

TRIZ SUMMIT 2024



TRIZ SUMMIT 2024



Хоу Цзявэй



Ван Цзиян



Чжан Су



Хань Бин



Ши Сяохуа

Разработка робота для параллельной реабилитации
голеностопного сустава

Содержание

- Описание проблемы
- Анализ проблемы
- Решение проблемы
- Оценка

Описание проблемы

- Сегодня реабилитология становится всё более важным направлением в области здравоохранения.
- В лечении и восстановлении здоровья большое значение имеют профессиональная реабилитационная терапия и тренировки.
- В качестве примера рассмотрим обычный процесс реабилитации голеностопного сустава
 - Пациентов с травмами голеностопного сустава много, а реабилитологов на всех не хватает
 - Реабилитация вручную трудоёмка, малоэффективна и ненадёжна
 - Существующее оборудование для восстановления голеностопного сустава имеет низкую эффективность и подходит не для всех случаев.



Анализ критериев

Критерии идеального тренажёра для восстановления голеностопного сустава:

- **Комплексность:** может использоваться для реабилитации пациентов с различными типами травм и уровнями инвалидности.
- **Универсальность:** один и тот же тренажёр может использоваться для работы как с правой, так и с левой ногой.
- **Гибкость:** тренажёр должен обеспечивать плавные движения с возможностью их корректировки, благодаря чему доступен широкий спектр реабилитационных упражнений.

Предлагаемые характеристики на основе указанных выше критериев:

- Учёт индивидуальных особенностей травмы и тела (для разных уровней инвалидности) и, следовательно, характера реабилитации;
- Возможность работы как с левой, так и с правой ногой;
- Быстрое движение с возможностью корректировки;



Недостатки в существующем опытном тренажёре



Проблемы с существующими системами реабилитации:

- Ограниченные возможности корректировки движений, что не соответствует требованиям к тренировкам
- Слабая гибкость и малый диапазон углов движения
- Низкая степень автоматизации тренажёров
- Недостаточная индивидуальная адаптация (для работы как с правой, так и с левой ногой)
- Отсутствие необходимой обратной связи



Недостатки в существующем опытном тренажёре (продолжение)

Существующие решения

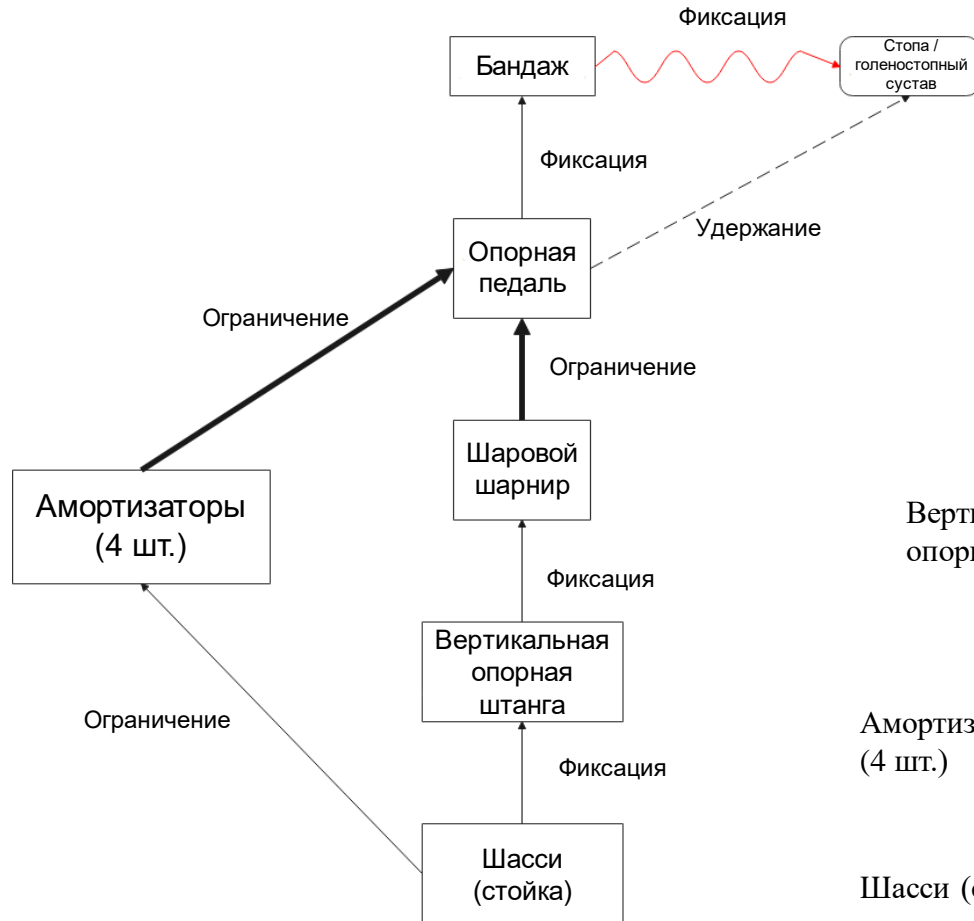


- Требуется существенных временных затрат при низкой эффективности
- Высокие затраты на рабочую силу
- Значительные трудозатраты
- Не подходит для ряда реабилитационных упражнений

