

Контроль поведения лука с помощью стабилизаторов

Steve Ellison

(перевод Алексея Хлестунова, Томская ФСЛ, 508919@gmail.com)

Содержание

Контроль поведения лука с помощью стабилизаторов	1
Введение	1
Какие реакции нуждаются в контроле?	2
Движения лука	2
Тайминг - почему важды движения?	4
Время и движение	4
Контролируем смещения	7
Принцип 1 - вес, масса и инерция	7
Принцип 2 - статика и динамика	7
Так называемые "TFC"	8
Контролируем баланс	8
Принцип 3 - центр тяжести	9
Ищем ЦТ	10
Изменение баланса 1 - используем грузы	10
Принцип 4 - веса и расстояния - "момент"	11
Изменение баланса 2 - используем расстояния	11
Принцип 5 - динамический баланс	11
Контролируем вращающий момент	13
Принцип 6 - веса и расстояния	13
Дрыны, грузики и рукоятки	13
Контролируем вибрацию	15
Принцип 7 - вибрация	15
Принцип 8 - снижение вибрации - "дампинг"	17
Принцип 9 - резонанс	18
Настройка дампинга - подробно о TFC	19
Заключение	19

От переводчика: этот текст взят на сайте www.archery-engineering.co.za, где он находится в свободном доступе. Я перевел его для себя и бескорыстно делюсь с лучшим братством. Буду благодарен за замечания по делу, пишите.

С замечаниями по качеству перевода (типа "правильно писать "демпфирование", а не "дампинг" - идите в жопу, зануды. Не нравится - переведите себе сами, и читайте, сколько влезет).

От переводчика: далее в тексте очень часто будет встречаться слово "движение". Здесь подразумеваются те самые ненужные движения, смещения, подвижки, колебания, вздрагивания и дрыганья, которые мешают выстрелу и которые необходимо максимально уменьшить с помощью системы стабилизаторов. У автора этому слову соответствуют "motion" и "movement".

Введение

Луки - в принципе, простые механические устройства. Но сборка их "под стрелка" делает жизнь удивительно сложной. Стрелок не может запустить стрелу через центр приложения силы (по крайней мере, без ранения), поскольку стрела покидает лук над накладкой - таким образом, лук всегда немного разбалансирован в момент выстрела. Рукоять немного короче с одной стороны, напряжения в ней асимметричны, вибрации сложны и трудно контролируемы. Контроль стрелка над луком труден в отношении концентрации и однообразия, и осложняется различными скручиваниями. Работа мышц заключается в сокращении, и абсолютная неподвижность при прицеливании - выше человеческих возможностей. Разные стрелки имеют разные предпочтения в устранении движений лука до, во время, и после выстрела. Все эти вещи приводят к большому разнообразию движений лука, многие из которых помогают или мешают достижению цели. Таким образом, и производители, и спортсмены ищут пути для контроля над движениями лука.

В современном лучном дизайне сразу стало понятно, что многие движения лука могут быть контролируемы с помощью регулировок полного веса лука, и распределения веса по его частям. Для этого применяют множество приспособлений - легкие "наконечников", ртутные вставки, утяжеленные металлические дрыны вместо "наконечников", длинные дрыны вместо коротких, контрбалансы и V-бары, TFC, внутренне демпфирующие стабилизаторы, маслonaполненные дамперы, и т.п. Всего полно, и перед стрелком стоит только одна проблема - выбрать лучший вариант сочетания возможных способов.

Это не означает, главное - это подобрать правильную стабилизирующую систему. Наоборот - несмотря на то, что система может уменьшить погрешности плохой техники, она не заменит необходимость постановки техники хорошей. Если поведение лука серьезно и постоянно неправильно, причина этого должна быть устранена до того, как вы перейдете к его стабилизации. Например, стабилизаторы могут уменьшить эффект вращающего момента - но до этого было бы неплохо сначала исправить технику и силу выстрела.

Эти записи предназначены для того, чтобы показать, как специфические стабилизаторы и навески управляют различными типами движений лука, и как их эффект может быть использован, чтобы удовлетворить потребности спортсмена. Документ рассматривает различные типы движений лука, затем обсуждает использование стабилизации, чтобы управлять ими.

Какие реакции нуждаются в контроле?

