

Задача №4. Ученье – свет!

Условие задачи.

Давным-давно в далекой-предалекой галактике существовала технология производства светового оружия — лазерных мечей. Опишите принцип работы и технологические трудности создания меча джедая из Звездных Войн, их возможные пути решения и мирные пути использования. Да придёт к Вам сила!

Решение задачи.

1. Принцип работы и основные свойства лазерного меча

Лазерный меч джедая – энергетическое оружие из вселенной Звездных Войн (далее ЗВ), обладающее способностью легко прорезать практически любой твердый материал. Представляет собой светящуюся трубку “чистой энергии” длиной порядка 1 метра, которая испускается из рукоятки по команде владельца.

Важные с физической точки зрения особенности лазерного меча

- клинок ограничен в пространстве
- клинки отталкиваются друг от друга
- клинки могут иметь разный цвет
- способен работать в вакууме и под водой
- не излучает тепло, когда не режет
- вся масса заключена в рукояти
- источник энергии компактен и заключен в ручке
- используется регенерация энергии клинка назад в батарею

Схема и компоненты оригинального лазерного меча из ЗВ приведены на рис. 1.

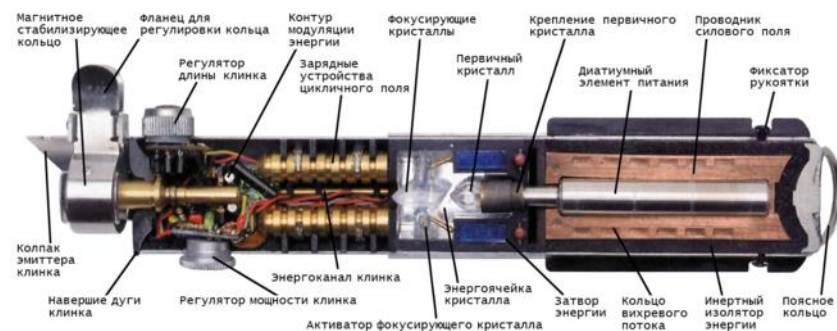


Рисунок 1 Схема лазерного меча

Ключевую роль здесь играет некий фокусирующий “чистую энергию” кристалл.

2. Технологические трудности создания лазерного меча

Спектр сколько-нибудь реально возможных носителей “чистой энергии” клинка весьма узок. Можно выделить 4 основных направления:

- Световой меч – клинок представляет собой интенсивный пучок света
- Плазменный меч – клинок представляет собой поток высокотемпературной плазмы
- Химический меч – клинок представляет собой область экзотермической химической реакции
- Комбинированное использование света, плазмы и энергии химических реакций

Необходимо сразу отметить, что ни одно из этих направлений заведомо не дает возможности достичь всех характеристик меча джедая из ЗВ. Рассмотрим основные технические проблемы каждого из направлений.

- Световой меч

Использование лазерного луча для создания меча джедая кажется самым логичным шагом, учитывая высокий уровень развития лазерных технологий. Однако, есть несколько проблем, решить которые на данный момент невозможно.

1. Лазерный луч не может кончаться в воздухе и тем более в вакууме. Фотон способен либо двигаться, либо исчезнуть, будучи поглощенным каким-либо веществом.
2. В силу принципа суперпозиции электромагнитного поля, световые мечи не могут отталкиваться друг от друга. Нелинейные же эффекты при больших интенсивностях, могут вызвать только искривление луча.
3. Лазер создает когерентное излучение. Любое вещество обладает линиями поглощения, а в остальном диапазоне длин волн рассеивает свет. Лазерный меч вследствие отражения не сможет резать многие вещества. Соединение в одном пучке лазеров разных длин волн может лишь отчасти решить эту проблему.
4. Промышленные установки лазерной резки металлов имеют скорость резки порядка 1 м/мин для листа металла толщиной 200 мм[3] и имеют при этом значительные габариты. Достигнуть компактности и столь высокой скорости резки, как в ЗВ в ближайшее время не представляется возможным.