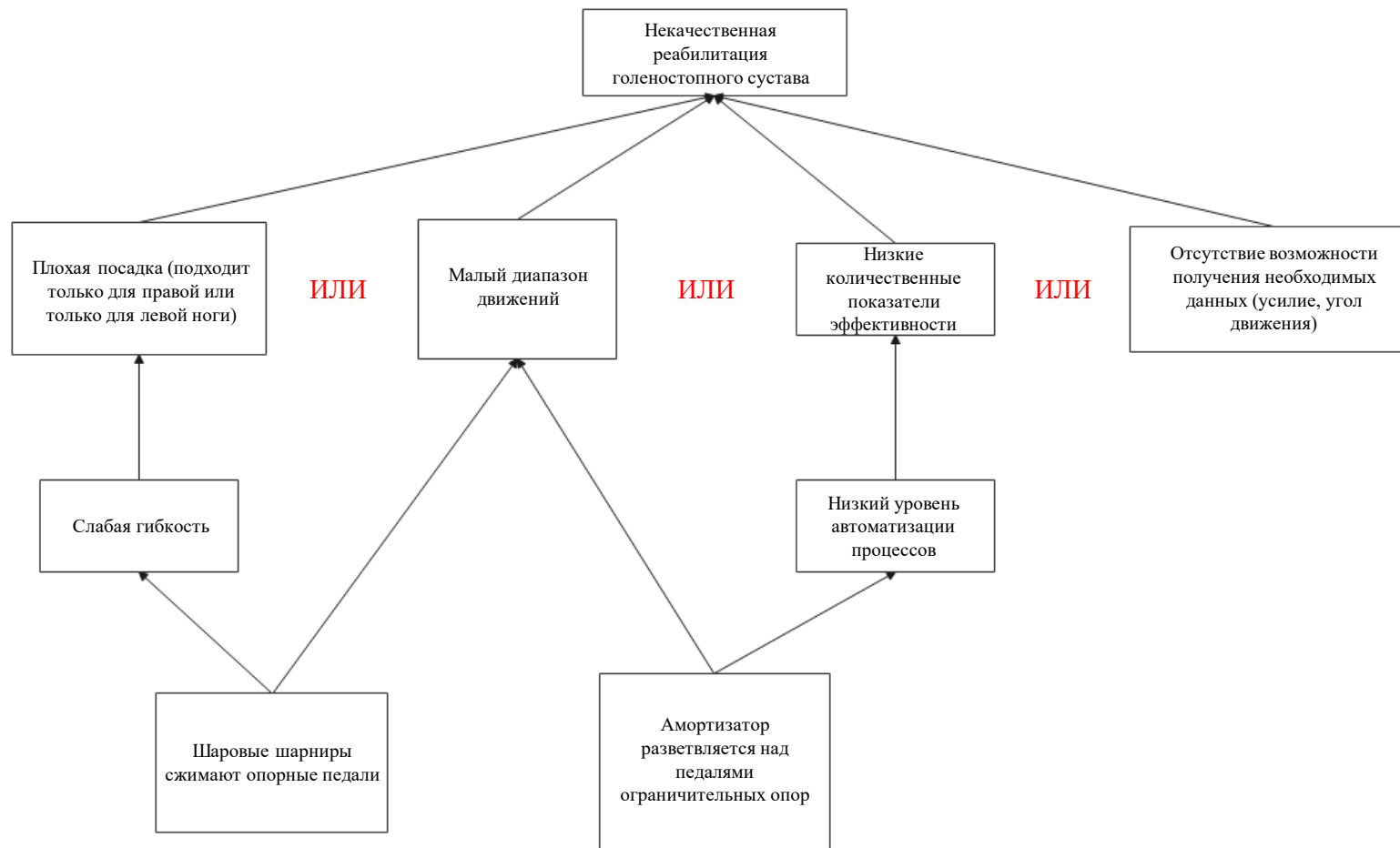


- Слабая гибкость/адаптивность
- Малый диапазон углов движения
- Низкий уровень автоматизации процессов
- Недостаточная индивидуальная адаптация (для работы как с правой, так и с левой ногой)
- Отсутствие возможности получения необходимых данных

Анализ проблем — Функциональный анализ

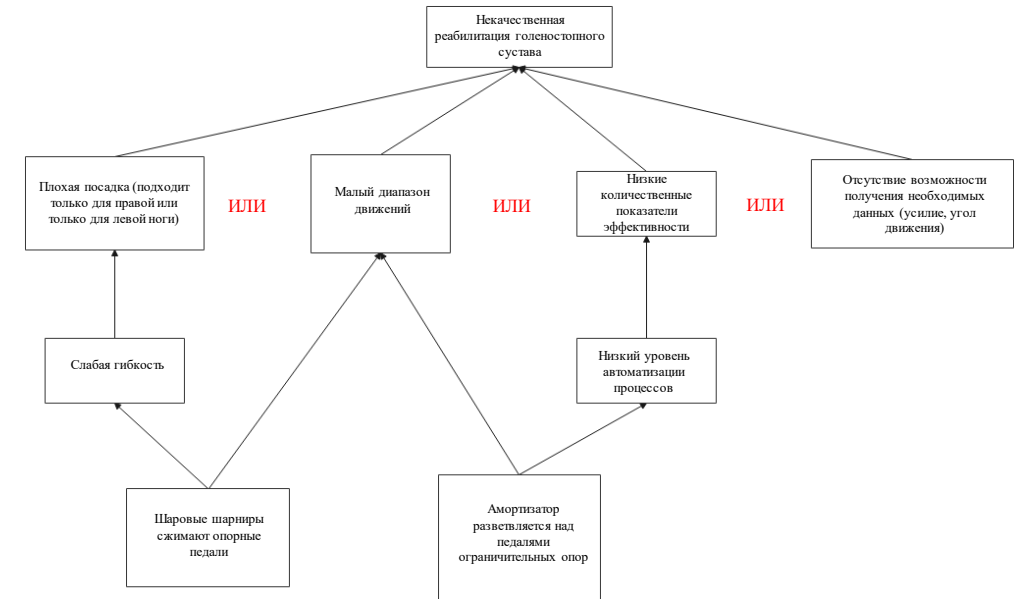


Анализ проблемы — Причинно-следственный анализ



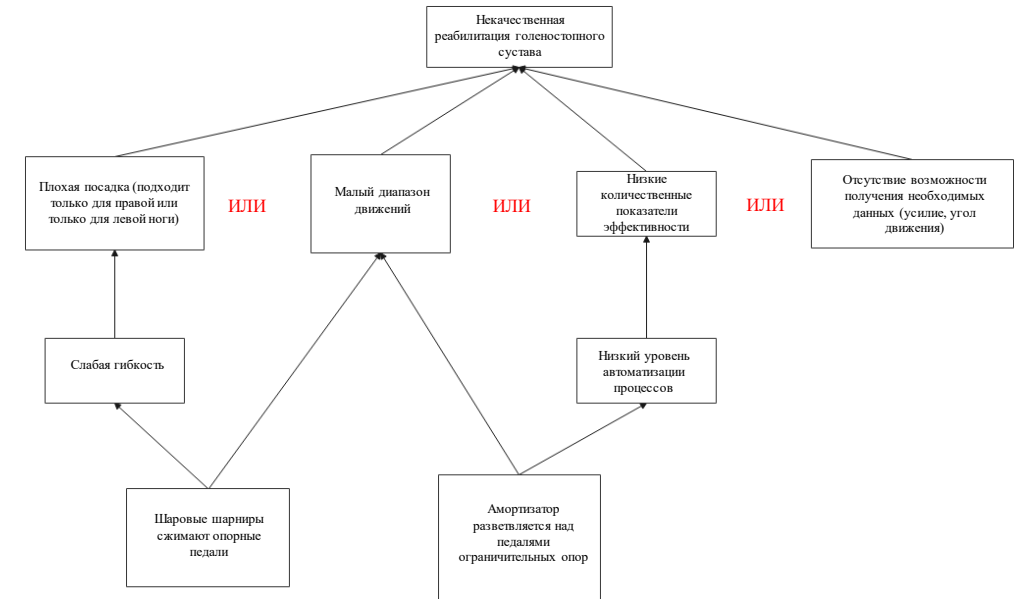
Анализ проблемы — Поиск противоречий

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Добавление ремней защитных подушек	Учёт негативных факторов	Сложность тренажёра	ДА
Добавление ремней защитных подушек	Учёт негативных факторов	Технологичность тренажёра	ДА