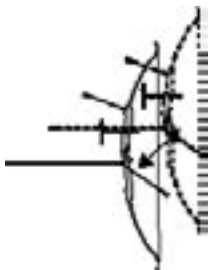
Есть маленькая дырочка с болтиком, которую используют лучшие 20 стрелков в мире. Если бы это было все, не многим людям хватило бы этих двадцати вариантов.. Проще говоря, выбор подходящей системы - индивидуален. У каждого стрелка свои предпочтения и свои проблемы, и лучший выбор - тот, который соответствует первым и решает вторые. Как и с выбором любой другой части лука, вы определяете, чего и зачем вы хотите достигнуть.

Так как различные части системы влияют на различные типы движений лука, полезно для начала обсудить эти типы и их воздействие на стрелка и лук. Вот эти типы мы типа и обсудим, а потом посмотрим, в какой момент выстрела они важны.

Движения лука

Смещения (в сторону, вперед, вертикальные)

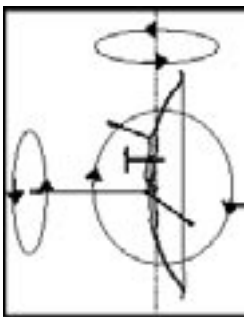
“Смещения” - это математический термин для обозначения перемещения без вращений, вибраций и прочих выкрутас. Центр тяжести объекта (в дальнейшем “ЦТ” - прим. перев.) перемещается вместе с объектом. Для стрельбы из лука удобно использовать следующую терминологию: вертикальное смещение (вверх и вниз); продольное смещение (вперед-назад); боковое смещение (вправо-влево).



Для яйцелобых ботаников - это движения по осям X, Y и Z. Любое из этих смещений приводит к серьезным промахам, но наиболее важные - вертикальное и боковое. Некоторое продольное смещение присутствует как ощущение “отъезда” стрелы - но в лучшем варианте слово “некоторое” должно быть заменено словом “нулевое”.

Вращения

Вращения - это движение вокруг какой-то оси. Есть три таких оси - вертикальная, горизонтальная и продольная (вдоль стрелы) (в анатомии такая ось называется “сагиттальная”, от “saggitas”, “стрела” по-латыни - прим. перев.). Следующие несколько абзацев рассмотрят все типы вращений.



Тайминг - когда движение имеет значение?

Наблюдая за возможными движениями, мы должны знать, в какой момент времени контроль над ними наиболее важен, чтобы понять, что же сделать для помощи стрелку. Например, остаточная вибрация плеч после выстрела не имеет значения до того момента, пока стрела не будет выпущена. Чтобы лучше понять поведение лука и стабилизацию, я разбил процесс выстрела на три интервала.

• Перед выстрелом

Стрелок в покое (или близок к этому), стремясь достигнуть устойчивого прицеливания. Любой вид движения здесь крайне нежелателен; особо следует избегать боковых и вертикальных. Главные усилия на луке уравновешены, как уравновешена и сила тяжести. Этот период длится несколько секунд, хотя, при неправильной установке кликера, может показаться часами.

• Во время выстрела

Части лука резко продвигаются вперед, метая стрелу. Когда тетива достигнет положения ненапрянутой, стрела покидает ее, и, если лук правильно настроен, далее летит, не касаясь ни одной его части. (Это стоит помнить! - единственная деталь, контактирующая со стрелой основное время выстрела - тетива). Главные действующие усилия в этот момент - это давление рукоятки на руку, почти точно равное силе лука. Этот момент длится примерно 15 мс.

• После выстрела

Плечи останавливаются и отскакивают под силой тетивы; тетива и плечи продолжают вибрировать, передавая вибрацию вдоль рукоятки; до тех пор, пока остаточная энергия не растворится в виде звука, колебаний воздуха и тела спортсмена. Асимметричные колебания плеч могут продолжаться. Стрелок “дотягивает” (follow-through). Лук, оставшийся на свободе, продолжает двигаться вперед под давлением руки. Гравитация заставляет его перевернуться вперед вокруг веревочки на пальцах стрелка. Вибрация прекращается за секунду, или около того.

Время и движение

Когда различные движения важны?

Итак, мы дифференцировали три типа движения (вращение, смещение и вибрация) и три периода времени (до, во время и после). Понимание, какие движения в какой момент наиболее важны, является главным для подбора подходящей системы стабилизации.

Влияние движений на полет стрелы

Легко заметить, что в процессе выстрела воздействие движений на полет стрелы уменьшается.

Перед выстрелом от этих движений напрямую зависит точность попадания.

