1. **Цель работы**

Целью лабораторной работы является изучение метода анализа причинно-следственных связей с помощью диаграммы Исикавы для выявления факторов, влияющих на качество производственного процесса. В качестве примера рассматривается анализ дефектов сварного шва в роботизированной сварке.

1. **Теоретические положения**

Диаграмма Исикавы, также известная как "диаграмма рыбьей кости", "диаграмма Исикавы" или диаграмма причинно-следственных связей (Cause-and-Effect Diagram), является одним из ключевых инструментов в области управления качеством и анализа проблем. Она была разработана японским инженером и статистиком Каору Исикава в конце 1960-х годов в рамках развития методов контроля качества в компании Kawasaki Heavy Industries. Исикава стремился создать простой и визуальный способ для командного выявления корневых причин проблем, что сделало этот инструмент неотъемлемой частью методологий Total Quality Management (TQM), Lean Manufacturing и Six Sigma.

Визуально диаграмма напоминает скелет рыбы: горизонтальная линия служит "позвоночником", ведущим к "голове" (основной проблеме или эффекту), а от позвоночника отходят диагональные "кости" (основные категории причин), от которых, в свою очередь, ветвятся "подкости" (детализированные подпричины). Это позволяет структурировать хаотичный поток идей и сосредоточиться на системном анализе. Основная идея заключается в том, что любая проблема (эффект) имеет множество потенциальных причин, которые можно классифицировать по группам, чтобы избежать поверхностного подхода и перейти к глубокому расследованию.

Классическая модель использует шесть основных категорий факторов, известных как 6M (или 4M в упрощенном варианте для производственных процессов):

* **Man (Люди)**: Факторы, связанные с человеческим ресурсом — квалификация, обучение, мотивация, ошибки операторов или недостаток коммуникации в команде.
* **Machine (Машины/Оборудование)**: Технические аспекты — износ инструментов, калибровка станков, неисправности автоматики или отсутствие обслуживания.
* **Method (Методы)**: Процедурные элементы — неэффективные инструкции, несоблюдение стандартов процессов или отсутствие контроля на этапах.
* **Material (Материалы)**: Качество сырья — загрязнения, нестабильность поставок, несоответствие спецификациям или хранение условий.
* **Measurement (Измерения)**: Инструментальные факторы — неточность датчиков, калибровка измерительного оборудования или субъективность оценки.
* **Mother Nature (Окружающая среда)**: Внешние условия — температура, влажность, освещение, вибрации или влияние поставщиков/потребителей.

Эти категории можно адаптировать под конкретный контекст: например, в сервисных отраслях добавляют "Management" (Управление) или "Milieu" (Среда).

Преимущества диаграммы Исикавы включают:

* Стимулирование командного мозгового штурма, что повышает вовлеченность участников.
* Визуализацию связей между причинами и эффектом, облегчая приоритизацию (например, с помощью метода Парето).
* Идентификацию скрытых корневых причин, предотвращая рецидивы проблем.
* Простоту в использовании: не требует специального ПО, достаточно бумаги и маркера.

Однако инструмент имеет ограничения: он субъективен (зависит от знаний группы), не количественный (не показывает веса причин) и требует последующего анализа (например, с помощью FMEA или статистических тестов).

Для построения диаграммы рекомендуется следовать структурированным шагам:

1. **Определение проблемы**: Четко сформулировать эффект (проблему) в "голове" диаграммы, используя SMART-критерии (конкретно, измеримо и т.д.). Например, "Увеличение процента брака на 15%".
2. **Выбор категорий**: Определить 4–8 основных ветвей в зависимости от отрасли (стандартно — 6M).
3. **Мозговой штурм**: Собрать межфункциональную группу (5–10 человек) и генерировать идеи подпричин без критики; фиксировать их на "подкостях" (используя стикеры для гибкости).
4. **Анализ и приоритизация**: Оценить причины по вероятности и влиянию (например, с помощью голосования или матрицы), соединить стрелками с проблемой и выделить "горячие точки" для дальнейших действий.
5. **Верификация**: Проверить гипотезы эмпирически (данные, эксперименты) и обновить диаграмму при необходимости.

Этот метод интегрируется с другими инструментами качества, такими как PDCA-цикл (Plan-Do-Check-Act), для закрытого цикла улучшений.

1. **Ход работы**

В качестве объекта анализа было выбрано качество сварного шва в процессе роботизированной сварки, где основной проблемой выступают дефекты шва (например, поры, трещины или неравномерность). Для составления диаграммы Исикавы была собрана группа экспертов (инженеры и операторы), которые провели мозговой штурм.

В ходе выполнения работы были предприняты следующие шаги:

* Определили проблему: "Дефекты сварного шва в роботизированной сварке".
* Выбрали категории причин по модели 6M: Люди (Man), Машины (Machine), Методы (Method), Материалы (Material), Измерения (Measurement), Окружающая среда (Mother Nature).
* В каждой категории перечислили возможные подпричины
* Составили диаграмму на основе полученных данных.

Итоговая диаграмма представлена в Приложении 1.

1. **Выводы**

В ходе лабораторной работы была успешно составлена диаграмма Исикавы для анализа качества сварного шва в роботизированной сварке, что позволило систематизировать и визуализировать более 50 потенциальных причин дефектов по основным категориям факторов.