не отвечает ИКР.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \times.$$

### 18. Запах

Установка автоматизированных систем с датчиками запаха, которые обнаруживают опасные концентрации газа.

#### **Некоторые ограничения:**

- возможность ложных срабатываний из-за внешних запахов;
- не отвечает ИКР;
- ограниченная дальность обнаружения запахов.

И отсутствует.

### 19. Флора

Использование растений для поглощения углекислого газа, однако данный метод может быть ограничен.

#### **Некоторые ограничения:**

- ограниченные способности растений к поглощению углекислого газа в экстремальных условиях;
- необходимость поддержания специфических условий для роста растений;
- не отвечает ИКР.

И отсутствует.

### 20. Фауна

Применение животных, например канареек, для предупреждения шахтеров об опасности газа (исторический метод).

#### **Некоторые ограничения:**

- не отвечает ИКР;
- требуется постоянное наблюдение за состоянием контрольной фауны;
- ограниченная надежность метода в современных условиях.

И отсутствует.

## 21. Аналогии

Парашют в шахте, оставаясь в полураскрытом состоянии, при взрыве автоматически раскрывается полностью, перекрывая шахту и предотвращая распространение взрывной волны.

### Некоторые ограничения:

- сложность управления парашютными системами в шахте;
- риск неправильного срабатывания или задержки системы в критической ситуации;
- необходимость регулярной проверки и технического обслуживания.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow} = \uparrow\uparrow.$$

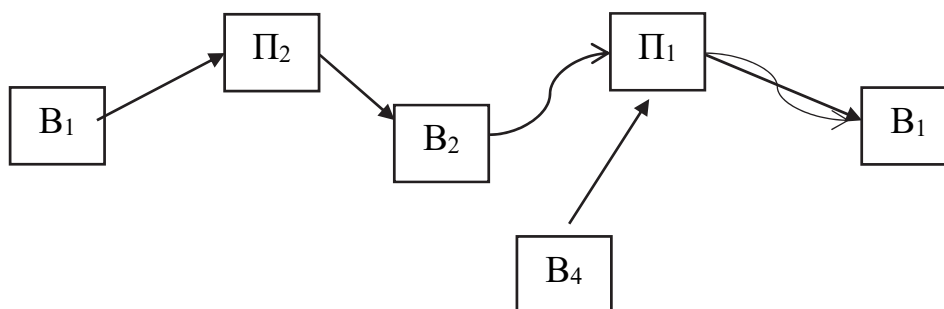
### Контрольное решение

Роль перегородки играет парашют. Его укрепляют в шахтах в полураскрытом состоянии, при этом вентиляции он не мешает. Но если произошел взрыв, то волна воздуха сама раскроет парашют, и он полностью перекроет шахту в момент прохода взрывной волны.

### Ресурсы системы

1. Персонал – В<sub>1</sub>.
2. Метан – В<sub>2</sub>.
3. Уголь – В<sub>3</sub>.
4. Парашют – В<sub>4</sub>.
5. Взрывная волна – П<sub>1</sub>.
6. Поле давлений – П<sub>2</sub>.

### Построение Веполя (контрольное решение):



## 5. КАК ДОСТАВИТЬ ПАРОВУЮ МАШИНУ

В середине XIX в. один российский промышленник купил паровую машину. Когда ее уже почти довели до места установки, выяснилось, что путь преграждает река. Мост через нее не может выдержать тяжести паровой машины. Как доставить на место паровую машину?

### **Задача в инженерном изложении**

Разработать техническое решение для безопасной транспортировки паровой машины через реку, учитывая, что мост не выдерживает её вес.

### **Технические противоречия (ТП)**

Разработать техническое решение для безопасной транспортировки паровой машины через реку, но нужно учитывать:

- мост укрепить нельзя;
- паром сделать нельзя;
- река глубокая;
- ждать зимы нельзя.

**ИКР:** нечто (X-элемент технической системы) без существенных технических затрат, без существенных экологических воздействий, без существенных экономических затрат:

- в нужном месте (мост через реку);
  - в нужное время (в момент транспортировки машины);
- само:
- устраняет вредный эффект;
  - обеспечивает требуемый полезный результат (транспортировка машины через реку).

### **Силы и предложения**

#### **1. Тепло**

1.1. Использовать нагревание поверхности моста для временного изменения его свойств, что может уменьшить риск разрушения при транспортировке.

#### **Некоторые ограничения:**

- энергозатраты: использование тепла требует больших энергозатрат для поддержания необходимой температуры;
- временное решение: изменение свойств конструкции временно и может не быть устойчивым;
- материаловедение: не все материалы могут безопасно подвергаться резкому нагреву без ущерба.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

1.2. Дополнительно подогреть вытяжной воздух, чтобы он в трубе не успевал охлаждаться.

#### **Некоторые ограничения:**

- не устраняет причину охлаждения;
- риск перегрева материалов;
- высокие энергозатраты.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow \uparrow} = \downarrow \downarrow.$$

## 2. Холод

В зимний период, когда река замерзнет, перевезти паровую машину по льду, который может выдерживать большой вес.

### **Некоторые ограничения:**

- погодные условия: температура может недостаточно понизиться для надежного замораживания воды;
- толщина льда: недостаточная, что может ограничить нагрузку;
- изменения климата: изменчивые погодные условия могут внезапно ухудшить ситуацию.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \uparrow \downarrow.$$

## 3. Электрическая

Создать электрическую лебедку или грузоподъемный механизм, чтобы поднять машину и переместить ее через реку.

### **Некоторые ограничения:**

- электропитание: требуется стабильный источник питания для работы лебедки или механизма;
- безопасность: электрические компоненты подвержены рискам возникновения коротких замыканий;
- техническое обслуживание: необходимы регулярные проверки и обслуживание электрооборудования.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 4. Магнитная

Использовать магнитные платформы, чтобы переместить машину через реку, если части конструкции имеют металлические компоненты.

### **Некоторые ограничения:**

- металл в конструкции: наличие металлических компонентов не гарантировано во всех случаях;
- энергопотребление: магнитные системы могут потреблять много энергии для работы;
- техническая сложность: разработка и внедрение магнитных платформ требует высоких технологий.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

## 5. Звуковая

Использовать звуковые волны высокой амплитуды в качестве технологической идеи для вибрационного перемещения или снижения нагрузки на мост.

### **Некоторые ограничения:**

- эффективность: высокая амплитуда и частота звука может не создать достаточную вибрацию;
- воздействие на окружающую среду: звуковые волны могут негативно влиять на флору и фауну;
- точность: сложно добиться высокой точности перемещения с использованием звука.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### **6. Вибрация**

Вызвать контролируемые вибрации в почве или грунте, чтобы подготовить временное укрепление для движения тяжелых грузов.