Непосредственно во время выстрела у стрелка очень мало времени на коррекцию направления полета стрелы. Даже если в момент выстрела мы сместим сам лук на 5 мм - стрела все равно находится в контакте только с тетивой. Таким образом, движения во время выстрела, до момента освобождения тетивы, имеют невысокую важность.

Движения же после выстрела, само собой, вообще не влияют на полет стрелы. Однако, это не значит, что мы должны рассматривать только движения перед выстрелом.

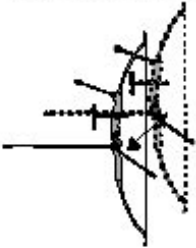
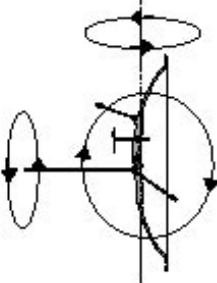
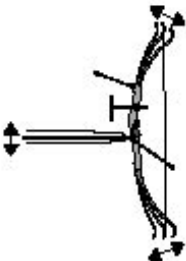
Влияние движений после выстрела

Неконтролируемые колебания лука после выстрела могут повредить цельности процесса. Факторы для осмысления:

- *Стрелок “ожидает” колебания до выпуска*
- *Отвлечение других стрелков (особенно в зале)*
- *Износ, ослабление или разрыв тетивы и дуталей лука (например, расстраивание прицела)*

Таблица, размещенная ниже, наглядно показывает, какие движения лука в какой момент времени имеют значение.

Пространство и время - когда что важно?

	Перед выстрелом	Во время выстрела	После выстрела
<p>Смещение</p> 	<p>✓</p> <p>Движение напрямую влияет на прицеливание</p>	<p>✓</p> <p>Движение напрямую влияет на прицеливание сильнее всего</p>	<p>✓</p> <p>Крупные движения могут изменить стиль выстрела от "ожидания смещений" в дальнейшем</p>
<p>Вращение</p> 	<p>Вращения лука обычно гасятся самим стрелком в достаточной степени</p>	<p>✓</p> <p>Лук может свободно вращаться, особенно в вертикальной оси. Это влияет на тетиву, - единственную часть лука, контактирующую со стрелой</p>	<p>✓</p> <p>См. выше</p>
<p>Вибрация</p> 	<p>✓</p> <p>Вибрации относительно низкой частоты, производимые стрелком, делают прицеливание затруднительным и могут оставить лук "раскачивающимся"</p>	<p>Низкочастотные вибрации имеют существенный эффект во времени. Высокочастотные вибрации появляются, главным образом, при возвращении плеч в покой.</p>	<p>✓</p> <p>Хотя при выстреле нет никакого влияния на стрелу, увеличение этих вибраций ведет к износу оборудования и может сбить настройки. Плохо заглушенная вибрация может также привести к ухудшению чувствительности вследствие удара лука.</p>

Контролируем смещения

Принцип 1 - вес, масса и инерция

Вес, масса и инерция - разные понятия. Различия в них объяснены ниже - впрочем, если вы соберетесь настраивать лук на Луне, для вас это не очень важно. Самое главное, что необходимо уяснить - что предмет с большей массой труднее сдвинуть, и не только потому, что он больше весит - сдвинуть его в сторону тоже труднее.

Вес - сила, с которой тело тянет вниз. Его величина и способ распределения по частям лука играет ключевую роль в балансе лука и усилия удержания на весу.

Масса - количество вещества. Поскольку на Земле масса пропорциональна весу - различие вы можете увидеть на кадрах с астронавтами - они весят меньше, а масса та же. В нашем случае масса важна для рассмотрения эффектов стабилизаторов.

Инерция - слово, которым мы описываем трудность перемещения предмета в пространстве. Инерция зависит не только от массы, но и от жесткости системы - твердая система более трудно перемещается более трудно, чем гибкая - но об этом позже.

(В начале руководства автор несколько упрощает объяснения.

Исходя из официального определения, "... масса - это... мера инертности тела". Таким образом, рассматриваемые сейчас масса и инерция - одно и то же. В настройке стабилизатора имеет значение $m \cdot n$ "момент инерции" - произведение массы на квадрат расстояния от груза до точки вращения.

Количество же вещества измеряется совсем в других единицах, молях.

Далее вы увидите, что автор подошел к делу весьма серьезно, и понятие "момент инерции" ему знакомо - прим. перев.)

