

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗУБЧАТОЙ ПОВОРОТНОЙ ПРИСТАВКИ  
К МАШИНЕ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Н. П. РЯШЕНЦЕВ, А. П. ТРОНОВ

(Представлено кафедрой горных машин и рудничного транспорта)

При ведении строительного-монтажных работ все большее применение находит ручной механизированный инструмент ударного действия. Недостатком, свойственным большинству типов электрических и пневматических молотков, выпускаемых отечественной промышленностью, является отсутствие устройства для вращения инструмента.

В 1950 г. А. И. Москвитин писал, что «...если бы удалось выполнить достаточно легкое, простое и надежное устройство для самовращения рабочего инструмента при не слишком длинном молотке, такой молоток давал бы более высокую производительность». [1].

Однако за истекшее десятилетие решение вопроса о самовращении рабочего инструмента не претерпело принципиальных изменений.

Для ознакомления с принципом работы зубчатой поворотной приставки обратимся к рисунку 1 (а, б). Если на наклонные упругие зубья 1, закрепленные на основании 2, положить пластинку 3 и погрузить ее статической силой  $P$ , то пластинка 3 переместится вниз — вправо. Это перемещение состоит из вертикального  $h$  и горизонтального  $l$  перемещений. После снятия нагрузки  $P$  зубья 1, распрямляясь, вернут пластинку 3 в прежнее положение. Однако при некоторых дополнительных условиях, предусматривающих, например, ограничение перемещения пластинки 3 влево, зубья 1, проскальзывая, поднимут пластинку 3 на высоту  $h$ , но не смогут перенести ее влево на величину  $l$ .

При многократном приложении нагрузки  $P$  и соблюдении условия ограничения хода пластинки влево, последняя может быть перенесена вправо на величину  $h = nl$ , где  $l$  — число циклов сжатия.

Очевидно, наклонные упругие зубья, закрепленные на кольцевом основании, при тех же условиях позволяют за  $n$  циклов сжатия повернуть кольцевую шайбу вокруг оси кольца на угол  $\alpha = n\alpha'$ , где  $\alpha'$  — угол поворота шайбы за один цикл нагружения.

Этот принцип положен в основу рабочего процесса зубчатого поворотного устройства фирмы «Синтрон».

Упругие зубья могут выполняться из различных материалов — стали, вулколана, резины.

На рис. 1 (в, г) приведена схема одного из вариантов поворотных устройств фирмы «Синтрон» (в) с зубчатыми поворотными шайбами кольцевого типа (г) [2].

Поворотная приставка состоит из фланцев 1, 7, связанных с корпусом посредством тяг 5, патрона 2 с фланцем и поворотных шайб 3, 6. При работе молотка боек 8 наносит удары по хвостовику патрона 2, который, совершая возвратно-поступательное движение, деформирует

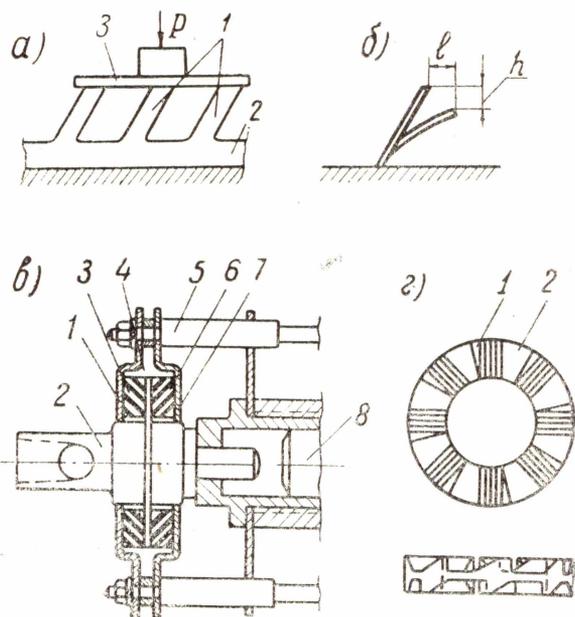


Рис. 1. Поворотное устройство фирмы «Синтрон»: а, б—схема зубчатого элемента поворота, в—продольный разрез, г—общий вид шайбы.

поочередно зубья поворотных шайб 3 и 6. При этом осуществляется вращение инструмента, несмотря на отсутствие устройства, ограничивающего поворот инструмента в сторону, противоположную наклону зубьев. Этот факт можно объяснить только различием рабочих процессов поворотных шайб при динамической и статической нагрузках.