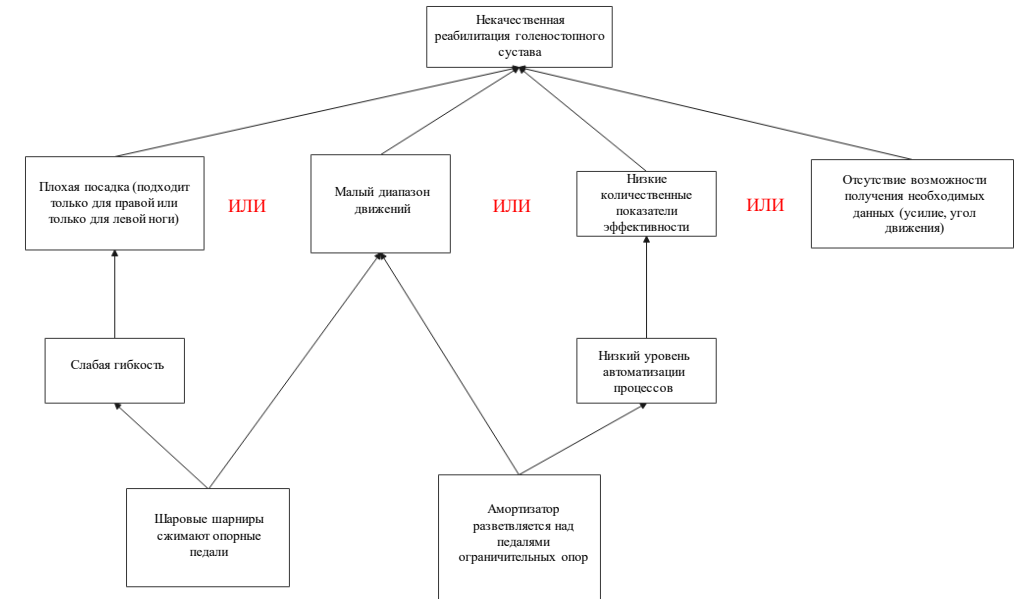
Анализ проблемы — Поиск противоречий (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Добавление датчиков	Функциональность	Сложность тренажёра	ДА
Добавление датчиков	Функциональность	Технологичность тренажёра	ДА



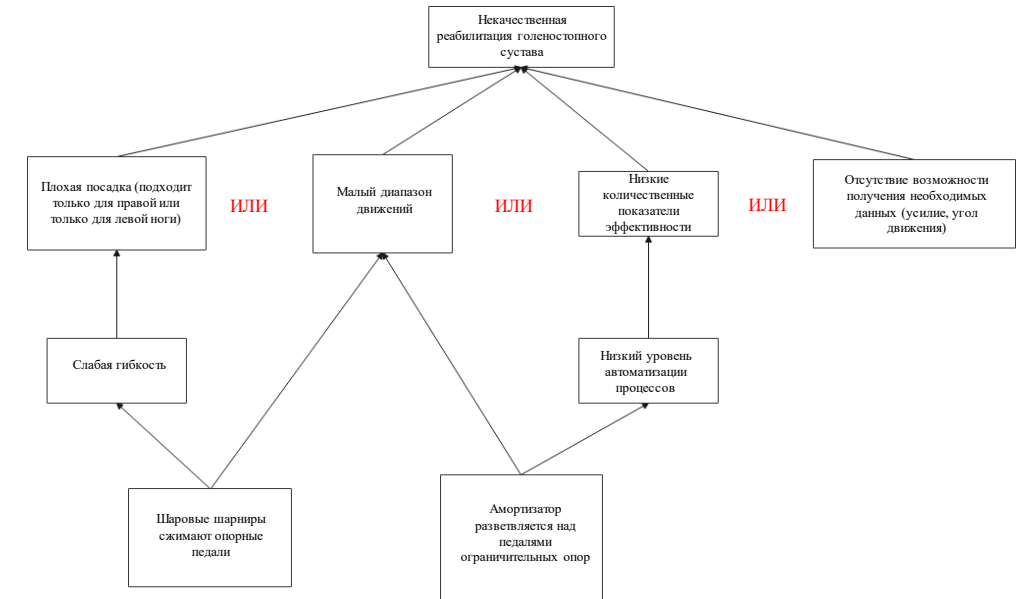
Анализ проблемы — Поиск противоречий (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Добавление датчиков	Степень автоматизации процессов	Сложность тренажёра	ДА
Добавление датчиков	Степень автоматизации процессов	Технологичность тренажёра	ДА



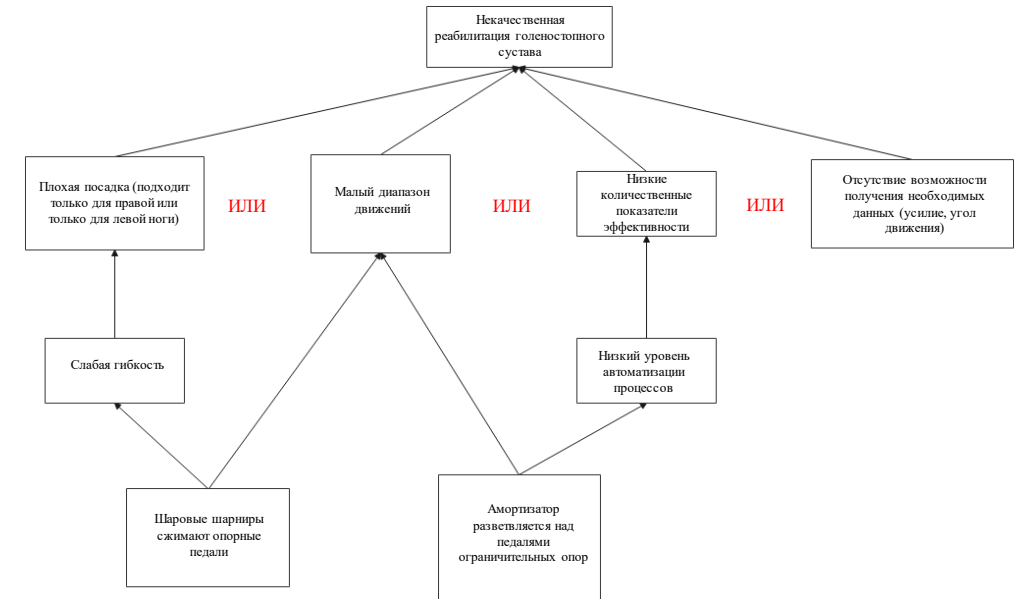
Анализ проблемы — Поиск противоречий (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Уменьшение количества амортизаторов	Сложность тренажёра / Технологичность тренажёра	НЕТ	НЕТ