#### **Некоторые ограничения:**

- контроль: сложность в создании направленной и контролируемой вибрации в нужной зоне;
- распределение: неравномерное распределение вибрации может нанести вред грунту;
- масштаб: эффективность зависит от масштаба и композиции транспортируемых объектов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### **7. Световая**

Принцип использования энергии света не применим к ситуации напрямую, но может быть использован в сочетании с другими идеями, например для маркировки маршрута.

#### **Некоторые ограничения:**

- прямое применение: прямое применение света в инженерных задачах ограничено;
- требуемая энергия: требуется много энергии для создания направленного светового потока;
- инновации: ограниченные инновации при использовании света в традиционных транспортных задачах.

И отсутствует.

### **8. Ядерная**

Принцип реализации на XIX в. невозможен, но по аналогии можно представить использование большого количества энергии для подъемных механизмов.

### **Некоторые ограничения:**

- безопасность: риски и безопасное управление ядерной мощностью делают применение проблематичным;
- регулирование: строгое регулирование делает реализацию технически и юридически трудной;
- окружающая среда: потенциальное негативное воздействие на окружающую среду требует учета всех факторов.

И отсутствует.

### **9. Гравитация**

Установить наклонные платформы по обе стороны реки, используя силу гравитации для управления спуском и подъемом машины.

#### **Некоторые ограничения:**

- угол наклона: требуется точный расчет угла наклонной платформы для безопасного использования;
- ограниченная сила: гравитация требует дополнительных механизмов контроля для торможения или остановки;
- подготовка поверхности: необходима надежная и устойчивая платформа для спуска и подъема.

И отсутствует.

### **10. Кинетическая**

Построить катапульту или тросовый механизм для перемещения машины с одной стороны реки на другую.

#### **Некоторые ограничения:**

- точность: сложно обеспечить точное попадание в место назначения;
- безопасность: использование кинетической энергии может быть опасным при неудачных расчётах;
- энергопотери: потенциальные потери энергии при запуске механизмов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### **11. Архимеда**

Разместить паровую машину на большой плот, который можно спустить на воду и переправить по реке.

#### **Некоторые ограничения:**

- размер плота: требуется достаточный размер и прочность платформы, чтобы выдерживать массу груза;
- устойчивость: подверженность плота воздействию течения и ветра;
- время сбора: затраты времени на подготовку и запуск платформы.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

## 12. Пружины

Создать систему с использованием мощных пружин, чтобы через серию толчков переместить машину через воду или по укрепленному мосту.

### Некоторые ограничения:

- требования к мощности: необходимы мощные и качественные пружины для работы с тяжелыми объектами;
- контроль направления: могут возникнуть трудности с направленным перемещением;
- износ: постепенное снижение эффективности пружин из-за частого использования.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

## 13. Гидро

Воспользоваться плавучими конструкциями (лодки, баржи или плоты) для транспортировки машины по воде.

### Некоторые ограничения:

- погодные условия: влияние течения и волн может затруднить транспортировку;
- грузочная способность: ограничения веса водных средств;
- доступность конструкций: не всегда есть подходящие плавучие средства для данной задачи.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

## 14. Пневмо

Создать воздушную подушку (подобно принципу аэроглиссера), чтобы равномерно распределить вес машины для перемещения.

### Некоторые ограничения:

- потребление энергии: работа воздушных подушек требует значительных энергетических ресурсов;
- ширина территории: для их работы необходима достаточно широкая и ровная поверхность;
- герметичность: любая утечка воздуха может повлиять на эффективность.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow \uparrow.$$

## 15. Механическая

Разобрать машину на части, снизив общий вес нагрузки на мост, и перенести их через мост поэтапно.

### **Некоторые ограничения:**

- сложность разборки: требуется дополнительное время и ресурсы для разборки и последующей сборки машины;
- слабые связи: риск повреждения отдельных частей во время процесса;
- временные затраты: продолжительность процесса может быть значительной.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow} = \uparrow.$$

### **16. Химическая**

Применить химические вещества или процессы для создания временных укреплений моста или берега.

#### **Некоторые ограничения:**

- риски безопасности: использование химических веществ может быть опасным для людей и окружающей среды;
- негативное воздействие: возможные экологические последствия при неправильной утилизации веществ;
- потребность в экспертизе: нужно точное понимание химических процессов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

### **17. Био**

Использовать трудовые ресурсы людей или животных для перемещения машины через реку.

#### **Некоторые ограничения:**

- физическая выносливость: у людей или животных есть ограничения по нагрузке и продолжительности работы;
- мотивация: животные могут быть неуправляемыми без должного подхода;
- эффективность: скорость и сила ограничены по сравнению с механическими средствами.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### **18. Запах**

Переправить животных, например лошадей, с помощью запаха приманки, чтобы они перетаскивали машину на другой берег.

#### **Некоторые ограничения:**

- точность: затруднено точное управление животными при использовании запаха приманки;

– доступность: требуется найти или подготовить животных, которые отреагируют на запах;

– риск: поведение животных может быть непредсказуемым и неконтролируемым.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = 0 \downarrow.$$

## 19. Флора

Использовать деревья для строительства временного деревянного моста или плота для переправы.

### Некоторые ограничения:

– долговечность: временные конструкции, такие как деревянные мосты, могут быстро разрушаться;

– затраты времени: требуется значительное время на заготовку и обработку деревьев для строительства;

– экологические последствия: использование большого количества деревьев может повлиять на окружающую среду.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow} = \downarrow.$$

## 20. Фауна

Задействовать гужевого транспорт, способный доставить паровую машину через речной брод.

### Некоторые ограничения:

– обучение животных: использование гужевого транспорта требует специальной дрессировки и подготовки;

– ограниченная сила: даже крупное животное имеет предел массы, которую может перевезти;

– поведение животных: возможны непредсказуемые действия в стрессовых ситуациях.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow \downarrow} = \uparrow \downarrow.$$

### Контрольное решение

История гласит, что один из рабочих срубил топором стоящую неподалеку от места переправы березку, сделал из нее большое количество затычек и забил ими все отверстия в самой тяжелой части машины – паровом котле. После чего котел спустили на воду и, как поплавок, отбуксировали на другой берег.

## 6. БУЛЬБ НА НОСУ КОРАБЛЯ

Судоходство сталкивается с проблемой высокого сопротивления воды при движении корабля, что приводит к увеличению расхода топлива и снижению скорости. Традиционные обводы корпуса не всегда эффективны, особенно для крупных судов.

