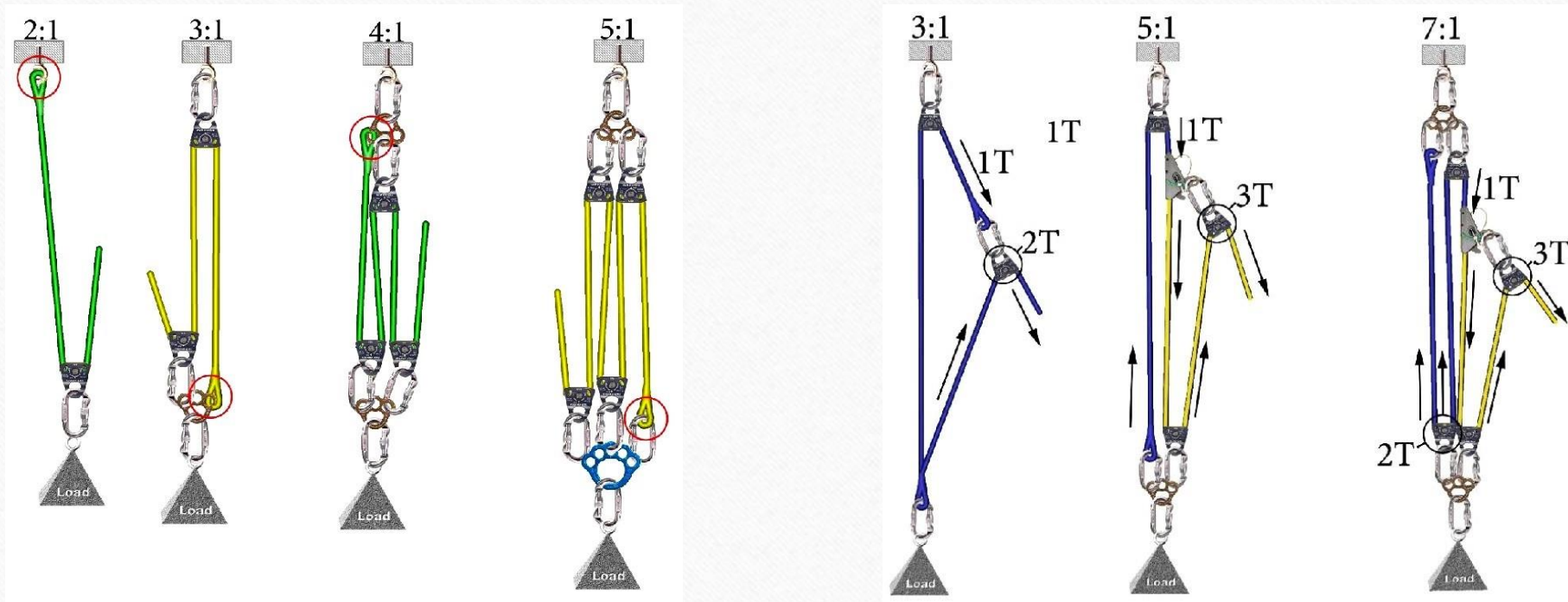


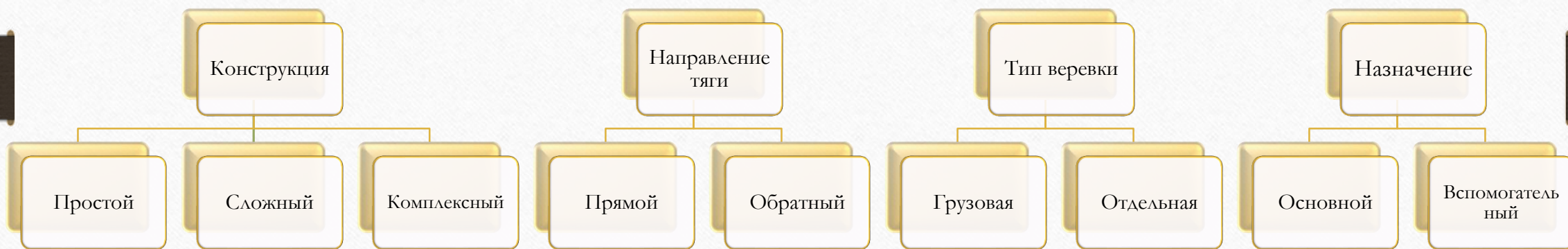
Полиспасты

Подготовил и прочитал
Максим Ганин

Полиспáст — натягиваемое многими веревками грузоподъемное устройство, состоящее из подвижных и неподвижных блоков, последовательно огибаемых веревкой, и предназначенное для выигрыша в силе.

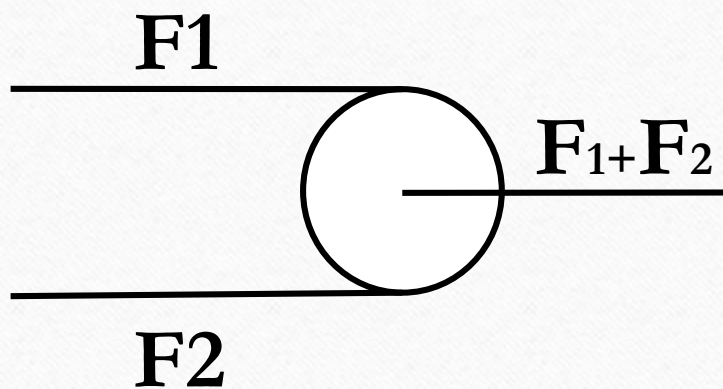


Какие бывают полиспасты?

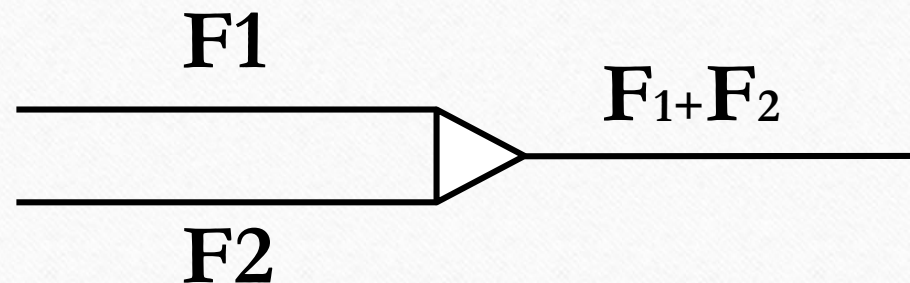


Из чего состоят полиспасты?

Блок (ролик, скользящий карабин)



Соединение веревок (схватывающий узел, зажим*, карабин, пластина органайзер*)



Если трение в блоке не учитываем, то $F_1 = F_2$.

* не используем

Теоретически Возможный Выигрыш в Усилии или сокращенно **ТВ теоретический выигрыш** (кратность полиспаста) – отношение сил, прикладываемых к разным концам полиспаста для его нахождения в равновесии, без учёта трения и углов между веревками.

- ***Правило №1.***

Выигрыш в усилнии дают только движущиеся ролики, закрепленные непосредственно на грузе или на веревке идущей от груза.

стационарные ролики служат лишь для изменения направления движения веревки и **выигрыша в усилнии не дают.**

- ***Правило №2.***

Во сколько раз выигрываем в усилнии – во столько же раз проигрываем в расстоянии.

Например: если в полиспасте 2:1 на каждый метр подъема груза вверх надо протянуть через систему 2 метра веревки, то в полиспасте 6:1 – соответственно 6 метров.

Практический вывод – чем «сильнее» полиспаст – тем медленнее поднимается груз.

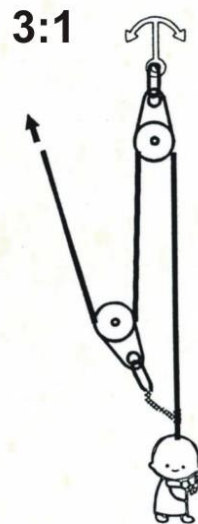


В простых полиспастах, каждый подвижный ролик (закрепленный на грузе), добавленный в систему добавочно дает двукратный ТВ.

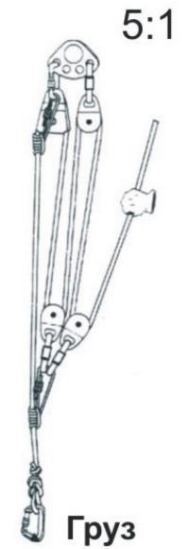
Добавочное усилие СКЛАДЫВАЕТСЯ с предыдущим.