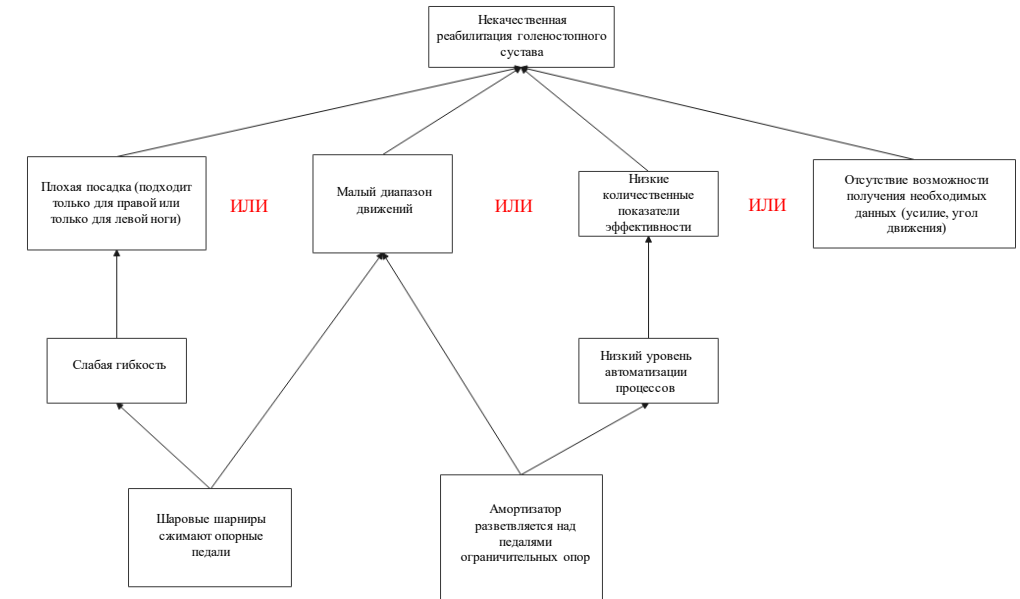
Анализ проблемы — Поиск противоречий (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Замена сервопривода	Степень автоматизации процессов	Сложность тренажёра	ДА
Замена сервопривода	Степень автоматизации процессов	Технологичность тренажёра	ДА



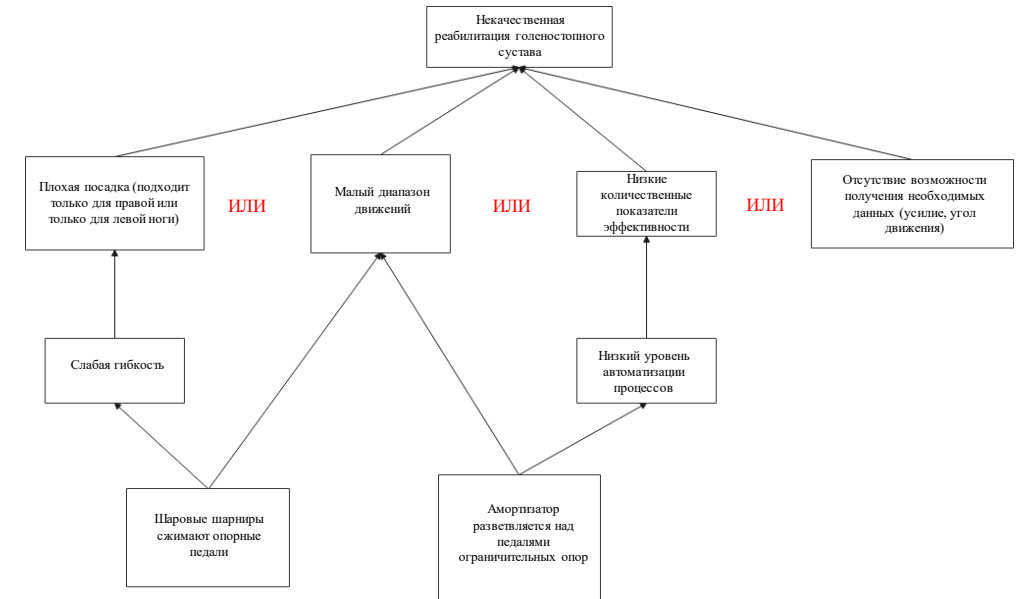
Анализ проблемы — Поиск противоречий (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Замена сервопривода	Функциональность	Сложность тренажёра	ДА
Замена сервопривода	Функциональность	Технологичность тренажёра	ДА



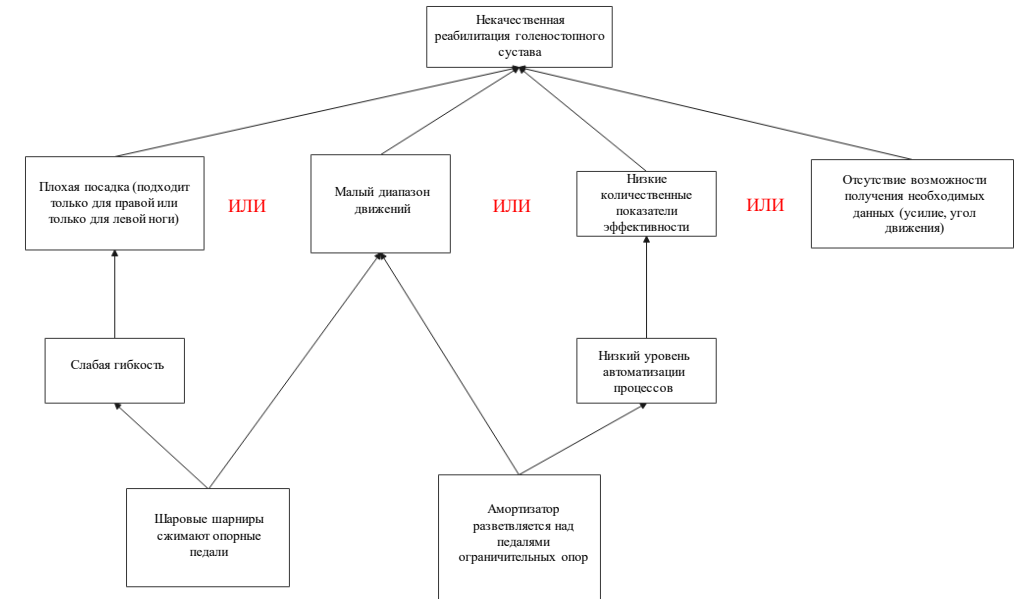
Анализ проблемы — Поиск противоречий (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Снятие шарового шарнира	Сложность тренажёра / Технологичность тренажёра	НЕТ	НЕТ



Анализ проблемы — Поиск противоречий (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Противоречие
Добавление скользящих элементов	Функциональность	Сложность тренажёра	ДА
Добавление скользящих элементов	Функциональность	Технологичность тренажёра	ДА



Решение проблемы — Причинно-следственный анализ

Решения

Решение 1: Уменьшить количество амортизаторов.