Найти способ, который снизит качку корабля.

### Задача в инженерном изложении

Разработать адаптивный носовую бульб.

### Техническое противоречие (ТП)

Уменьшить гидродинамическое сопротивление корабля можно с помощью адаптивной бульбы, но:

- неизвестен надежный механизм изменения геометрии в реальном времени;
- усложнение конструкции может снизить надежность судна;
- автоматизированные системы повысят стоимость строительства и обслуживания.

**ИКР:** нечто (X-элемент гидродинамической системы) без существенных технических затрат,

без ухудшения экологических показателей, без значительного увеличения стоимости:

- в нужном месте (на носовой подводной части корпуса);
  - в нужное время (при изменении скорости и осадки судна);
- само:
- устраняет вредный эффект (гидродинамическое сопротивление);
  - обеспечивает требуемый полезный результат (оптимальное обтекание корпуса с минимальными энергозатратами).

### Силы и предложения

#### 1. Тепло

Использование термического воздействия для снижения сопротивления.

Некоторые ограничения:

- требует высоких энергозатрат для нагрева воды;
- могут возникать перегрев и коррозия корпуса;
- не снижает качку эффективно.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \downarrow.$$

#### 2. Холод

Охлаждение поверхности носовой части.

Некоторые ограничения:

- необходимость мощных холодильных систем;

- возможны обмерзание и ухудшение движения;
- практически не уменьшает сопротивление.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

### 3. Электрическая

Применение электрических полей для разгона частиц в воде.

Некоторые ограничения:

- сложная интеграция в судовой корпус;
- дополнительный расход электроэнергии;
- коррозия маркированных металлических частей.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

### 4. Магнитная

Влияние магнитных полей на поток воды.

Некоторые ограничения:

- требуются мощные магниты или электромагниты;
- вода слабо реагирует на магнитные поля;
- могут возникать помехи в работе навигационных приборов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

### 5. Звуковая

Применение ультразвука для изменения структуры потока.

Некоторые ограничения:

- необходимы мощные источники звука;
- влияние на фауну и экипаж;
- эффективность крайне низкая.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

### 6. Вибрация

Вибрационное воздействие на корпус.

Некоторые ограничения:

- повышенный износ конструкции;
- ухудшение комфорта экипажа;
- могут возникать дополнительные волны.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

### 7. Световая

Воздействие оптическим излучением.

Некоторые ограничения:

- сложная реализация под водой;

- практически не оказывает влияния на сопротивление;
- дополнительные энергозатраты.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

## 8. Ядерная

Использование ядерных источников энергии.

Некоторые ограничения:

- высокая опасность и радиоактивность;
- запрещено международными нормами;
- сложно и дорого реализовать.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

## 9. Гравитация

Изменение массы или распределения груза.

Некоторые ограничения:

- только незначительные изменения;
- не устраняет корневую проблему сопротивления;
- невозможно изменить действующий уровень гравитации.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

## 10. Кинетическая

Адаптивная форма бульба, основанная на изменении обводов корпуса при движении.

Некоторые ограничения:

- сложная конструкция механизма;
- требуется обслуживание суставов, приводов;
- возможные поломки на высоких скоростях.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

## 11. Архимеда

Использование принципа плавучести – регулируемый бульб по объёму.

Некоторые ограничения:

- необходимость герметичных отсеков;
- усложнение управления системой;
- возможна утечка воздуха/жидкости.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

## 12. Пружины

Использование пружинящих элементов для изменения формы.

Некоторые ограничения:

- быстрое старение пружин в морской воде;
- ограниченная амплитуда деформаций;
- требует регулярной замены компонентов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = 0 \uparrow.$$

## 13. Гидро

Гидродинамические устройства, например гидроfoilы или жёсткий бульб.

Некоторые ограничения:

- сложность интеграции в существующий корпус;
- неэффективно при сильном волнении;
- может вызвать дополнительные вихри.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

## 14. Пневмо

Пневматические системы для изменения объёма/формы.

Некоторые ограничения:

- потребляет много энергии для подачи воздуха;
- риск попадания воды в систему;
- необходимость постоянного контроля давления.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = 0 \uparrow.$$

## 15. Механическая

Механически изменяемый бульб.

Некоторые ограничения:

- повышенный износ деталей;
- требует регулярного технического обслуживания;
- возможные поломки в условиях шторма.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

## 16. Химическая

Использование скользких, химически активных покрытий.

Некоторые ограничения:

- экологическая опасность для водной среды;

- необходимость постоянного обновления покрытия;
- эффективность снижается со временем.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow} = \uparrow.$$

### **17. Био**

Не актуально использовать для данной задачи.

И Отсутствует.

### **18. Запах**

Не актуально использовать для данной задачи.

И Отсутствует.

### **19. Флора**

Не актуально использовать для данной задачи.

И Отсутствует.

### **20. Фауна**

Не актуально использовать для данной задачи.

И Отсутствует.

### **Контрольное решение**

Гидродинамические устройства, например оптимизированная форма бульба (рис. 1), позволяют значительно снизить сопротивление и уменьшить качку.



**Рис. 1. Оптимизированная форма бульба**

## 7. МАЛЕНЬКИЕ ЧЁРНЫЕ ТОЧКИ НА ЛОБОВОМ СТЕКЛЕ (ФРИТТЫ)

Даны металлический каркас автомобиля и стекло, соединённые друг с другом. Металлический каркас нагревается на солнце, что вызывает его расширение, а стекло при этом остаётся относительно холодным, особенно зимой, когда стекло под обогревом.

Из-за различия коэффициентов линейного расширения и сжатия металла и стекла при нагреве возникает напряжение в стекле, особенно в пограничном слое.

Когда автомобиль наезжает на любое препятствие, например «лежащий полицейский», от разницы напряжений в стекле и в металле лобовое стекло может треснуть.

Как ликвидировать механические перенапряжения в стекле автомобиля?

### **Задача в инженерном изложении**

Ликвидировать механические перенапряжения в стекле.

### **Техническое противоречие (ТП)**

Ликвидировать механические перенапряжения в стекле можно, но:

– это повысит стоимость материалов и усложнит технологию производства;

– это может снизить экологическую безопасность состава.

**ИКР:** нечто (X-элемент технической системы) без существенных технических затрат, без существенных экологических воздействий, без существенных экономических затрат:

– в нужном месте (в стыке присоединения стекла);

– в нужное время (во время попадания солнечных лучей);

само:

– устраняет вредный эффект;

– обеспечивает требуемый полезный результат (ликвидирует механические перенапряжения в стекле).

