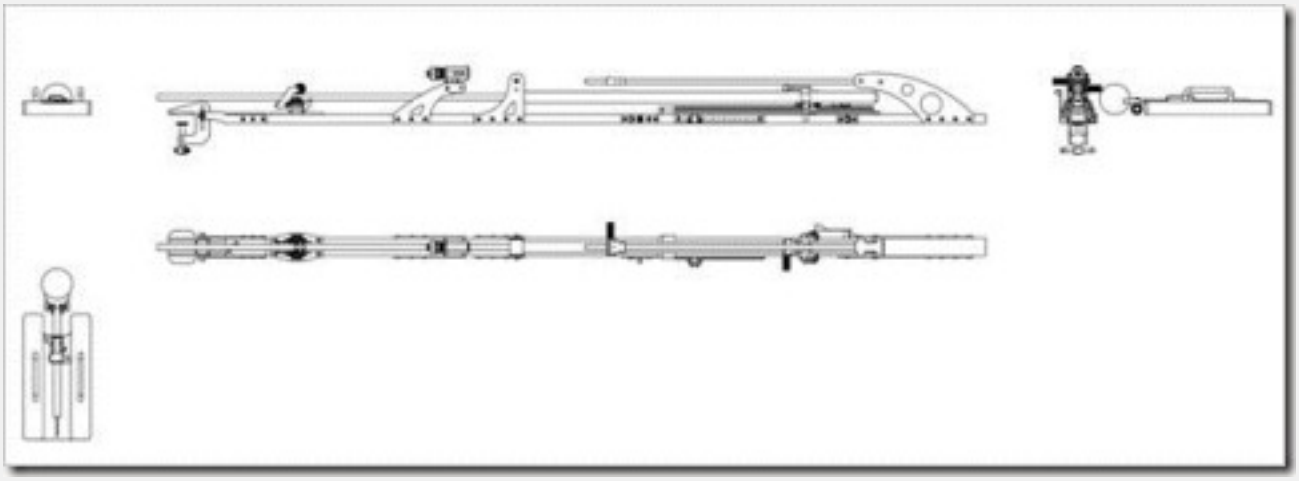
Станок для тестирования бильярдных киев

А.Сорокин

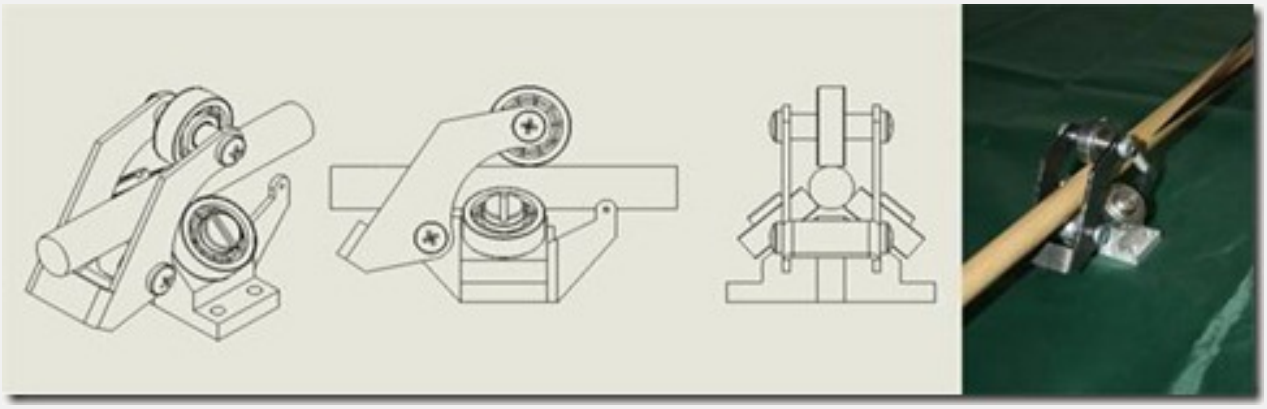
Декабрь, 2012

Станок для тестирования бильярдных киев представляет собой устройство, позволяющее наносить удары исследуемым кием по эталонному битку заданной силы, в заданную точку на битке и под заданным углом относительно поверхности стола, обеспечивая при этом хорошую повторяемость в сериях идентичных измерений. Конструкция станка имеет легкое и в тоже время достаточно жесткое основание в виде прямоугольной алюминиевой тонкостенной трубы. Все основные элементы конструкции также выполнены из алюминия и крепятся к основанию либо посредством алюминиевых заклепок, либо с помощью закладных алюминиевых гаек. Конструкция станка включает в себя восемь основных элементов. Это передний кондуктор шафта, задняя каретка с направляющей рейкой, спусковой механизм, система привода и регулировки силы удара, система предварительной юстировки и контроля положения станка, передняя и задняя опоры станка, измеритель скорости кия и кондуктор битка для регулирования положения битка относительно оси кия. Ниже показан общий вид станка.



Передний кондуктор шафта

Особенность переднего кондуктора заключается в использовании трех подшипников, обеспечивающих перемещение кия строго вдоль линии прицеливания.