Решение 2: Снять шаровой шарнир с имеющегося тренажёра и поддерживать педаль с помощью вертикальной опорной штанги.

Решение проблемы — Технические противоречия

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление ремней защитных подушек	Учёт негативных факторов	Сложность тренажёра	22 19 29 40	Решение 3: Соединить ремни защитных подушек с традиционными ремнями, используя ремни защитных подушек в месте контакта со стопой/голеностопным суставом и традиционные ремни в других местах. Решение 4: Заменить существующие ремни ремнями защитных подушек.



Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление ремней защитных подушек	Учёт негативных факторов	Технологичность тренажёра	24 35 2	Решение 5: Увеличить количество ремней защитных подушек и отрегулировать степень накачивания в соответствии с положением ремней защитных подушек. Решение 6: Заменить ремни защитных подушек на заполненные жидкостью ремни.



Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

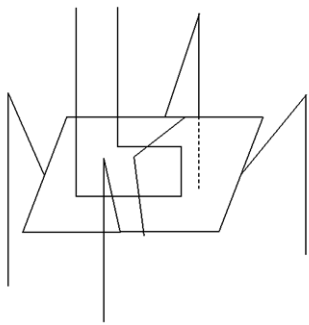
ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление датчиков	Функциональность	Сложность тренажёра	32 26 12 17	Решение 7: Использовать уровень вместо датчика для измерения углов. Решение 8: Используя различные цвета, выделить области, в которых происходят изменения положения и угла.

Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление датчиков	Функциональность	Сложность тренажёра	2 5 12	Решение 9. Объединение нескольких датчиков с разными функциями.

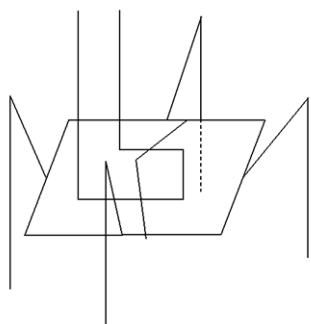
Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление датчиков	Степень автоматизации процессов	Сложность тренажёра	15 10 24	Решение 10: Использовать металл с эффектом памяти для деталей, которые соприкасаются со стопой / голеностопным суставом. Решение 11: Предварительно настроить тренажёр с учётом уровня и местоположения травм и отрегулировать его в соответствии с данными датчика.



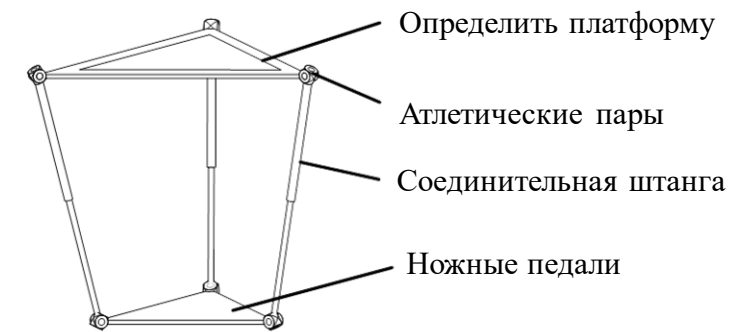
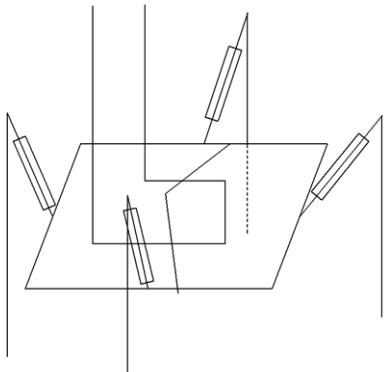
Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление датчиков	Степень автоматизации процессов	Технологичность тренажёра	1 26 13	Решение 12: Изменить направление амортизаторов и добавить четыре опоры.



Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Замена сервопривода	Степень автоматизации процессов	Технологичность тренажёра	1 26 13	Решение 13: Изменить направление сервоприводов и добавить четыре опоры. Решение 14: Исходя из Решения 13, опорная штанга снимается и заменяется фиксированной платформой, а количество оригинальных сервоприводов уменьшается с четырёх до трёх.



Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Замена сервопривода	Степень автоматизации процессов	Сложность тренажёра	15 10 24	<p>Решение 15: Заменить опорную штангу в решении 13 на регулируемую.</p> <p>Решение 16: Тренажёр для реабилитации голеностопного сустава с параллельным механизмом 3-UPU и переключателем педалей (см. Решение 14) для достижения адаптированности тренажёра для левой и правой ног.</p> <p>Решение 17: Предварительно отрегулировать длину телескопического элемента сервопривода в зависимости от потребностей пациента.</p>



Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Замена сервопривода	Функциональность	Сложность тренажёра	32 26 12 17	Решение 18: Синхронизировать управление сервоприводом, чтобы опорная педаль всегда оставалась в одном положении. Решение 19: Цветовая разметка телескопического элемента сервопривода для облегчения отслеживания изменений.

Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Иновационные принципы	Решение
Замена сервопривода	Функциональность	Технологичность тренажёра	2 5 12	Решение 20: Совместить телескопическую функцию сервопривода с вертикальной опорной штангой, затем снять сервопривод.

Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление скользящих элементов	Функциональность	Сложность тренажёра	32 26 12 17	Решение 21: Расширить диапазон движений можно, установив раздвижной механизм между шаровым шарниром и опорной педалью. Решение 22: Установить скользящие механизмы в разных направлениях

Решение проблемы — Технические противоречия (продолжение)

ЕСЛИ	ТОГДА	НО	Инновационные принципы	Решение
Добавление скользящих элементов	Функциональность	Технологичность тренажёра	2 5 12	Решение 23: Совместить скользящие механизмы разной ориентации, описанные в Решении 22.

Решение проблемы — Физические противоречия

Описание физических противоречий:

Для получения более подробных данных необходимо увеличить количество датчиков;
Увеличение количества датчиков **не позволяет** упростить конструкцию тренажёра.

Инструменты	Решение
Разделение по времени	Решение 24: Установить съёмный датчик, чтобы его можно было снимать, когда он не используется.
Разделение по состоянию	Решение 25: Заменить датчик угла наклона опорной педали датчиком датчика положения ответвления с функцией вычисления.