### **Ресурсы системы**

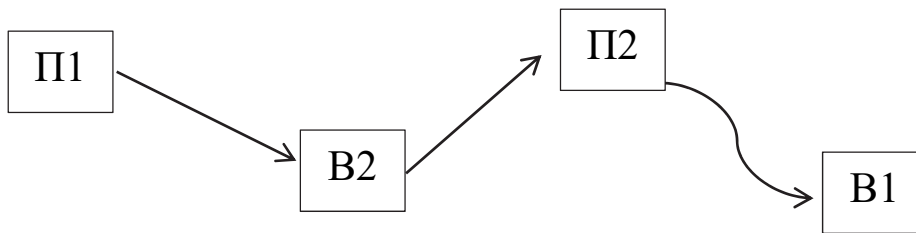
1. Стекло –  $V_1$ .

2. Металлический каркас –  $V_2$ .

3. Поле температур –  $P_1$ .

4. Поле напряжений –  $P_2$ .

## Построение Веполя (до):



### Силы и предложения

#### 1. Тепло

Использовать термостойкие добавки и стабилизаторы в герметике для повышения его устойчивости к теплу.

#### Некоторые ограничения:

– может повысить стоимость и сложность производства.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{\uparrow\uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \uparrow.$$

#### 2. Холод

Автоматическая система охлаждения стекла.

#### Некоторые ограничения:

– ограниченная эффективность против ультрафиолета.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{\uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow.$$

#### 3. Электрическая

Использовать электропроводящие добавки для защиты от фотохимических разрушений.

#### Некоторые ограничения:

– может ухудшить изоляционные свойства и усложнить технологию.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{\uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow.$$

#### 4. Магнитная

Внедрить магнитные компоненты для защиты или стабилизации свойств герметика.

#### Некоторые ограничения:

– неэффективно против ультрафиолета, усложняет конструкцию.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{0 \uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow.$$

## 5. Звуковая

Использовать ультразвуковые волны для активной защиты или стабилизации герметика.

### Некоторые ограничения:

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов}}{\Sigma \text{ ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow И \text{ отсутствует.}$$

## 6. Вибрация

Внедрять вибрационные системы для равномерного распределения или активного воздействия на герметик.

### Некоторые ограничения:

– может повредить структуру или ухудшить герметизацию.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов}}{\Sigma \text{ ограничения}} = \frac{\uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow$$

## 7. Световая

Добавить фотостабилизаторы, которые поглощают или рассеивают ультрафиолетовые лучи.

### Некоторые ограничения:

– ограниченная защита, возможна деградация со временем.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов}}{\Sigma \text{ ограничения}} = \frac{\uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \uparrow$$

## 8. Ядерная

Использовать радиационные стабилизаторы (теоретически).

### Некоторые ограничения:

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов}}{\Sigma \text{ ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow И \text{ отсутствует.}$$

## 9. Гравитация

Не применяется, гравитация не влияет на устойчивость герметика к УФ.

### Некоторые ограничения:

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов}}{\Sigma \text{ ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow И \text{ отсутствует.}$$

## 10. Кинетическая

Использовать механизмы для защиты поверхности или герметика от движений и вибраций.

### Некоторые ограничения:

– неэффективно против ультрафиолета.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов}}{\Sigma \text{ ограничения}} = \frac{0 \uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow$$

## 11. Архимеда

Не применяется, не влияет на стойкость герметика.

### Некоторые ограничения:

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow И \text{ отсутствует.}$$

## 12. Пружины

Использовать пружинные механизмы для компенсации деформаций или нагрузок.

### Некоторые ограничения:

– не защищает от УФ, усложняет конструкцию.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{0 \uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow.$$

## 13. Гидро

Внедрить гидравлические системы для защиты или стабилизации.

### Некоторые ограничения:

– неэффективно против УФ, усложняет систему.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{0 \uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow.$$

## 14. Пневмо

Использовать воздушные подушки или барьеры для защиты герметика.

### Некоторые ограничения:

– неэффективно против ультрафиолета.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{0 \uparrow}{\uparrow\uparrow} \Rightarrow И \downarrow.$$

## 15. Механическая

Использовать защитные покрытия или конструкции, препятствующие воздействию солнечных лучей, например фритты – керамический слой в виде рассеивающихся точек нанесённый на стекло, задачей которого является защита стекла от перенапряжений.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{\uparrow\uparrow}{\uparrow} \Rightarrow И \uparrow.$$

## 16. Химическая

Добавлять в состав герметика UV-стабилизаторы и фотоустойчивые компоненты.

### Некоторые ограничения:

– может повысить стоимость и риск экологического вреда;

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{\uparrow\uparrow}{\uparrow} \Rightarrow И \uparrow.$$

## 17. Био

Использовать биологические стабилизаторы, например ферменты или микроорганизмы, устойчивые к УФ.

### Некоторые ограничения:

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow \text{И отсутствует.}$$

## 18. Запах

Использовать запаховые добавки для контроля деградации.

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow \text{И отсутствует.}$$

## 19. Флора

Посадка растений, поглощающих УФ.

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow \text{И отсутствует.}$$

## 20. Фауна

Использование животных для активной защиты поверхности.

– технический способ неизвестен.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов}}{\Sigma \text{ограничения}} = \frac{-}{x} \Rightarrow \text{И отсутствует.}$$

## Контрольное решение и оценка

Фритты (так называемые черные точки по краям лобового стекла автомобиля) – это специальные металлические или керамические вставки, используемые для снятия или распределения напряжений в стекле автомобиля. Они помогают предотвратить разрушение стекла, вызванное термическими или механическими напряжениями, возникающими при нагреве или охлаждении.

Основные функции фриттов для снятия напряжения с автомобильного стекла:

- распределение локальных напряжений по поверхности стекла;
- предотвращение появления трещин и сколов;
- обеспечение более равномерного температурного режима;
- улучшение адгезии между стеклом и прилегающими элементами.

Фритты обычно располагаются по периметру стекла или в местах, где возникают концентрации напряжений, например вблизи креплений или обогревательных элементов. Их использование способствует повышению прочности и долговечности стекла в условиях эксплуатации автомобиля.

## 8. ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВЕДРО

Как сохранить функцию противопожарного ведра и сделать его неинтересным для воровства?