Принцип 2 - статика и динамика

Объектам требуется время, чтобы начать перемещаться. Движущиеся и покоящиеся объекты ведут себя по разному. Если Вы просто несете мяч, то вы этого не заметите. Но при ударе по мячу бейсбольной битой видно, как он деформируется - это из-за того, что некоторое время бита движется быстрее, чем мяч. Нечто подобное происходит и с луком, оснащенным стабилизаторами или TFC. Требуется время, чтобы стабилизатор последовал за движением лука. В течение этого времени лук неустойчив - это является причиной развития вращающего момента. Получается (о чем мы говорили ранее) - что более жесткие стабилизаторы укорачивают этот момент "неустойчивости".

Так называемые “TFC”

TFC - Torque Flight Compensator - (буквально “компенсатор скручивания в полете” - прим. перев.) не компенсирует никакого скручивания ни в каком полете. С одной стороны, его добавление делает лук менее спокойным при выстреле и труднее настраиваемым. Также, добавление гибкого сочленения между луком и грузом уменьшает чувствительность лука до и после выстрела (статический баланс), но при этом лук ведет себя “нормально” те самые несколько миллисекунд во время выстрела.

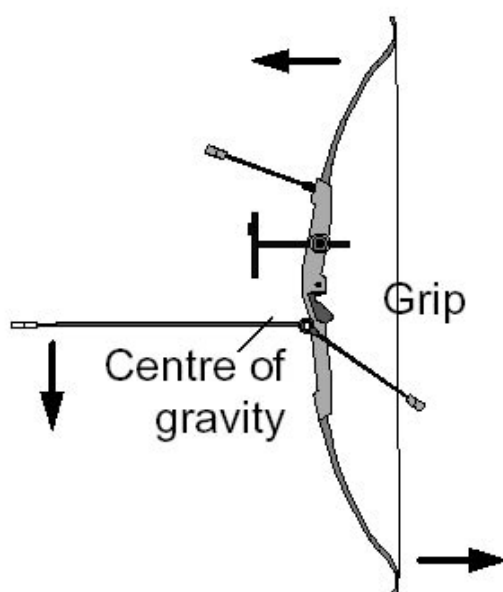
Теперь общепризнано, что TFC имеют другие очень важные свойства - в частности, они могут быть применены для гашения вибрации, а также являются хорошим компромиссом между дампом, стабилизацией и чувствительностью.

Эти свойства будут рассмотрены позже.

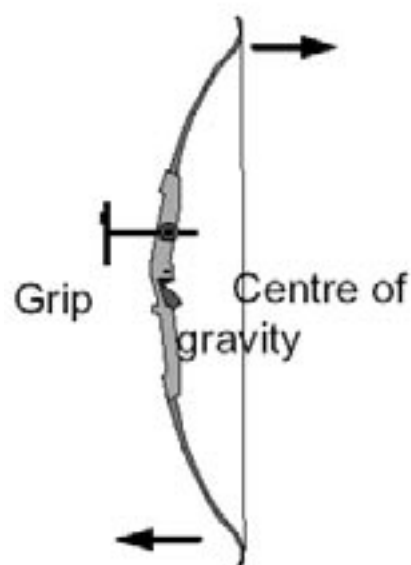
Контролируем баланс

Баланс - это способ уравнивания лука в руке. Баланс (особенно статический) определяет, как быстро и в каком направлении будет двигаться лук после выстрела. Принципы просты: если ЦТ находится впереди точки упора, то лук пойдет вперед; и наоборот. Рисунки ниже показывают, где находится ЦТ у лука баз системы и с ней. Таким образом, для контроля движений вперед-назад после выстрела, мы должны контролировать положение ЦТ, смещая его с помощью грузов.

Итак, что же такое “Центр тяжести” (ЦТ), и где он находится?



Центр тяжести впереди
накладки: лук вращается
вперед после выстрела



Центр тяжести позади
накладки: лук вращается назад
после выстрела

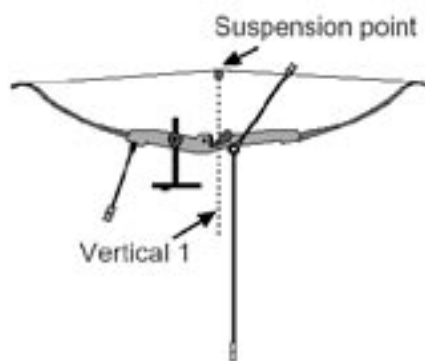
Принцип 3 - центр тяжести

ЦТ- это точка (не обязательно в твердой части объекта), при креплении в которой объект уравновешен. При креплении в любой другой точке ЦТ "стремится" занять нижнее положение. Отсюда два вывода: во-первых, лук будет более устойчив, если ЦТ находится в точке упора или ниже. Во-вторых, если лук свободно висит и не переворачивается, значит, ЦТ ниже точки его крепления.