Решение проблемы — Физические противоречия (продолжение)

Описание физических противоречий:

Для закрепления ноги на опорной педали следует добавить пневмоподушку;

Во избежание вторичных травм, вызванных длительным сдавливанием стопы, **не следует** добавлять пневмоподушки.

Метод разделения	Решение
Разделение по пространственным характеристикам	Решение 26: Отрегулировать степень накачивания бандажа защитной подушки в соответствующем положении в зависимости от усилия, прилагаемого к стопе / голеностопному суставу.
Разделение по времени	Решение 27: Пневматическая защитная подушка с контролем пульсации давления (колебаний) или бандаж с регулируемым давлением подушки.
Разделение по состоянию	Решение 28: Заменить широкие ремни защитной подушки на несколько тонких.

Решение проблемы — Физические противоречия (продолжение)

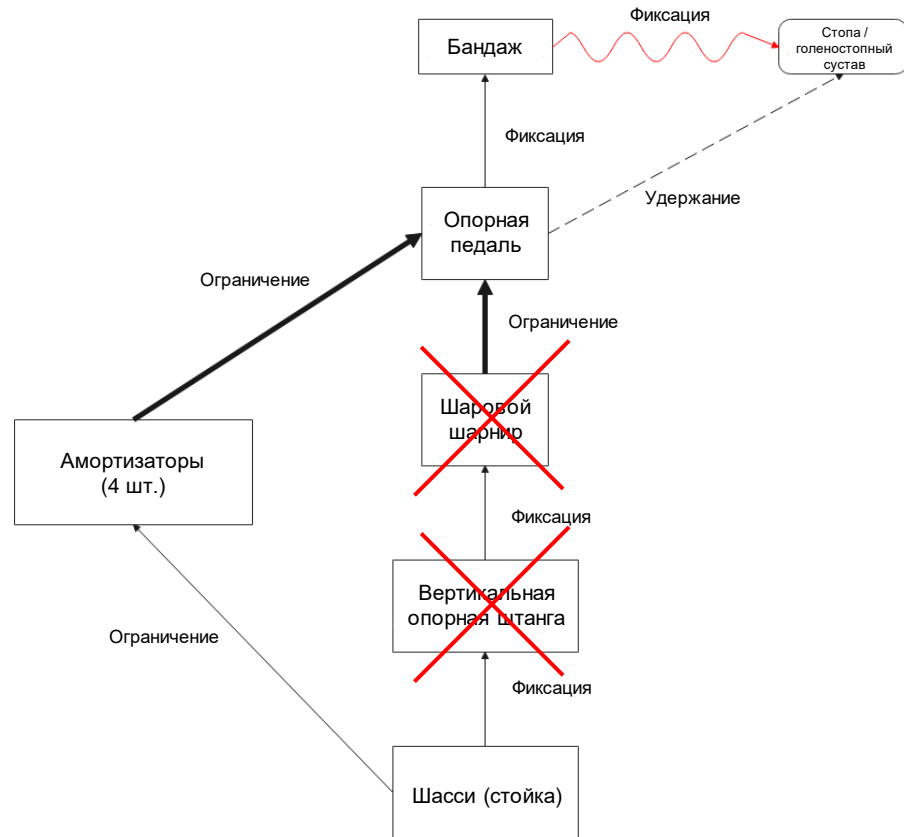
Описание физических противоречий:

Для улучшения управляемости количество сервоприводов следует увеличить;

Увеличение количества сервоприводов **не позволяет** упростить конструкцию тренажёра.

Метод разделения	Решение
Разделение по состоянию	Решение 29: Установить съёмный сервопривод и менять количество сервоприводов в зависимости от состояния пациента.

Решение проблем — Адаптация

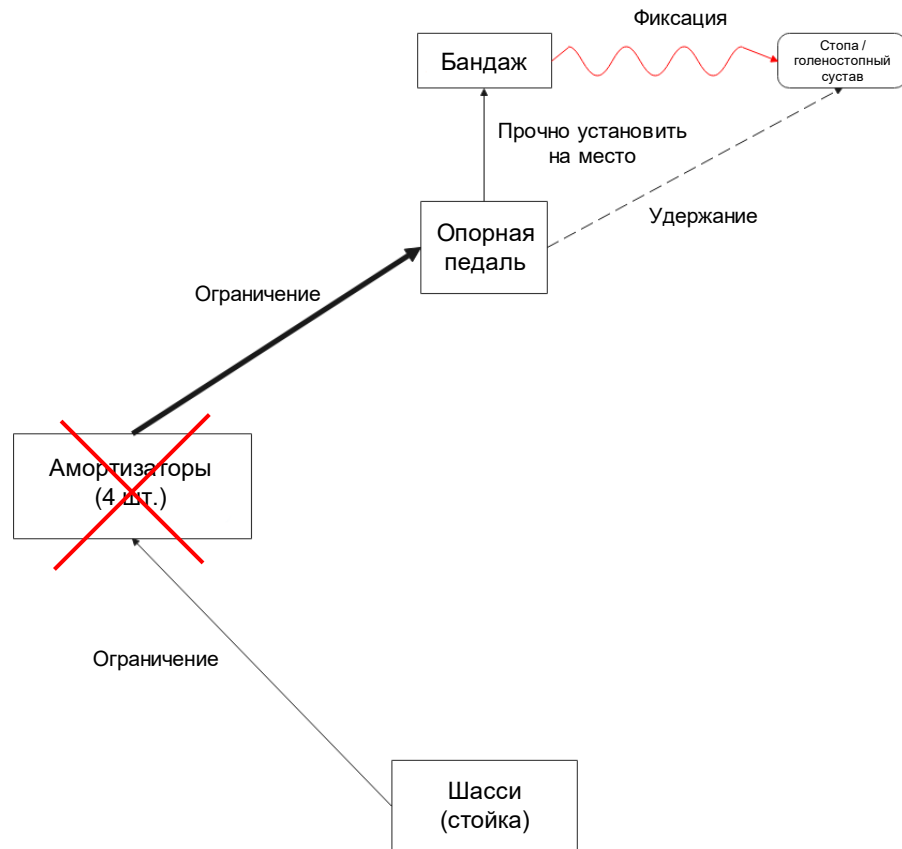


Решение

Решение 30: Снять шаровой шарнир и вертикальную опорную штангу.

Решение 31: Использовать оригинальные амортизаторы вместо шарнирной опоры для поддержки педалей.

Решение проблемы — Адаптация (продолжение)



Решение

Решение 32: Снять амортизатор и использовать вместо него пружину.

Решение проблемы — Адаптация (продолжение)



Решение

Решение 33: Снять основание (стойку).

Решение 34: Заменить опорную педаль на педаль со сферическим дном.