Простые полиспасты

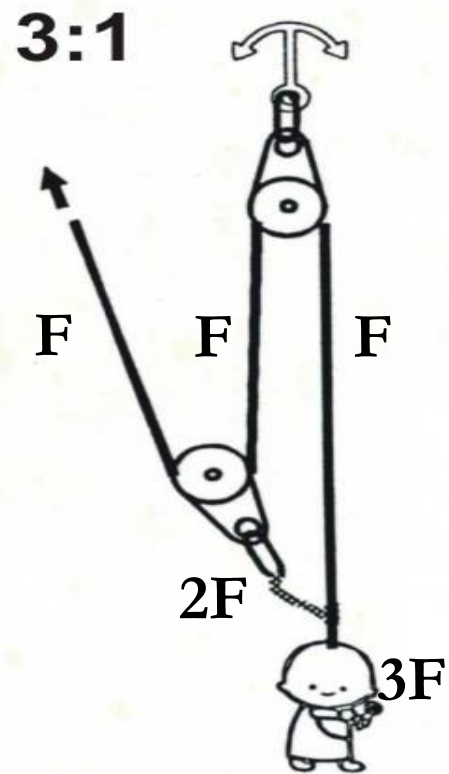
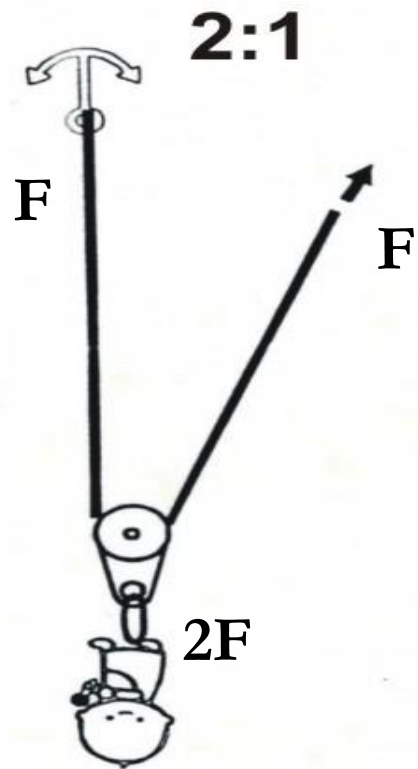
Простые полиспасты 2:1 и 3:1



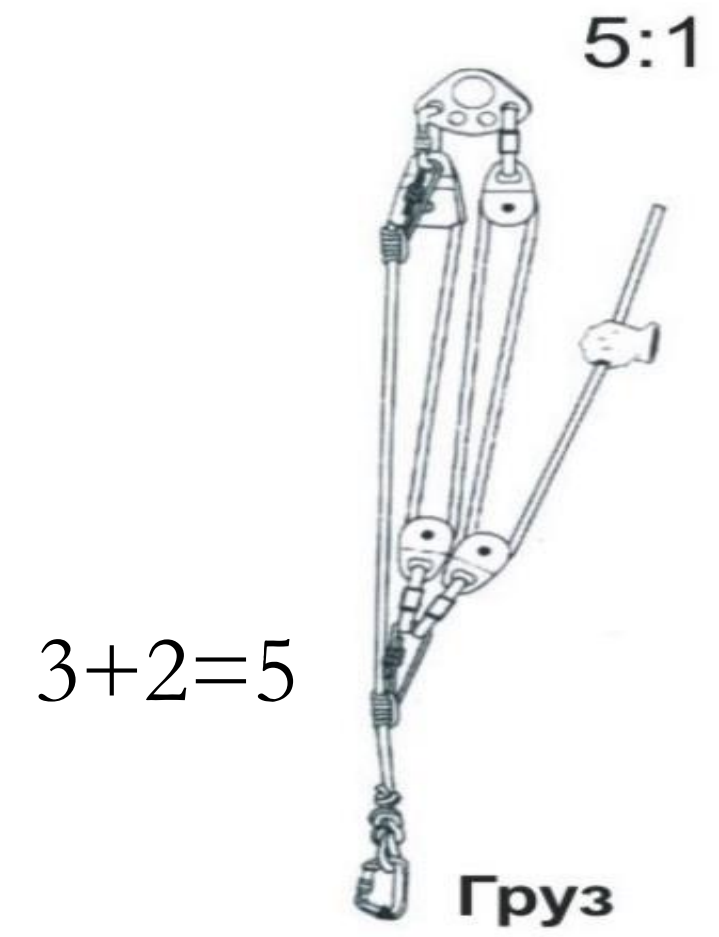
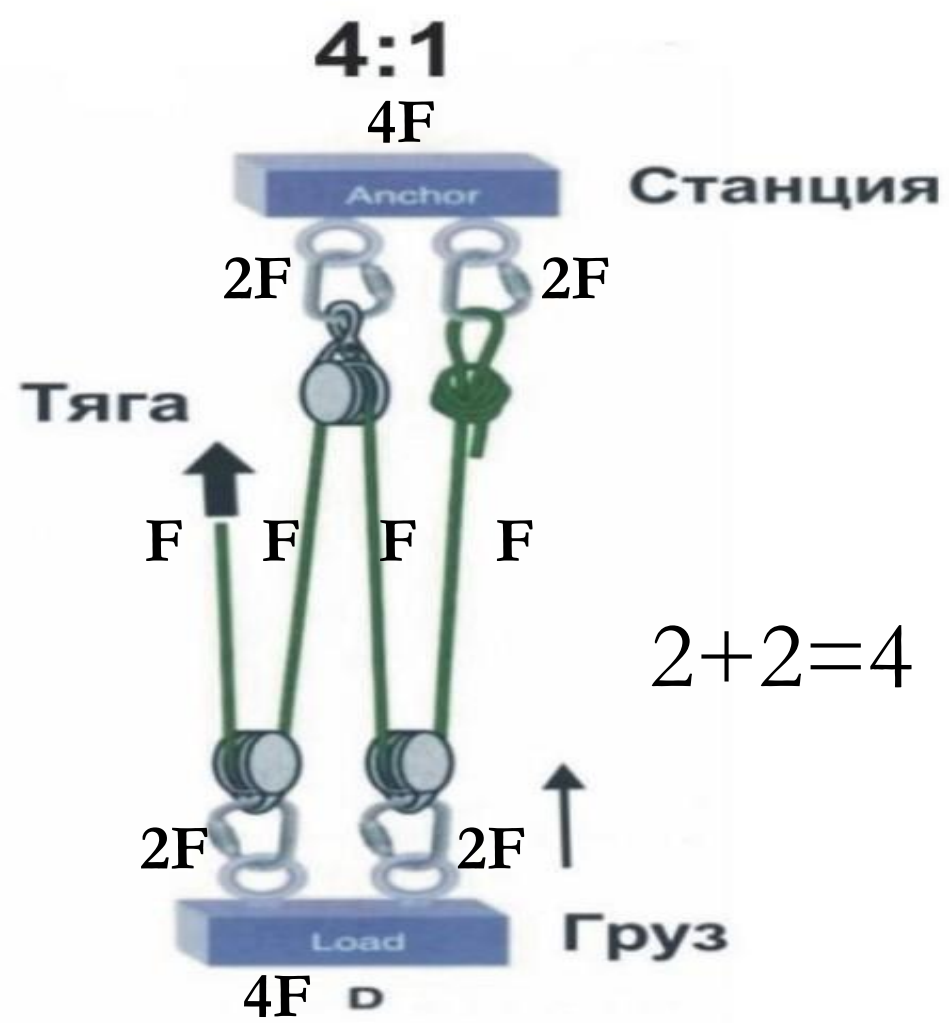
Простые полиспасты 4:1 и 5:1



Простые полиспасты 2:1 и 3:1



Простые полиспасты 4:1 и 5:1

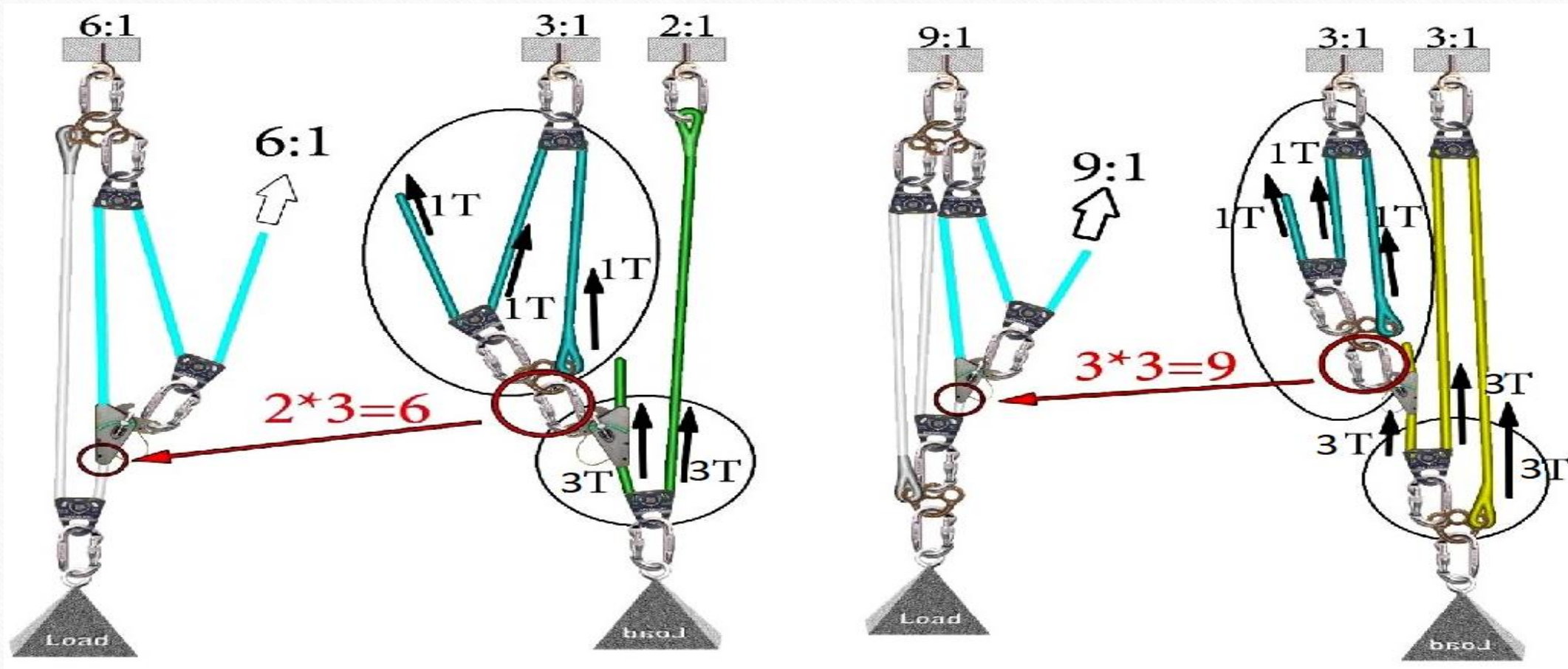




Сложный полиспаст – это система, в которой один простой полиспаст, тянет за другой простой полиспаст.