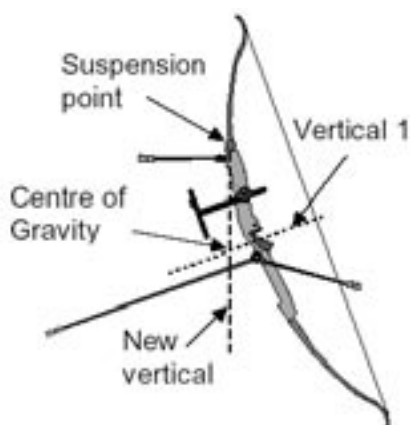
Чтобы определить, где находится ЦТ, достаточно подвесить лук дважды за две выбранных точки (например, крепление верхнего плеча и гнездо на тетиве) - см. ниже. В большинстве случаев, лук будет вести себя достаточно неплохо, если ЦТ находится примерно на 4 дюйма вперед от точки упора, и ниже ее. Следующая страница покажет, как найти ЦТ лука, но помните: нет никаких жестких правил по его местонахождению. Его место менее важно, чем путь, по которому он будет перемещен. Лучший справочник по расположению ЦТ - это работа лука по ощущениям стрелка.

Ищем центр тяжести

Для нахождения ЦТ используем тот факт, что он всегда ниже точки подвешивания. Для этого дважды подвесим лук за разные точки и определим каждый раз отвесные прямые, проходящие через точку подвешивания. Место пересечения этих прямых и будет точкой ЦТ.



Шаг 1: подвесьте лук за тетиву, держа ее в какой-нибудь точке рядом с гнездом. Дождитесь, пока лук перестанет качаться. Вертикаль вниз от этой точки проходит через ЦТ. Перемещая точку подвешивания по тетиве, можно добиться такого расположения этой вертикали, что она будет параллельна стабилизатору. Это не обязательно, просто так легче будет потом ориентироваться.



Шаг 2: теперь подвесьте лук за точку крепления верхнего плеча. Дождитесь, пока лук перестанет качаться. Вертикаль вниз от этой точки проходит через ЦТ.

Не забывайте установить прицел и все остальное - это тоже имеет вес.

На пересечении линий находится ЦТ.

Изменяем баланс 1 - используем грузы

Перемещать ЦТ с помощью грузов очень легко. Чтобы переместить его вперед, добавьте грузов спереди, или уберите позади. Чтобы переместить его назад, уберите грузы спереди или добавьте из позади.

Те же принципы используются для смещения ЦТ вверх или вниз. Заметьте, что ЦТ не обязательно находится на рукоятке, хотя чаще всего где-то рядом. Помните, что добавляя груз близко к рукоятке, смещение ЦТ может быть не столь значительным, как вам хочется.

Упражнение 1

Подвесьте лук за точку крепления верхнего плеча, не монтируя системы стабилизаторов. Отметьте вертикаль, которая проходит через точку подвешивания. Где она проходит? Над накладкой, или под ней?

Упражнение 2

Установите систему стабилизаторов и повторите упражнение 1. Ну, и где теперь ваш ЦТ?

Эксперименты с различными сочетаниями грузов продемонстрируют вам, как далеко вы можете подвигать ЦТ.

Принцип 4 - веса и расстояния - "момент"

Баланс лука, или положение его ЦТ, могут быть также понятны с точки зрения суммирования всех "моментов". "Момент силы" - это вес, умноженный на расстояние, измеренное под прямым углом к направлению действия. Поскольку силы всех моментов действуют в одном направлении - вниз, то момент силы - это показатель, как тяжел грузик, и как далеко он отнесен от ЦТ.

Запомните простое эмпирическое правило:

Для сохранения баланса, чтобы уменьшить груз вдвое, надо вдвое увеличить расстояние

Изменяем баланс 2 - используем расстояние

Использование этого принципа - альтернатива изменению веса. Можно получить такой же эффект, как с грузиками, просто изменяя расстояние до их. Например, чтобы уменьшить падение лука вперед, достаточно, не меняя груза, поставить переднюю дрыну покороче, или удлинить дрыны на V-bar (боковые).

Таблица на следующей странице суммирует все эффекты.