Оценка — Система ABC

№	Решение	Категория
1	Уменьшить количество оригинальных амортизаторов с четырёх до трёх.	A
2	Снять шаровой шарнир с имеющегося тренажёра и поддерживать педаль с помощью вертикальной опорной штанги.	B
3	Соединить ремни защитных подушек с традиционными ремнями, используя ремни защитных подушек в месте контакта со стопой/голеностопным суставом и традиционные ремни в других местах.	A

Оценка — Система АВС (продолжение)

№	Решение	Категория
4	Заменить существующие ремни ремнями защитных подушек.	A
5	Увеличить количество ремней защитных подушек и отрегулировать степень накачивания в соответствии с положением ремней защитных подушек.	B
6	Заменить ремни защитных подушек на заполненные жидкостью ремни.	A
7	Использовать уровень вместо датчика для измерения углов.	B

Оценка — Система ABC (продолжение)

№	Решение	Категория
8	Используя различные цвета, выделить области, в которых происходят изменения положения и угла.	B
9	Объединить несколько датчиков с разными функциями.	B
10	Использовать металл с эффектом памяти для деталей, которые соприкасаются со стопой / голеностопным суставом.	C
11	Предварительно настроить тренажёр с учётом уровня и местоположения травм и отрегулировать его в соответствии с данными датчика.	B
12	Изменить направление амортизаторов и добавить четыре опоры.	A
13	Изменить направление сервоприводов и добавить четыре опоры.	A

Оценка — Система АВС (продолжение)

№	Решение	Категория
14	Исходя из Решения 13, опорная штанга снимается и заменяется фиксированной платформой, а количество оригинальных сервоприводов уменьшается с четырёх до трёх.	A
15	Заменить опорную штангу в Решении 13 на регулируемую.	B
16	Тренажёр для реабилитации голеностопного сустава на основе параллельного механизма 3-УПУ с добавлением тренажёра переключения педалей на основе Решения 14 для достижения адаптированности тренажёра для левой и правой ног.	A

Оценка — Система АВС (продолжение)

№	Решение	Категория
17	Предварительно отрегулировать длину телескопического элемента сервопривода в зависимости от потребностей пациента.	В
18	Синхронизировать управление сервоприводом, чтобы опорная педаль всегда оставалась в одном положении.	В
19	Цветовая разметка телескопического элемента сервопривода для облегчения отслеживания изменений.	В
20	Совместить телескопическую функцию сервопривода с вертикальной опорной штангой, затем снять сервопривод.	С

Оценка — Система АВС (продолжение)

№	Решение	Категория
21	Расширить диапазон движений можно, установив раздвижной механизм между шаровым шарниром и опорной педалью.	В
22	Установить скользящие механизмы в разных направлениях.	В
23	Совместить скользящие механизмы разной ориентации, описанные в Решении 22.	В
24	Установить съёмный датчик, чтобы его можно было снимать, когда он не используется.	В
25	Заменить датчик угла наклона опорной педали датчиком датчика положения ответвления с функцией вычисления.	В
26	Отрегулировать степень накачивания бандажа защитной подушки в соответствующем положении в зависимости от усилия, прилагаемого к стопе / голеностопному суставу.	В

Оценка — Система ABC (продолжение)

№	Решение	Категория
27	Пневматическая защитная подушка с контролем пульсации давления (колебаний) или бандаж с регулируемым давлением подушки.	A
28	Заменить широкие ремни защитной подушки на несколько тонких (см. Решение 4).	B
29	Установить съемный сервопривод и менять количество сервоприводов в зависимости от состояния пациента.	B
30	Снять шаровой шарнир и вертикальную опорную штангу.	B

Оценка — Система АВС (продолжение)

№	Решение	Категория
31	Использовать оригинальные амортизаторы вместо шарнирной опоры для поддержки педалей.	В
32	Снять амортизатор и использовать вместо него пружину.	В
33	Снять основание (стойку).	В
34	Заменить опорную педаль на педаль со сферическим дном.	А

Оценка — Матрица принятия решений по нескольким критериям

№		Можно использовать для левой и правой ноги	Низкая стоимость	Отсутствие побочных явлений	Простая конструкция	Простота использования	Итого
Позиция		5	3	5	3	3	
1	Решение 1: Уменьшить количество оригинальных амортизаторов с четырёх до трёх.	-1	1	1	0	0	3
2	Решение 3: Соединить ремни защитных подушек с традиционными ремнями, используя ремни защитных подушек в месте контакта со стопой/голеностопным суставом и традиционные ремни в других местах.	-1	1	0	1	1	4
3	Решение 4: Заменить существующие ремни ремнями защитных подушек.	-1	1	0	1	1	4

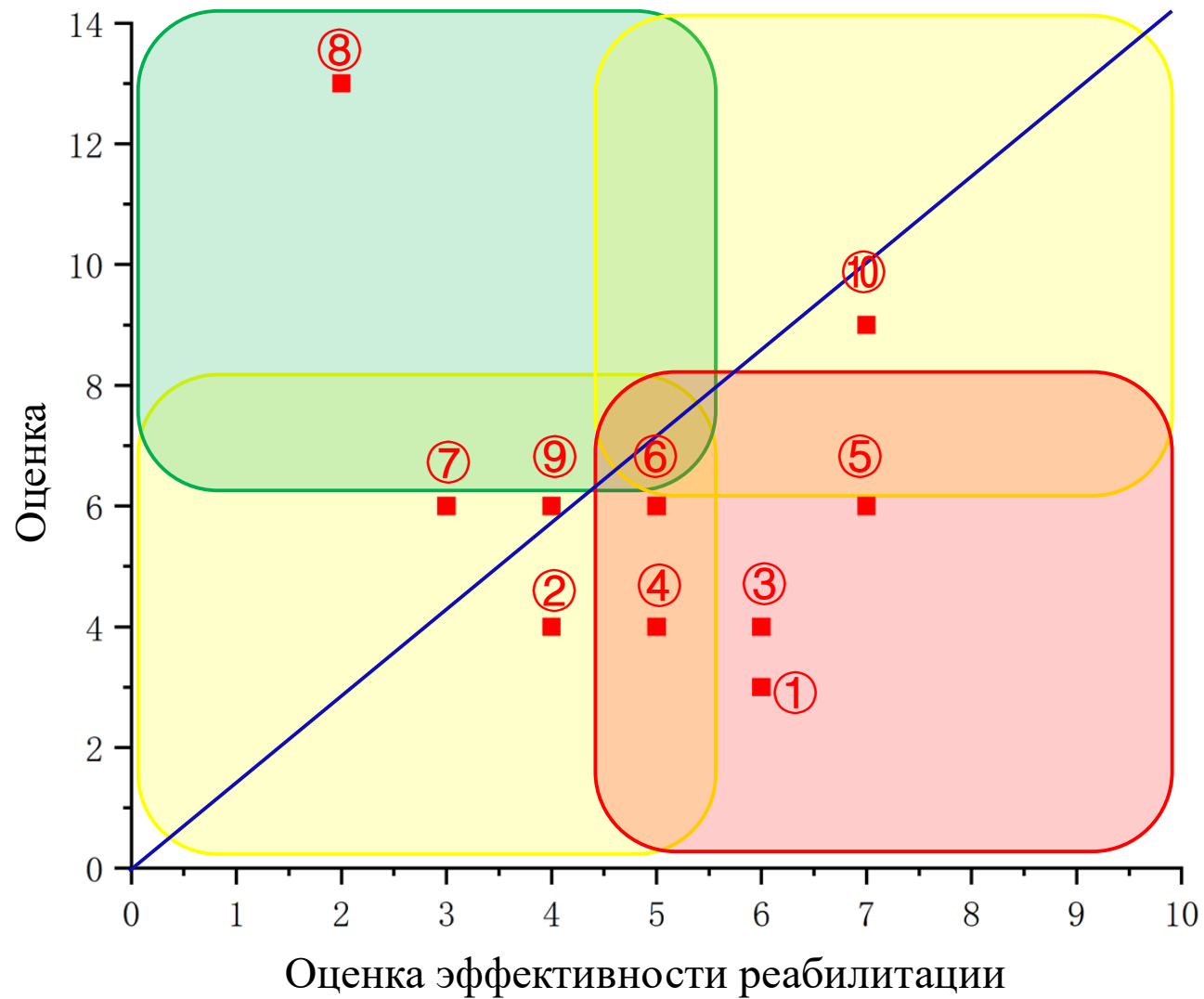
Оценка — Матрица принятия решений по нескольким критериям (продолжение)