Наличие подшипников в конструкции кондуктора позволило добиться достаточно хорошей фиксации шафта без значительного увеличения трения. Верхний подшипник кондуктора закреплен на подвижной подпружиненной скобе, что обеспечивает беспрепятственное перемещение кия, несмотря на его конусность.

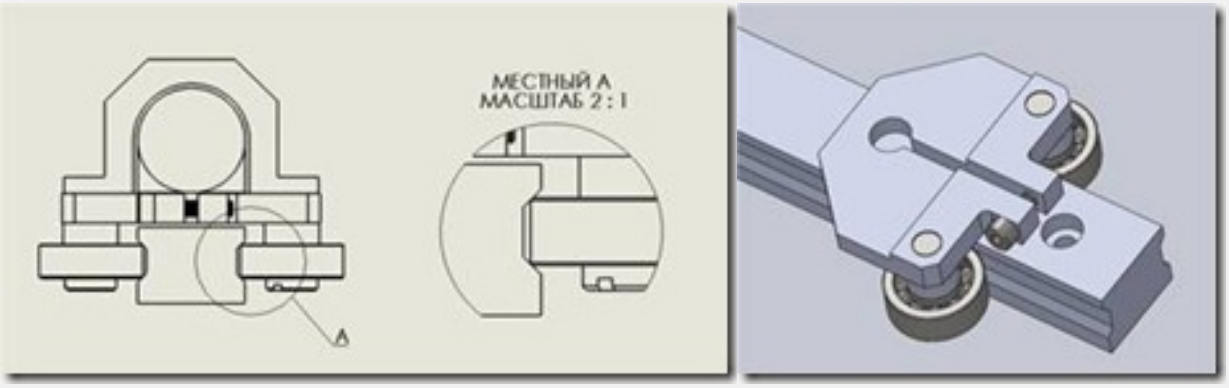
http://www.youtube.com/watch?v=AoOB096QQaY
http://www.youtube.com/watch?v=57i4wmiIKp8

Эти особенности конструкции кондуктора в конечном итоге позволяют имитировать удары с применением так называемого закрытого моста, при котором пальцы игрока образуют плотное кольцо вокруг шафта. Однако при необходимости эта конструкция также позволяет имитировать удары с открытым мостом. Для этого предусмотрена возможность демонтажа скобы и верхнего подшипника. Кроме того, для имитации мягких тканей руки на кондукторе, помимо обычных подшипников, возможна установка роликов с эластичной внешней оболочкой. http://www.youtube.com/watch?v=9xo9XEk2AmU

Применение в кондукторе шафта закрытых подшипников позволило сделать конструкцию необслуживаемой и защищённой от возможных загрязнений.

Задняя каретка с направляющей рейкой

Для создания прямолинейного движения задней части кия (турняка) была изготовлена подвижная каретка, которая с помощью двух роликов перемещается вдоль жесткой направляющей.



Для уменьшения веса каретки её основание, так же как и направляющая рейка, сделано из алюминия. Ролики каретки, катясь вдоль направляющей рейки, опираются на её наклонные плоскости, расположенные под углом 90 градусов. Это решение позволило одновременно зафиксировать каретку от горизонтального и вертикального смещений. Зазор между роликами каретки и рабочими поверхностями направляющей рейки регулируется сближением осей роликов за счет упругости основания каретки. Как и в конструкции переднего кондуктора шафта, в качестве роликов задней каретки использовались закрытые подшипники.

Для формирования рабочих поверхностей направляющей рейки была изготовлена специальная профилированная фреза.

Для облегчения веса направляющей на ее нерабочих поверхностях сделаны технологические обнижения/выборки.

Крепление турняка осуществляется с помощью алюминиевого хомута, который обхватывает кий с трех сторон и прижимает его к основанию каретки через резиновые прокладки.

Совместная работа переднего кондуктора и задней направляющей показана в этом видеоролике:
http://www.youtube.com/watch?v=nbzbwP4SXKI

Также была предпринята попытка создания “подвижного” крепления турняка более реалистично имитирующего хват рукой. Однако из-за применения слишком “нежных” упругих элементов конструкция подвижного хвата получилась неработоспособной.
http://www.youtube.com/watch?v=aXXP6GJkepk

Спусковой механизм и ограничители хода каретки

Спусковой механизм станка выполнен в виде курка, соединенного с помощью нерастяжимого шнура со стопором задней каретки. При повороте курка происходит наматывание шнура на его ось, что приводит к опусканию стопора в специальное обнижение, выполненное в направляющей рейке задней каретки. Стопор задней каретки изготовлен из стальной упругой пластинки, что обеспечивает возвращение спускового механизма в исходное положение после отпускания курка.
http://www.youtube.com/watch?v=hMe2AJwi-Hc