Принцип 5 - динамический баланс

Есть еще одна заковыка в балансе лука. Дело в том, что в момент выстрела главная сила, которая действует на лук - это сила разгибания плеч, толкающая стрелу вперед. Она в 5-10 раз сильнее, чем сила тяжести, действующая на лук. В течение этого времени смещение баланса имеет эффект "подбивания". То есть, если ЦТ расположен высоко, то лук "подобьет" кверху, и наоборот. Это - повод для манипуляций с верхним и нижним стабилизаторами.

Обычно мы хотим, чтоб лук во время выстрела двигался строго вперед. Тяжелый ВЕРХНИЙ стабилизатор подбросит лук КВЕРХУ при выстреле - несмотря даже на то, что после выстрела сила тяжести снова повлечет его вниз.

Упражнение 1

Соберите лук без системы стабилизаторов. Теперь присобачьте только нижний. Теперь резко двиньте лук вперед, держа его вертикально - куда его повело? Вверх или вниз?

Теперь переставьте этот единственный стабилизатор наверх, и повторите движение. По той ли самой траектории отклоняется лук, или по-другому?

Вот то-то и оно!

Упражнение 2

Поднимите полностью оснащенный лук вертикально вверх, и пусть он, как качели, покачается на точке упора. Он уравновешен, или куда-то перевешивает?

Как вы думаете, в какую сторону его “подобьет” при выстреле?

Движение ЦТ	Используем вес	Используем расстояние
Вперед	Добавить груз спереди от ЦТ или убрать груз позади ЦТ	Сдвинуть груз вперед (напр., удлинить передний стаб, или укоротить задний или боковые)
Назад	Добавить груз позади от ЦТ или убрать груз впереди ЦТ	Сдвинуть груз назад (напр., укоротить передний стаб, или удлинить задний или боковые)
Вверх (внимание! – это может изменить эффективное натяжение)	Добавить груз сверху от ЦТ или убрать груз снизу ЦТ	Сдвинуть груз вверх (напр., перевернуть V-bar, или перевесить грузы снизу вверх)
Вниз (внимание! – это может изменить эффективное натяжение)	Добавить груз снизу от ЦТ или убрать груз сверху ЦТ	Сдвинуть груз вверх (напр., перевернуть V-bar, или перевесить грузы сверху вниз)

Контролируем вращающий момент

Принцип 6 - веса и расстояния

Как и в линейной системе, так и во вращающейся, большее увеличение массы ведет к затруднению ее перемещения. Глава “баланс” говорила о “моменте силы”. Когда мы говорим о вращении, мы говорим о “моменте инерции”. Момент инерции равен произведению массы на **квадрат** расстояния до груза. Это ведет к следующему эмпирическому правилу:

Для сохранения момента инерции, чтобы уменьшить груз вчетверо, надо вдвое увеличить расстояние

Так что, если вы хотите сократить вращение с минимальным весом грузов, используйте МАЛЫЙ груз да ДЛИННОЙ дрыне.

Другое следствие из этого правила: более тяжелые, но короткие объекты (например, рукоятка) имеют меньший момент инерции, чем более легкие, но длинные (например, передний стабилизатор).

Упражнение

Попробуйте покрутить лук вперед-назад без стабилизаторов, затем с длинным стабилизатором. Почувствуйте разницу. Если можете, повторите то же с короткими стабилизаторами и с V-bar.

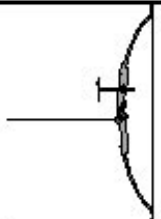
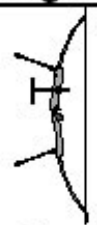
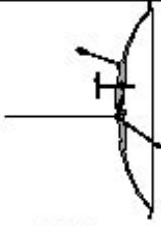
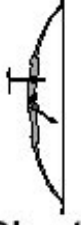
Дрыны, грузики и рукоятки

Таблица на следующей странице показывает относительный эффект от манипуляций с этими предметами. Будьте внимательны, читая эту таблицу: вращение, вызываемое выстрелом - не то же самое, что вызывается гравитацией! Второе важно, в основном, для баланса, а первое - для стабилизации!

Главное направление стабилизации - это вращение вокруг вертикальной оси. Это потому, что во всех остальных осях лук сам по себе является стабилизатором, с его достаточно приличным весом и длиной.

Стабилизаторы и вращения

Как велик эффект каждого стабилизатора для каждого вращения?