Для расчета теоретического выигрыша в усилиях при использовании сложного полиспаста необходимо **умножить значения простых полиспастов, из которых он состоит.**

Сложные полиспасты

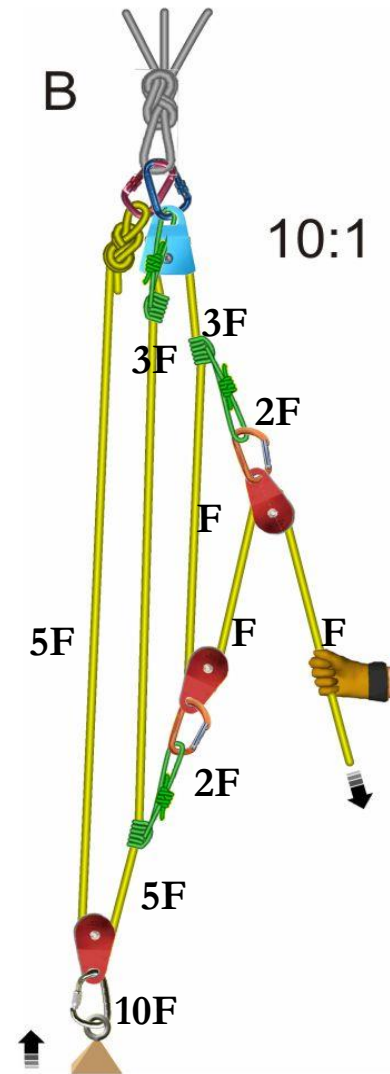
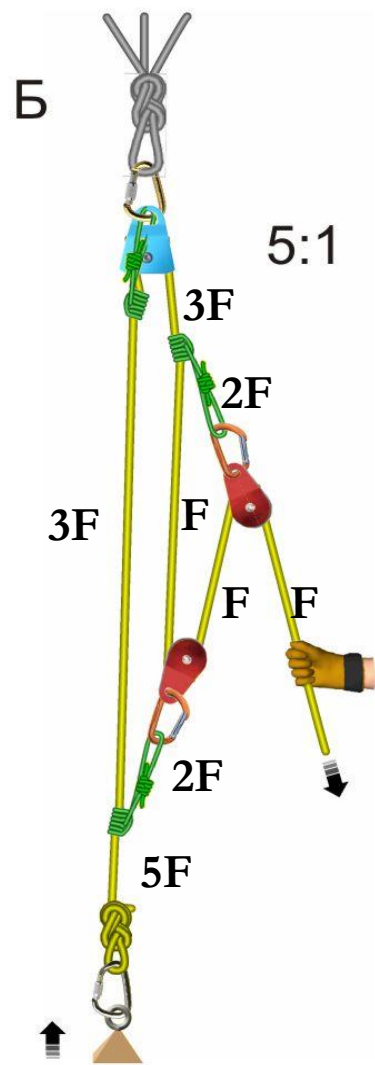
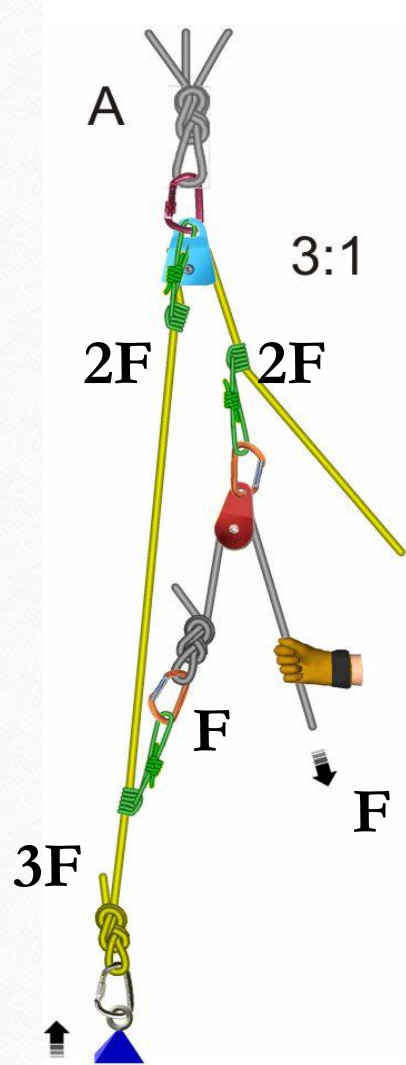




Комплексные полиспасты не являются ни простыми, ни сложными – это отдельный вид.

Отличительная особенность комплексных полиспастов – **наличие в системе роликов движущихся навстречу грузу.**

Комплексные полиспасты



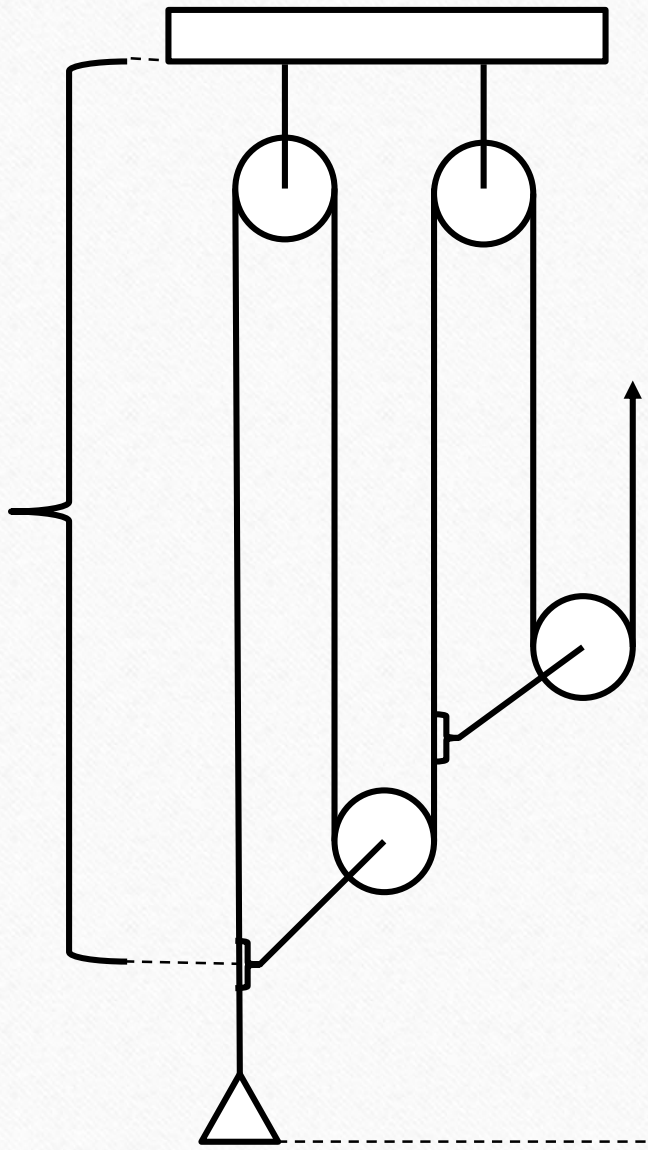
1. Рабочая длина полиспаста – это расстояние от грузовой станции до 1го (ближайшего к грузу) грузового схватывающего узла (зажима). Обычно это расстояние определяется размерами рабочей площадки или расстоянием от станции до направляющего ролика.

Чем дальше от станции можно разместить грузовой схватывающий (зажим) – тем большее расстояние он сможет пройти (а вместе с ним и груз) за один рабочий ход полиспаста.

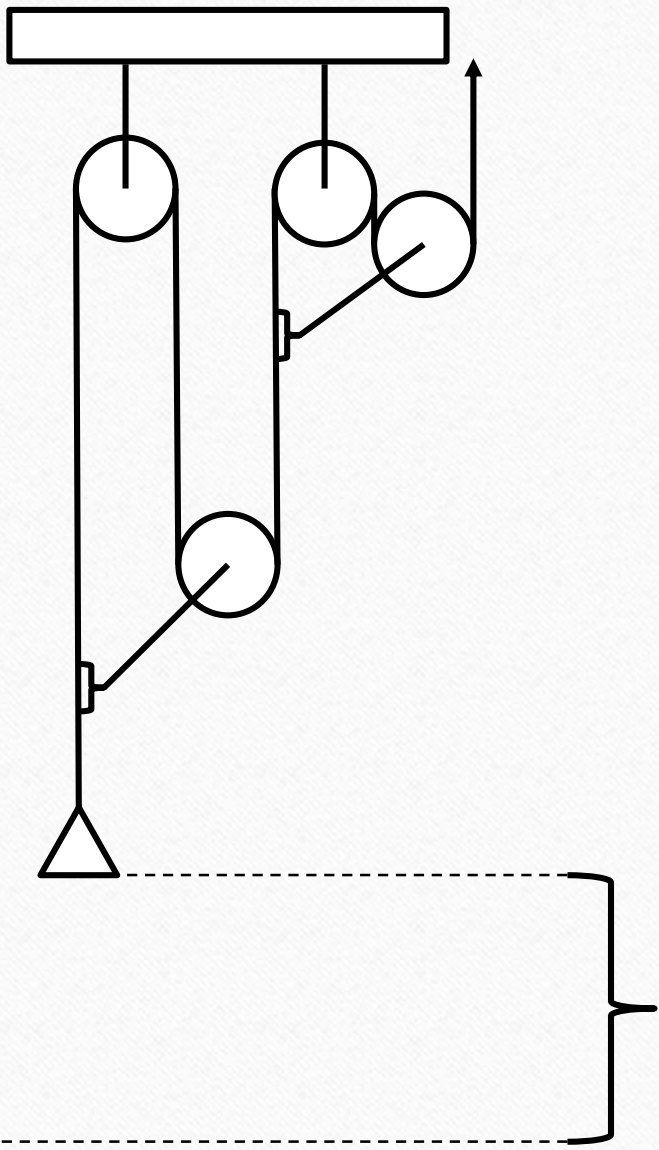
2. Рабочий ход полиспаста – расстояние, которое проходит 1й грузовой схватывающий (и на которое поднимается груз) за один подъем груза. Рабочий ход зависит от рабочей длины полиспаста и от того, насколько полно полиспаст «складывается» – то есть насколько близко 1й грузовой ролик подтягивается к грузовой станции при полностью выбранной веревке.