В) Плазменный меч [1]

Использование в качестве режущего инструмента пучка плазмы теоретически решает главную проблему светового меча: плазмой можно управлять с помощью магнитного поля, а значит, электрическую дугу можно с помощью сильного магнитного поля вытянуть в достаточно длинную и узкую петлю, имеющую форму клинка. Однако и здесь возникает множество проблем:

1. Электрическая дуга имеет неустойчивую пространственную форму, и ее на практике невозможно вытянуть в узкую петлю длиной более 10-15 см. Из-за неустойчивости петли смыкаются друг с другом, и дуга укорачивается.
2. Для вытягивания дуги требуется сильное магнитное поле. Для создания такого поля необходимо использовать сверхпроводящие катушки индуктивности сложной формы, охлажденные хотя бы до азотных температур.
3. Поддержание плазменной дуги требует высоких напряжений и значительных затрат энергии, из-за чего становятся необходимы сверхкомпактные источники энергии.
4. Электрическая дуга имеет высокую температуру (5 000 – 50 000 К), что вызывает необходимость охлаждения электродов и близко лежащих областей пространства. В промышленности это осуществляется потоком циркулирующей воды или струей самого газа, из которого в итоге и получается плазма. Организовать такое охлаждение в портативной установке очень трудно.

С) Химический меч

Для резки используется энергия, выделяющаяся в некоторой сильно экзотермической и быстротекающей реакции. В каком-то смысле такой меч представляет собой огнемеч. Отличие заключается в том, что реагенты выбрасываются тонкой струей под большим давлением. Химический меч, к сожалению, принципиально имеет свойства, весьма далекие от перечисленных в п.1. Кроме того, есть и существенные технические проблемы:

1. Необходимость значительного запаса реагентов, чего не наблюдалось в ЗВ
2. Необходимость выброса реагентов под значительным давлением
3. Высокая опасность для владельца такого оружия вследствие возможности взрыва.

В итоге, наиболее перспективным для создания реального лазерного меча кажется совместное использование света, плазмы и, возможно, энергии химических реакций.

3. Возможные реализации лазерного меча

Надо сразу разделить прототипы лазерного меча на не функциональные и функциональные. Первые должны быть лишь визуально похожи на лазерные мечи из Звездных Войн, вторые – обладать по меньшей мере таким основным свойством, как режущая способность.

3.1. Не функциональные лазерные мечи

Существует большое количество разных световых мечей, похожих на мечи джедаев. Такие прототипы можно легко сделать самостоятельно или купить в магазинах для фанатов мира Звездных Войн. Основная идея достаточно простая. Меч состоит из полупрозрачной трубки, внутри которой равномерно распределены источники света, чаще всего светодиоды. Источник питания и кнопка для включения подсветки располагаются на рукоятке.

Также часто для имитации световых мечей используются просто мощные (до 5 Вт) лазерные указки. Вследствие наличия в воздухе пыли, а также фундаментального рэлеевского рассеяния лазерные лучи весьма эффектно видны сбоку на постановочных снимках (рис.2).

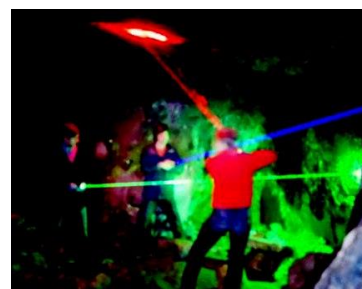


Рисунок 2 Не функциональные лазерные мечи

3.2. Функциональные лазерные мечи

Следуя п.2, рассмотрим различные идеи лазерного меча по каждому из направлений.

А) Световой меч.

1. Создать подобие резонатора между ручкой и концом меча с помощью 2 металлических зеркал. Лазерный луч будет заключен между зеркалами. Основная проблема – необходимость закрепления зеркала на конце меча, для чего нужна какая-либо материальная конструкция.
2. Взять мощный инфракрасный (ИК) лазер и создать систему, позволяющую фокусировать его в разные точки. В точке фокусировки будет создаваться оптический пробой и, соответственно, появляться свечение. Модулируя точку фокусировки с большой частотой, можно добиться эффекта непрерывно светящегося клинка. Режущие свойства такого меча будут выше, чем у меча, сделанного с помощью лазера видимого диапазона, так как ИК излучение хорошо поглощается водой и органическими веществами.
3. Использовать лучи Эйри [2] (луч со специальным профилем интенсивности). Лазерный луч будет изгибаться, и, при соответствующем уровне развития технологии, возвращаться назад, отражаясь от гарды. Такой эффект, естественно, невозможен в вакууме.