	Forwards/ backwards	Around arrow line	Around riser
 Long rod	УМЕРЕННО*	НЕТ	СИЛЬНО
 Twin short rods	МАЛО	УМЕРЕННО	УМЕРЕННО-СИЛЬНО
 V Bar	МАЛО	МАЛО-УМЕРЕННО	УМЕРЕННО-СИЛЬНО
 Short counterbalance	ОЧЕНЬ МАЛО	ОЧЕНЬ МАЛО	МАЛО

Помните, что данная таблица относится ко вращениям, вызванным выстрелом. Передний стабилизатор добавляет большой баланс, но мало изменяет момент инерции в боковой оси.

Контролируем вибрацию

Вибрации - периодические движения. Они имеют амплитуду и частоту. Частота нам говорит о скорости вибрации, а амплитуда - о силе. Обычно высокие частоты жрут больше энергии, но на практике высокочастотные вибрации в луке обычно небольшие.

Частота измеряется в размах в секунду, или в Герцах. Например, если маятник часов делает 4 колебания в секунду, значит, его частота 4 Гц. В стрельбе возникают колебания с частотой от нескольких герц до килогерц. Человеческое ухо слышит звуки в диапазоне от 25 до 20 000 Гц. Двадцать килогерц - это предел для ваших попухов.

Контролируем частоту

Частота колебаний частей лука зависит от двух основных факторов: массы, приходящей в движение, и силы, возвращающей эту массу на место.

“Возвращающая сила” обычно зависит от жесткости пружины или, в стрельбе из лука, от жесткости рукоятки и плеч. Необходимо помнить два простых правила:

Более ЖЕСТКАЯ или КОРОТКАЯ пружина вызывает вибрации ВЫСОКОЙ частоты

Более ТЯЖЕЛЫЕ грузы вызывают вибрации НИЗКОЙ частоты

Так, если мы хотим изменить частоту вибраций стабилизатора (почему мы этого должны хотеть - расскажу позже), то более жесткая дрына или более легкий груз повысят ее, и наоборот.

Но - чем же вызываются вибрации различных частот в луке?

Причины вибраций в луке

- **Стрелок**

Большинство людей подвержены одной типичной вибрации, необходимой для жизни - сердцебиения. Это около 1 Гц, если сидеть и не двигаться.

Далее следуют колебания от плохого контроля лука - 2-10 Гц, и следующий в результате мышечный тремор - 10-30 Гц.

- **Плечи лука**

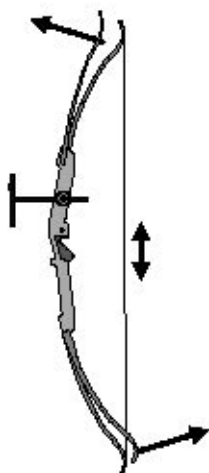
Скользкий дисбаланс плеч приведет к тому, что после выстрела, начнется видимая асимметричная вибрация плеч (то есть, верхнее плечо идет вперед, нижнее - назад, а точка упора начнет быстро колебаться вверх-вниз). См. диаграммы ниже. Такие движения приведут к вибрации лука с частотой 10-20 Гц, в зависимости от массы лука и материала и массы плеч. Обратите внимание, что эта частота соответствует некоторым частотам стрелка, и при натянутом луке естественная вибрация несколько снижается.

- **Тетива**

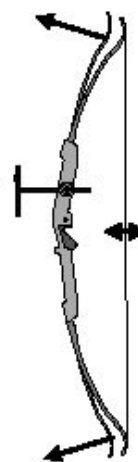
У тетивы есть собственная частота вибрации, порядка сотен Гц. Это - неотъемлемая часть выстрела.

- **Рукоять**

При стрельбе из лука плечи изгибаются, но их движения ограничены длиной тетивы. Это приводит к передаче вибраций на рукоять; в основном, это вибрации высокой частоты.



Асимметричная вибрация



Симметричная вибрация

Принцип 8 - снижение вибрации - “дампинг”

В принципе, вибрация будет продолжаться до тех пор, пока не закончится. Если мы понижаем вибрацию внешней силой, мы говорим, что мы ее “демпфировали”. Поскольку время вибрации - всегда слишком дольше, чем хотелось бы, многие инженеры ищут пути для его сокращения. Все методы делятся на два направления: распределение вибрации между вибрирующими объектами, и введение дополнительных элементов, поглощающих энергию от вибрации. Вот некоторые методы:

- *Трение*

Всякие трения снижают вибрацию, переводя ее в тепло. Сила трения постоянна, и окончание момента вибрации непредсказуемо. На этом принципе основаны стабилизаторы с порошковым наполнением, они используют силу трения частиц порошка.