### Задача в инженерном изложении

Найти решение для сохранения противопожарного ведра

### Техническое противоречие (ТП)

Сделать противопожарное ведро непривлекательным для воровства можно, но:

- может снизиться удобство использования при пожаре;
- усложнится процесс изготовления и обслуживания;
- увеличатся затраты на производство.

**ИКР:** противопожарное ведро (X-элемент системы пожарной безопасности) без дополнительных затрат на производство, без ущерба для экологии, без увеличения себестоимости:

- в нужном месте (у пожарного щита/на объекте);
- в нужное время (при возникновении пожара);

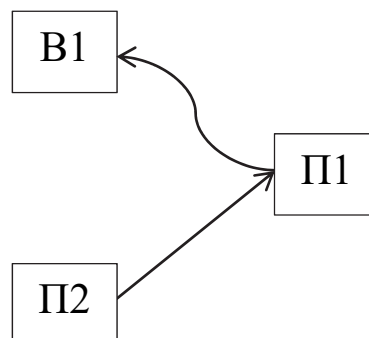
само:

- сохраняет все функции для тушения пожара;
- становится бесполезным при попытке хищения;
- не требует дополнительных замков/креплений.

### Ресурсы системы

1. Противопожарное ведро – В<sub>1</sub>.
2. Воровство (вредное воздействие) – П<sub>1</sub>.
3. Неизвестный метод – В<sub>2</sub>.

### Построение Веполя (до):



### Силы и предложения

#### 1. Тепло

Ведро из материала, который твердеет и удерживает воду только при нагревании (пожар), а при обычной температуре – мягкое и негодное.

### **Некоторые ограничения:**

- может случайно затвердевать при высокой летней температуре;
- сложность в подборе материалов с нужными свойствами;
- повторные циклы затвердевания могут ухудшить качество ведра.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

### **2. Холод**

Ведро работает только при низких температурах: например, внутренний клапан для воды открывается, если ведро охлаждено (хранится только на улице).

### **Некоторые ограничения:**

- невозможно использовать в тёплом помещении;
- механизм может выйти из строя из-за конденсата;
- подходит только для регионов с холодным климатом.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

### **3. Электрическая**

Ведро запирается электронным замком, который разблокируется при тревоге или отключении электричества в случае ЧП.

### **Некоторые ограничения:**

- требует регулярной подзарядки или электропитания;
- возможен отказ электроники в экстренной ситуации;
- требует регулярного технического обслуживания.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

### **4. Магнитная**

Ведро притягивается магнитом только к определённой площадке или креплению, снять его можно только при срабатывании противопожарной сигнализации.

### **Некоторые ограничения:**

- слабое магнитное соединение может быть нарушено внешним воздействием;
- ведро тяжело снять без специального навыка;
- со временем магниты ослабевают.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \downarrow} = 0.$$

### **5. Звуковая**

Ведро встроено в звуковую систему (сирена), и выдается звук или сигнал при попытке унести без тревоги, отпугивая вора.

### **Некоторые ограничения:**

- возможна ложная тревога от случайного прикосновения;
- эффективно не для всех злоумышленников;
- может раздражать окружающих.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

### **6. Вибрация**

Использовать материал или покрытие, которое вибрирует при попытке выноса ведра, либо ведро удобно использовать только на месте (вне места вибрирует и мешает переносить).

#### **Некоторые ограничения:**

- быстро разряжается аккумулятор;
- можно привыкнуть к вибрации;
- возможны сбои электроники.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

### **7. Световая**

При попытке переместить ведро начинает мигать яркий светодиод, привлекая внимание к похитителю.

#### **Некоторые ограничения:**

- свет может быть незаметен днём;
- быстрая разрядка батареи;
- механизм может выйти из строя.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \downarrow} = 0.$$

### **8. Ядерная**

Использовать материал, который становится активным/рабочим только под воздействием специального радиационного маркера (в теории – как пример фантастического подхода).

#### **Некоторые ограничения:**

- реализация невозможна из-за безопасности и закона;
- очень высокая стоимость;
- не предусмотрено промышленными стандартами.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### **9. Гравитация**

Ведро крепится на специальной подвеске: легко снимается одним движением только при экстренной ситуации (например, резкая смена нагрузки/наклона только в случае толчка при пожаре).

**Некоторые ограничения:**

- может сработать от случайного толчка;
- конструкция требует точной настройки;
- ограниченное применение.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = 0.$$

**10. Кинетическая**

Пружинный замок, который открывается характерным простым движением (ударом, энергичным вращением), неопытный человек не сможет снять.

**Некоторые ограничения:**

- может случайно сработать при неосторожном обращении;
- пружина со временем слабеет;
- требует инструктажа пользователей.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = \uparrow.$$

**11. Архимеда**

Ведро с двойным дном, которое всплывает и раскрывается только при погружении в воду (после начала тушения).

**Некоторые ограничения:**

- сложная в изготовлении конструкция;
- ограничено применение (только рядом с водой);
- возможны утечки.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \uparrow.$$

**12. Пружины**

Ведро держится на мощной пружине, его можно снять только тогда, когда пружина временно ослаблена, например при пожаре.

**Некоторые ограничения:**

- необходима регулярная проверка состояния пружины;
- возможен выход из строя;
- не рекомендуется для мест с частой вибрацией.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = \uparrow.$$

**13. Гидро**

Ведро наполняется водой из специального гидранта, который работает только в определённых условиях, например при пожаре.

**Некоторые ограничения:**

- зависимость от системы пожаротушения;
- в случае поломки гидранта ведро бесполезно;
- требует регулярной проверки системы.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

**14. Пневмо**

Пневматический замок: ведро крепится в специальной пневматической нише и отпускается только при падении давления (пожарная тревога).

**Некоторые ограничения:**

- необходим источник сжатого воздуха;
- сложная система управления;
- возможны утечки воздуха.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

**15. Механическая**

15.1. Механизм сдерживания: специальная защёлка разблокируется в определённых условиях, например при открытии только с усилием, возможным для взрослого, а не ребёнка/воришки).

**Некоторые ограничения:**

- замок может заклинить;
- требует периодической смазки;
- механизм может быть сложным в эксплуатации.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow.$$

15.2. Использование пожарного ведра конусной формы (рис. 2) в качестве защитного механизма. Конусообразная форма ведра позволяет установить его в специальный держатель, который фиксирует его под углом. Для снятия ведра необходимо приложить усилие в строго вертикальном направлении, что затрудняет доступ для детей или злоумышленников, не знающих особенностей конструкции.