В) Плазменный меч.

По сути, представляет собой плазматрон [5], электрическая дуга в котором вытягивается за счёт приложения магнитного поля специальной конфигурации. По сути, плазма удерживается в магнитной бутылке, созданной этим полем. По такому же принципу работает токамак. В теории это может быть наиболее близкий к лазерному мечу из ЗВ прототип. Однако нынешний уровень развития технологий, прежде всего в области компактных источников энергии, высокотемпературных сверхпроводников и жаропрочных материалов не дает возможности попытаться реализовать идею.

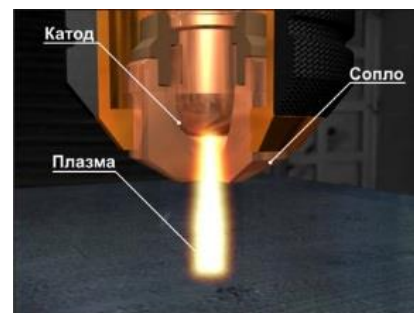


Рисунок 3 Схема плазматрона

С) Химический меч

Обычный огнемет нельзя считать лазерным мечом по понятным причинам. Однако вместо горючей жидкости можно использовать термитную смесь, выбрасываемую узким пучком под большим давлением. В этом случае наблюдается эффективная резка металла [5]. Если увеличить дальность выброса до 1 м, то такую конструкцию в некоторой мере можно будет считать лазерным мечом. Проблема заключается в том, что устройство сможет работать без перегрева только несколько секунд.

4. *Практическое применение технологий*

Технологии, которые необходимо развить для создания прототипа лазерного меча, имеют множество актуальных применений. Перечислим некоторые из них:

- 4.1. Лазерная обработка материалов[3], в том числе прецизионная обработка материалов с использованием фемтосекундных лазерных импульсов. На данный момент идут активные научные и инженерные исследования в данных областях. Уже используется лазерная резка материалов, лазерная гравировка поверхностей, с помощью лазеров делают хирургические операции.
- 4.2. Разработка лазерного оружия, в том числе бесшумного лазерного пистолета для спецслужб и для космических применений [6]
- 4.3. Плазменная резка металлов – альтернатива лазерной и гидроабразивной резке металлов, более эффективна в некоторых случаях.
- 4.4. Компактные источники энергии – повсеместное использование, начиная от аккумуляторов электронных гаджетов и заканчивая электромобилями и самолетами, работающими на солнечных батареях. Научные группы по всему миру ищут способы увеличить емкость аккумуляторов и ионисторов.
- 4.5. Высокотемпературные сверхпроводники – создание устройств с крайне низким энергопотреблением, создание сильных магнитных полей.
- 4.6. Сверхжаропрочные материалы – усовершенствование ракетных двигателей, а также конструкции ядерных реакторов.

5. *Заключение*

В результате анализа написанного выше складывается понимание, что из-за отсутствия серьезной потребности общества в создании реального лазерного меча, такое устройство не будет создано в сколько-нибудь обозримой перспективе, так как требует огромных финансовых затрат и значительных научных прорывов. Однако, с развитием технологий управления светом и плазмой для других целей, а также с созданием компактных источников энергии и инновационных материалов проект лазерного меча может стать реализуемым.

Впрочем, необходимо учесть еще один факт. Лазерный меч скорее всего все-таки будет создан в ближайшее время. Правда, только в виртуальной реальности [7].

6. *Список использованной литературы*

1. <https://geektimes.ru/post/238433/> - Возможно ли создать световой меч с точки зрения современной науки?
2. P. Panagiotopoulos, D.G. Papazoglou, A. Couairon, S. Tzortzakis, Sharply autofocused ring-Airy beams transforming into non-linear intense light bullets. Nature Communications 4, 2013.
3. <http://www.technolaser.ru/russian/album.html> - Лазерная резка металлов
4. <https://ru.wikipedia.org> – Плазматрон.
5. <http://www.techcult.ru/gadgets/2780-lightsaber> - Разработано портативное устройство, напоминающее меч Скайуокера.
6. <https://ru.wikipedia.org> – Лазерный пистолет
7. <https://geektimes.ru/post/233859/> - Oculus Rift и STEM делают световые мечи реальностью.