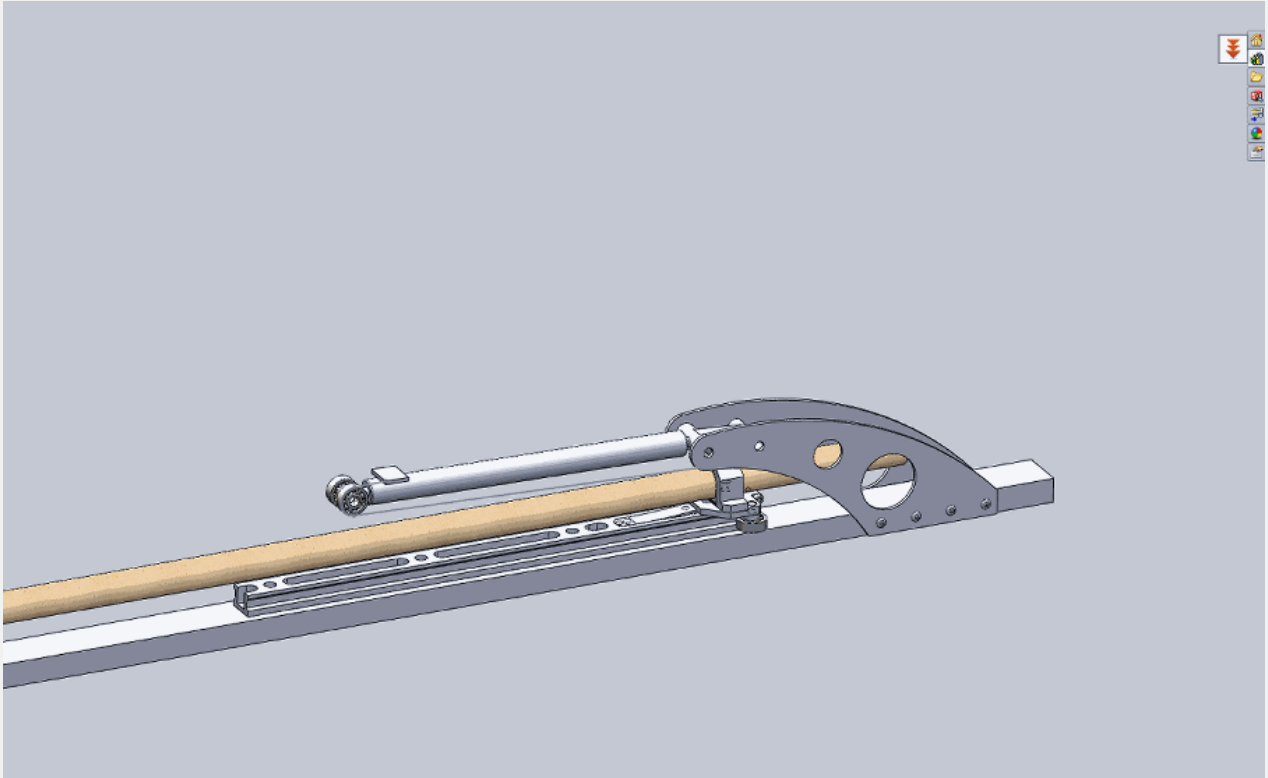
Для ограничения хода задней каретки в конструкции использованы ограничители. Передний ограничитель хода каретки имеет в своей конструкции резиновый демпфирующий элемент, обеспечивающий плавное гашение скорости кия после удара с битком.

Система привода и регулировки силы удара

Первоначально для разгона кия предполагалось использовать систему привода на основе пневмоцилиндра, аналогично решению, примененному в этой работе: http://www.youtube.com/watch?v=IQciG4jr3vo.

Для крепления на станке пневмоцилиндра были изготовлены специальные силовые кронштейны.

Также в конструкции привода прорабатывалась идея “взвода” пневмоцилиндра в исходное положение, как на затворах винтовок Генри-Винчестера.