**Некоторые ограничения:**

- возможность случайного снятия при сильном внешнем воздействии, например толчке;
- ограниченная универсальность.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow \uparrow} = \uparrow \uparrow.$$



**Рис. 2. Ведро конусной формы**

15.3. Использование тряпичного рукава для быстрого тушения огня, изготовленного из специальной огнестойкой ткани, пропитанной составом для временного удержания воды. Предназначен для кратковременного использования – быстро впитывает и удерживает небольшое количество воды, достаточное для локализации очага возгорания, но не пригоден для длительного хранения жидкости.

**Некоторые ограничения:**

- ограниченный ресурс: быстро теряет воду, не подходит для продолжительного тушения;
- низкая прочность: может повреждаться при механическом воздействии или в условиях сильного огня.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \uparrow.$$

15.4. Применения тряпичного рукава с гидрогелевым наполнением.

Принцип действия: тряпичный рукав заполняется гидрогелем – полимерным материалом, способным впитывать и удерживать большой объём воды (до 500% от собственного веса). При контакте с огнём гель постепенно отдаёт влагу, создавая защитный барьер и подавляя пламя.

**Некоторые ограничения:**

- зависимость от температуры: при морозе ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  гидрогель теряет эластичность;
- ограниченный срок хранения: через 2–3 года впитывающая способность снижается.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \uparrow.$$

## 16. Химическая

Ведро покрыто веществом, которое при уносе начинает выделять неприятный или пачкающий химический след (смывается водой при тушении).

### Некоторые ограничения:

- возможны аллергические реакции;
- требуется регулярное обновление покрытия;
- на ощупь неприятно.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = 0.$$

## 17. Био

Покрытие из биоматериала, которое становится скользким и неудобным для ношения в обычных условиях, но при пожаре мгновенно разрушается и ведро удобно брать рукой.

### Некоторые ограничения:

- недолговечность покрытия;
- возможна плесень;
- требует особых условий хранения.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = 0.$$

## 18. Запах

Покрытие, которое при длительном контакте с руками или воздухом (при попытке унести ведро) выделяет неприятный и стойкий запах.

### Некоторые ограничения:

- быстрая адаптация к запаху;
- может раздражать случайных пользователей;
- не всегда эффективен против краж.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = 0.$$

## 19. Флора

Ведро интегрировано с цветочным горшком или клумбой – обычному человеку сложно отделить ведро от клумбы, при пожаре элемент легко снимается.

### Некоторые ограничения:

- требует ухода за растениями;
- дополнительный вес конструкции;

– возможны трудности с быстрым разделением в экстренной ситуации.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = 0 \downarrow.$$

## 20. Фауна

Ведро снабжено датчиком, который отпугивает животных и людей ультразвуком или другим сигналом при попытке несанкционированного перемещения.

### Некоторые ограничения:

- может не сработать на всех;
- требуется источник питания;
- возможно ложное срабатывание на шум и движения животных.

$$И = \frac{\Sigma \text{ эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ ограничения } \downarrow} = 0 \downarrow.$$

### Контрольное решение

Контрольным решением можно выбрать несколько способов, каждый подходит для более уточненной задачи и выбирается от точного расположения противопожарного ведра.

1. Ведро, которое становится пригодным к использованию только при пожаре, а именно наполняется водой с помощью специального устройства или затвердевает только при высокой температуре.

#### *Преимущества:*

- в обычной ситуации непригодно для кражи (не имеет ценности или функциональности);
- в случае пожара мгновенно становится пригодным для тушения.

2. Сенсоры или сигнализация при попытке вынести ведро — звуковой сигнал или световое предупреждение привлекает внимание.

#### *Преимущества:*

- останавливает злоумышленника из-за риска быть замеченным;
- не препятствует быстрому использованию ведра в случае пожара.

3. Конусообразная форма ведра позволяет установить его в специальный держатель, который фиксирует его под углом. Для снятия ведра необходимо приложить усилие в строго вертикальном направлении, что затрудняет доступ для детей или злоумышленников, не знающих особенностей конструкции.

#### *Преимущества:*

- простота и надёжность конструкции;
- сохраняет функциональность ведра в случае пожара.

## 9. КАК ЗАЛУДИТЬ АЛЮМИНИЕВУЮ ДЕТАЛЬ

Как залудить алюминиевую деталь, если для процесса лужения необходимо провести под нагревом химическую реакцию соединения алюминия с припоем. Но этому процессу мешает алюминиевый оксид, который очень быстро образуется на алюминии и не позволяет провести химические реакции.

Как залудить алюминиевую деталь?

### **Задача в инженерном изложении**

Залудить алюминиевую деталь, и не дать пленке вновь образоваться.

### **Техническое противоречие (ТП):**

Залудить алюминиевую деталь можно, очевидно, путем удаления оксидной пленки и последующего лужения, но:

- оксидная пленка мгновенно восстанавливается после очистки;
- использование агрессивных флюсов может повредить деталь;
- высокотемпературные методы требуют сложного оборудования.

**ИКР:** алюминиевая деталь (X-элемент системы) без дополнительной обработки, без вредных химических воздействий, без увеличения себестоимости:

- в нужном месте (на поверхности детали);
- в нужное время (в момент лужения);

само:

- устраняет оксидный слой;
- предотвращает повторное окисление;
- обеспечивает идеальное смачивание припоем.

### **Силы и предложения**

#### **1. Тепло**

Использовать локальный нагрев для плавления припоя и одновременного удаления оксида с помощью специальных флюсов при пайке.

#### **Некоторые ограничения:**

- возможен перегрев детали и повреждение её структуры;
- необходим тщательный контроль температуры;
- требует использования специальных термостойких флюсов.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow\uparrow} = \uparrow\uparrow.$$

#### **2. Холод**

Использовать резкое охлаждение после механической или химической очистки поверхности, чтобы замедлить повторное окисление.

### **Некоторые ограничения:**

- само по себе не удаляет оксид, а только тормозит его появление;
- возможна деформация или растрескивание материала при резком охлаждении;
- не даёт долгосрочной защиты.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

### **3. Электрическая**

Применить электролитическую обработку для удаления оксидной пленки либо создать электродуговой разряд для очистки.

#### **Некоторые ограничения:**

- требуется спецоборудование и защита от поражения током;
- возможны побочные реакции на алюминии;
- иногда не подходит для больших или сложных деталей.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0.$$

### **4. Магнитная**

Использовать магнитное перемешивание флюса и припоя для более равномерного контакта и потенциального разрушения пленки (актуально, если используются металлические добавки).

#### **Некоторые ограничения:**

- не работает с немагнитными материалами;
- способ применим только со специальными смесями;
- требует дополнительного оборудования.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0.$$

### **5. Звуковая**

Применить ультразвуковую чистку для удаления слоя оксида с поверхности алюминия.