3. Перестановки системы – те манипуляции со снаряжением, которые надо делать спасателям, для того, чтобы снова растянуть полиспаст на всю рабочую длину, после того как он «сложился». Это может быть перестановка схватывающих узлов (зажимов) и другие действия.

Рабочая длина



Рабочий ход



Общие конструктивные особенности, способствующие повышению эффективности работы полиспастов:

1. Чем больше рабочая длина полиспаста – тем больше его рабочий ход и расстояние, на которое поднимается груз за один рабочий ход.
2. При одинаковой рабочей длине быстрее работает полиспаст с большим рабочим ходом.
3. При одинаковой рабочей длине и рабочем ходе быстрее работает полиспаст, требующий меньше перестановок.

Общие рабочие характеристики простых полиспастов

Плюсы простых полиспастов:

- Просты и понятны в сборке и в работе.
- В простых полиспастах **рабочий ход близок к рабочей длине** полиспаста, так как они достаточно полно «складываются» в работе - 1й грузовой ролик вплотную подтягивается к станции.
- Требуется передвигать только **один схватывающий**.
- При достаточном количестве людей, выбирающих веревку, **простые полиспасты 2:1 и 3:1 дают самую большую скорость подъема.**

Минусы простых полиспастов:

- **Большее** (по сравнению со сложными полиспастами аналогичных усилий) **количество роликов**. Следовательно, **большие общие потери на трение**. По этой причине в спасательной практике **не применяются простые полиспасты больше чем 5:1**. А при использовании карабинов нет смысла делать простой полиспаст больше чем 4:1
- При одинаковой общей рабочей длине простые полиспасты **используют больше веревки** чем сложные полиспасты аналогичных усилий.

Общие рабочие характеристики сложных полиспастов.

Плюсы сложных полиспастов:

- При равном количестве роликов и схватывающих узлов (зажимов) **позволяют создать полиспасты больших усилий.**

- **Требуют меньше веревки** по сравнению с аналогичными простыми полиспастами.

- По сравнению с близкими по значению простыми сложные полиспасты **дают больший фактический выигрыш в усилиях**, так как задействовано меньше роликов.

Соответственно в сложном полиспасте потери на трение будут меньше, а ФВ будет больше.

Минусы сложных полиспастов

- Сложнее в организации.

- **Требуют больше перестановок**, так как для того чтобы снова растянуть полиспаст на всю рабочую длину, надо передвигать 2 схватывающих узла (зажима)

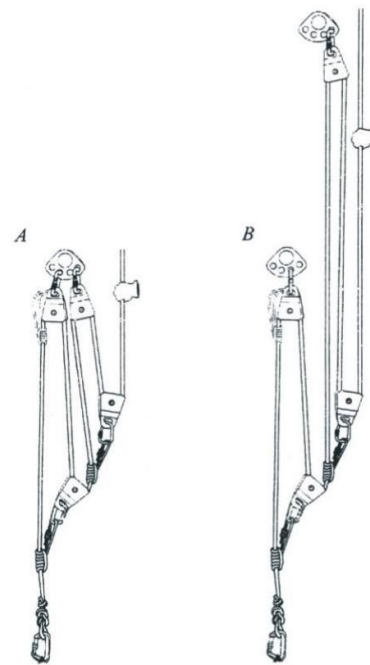
- При одинаковой рабочей длине, **рабочий ход** у сложных полиспастов **меньше** чем у простых, так как они не складываются полностью при каждом рабочем ходе (к станции подтягивается ролик, ближайший к тянущим, а 1й грузовой ролик останавливается, не доходя до станции).

- В целом существенно **проигрывают простым** полиспастам **в скорости** подъема

Практические советы по работе со сложными полиспастами:

- Для того чтобы сложный полиспаст более полно складывался при каждом рабочем ходе, и требовалось меньше перестановок, можно разнести станции простых полиспастов, входящих в состав сложного.

- Система сложного полиспаста требует меньше перестановок в работе, если простой полиспаст с **большим усилием** тянет за полиспаст с **меньшим усилием**.



Сложный полиспаст 9:1

Разнесение станций позволяет сложному полиспасту складываться более полно.



А - Сложный полиспаст 6:1
Полиспаст 2:1 тянет полиспаст 3:1
В этом случае требуется перестановка двух схватывающих узлов.

В - Сложный полиспаст 6:1
полиспаст 3:1 тянет полиспаст 2:1
В этом случае требуется перестановка только одного схватывающего.



Во всех **простых и сложных полиспастах** веревку необходимо тянуть **в сторону станции**. На практике зачастую удобнее тянуть от нее. Для того чтобы тянуть вниз встёгивают дополнительный неподвижный блок. Но он не даёт выигрыша в силе, и потери на трение в такой схеме, могут свести на нет все преимущества от тяги вниз. Отличительная особенность **комплексных полиспастов** в том, что в их случае веревку необходимо тянуть **от станции**.

Недостатки комплексных полиспастов такие же как и у сложных:

- **Не складываются** полностью,
- Имеют **малый рабочий ход** и требуют **много перестановок**.

Тяга вниз
(обратная)

Комплексные полиспасты 3:1 и 5:1

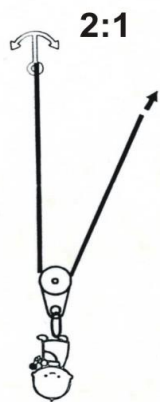
3:1



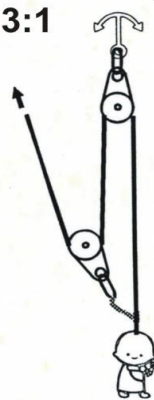
5:1



Простые полиспасты 2:1 и 3:1



3:1

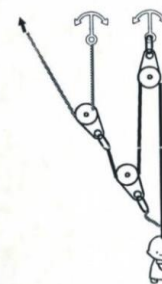


Тяга вверх
(прямая)

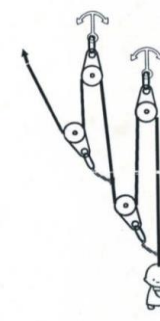
Сложные полиспасты



6:1



9:1



ВЫВОДЫ:

- Простые полиспасты 2:1 и 3:1 дают самый быстрый подъем с минимумом перестановок системы;
- Сложные полиспасты дают больший фактический выигрыш в силе;
- Комплексные полиспасты позволяют сменить направление тяги.

Общие требования по безопасности при работе с полиспастами

- **Тянуть** полиспаст надо **равномерно, без рывков** и пиковых усилий. Так называемая работа на «раз, два – взяли!» категорически **не допускается**. Считается, что если спасатели вынуждены тянуть таким способом, то это сигнал о том, что в системе полиспаста что-то сделано неправильно.

Способ тяги, которым работают спасатели можно назвать «рука – через руку»: таким способом, плавно перехватывая руками веревку, поднимают флаг на флагштоке.

- Основное правило безопасности при работе с полиспастами называется коротко - **СТОП!**

Это означает, что любой спасатель, заметивший какие-либо существенные неполадки в работе полиспаста **ИМЕЕТ ПРАВО И ДОЛЖЕН!** **скомандовать СТОП!** Услышав такую команду, все спасатели должны сразу же! остановиться и передать её по цепочке: стоп, стоп, стоп..., чтобы услышал каждый. Только остановившись, начинают выяснять, в чем причина.

- Следующее важное правило работы с полиспастами ограничивает количество человек, работающих на полиспасте:

Фактор тяги (haul factor) - число, полученное от умножения ТВ полиспаста на количество тянущих **не должно быть больше 18**.

Это значит, что полиспаст 3:1 должно тянуть не более 6 человек, Полиспаст 2:1 – не более 9 человек и т.д.

При натягивании переправ рекомендуют использовать фактор тяги не более 12.

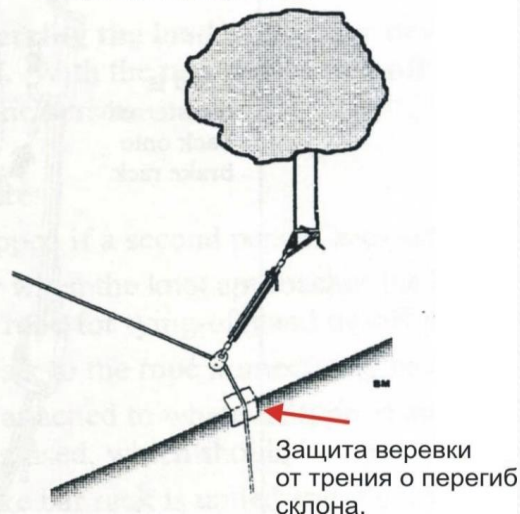
ФВ - Фактический Выигрыш в Усилении.

В реальной работе с полиспастами трением пренебречь не удастся. За счет потерь на трение **эффективность** работы полиспаста может быть **существенно ниже теоретически возможной**.