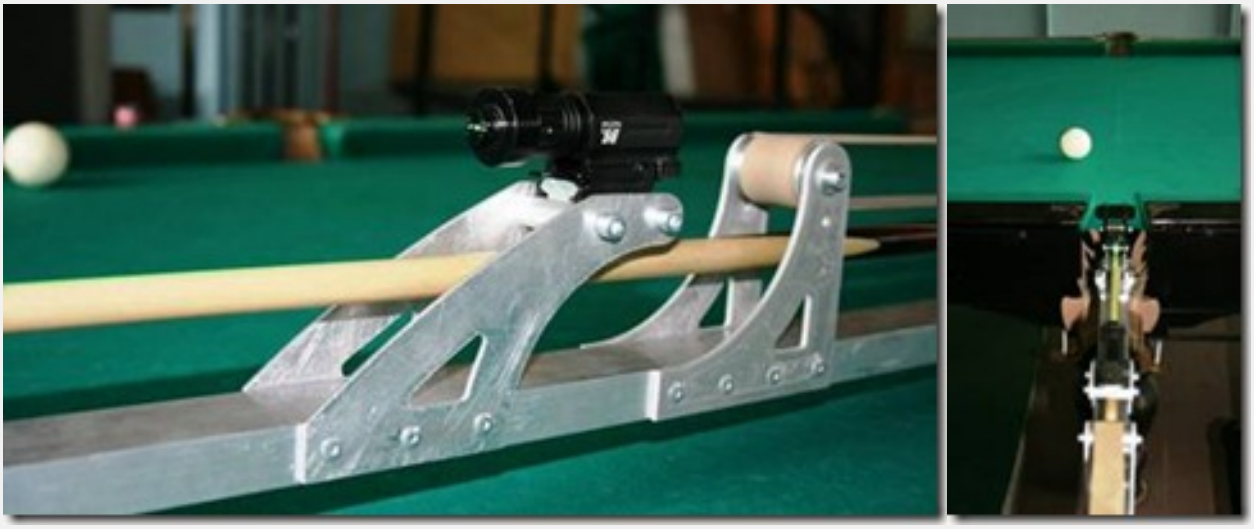


Однако необходимость мириться с дополнительным и практически неконтролируемым трением в пневмоцилиндре, а также необходимость использования в конструкции компрессора высокого давления подтолкнула на создание более простой и надежной системы привода кия на основе упругого резинового жгута.

Регулировка силы удара происходит путем изменения предварительного натяга упругого жгута. Это изменение натяга осуществляется перемещением ползунка вдоль цилиндрической направляющей, установленной на место пневмоцилиндра.
http://www.youtube.com/watch?v=cbo3hoiNf8g

Система предварительной юстировки и контроля положения станка

Для контроля положение станка относительно игровой поверхности бильярдного стола в конструкции предусмотрен лазерный “нож”, донором для которого послужил лазерный целеуказатель, применяемый на охотничьих ружьях. Чтобы развернуть зеленый луч в плоскость, использовалась цилиндрическая линза. К сожалению, часть луча на шафте перекрывается подшипником переднего кондуктора, но на шаре, на сукне и даже на борту хорошо видна зеленая линия от луча. Сам целеуказатель закреплен на самодельной планке Вивера, аналогичной той, что используется на ружьях для крепления оптики. Также предусмотрена возможность регулировки положения плоскости луча – поворачивая, наклоняя или смещая целеуказатель.

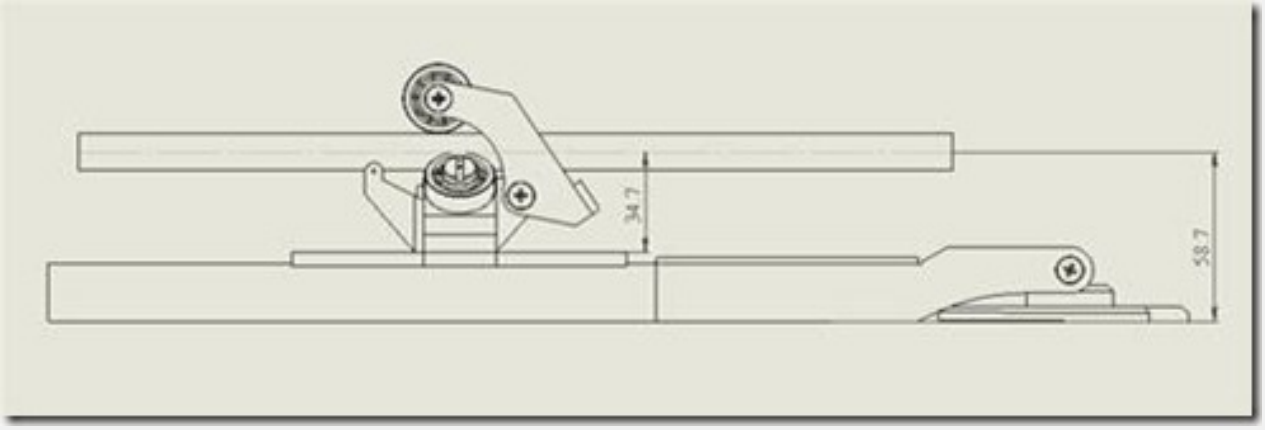


Для контроля горизонтальности удара на корпусе станка закреплен пузырьковый указатель уровня.