№		Можно использовать для левой и правой ноги	Низкая стоимость	Отсутствие побочных явлений	Простая конструкция	Простота использования	Итого
Позиция		5	3	5	3	3	
4	Решение 6: Заменить ремни защитных подушек на заполненные жидкостью ремни.	-1	1	0	1	1	4
5	Решение 12: Изменить направление амортизаторов и добавить четыре опоры.	-1	1	1	0	1	6
6	Решение 13: Изменить направление сервоприводов и добавить четыре опоры.	-1	0	1	1	1	6

Оценка — Матрица принятия решений по нескольким критериям (продолжение)

№		Можно использовать для левой и правой ноги	Низкая стоимость	Отсутствие побочных явлений	Простая конструкция	Простота использования	Итого
Позиция		5	3	5	3	3	
7	Решение 14: Исходя из Решения 13, опорная штанга снимается и заменяется фиксированной платформой, а количество оригинальных сервоприводов уменьшается с четырёх до трёх.	-1	1	1	1	0	6
8	Решение 16: Тренажёр для реабилитации голеностопного сустава с параллельным механизмом 3-UPU и переключателем педалей (см. Решение 14) для достижения адаптированности тренажёра для левой и правой ног.	1	0	1	0	1	13
9	Решение 27: Пневматическая защитная подушка с контролем пульсации давления (колебаний) или бандаж с регулируемым давлением подушки.	-1	0	1	1	1	6
10	Решение 34: Заменить опорную педаль на педаль со сферическим дном.	0	1	0	1	1	9

Оценка — График

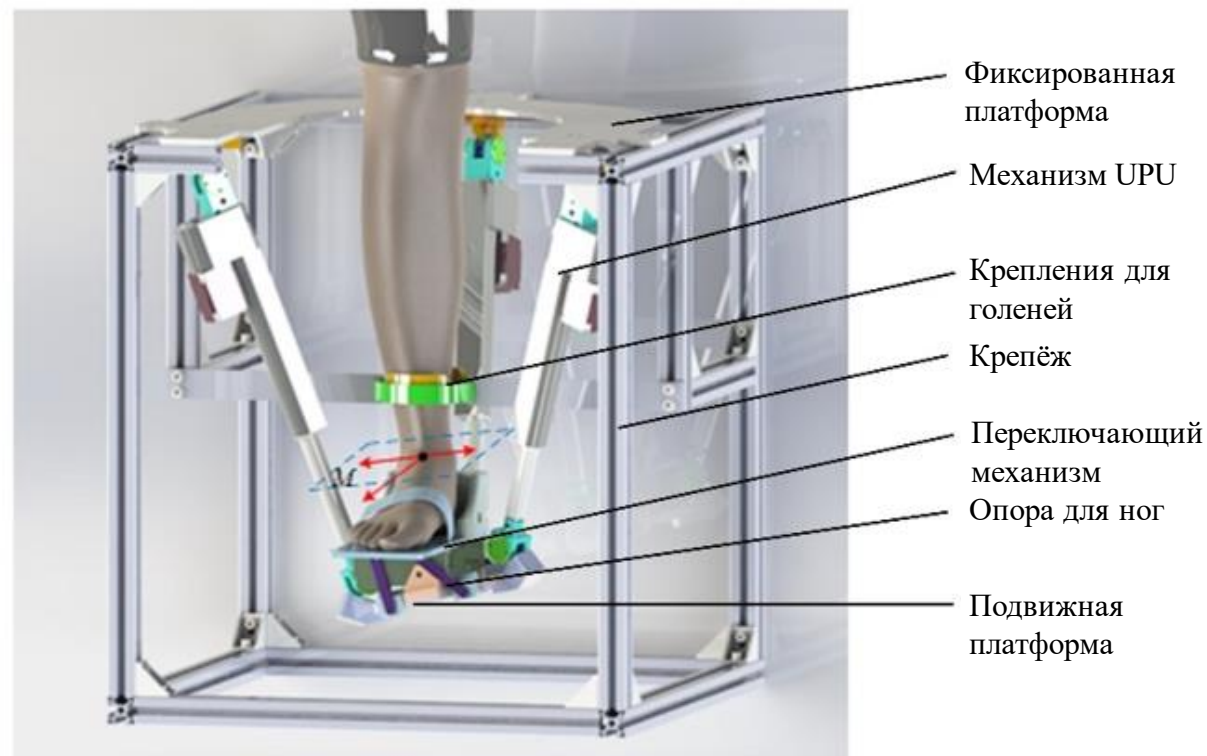


Итоговое решение

Тренажёр для реабилитации голеностопного сустава на основе параллельного механизма 3-UPU с механизмом переключения для реабилитации правой и левой ног.

Наше инновационное решение:

- Первый проект параллельного механизма тренажёра для реабилитации голеностопного сустава
- Позволяет решить одну из важнейших проблем реабилитологии
- Три патентных сертификата Китая
- Успешно применяется в отрасли, демонстрируя отличные результаты



TRIZ SUMMIT 2024

? СЕССИЯ ВОПРОСОВ И ОТВЕТОВ ?



TRIZ SUMMIT 2024

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