#### **Некоторые ограничения:**

- не всегда разрушает плотные оксидные образования;
- требуется специальная аппаратура;
- возможен перегрев жидкости, в которой проводится чистка.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \downarrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \downarrow.$$

### **6. Вибрация**

Применять высокочастотную вибрацию для разрушения оксидного слоя перед пайкой.

### **Некоторые ограничения:**

- может вызвать микротрещины на поверхности алюминия;
- сложность внедрения для крупногабаритных деталей;
- не гарантирует полное удаление оксида.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \downarrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow\downarrow} = 0 \downarrow.$$

### **7. Световая**

Использовать лазерную обработку для локального удаления оксидного слоя с поверхности алюминия.

### **Некоторые ограничения:**

- возможен перегрев поверхности;
- высокая стоимость оборудования;
- требует специалиста для обслуживания.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \uparrow\downarrow} = 0 \downarrow.$$

### **8. Ядерная**

Использовать ионизирующее излучение для разрушения оксида теоретически возможно, но практически этот способ не применяется из-за опасности.

### **Некоторые ограничения:**

- опасно для здоровья;
- нужно разрешение и комплекс мер безопасности;
- неприменимо в обычных производственных условиях.

И Отсутствует.

### **9. Гравитационная**

Использовать наклон детали, чтобы слить удалённый оксид и не дать ему осесть обратно во время пайки.

### **Некоторые ограничения:**

- не удаляет оксид, а только препятствует его повторному появлению на месте;
- требует аккуратной работы;
- на горизонтальных поверхностях использовать сложно.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов} \uparrow}{\Sigma \text{ограничения} \downarrow\downarrow} = \downarrow.$$

### **10. Кинетическая**

Механически очистить поверхность перед пайкой (например, щёткой, абразивом).

**Некоторые ограничения:**

- остаются царапины на поверхности;
- оксид может частично остаться в микропорах;
- требует последующей быстрой пайки для избежания окисления.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \uparrow.$$

**11. Архимедова**

Использовать погружение детали в флюс или жидкий припой, чтобы ограничить доступ кислорода и замедлить образование оксида.

**Некоторые ограничения:**

- нельзя применять к крупным объектам;
- не удаляет старый оксид;
- требует большого объёма флюса/припоя и контроля чистоты.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \uparrow.$$

**12. Пружины**

Использовать зажимы с подпружиненной чистящей поверхностью, которые механически очищают алюминий прямо перед лужением.

**Некоторые ограничения:**

- возможна деформация детали или следы от зажимов;
- подходит только для небольших изделий;
- не удаляет глубоко въевшийся оксид.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \uparrow.$$

**13. Гидро**

Применять гидроабразивную чистку с помощью водной струи с абразивом для удаления оксида.

**Некоторые ограничения:**

- требуется спецоборудование высокого давления;
- риск ослабления или повреждения тонких деталей;
- остатки влаги могут спровоцировать коррозию.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow\uparrow} = 0 \uparrow.$$

**14. Пневмо**

Воздушной струёй с абразивом снимать оксидный слой непосредственно перед обработкой припоем.

**Некоторые ограничения:**

- не всегда удаляет оксид полностью;

- пыль и абразив требуют дополнительной уборки;
- не рекомендуется для тонких и хрупких изделий.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = 0 \uparrow.$$

### 15. Механическая

Очистка поверхности шлифовкой, скребком или абразивным инструментом непосредственно перед лужением.

#### Некоторые ограничения:

- остаются задиры и царапины;
- не удаляет оксид в труднодоступных местах;
- после механики быстро начинается повторное окисление.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow\uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \uparrow} = \uparrow.$$

### 16. Химическая

Применение химических средств или активного флюса (например, на основе цинка, щелочных растворов), растворяющих или предотвращающих образование оксида.

#### Некоторые ограничения:

- необходима строгая техника безопасности;
- требуется тщательное удаление остатков химии;
- возможен вред окружающей среде.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = 0 \uparrow.$$

### 17. Механико-химический

Метод удаления оксидной плёнки с алюминия с использованием машинного масла.

Перед механической очисткой алюминиевой детали на её поверхность наносится слой обычного машинного масла.

Масло выполняет две функции:

- 1) является барьером для кислорода, предотвращая повторное окисление очищенных участков;
- 2) улучшает адгезию, тем самым облегчает удаление оксидной плёнки щёткой за счёт смачивания поверхности.

#### Некоторые ограничения:

- необходимо обезжиривание перед пайкой: удаление остатков масла;
- ограниченная термостойкость.

$$И = \frac{\Sigma \text{эффектов } \uparrow}{\Sigma \text{ограничения } \downarrow} = \uparrow\uparrow.$$

## **18. Био**

Использование микроорганизмов, которые могут разлагать оксид алюминия (гипотетически).

### **Некоторые ограничения:**

- нет промышленных решений;
- процесс требует много времени;
- сложно контролировать результат.

И Отсутствует.

## **19. Запах**

Использование резко пахнущих флюсов (органических кислот), которые кроме функции растворения оксида показывают запахом окончание реакции.

### **Некоторые ограничения:**

- не всегда сигнализирует о полной очистке;
- органические вещества могут оставить налет;
- запах может быть неприятен и вреден для оператора.

И Отсутствует.

## **20. Флора**

Применить биологически активные составляющие из растений (органические кислоты) для очистки поверхности алюминия.

### **Некоторые ограничения:**

- эффективность и скорость слабее, чем у промышленных реагентов;
- возможны органические остатки на поверхности;
- нет массового применения.

И Отсутствует.

## **21. Фауна**

Использование хитина или других биополимеров животного происхождения как добавки во флюс, чтобы защищать поверхность от кислорода.

### **Некоторые ограничения:**

- отсутствие промышленных решений;
- биополимеры могут менять свойства припоя или оставлять налет;
- стоимость и доступность ограничены.

И Отсутствует.

### **Контрольное решение**

Метод удаления оксидной плёнки с алюминия с использованием машинного масла.

Перед механической очисткой алюминиевой детали на её поверхность наносится слой обычного машинного масла.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведённый материал позволяет на основании нечёткой формулировки задания сформулировать: первичный вид задачи в инженерном изложении; техническое противоречие; идеальный конечный результат; перечень доступных ресурсов; на основании приведённых двадцати наиболее часто применяемых сил и энергий сформировать возможные пути достижения поставленной цели по достижению идеального конечного результата; оценить идеальность предложенных и выбрать наилучшее решение.