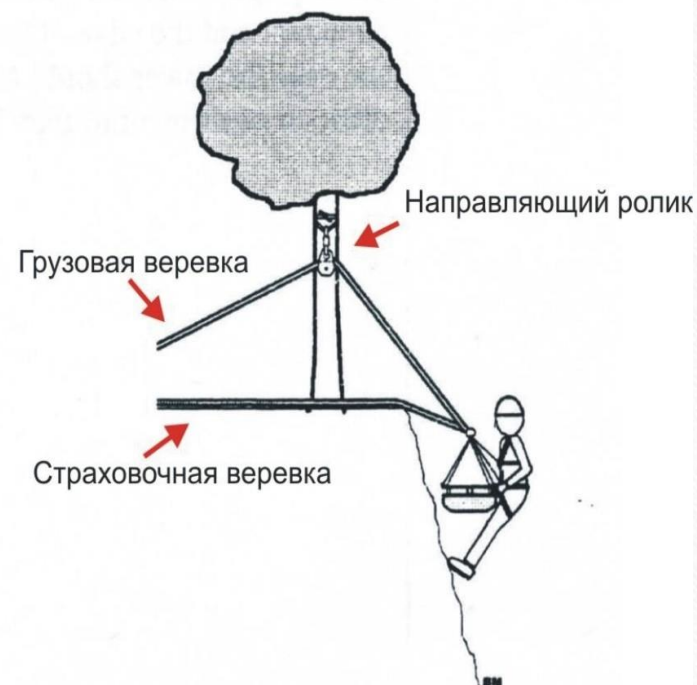
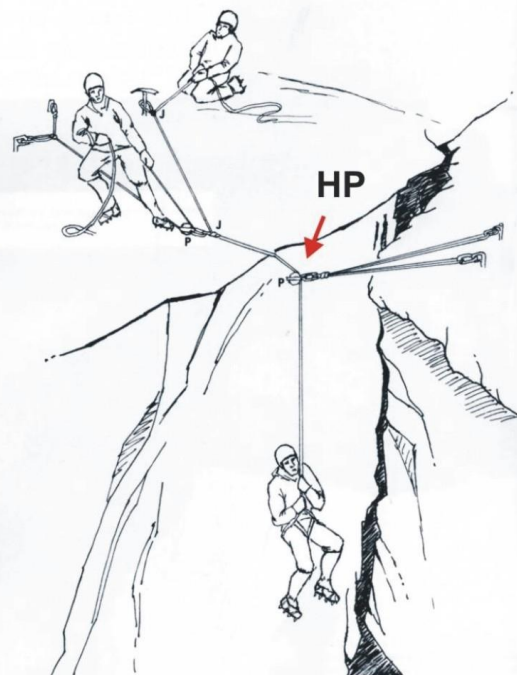
Большие потери происходят как за счет трения в самом полиспасте, так и за счет трения всей системы или отдельных ее частей о рельеф (скалу, лед, снег и т.п.). Кроме того негативно сказывается отклонение веревок от параллельного направления между собой и от плоскости блоков.

Для уменьшения трения полиспаста и грузовой веревки о рельеф, можно использовать любые подручные средства, например ледорубы, а также направляющие ролики.

Направляющий ролик подводит грузовую веревку к краю под оптимальным для работы углом. Исключаются опасные смещения веревки на перегибе.



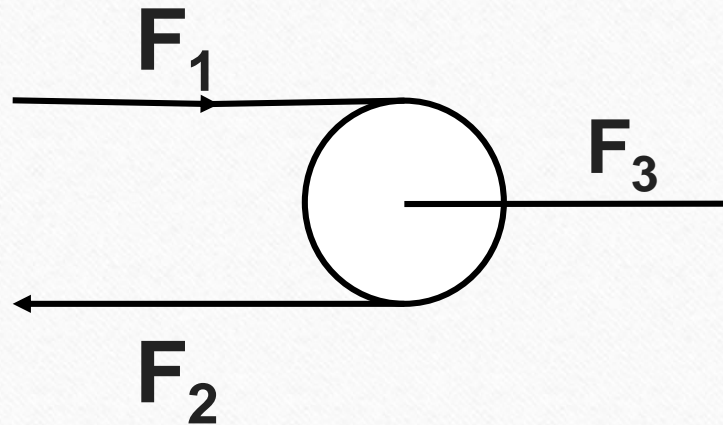
Использование направляющего ролика при вытаскивании из трещины



Важно!

Станция для направляющего ролика должна быть рассчитана на большие нагрузки.

Трение в блоке



$$F_1 = k \cdot F_2 ;$$

$$F_3 = F_1 + F_2 = (1 + k) \cdot F_2 ;$$

$$0 < k < 1 ;$$

для ролика $0,7 < k < 0,9$;

для карабина $k \approx 0,5$;

Натяжение F_2 сбегающей ветви веревки будет **больше** натяжения F_1 набегающей ветви на сопротивление жёсткости веревки и сопротивление трения в подшипниках блока:

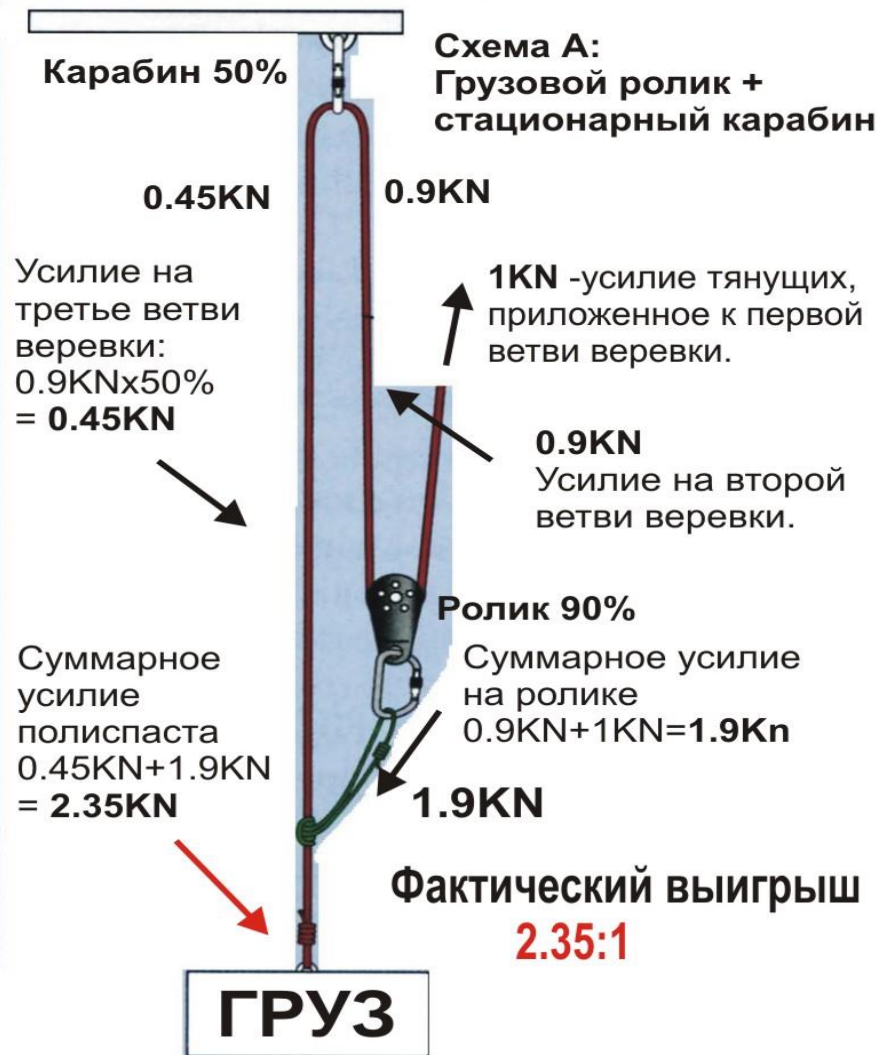
$$F_1 = F_2 - W_{\text{ж}} - W_{\text{п}},$$

где:

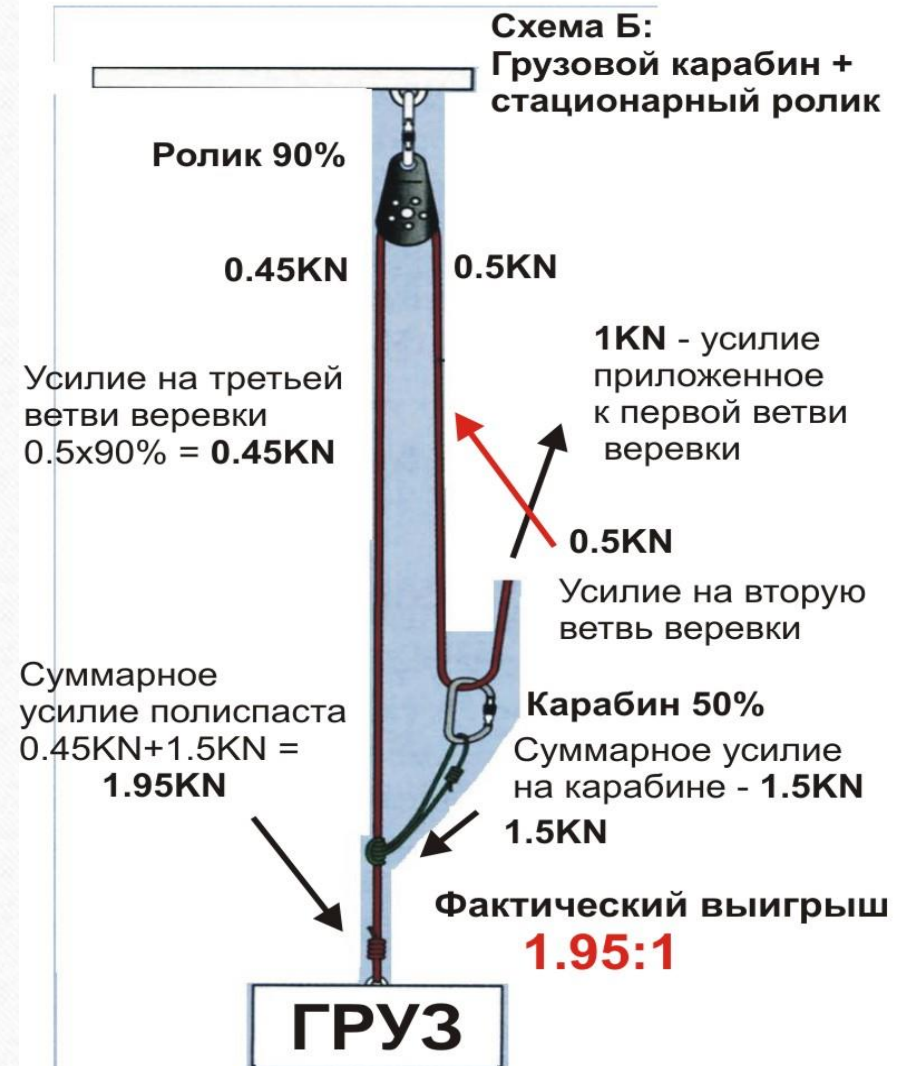
- $W_{\text{ж}}$ — сопротивление жёсткости веревки, зависит от жесткости веревки и диаметра блока (чем больше диаметр, тем меньше сопротивление);
- $W_{\text{п}}$ — сопротивление в подшипниках блока.