- *Жидкий, или “вязкий”, дампинг*

Чем быстрее тело движется в жидкости, тем больше сила сопротивления. Поршеньки или грузики,двигающиеся в стабилизаторе, переводят энергию вибрации в тепло. Объем рассеянной энергии также зависит от вязкости жидкости - для этого предусмотрен особый термин.

- *Эффект гистерезиса*

Если вы растягиваете или сжимаете материал типа резины, вы сохраняете энергию в этом материале. Каждый раз, когда вы ослабляете воздействие, энергия возвращается в виде колебаний - но, часть ее теряется в виде тепла. Система теряет энергию при каждом цикле - это называется “эффектом гистерезиса”. На этом основано действие TFC. Некоторые производители пиарят “супергистерезисные” демпферы.

- *Эффекты структуры материалов*

Некоторые материалы - особенно композитные, как карбон, мягкая вспененная резина или дерево, сами по себе “впитывают” энергию. Так, карбоновые дрыны поглощают высокочастотные вибрации, возникающие после выстрела, намного лучше, чем алюминиевые.

Все эти методы основаны на одном существенном факте - чтобы заглушить вибрации, мы должны передать их на демпфирующую прибабаху. Говоря о вибрациях, нам надо не забыть подумать и о *резонансе*.

Принцип 9 - резонанс

Системы, способные вибрировать - бокалы, дорожные мосты, фаллоимитаторы - имеют собственную частоту вибрации. Эта частота, с которой они будут колебаться, если нарушено их равновесие.

Резонанс - это феномен, при котором две системы, имеющие одинаковую собственную частоту, начинают "играть в унисон". При этом, энергия мигрирует от более сильно вибрирующей системы к менее. Этот эффект может быть использован для уверенности в том, что TFC или другой компонент системы стабилизаторов контролируют появление неожиданных вибраций. В то же время, необходимо знать, что естественная частота содрогающегося спортсмена (около 15 Гц) может быть усилена системой, настроенной на такую же частоту.

Избегаем резонанса

Это очень просто. Резонанс - очень точное соответствие частот, поэтому любое нарушение системы избавит вас от него (смещение грузов по расстоянию или изменение массы).

Ищем резонанс

Вообще-то найти резонанс довольно трудно. Но - оно вам надо? попробуйте поменять те девайсы, которые вы хотите "настроить". Нет никаких трудностей - настройте одну часть, и дайте другой части повибрировать. Если вместе с ней завибрирует первая, значит, резонанс есть. Настраивайте систему дампинга. Система прекратит вибрацию, когда все ее части близки к резонансу. Повторяйте это по чуть-чуть, это позволяют сделать легко настраиваемые части - повсеместные TFC.

Настроенный дампинг - подробнее про TFC (виброгасители)

Постепенное регулирование упругости TFC позволяет подобрать дампинг под любые потребности. Сжатие депфирующего материала приведет к повышению частоты вибраций; и наоборот. Сочетание TFC/стабилизатор позволяет достигнуть широкого диапазона демфирования любой частоты.

Упражнение 1

Установите одну дырину на лук - в верхний разъем, или в нижний. Поставьте на окончании TFC. Жестко щелкните по луку - плечи начнут вибрировать. Отметьте, как быстро они успокоятся. Теперь затяните TFC на несколько градусов, и повторите экзекуцию. Время успокоения уменьшилось? Продолжайте в том же духе, отмечая, что происходит.

Упражнение 2

Преыдущим методом попытайтесь достичь наилучшего демпфирования. А теперь добавьте грузов (снимите верхний груз, или добавьте в центре). Что происходит? Ага!

Таблица ниже показывает, как нужно изменять тугость TFC, чтобы достичь тех или иных эффектов.

Движение	Частота	TFC упругость	Длина дырины
Колебания прицеливания	Низкая	Низкая	Средняя/длинная
Вибрация плеч	Средняя	Средняя	Средняя/короткая
Вибрация после выстрела	Высокая	Тугая	Короткая

Заключение

Система стабилизаторов предлагает самые разнообразные методы контроля ненужных движений лука. Это придумано для того, чтобы устранить нежелательные движения, и придать стрелку чувство большего комфорта. Результатом правильно настроенной системы будет большая кучность и довольный стрелок.

Но помните: стабилизация - не замена техники! Сначала устраните недостатки техники, а потом занимайтесь стабилизацией.