Передняя и задняя опоры станка

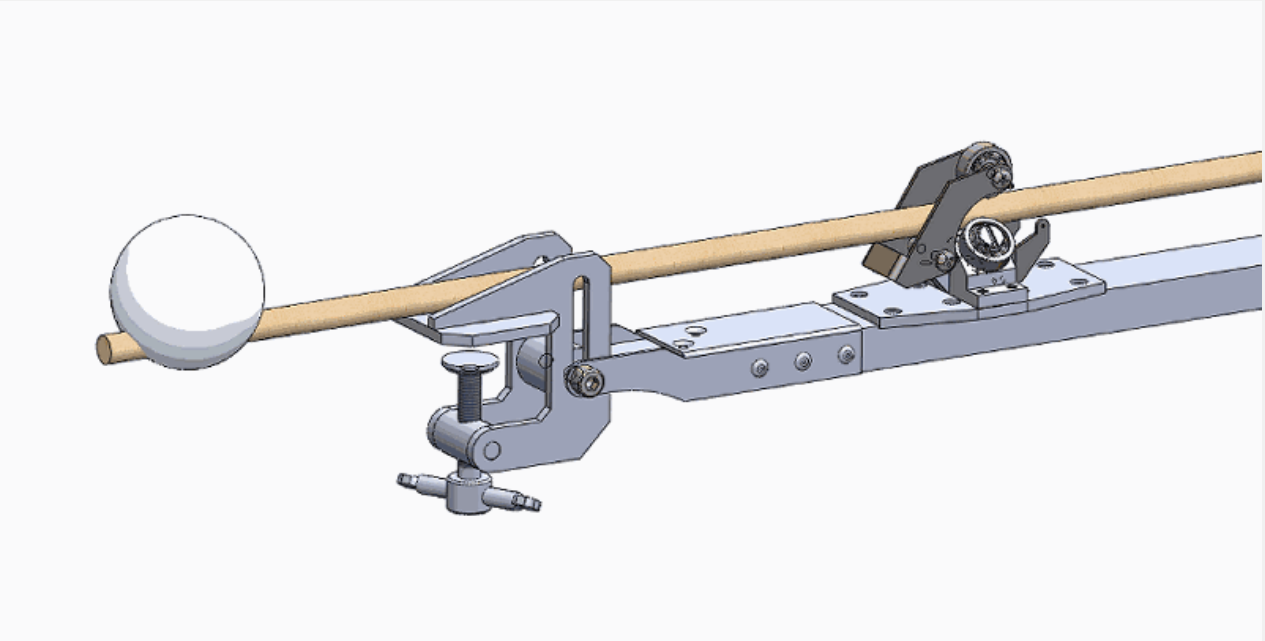
В конструкции станка предусмотрены два вида передней опоры. Первый вариант опоры не имеет жесткого крепления с поверхностью стола и позволяет устанавливать станок в любой части стола. Основание передней опоры имеет шарнирное соединение с рамой станка. Это шарнирное соединение обеспечивает станку две степени свободы: наклон станка и его разворот в горизонтальной плоскости. Наличие полукруглого выреза в основании передней опоры позволяет наносить удары по битку даже вертикально поднятым кием, то есть выполнять массе.

Однако данная конструкция передней опоры не позволяет выполнять горизонтальные удары в центральную и нижнюю части битка. Минимально доступное расстояние от оси горизонтального кия до поверхности стола составляет 58,7 мм.



Второй вариант опоры представляет собой стальную струбцину, обеспечивающую жесткое крепления станка к поверхности стола.

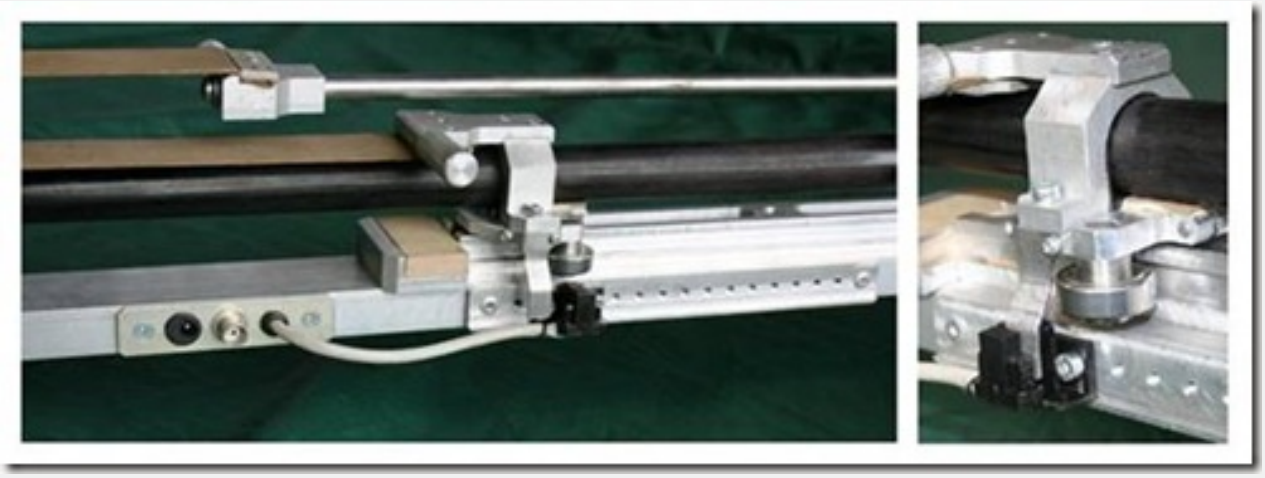
Такая конструкция опоры предполагает установку станка через лузу или один из снятых бортов. Кроме того, у станка появилась возможность менять “высоту” удара, при этом сохранена возможность нанесения ударов наклонным кием с чуть меньшими углами.