В этой формуле не учтено дополнительное сопротивление трения веревки о реборду блока в момент набегания и сбегаания каната, возникающее при отклонении веревки от плоскости блока

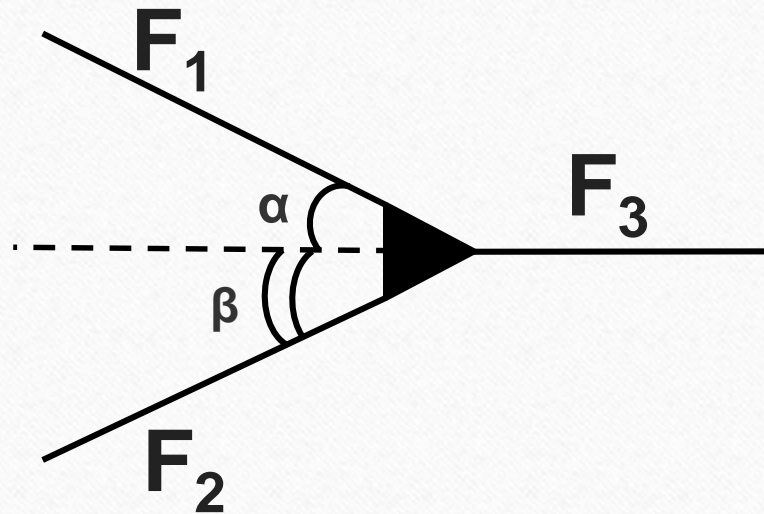
Расчет ФВ в простом полиспате 3:1



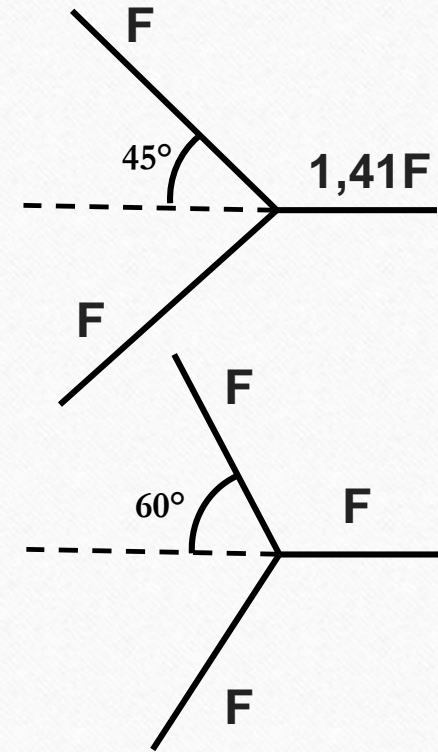
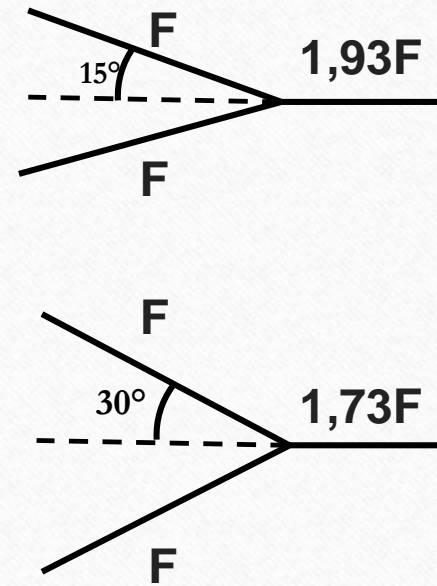
Расчет ФВ простого полиспаста 3:1



Углы между веревками



$$F_3 = F_1 \cos \alpha + F_2 \cos \beta$$



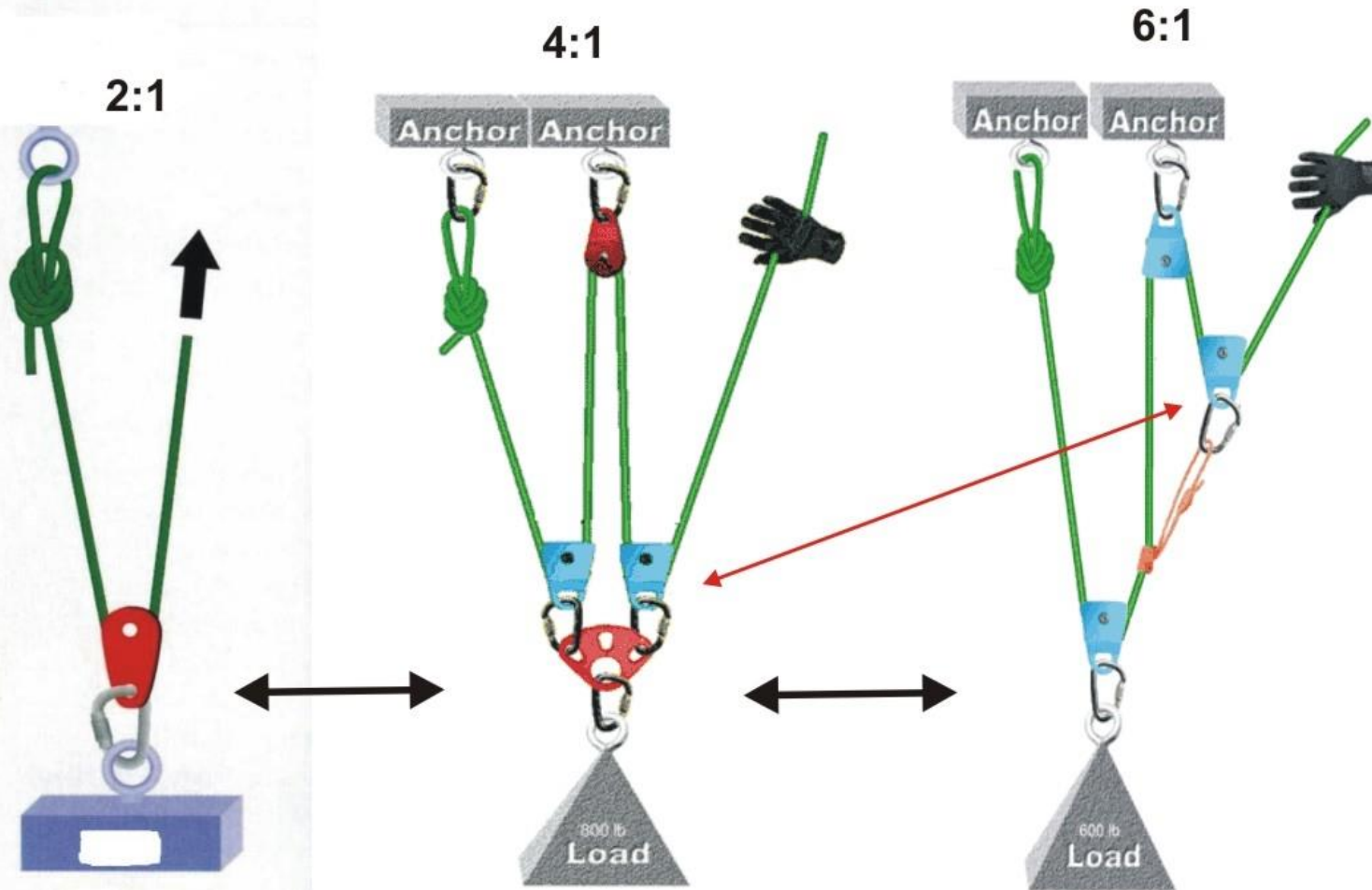
α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
$\cos \alpha$	1	0,97	0,87	0,71	0,5	0,26	0

Что бы увеличить фактический выигрыш в силе выбранного полиспаста нужно:

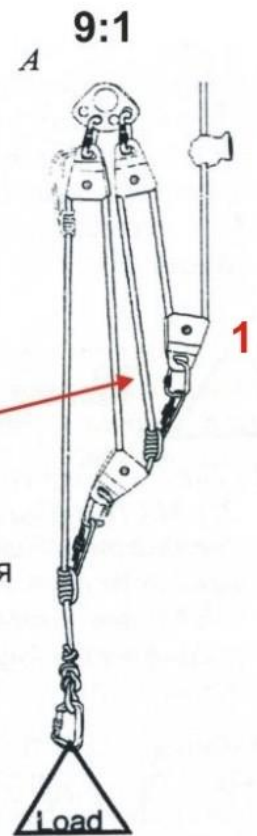
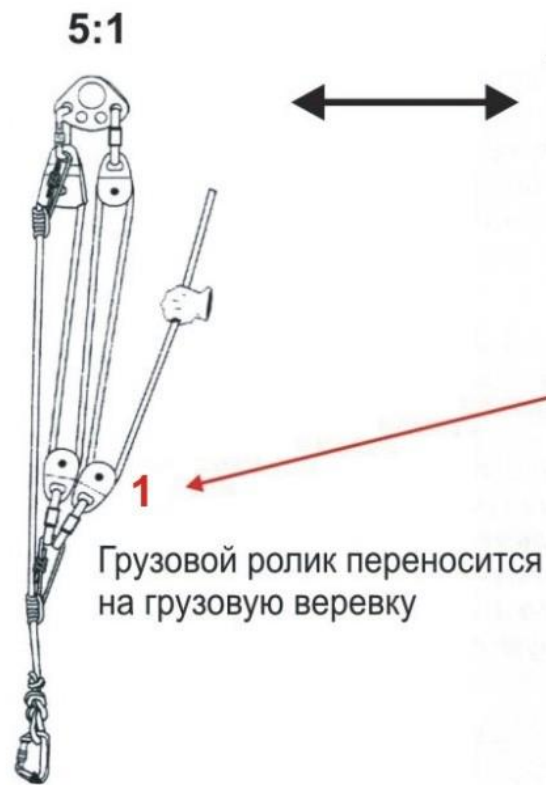
- Исключить или хотя бы снизить трение веревок друг об друга и об рельеф;
- Установить имеющиеся ролики ближе к руке тянущего, карабины, используемые в роли блока можно спарить;
- Расположить полиспаст так, что бы угол между веревками был как можно меньше и все они лежали в одной плоскости, совпадающей с плоскостями блоков.