Полученные навыки необходимо широко применять в практической инженерной деятельности для самопроверки как исполнителей, так и руководителей среднего инженерного звена на предмет самоконтроля по достижению задачи «как она поставлена заказчиком», а не того «как задача понята исполнителем».

Необходимо отметить, что приведённые примеры решения задач, направленных на анализ исходной ситуации, являются только начальным этапом в достижении максимальной идеальности инженерного предложения. Показана необходимость соблюдения строгого соблюдения логичности и чёткости формулировок в сочетании с широким применением «мозгового штурма» и использования эрудиции каждого из исполнителей.

## ТЕСТЫ

Выберите правильный ответ.

**1. Примерная дата создания системного подхода к практике решения инженерных задач**

- 1) XIX в.
- 2) Начало XX в.
- 3) 40–50-е годы XX в.
- 4) Начало XXI в.

**2. Страна, в которой работал Генрих Саулович Альтшуллер**

- 1) США
- 2) Япония
- 3) Германия
- 4) СССР

### **3. Важнейшие понятия ТРИЗ**

- 1) развитие, система, противоречие
- 2) траектория, путь, перемещение
- 3) изобретение, построение, сущность
- 4) робот, загадка, транзистор

### **4. Система – это**

- 1) совокупность частей
- 2) целое, составленное из частей соединение – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определённую целостность, единство
- 3) состав частей
- 4) соединение частей

### **5. Главная функция – это**

- 1) функция, ради выполнения которой создаётся техническая система
- 2) функция, которая заставляет работать техническую систему
- 3) функция, которая не работает без технической системы
- 4) совокупность подфункций.

### **6. Главная функция стиральной машины**

- 1) вращение барабана
- 2) удаление грязи с ткани путем вращения в моющем растворе
- 3) удаление грязи
- 4) вращение ткани

### **7. Орган управления имеет функцию**

- 1) обеспечивает скоординированную работу всех компонентов системы
- 2) поставляет энергию для работы системы
- 3) преобразует энергию в тот вид, который нужен для функционирования инструмента
- 4) отвечает за передачу энергии от двигателя к инструменту

### **8. Двигатель имеет функцию**

- 1) обеспечивает скоординированную работу всех компонентов системы
- 2) поставляет энергию для работы системы
- 3) преобразует энергию в тот вид, который нужен для функционирования инструмента
- 4) отвечает за передачу энергии от двигателя к инструменту

## **9. Трансмиссия имеет функцию**

- 1) обеспечивает скоординированную работу всех компонентов системы
- 2) поставляет энергию для работы системы
- 3) преобразует энергию в тот вид, который нужен для функционирования инструмента
- 4) отвечает за передачу энергии от двигателя к инструменту

### **Ответы**

1 – 3; 2 – 4; 3 – 1; 4 – 2; 5 – 1; 6 – 2; 7 – 1; 8 – 3; 9 – 4

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основной**

Конопатов, С.Н. Алгоритмы решения нестандартных задач: учебник для вузов / С.Н. Конопатов. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2024.

Основы теории решения изобретательских задач / А.В. Медведев, А.В. Шаруха, В. П. Шитый и др. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025.

Теория решения изобретательских задач: учеб. пособие I уровня : учебно-методическое пособие / А.А. Гин, А.В. Кудрявцев, В.Ю. Бубенцов, и др. – 3-е изд. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017.

### **Дополнительный**

Автоматизация объектов установки подготовки нефти / Ю. А. Ведерникова, В.М. Спасилов, О.И. Лапик и др. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025.

Конопатов, С.Н. Решение нестандартных инженерно-экономических задач посредством ТРИЗ / С.Н. Конопатов, Н.В. Салиенко, Е.А. Старожук. – 6-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация Дашков и К, 2024.

Методы и практики современной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ): сборник кейсов по дисциплине «Инновационный менеджмент». – М.: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2025.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Теория решения изобретательских задач: учеб. пособие I уровня: учебно-методическое пособие / А.А. Гин, А.В. Кудрявцев, В.Ю. Бубенцов, и др. – 3-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017.

2. Хлыновский, А.М. Основы ТРИЗ (Теория Решения Изобретательских Задач): учеб. пособие / А.М. Хлыновский. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021.
3. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика, 2002.
4. Ходасевич, Г.Б. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ. Ч. 1. Обработка одномерных данных.220200: учеб. пособие / Г.Б. Ходасевич. – СПб.: СПбГУТ, 2002.
5. Тепловизор. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловизор> (дата обращения 20.01.2026).
6. Утечки в трубопроводах. Проблематика и способы обнаружения с помощью оптиковолоконной системы теплового мониторинга ТОРЕКС. URL: <https://ervist.ru/support/publikatsii/item/492-utechki-v-truboprovodakh-problematika-i-sposoby-obnaruzheniya-s-pomoshchyu-optikovolokonnoj-sistemy-teplovogo-monitoringa-toreks.html> (дата обращения 20.01.2026).
7. Последние достижения в области обнаружения утечек в газопроводах URL: <https://esj.today/PDF/27SAVN120.pdf> (дата обращения 20.01.2026).
8. Методы визуализации утечек газов. URL: <https://chemtech.ru/vizualizacija-uglevodorodov/> (дата обращения 20.01.2026).
9. Деформация и разрушение как процессы изменения объема, площади поверхности и линейных размеров в нагружаемых телах. URL: [http://viam-works.ru/ru/articles?art\\_id=999](http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=999) (дата обращения 20.01.2026).
10. Гамма-сканирование колонн на режиме. URL: <https://magicrot.ru/services/gamma-skanirovaniye/> (дата обращения 20.01.2026).
11. Основы радиационного неразрушающего контроля. URL: [https://kpfu.ru/docs/F1133934543/10\\_metodicka\\_xraydef7vpechat2.pdf](https://kpfu.ru/docs/F1133934543/10_metodicka_xraydef7vpechat2.pdf) (дата обращения 20.01.2026).
12. Способ мониторинга разработки газовых месторождений. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2307379C1/ru> (дата обращения 20.01.2026).
13. Использование эхолокационного оборудования при обследовании подводных переходов. URL: [https://vosafety.ru/download/VOSafety\\_Kazan\\_3\\_Ispolzovanie\\_eholokacionnogo\\_oborudovaniya\\_pri\\_obsledovanii\\_odvodnyh\\_perehodov.pdf](https://vosafety.ru/download/VOSafety_Kazan_3_Ispolzovanie_eholokacionnogo_oborudovaniya_pri_obsledovanii_odvodnyh_perehodov.pdf) (дата обращения 20.01.2026).