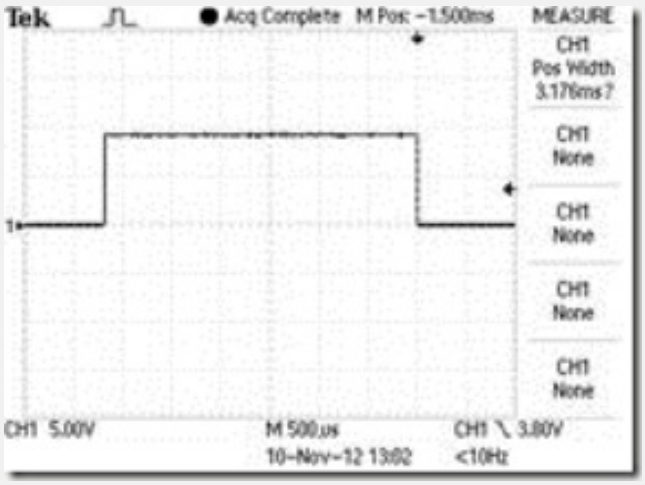
В качестве задней опоры станка используется массивный фотоштатив с плавной регулировкой высоты опорной площадки.

Измеритель скорости кия и его тарировка. Система синхронизации

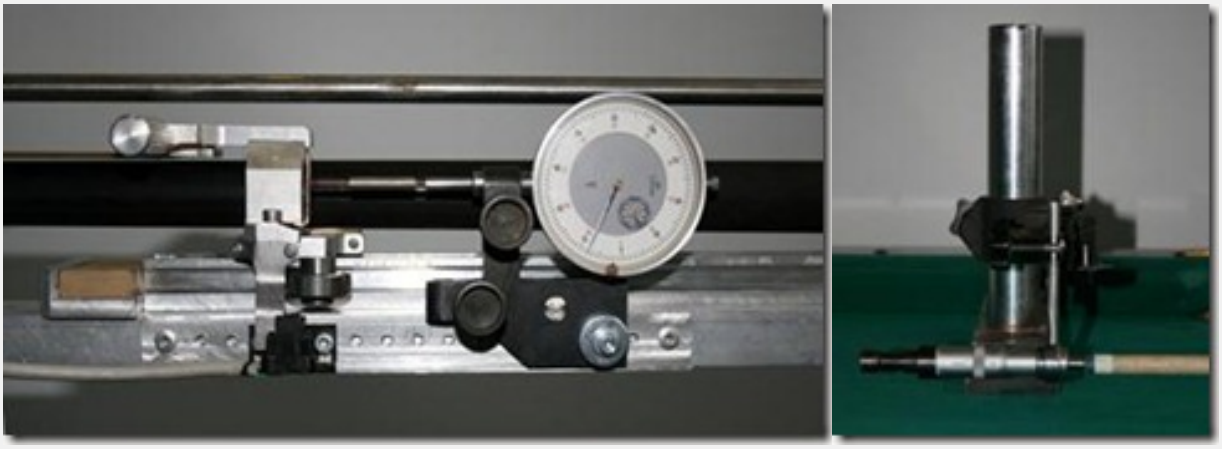
Для определения скорости кия предусмотрен измеритель скорости на основе датчика Холла.



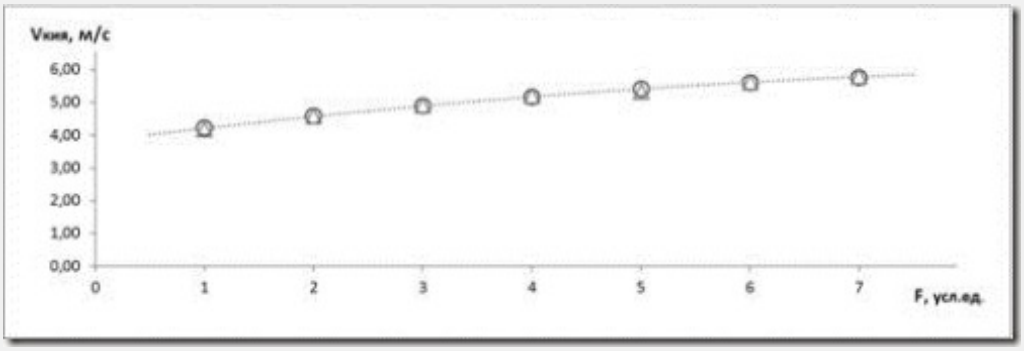
Определение скорости происходит путем измерения времени прохождения через датчик магнитопроводящей шторки шириной 10,04 мм. Вот так выглядит характерный сигнал с датчика на экране цифрового осциллографа.