Удобные переходы

Переход от простого полиспаста 2:1 к простому 4:1
и сложному 6:1.



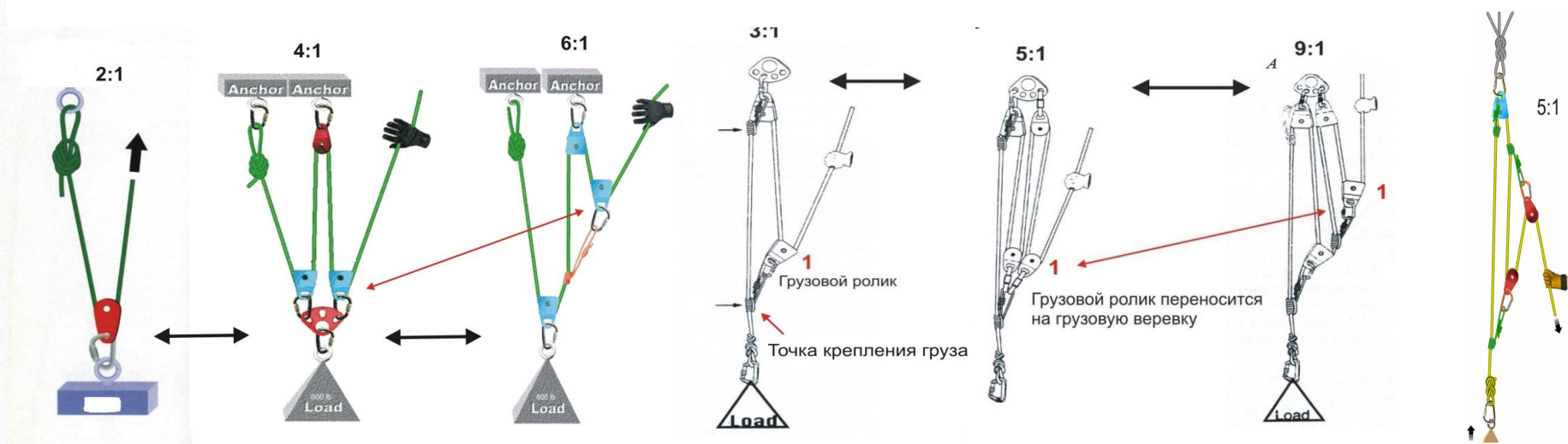
Переход от простого полиспаста 3:1 к простому 5:1 и сложному 9:1.



Или комплексному 5:1



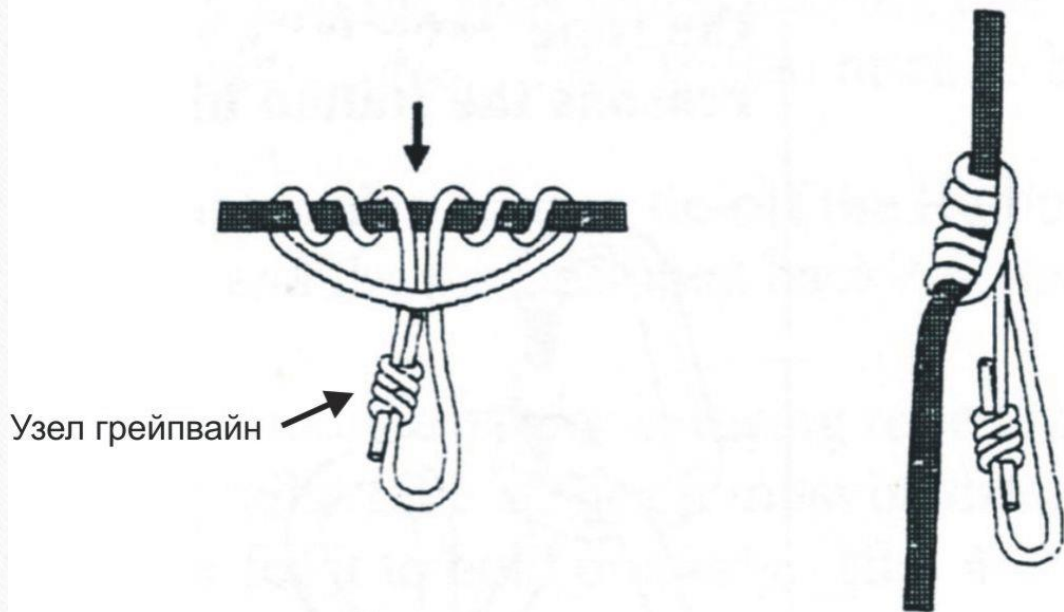
Тип	Простой	Простой	Сложный	Простой	Простой	Сложный	Комплексный
ТВ	2 : 1	4 : 1	6 : 1	3 : 1	5 : 1	9 : 1	5 : 1
ФВ все ролики 0,9	1,9 : 1	3,44 : 1	5,15 : 1	2,71 : 1	4,1 : 1	7,34 : 1	4,15 : 1
ФВ 1 ролик 0,9	1,9 : 1	2,58 : 1	4,06 : 1	2,35 : 1	2,69 : 1	4,11 : 1	2,53 : 1
ФВ карабины	1,5 : 1	1,88 : 1	2,36 : 1	1,75 : 1	1,94 : 1	3,06 : 1	1,63 : 1



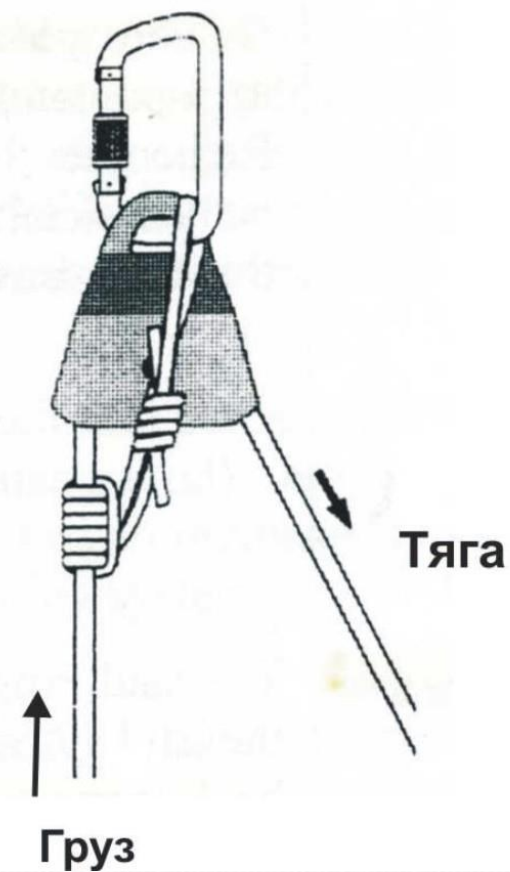
Способы автоматической блокировки обратного хода полиспаста

Узел прусика

Стандартный схватывающий узел в три оборота
Петля связана узлом грейпвайн.



Схватывающий узел
в комбинации со специальным роликом



Когда веревка выбирается через полиспаст - схватывающий прижимается к «щечкам», ослабляется и пропускает веревку. Во время перестановки полиспаста, под нагрузкой, схватывающий узел автоматически фиксирует веревку.

Важно! В карабин встёгивается **сначала схватывающий** и только **потом РМР ролик**. В этом случае в нагруженном состоянии узел находится максимально близко к основной силовой оси карабина и нагрузка на карабин распределяется оптимально.

Эта система проста, понятна и работает исключительно надежно.

При необходимости она также позволяет выдать грузовую веревку под нагрузкой. Для этого надо сначала немного выбрать веревку, чтобы схватывающий уперся в «щеки» и ослабился. Затем, удерживая узел в ослабленном состоянии рукой, можно выдать через него веревку полиспастом.

Схватывающий узел выполняет исключительно важную функцию в полиспасте, защищает от перегрузок всю систему в целом.

Сползание узла – это сигнал SOS! о том, что система перегружена.