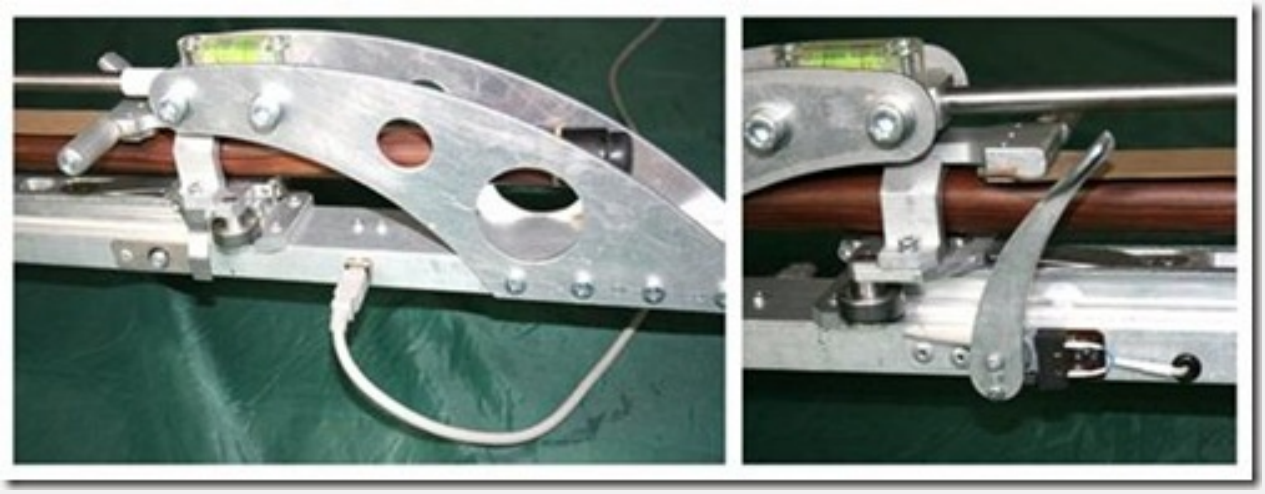
Поскольку чувствительный элемент датчика имеет не нулевой размер, то определение скорости кия происходит на дистанции немного большей, чем ширина подвижной шторки датчика. Измерение зоны чувствительности датчика, было выполнено с помощью индикатора часового типа, закреплённого на раме станка. При этом перемещение кия осуществлялось микровинтом, толкающим кии со стороны наклейки.



Зона чувствительности датчика оказалась равной 13,5 мм, именно на этой дистанции определяется средняя скорость кия. Тарировка датчика была выполнена сравнением измеренных скоростей кия для различных натяжений упругого жгута, с аналогичными значениями, найденными из скоростной съемки
http://www.youtube.com/watch?v=3QxmKQWcbwA



Для синхронизации спускового механизма и скоростной камеры в конструкции станка предусмотрена выносная кнопка Enter, сделанная на основе стандартной клавиатуры с USB выходом.



Кондуктор битка

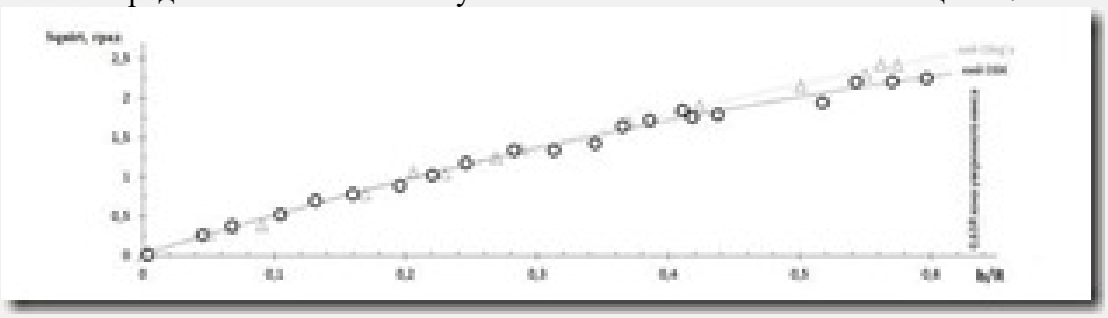
Кондуктор битка предназначен для точной установки заданного смещения битка относительно оси кия. Его конструкция включает в себя массивное основание, электронный измеритель смещения и подвижный упор.

Основание кондуктора битка представляет собой шлифованую восьми килограмовую стальную плиту, обеспечивающую неподвижность всей конструкции. Измеритель смещения изготовлен на базе электроного штангенциркуль, корпус которого доработан для крепления его к основанию кондуктора и к подвижному упору. Рабочий элемент упора выполнен из плексигласа и соприкасается с битком на уровне его центра, что позволяет сверху визуально контролировать насколько плотно стоит шар относительно упора. Для предотвращения прогиба измерительной линейки, подвижная часть кондуктора опирается на поверхность стола с помощью роликов.

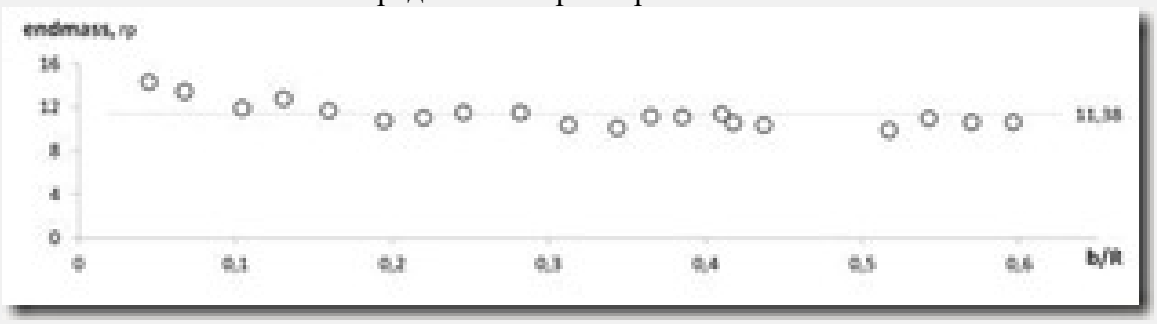
Применение станка для тестирование киев

Совместное использование станка и высокоскоростной видеосъемки позволяет определять основные характеристики тестируемых киев.