Плюсы:

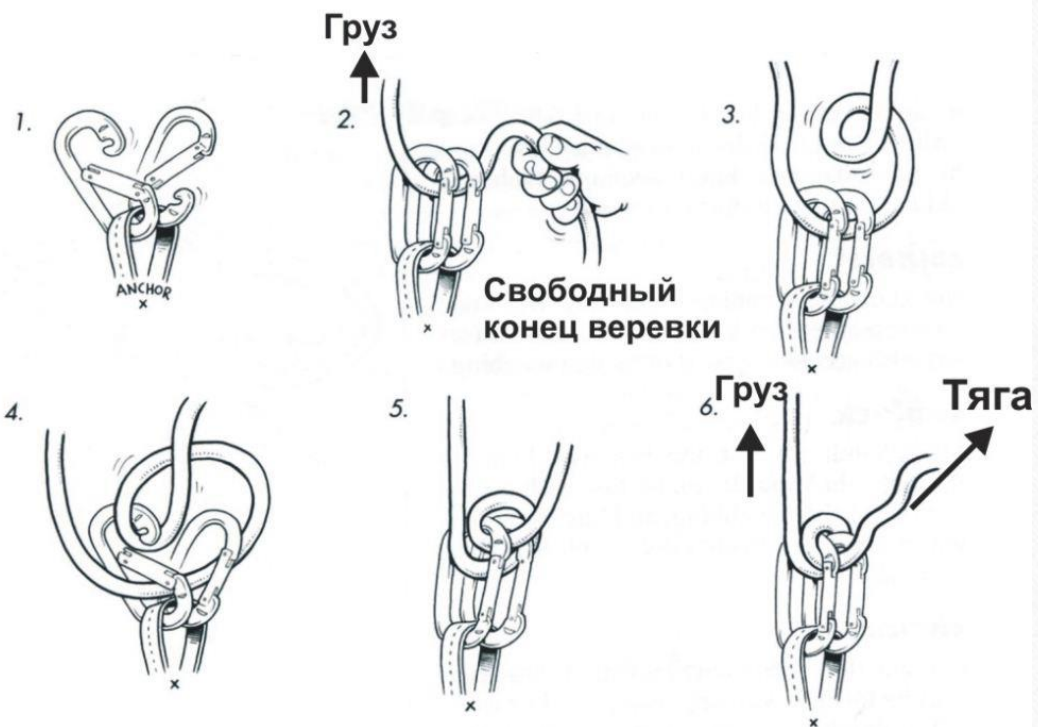
- Система проста в установке.
- Надежно работает в большинстве условий.
- Защищает полиспаст от перегрузок
- Позволяет выдать веревку под нагрузкой.
- При необходимости схватывающий узел легко заменить.

Минусы:

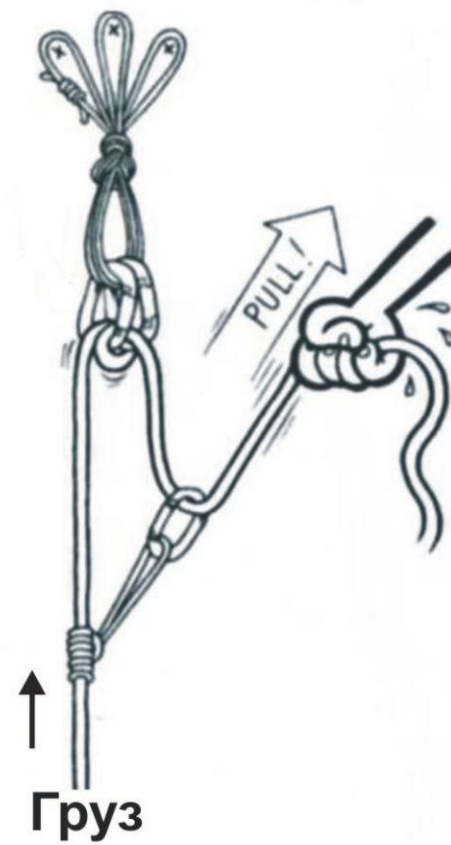
- Может проскальзывать на обледенелой или грязной веревке.

Узел Гарда

Сборка узла Гарда



Полиспаст 3:1 с автофиксацией обратного хода веревки с помощью узла Гарда.



Для организации узла требуется два одинаковых немуфтованных карабина. Карабины должны крепиться к точке с помощью «мягкой петли», использование вместо мягкой петли карабина не рекомендуется – в этом случае, как и в случае применения муфтованных карабинов, возможна неправильная работа узла и его отказы.

Плюсы:

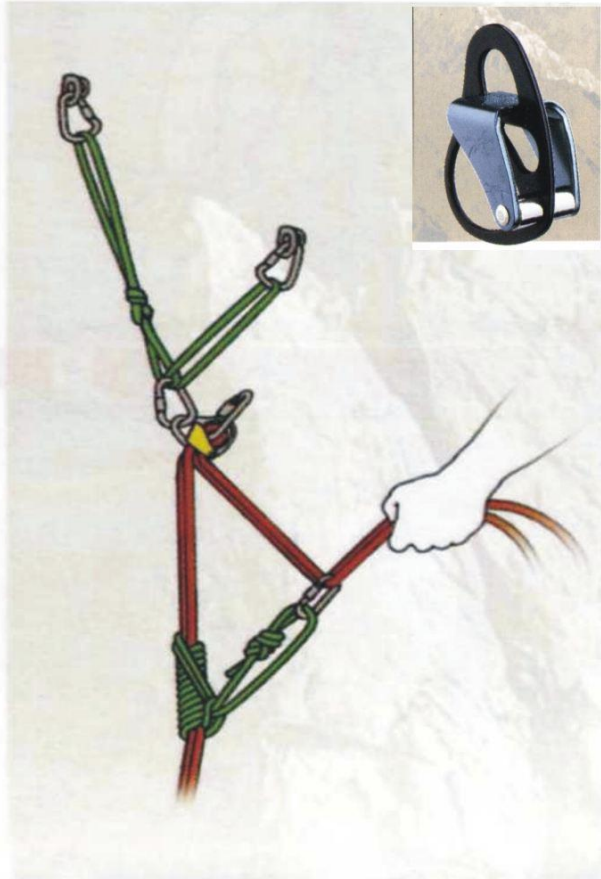
- Не требует специального снаряжения.
- Быстро устанавливается в систему.
- Работает даже на репшнурах от 6мм и выше.

Минусы:

- Большое трение.
- В полиспастах больших усилий может потребоваться протягивать веревку через узел вручную.
- Невозможно выдать веревку под нагрузкой.
- Заедает на мокрой, заснеженной или обледенелой веревке больших диаметров 10-11мм.
- Редко, но бывают случаи выстегивания веревки из одного карабина.
- Бывают случаи заклинивания веревки

Страховочное устройство Petzl Reverso.

Petzl Reverso



Плюсы:

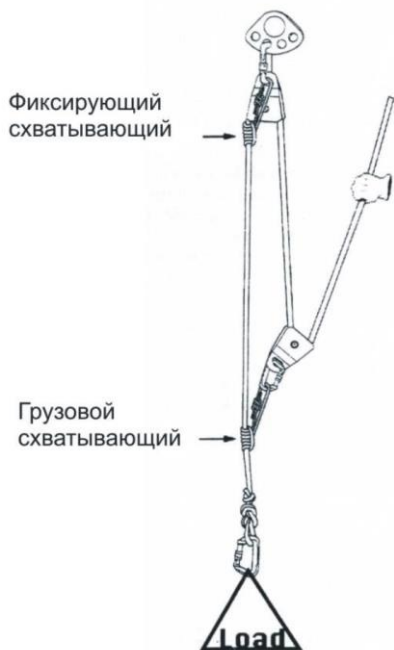
- Надежно фиксирует веревку.
- Не подвержено случайному раскрытию.
- При вытаскивании одного пострадавшего возможна выдача веревки под нагрузкой.
- Работает на веревках диаметром от 8 до 11мм.
- При работе с веревками меньших диаметров неплохо держит даже на обледенелой веревке.
- Довольно распространенное страховочное устройство.

Минусы:

- Довольно большое трение.
- Может быть очень трудно или невозможно выдать веревку под нагрузкой, если пострадавший тяжелый или вытаскиваются два человека.
- Способ выдачи веревки под нагрузкой создает большое усилие на всю систему, что может быть опасно.
- Заедает при работе на мокрой, заснеженной или обледенелой веревке больших диаметров 10-11мм.



Простой полиспаст 3:1 из грузовой веревки



Простой полиспаст 3:1 из отдельной веревки.



Отдельный полиспаст прикрепляется к грузовой веревке схватывающим узлом. В этой системе для предотвращения обратного хода грузовой веревки требуется фиксирующий схватывающий узел, который необходимо передвигать вручную. Для этого нужен отдельный человек.

Полиспасты сделанные из отдельной веревки.

Плюсы полиспастов из отдельной веревки:

- Быстрота организации за счет того, что полиспаст может быть собран заранее. Этим часто пользуются профессиональные спасатели.
- Возможность использования грузовой веревки на всю длину.
- Облегчается переход от подъема к спуску и наоборот.
- Облегчается пропуск узлов через систему.

Минусы полиспастов из отдельной веревки:

- Невозможно организовать автоматическую фиксацию грузовой веревки.
- Нужна дополнительная веревка

Полиспасты, сделанные из грузовой веревки.

Плюсы полиспастов из грузовой веревки:

- Можно организовать автоматическую систему фиксации веревки.
- Не требуется дополнительная веревка.

Минусы полиспастов из грузовой веревки:

- Для организации полиспастов с большими ТВ требуется много веревки.
- При необходимости подъема груза с большой глубины может не хватить длины веревки
- Сложный переход от подъема к спуску.
- Сложно пропускать узлы через систему.

Использованные материалы:

- 1) Полиспасты для спасательных работ. Федор Фарберов 2007 г.
<https://www.risk.ru/blog/1435>
- 2) Полиспасты для спасательных работ. Часть II. Практические аспекты применения полиспастов в спасательных работах. Федор Фарберов 2007 г.
<https://www.risk.ru/blog/1467>
- 3) Полиспасты для спасательных работ. Часть III. Федор Фарберов 2007 г.
<https://www.risk.ru/blog/1544>
- 4) Дополнения к материалам по полиспастам. Федор Фарберов 2009 г.
<https://www.risk.ru/blog/6055>
- 5) Полиспаст. Материал из Википедии.
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Полиспаст>
- 6) Полиспасты для работы на высоте. Часть 1. Александр Копытин 2017 г.
<https://promalper.com/articles/polispasty-dlja-raboty-na-vysote-chast-1/>
- 7) Узлы для альпинизма. Часть 2.
<http://mountschool.ru/alpinizm/stati/148-uzly-dlya-alpinizma-chast-2>

Спасибо за внимание!