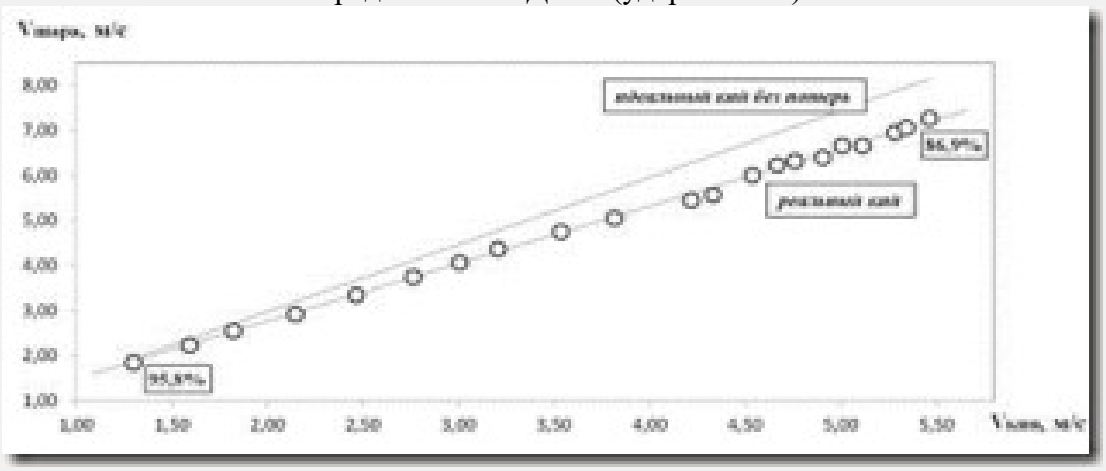
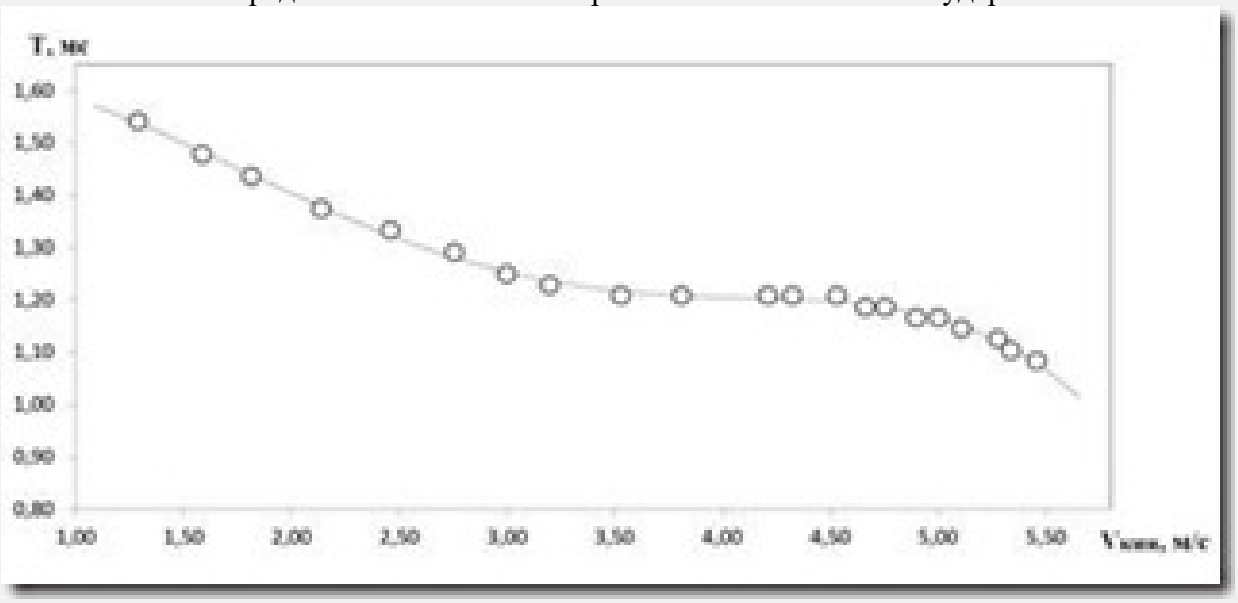
Определение зависимости угла сноса битка от величины смещения:



Определение параметра “endmass”:



Определение КПД кия (ударистости):



Определение зависимости времени контакта от силы удара.