Зубчатая поворотная приставка, работая с соленоидным молотком МС-15, обеспечивает вращение инструмента со скоростью 40—80 об/мин в том случае, если инструмент не упирается в забой. Но даже при небольшом нажатии на молоток скорость вращения инструмента значительно уменьшается. Дело в том, что при ограничении инструмента обрабатываемым объектом осевые перемещения патрона,

необходимые для интенсивного вращения инструмента, возможны лишь при отходе корпуса молотка от забоя. Эксперименты показывают, что размах колебаний корпуса должен быть в пределах 3—4 мм. При нажатии на молоток отход корпуса от забоя уменьшается и поворотное устройство становится неработоспособным. По этой причине простое и экономически выгодное поворотное устройство фирмы «Синтрон» не может найти широкого применения.

Экспериментальные исследования резинового зубчатого поворотного устройства, проведенные лабораторией электрических машин ударного действия, позволили выявить механизм рабочего процесса зубчатых шайб и наметить пути создания и совершенствования работоспособной поворотной приставки.

Целью экспериментального исследования зубчатого поворотного устройства является:

1. Выявление механизма рабочего процесса поворотного устройства при динамической и статической нагрузках.
2. Определение оптимальных параметров поворотных шайб: угла наклона зуба к основанию, времени поворотного цикла.
3. Получение рекомендаций по усовершенствованию поворотных устройств зубчатого типа.

Как было сказано выше, для осуществления поворота инструмента необходимо обеспечить осевое перемещение патрона на 3—4 мм. Это значит, что при работе поворотной приставки в комплексе с машиной ударного действия инструмент, совершая колебания, неизбежно отрывается от забоя и что основной поворот инструмента происходит в то время, когда он не находится в соприкосновении с забоем.

Таким образом, момент сопротивления определен только силами трения, и крутящий момент не может быть главным критерием добротности поворотных шайб.

Оценка поворотных шайб должна производиться по величине угла поворота инструмента и времени поворотного цикла за единичный удар, а также по величине осевого перемещения патрона и затраченной на поворот инструмента энергии.

Стремление создать поворотное устройство зубчатого типа, обеспечивающее вращение инструмента при осевом давлении на молоток, исключающем колебания корпуса, находится в противоречии с природой зубчатого поворотного устройства данной конструкции и означает превращение машины ударно-поворотного действия в машину ударно-вращательного действия.

Исследование динамики рабочего процесса поворотного устройства необходимо производить по записи осевого и углового перемещений патрона во времени при заданных значениях энергии удара.

Запись рабочего цикла поворотного устройства производилась на стенде, общий вид которого приведен на рис. 2, а.

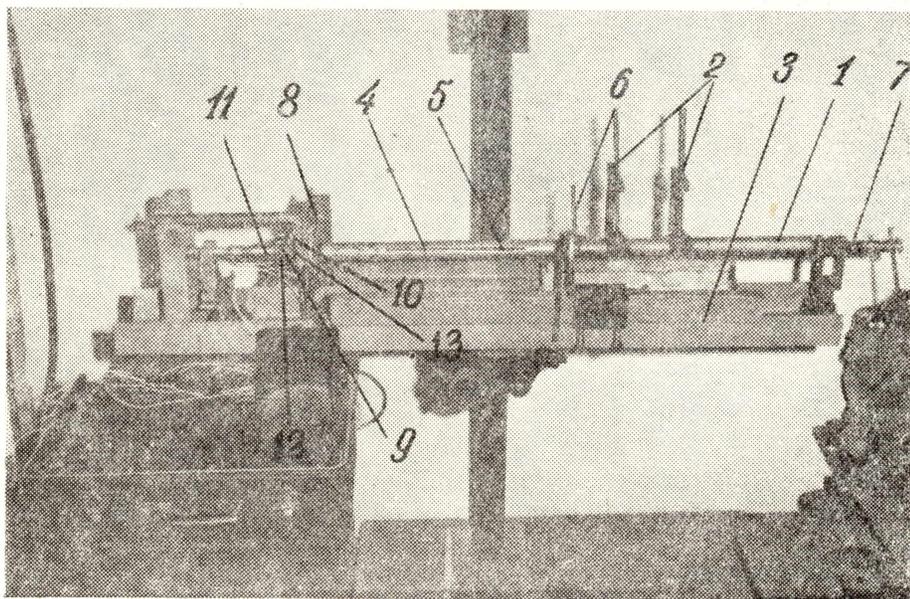


Рис. 2, а. Общий вид стенда для исследования рабочего процесса поворотных шайб.

Стенд состоит из следующих основных узлов: привода, поворотного устройства, узла датчиков, обрабатываемого объекта.

Назначение приводного узла состоит в том, чтобы сообщить бойку ударнику нужную энергию удара. Этот узел собран из направляющей трубы 1, закрепленной винтами 2 на станине 3, бойка 4, пружины 5, затвора 6 и винта 7.

Поворотное устройство состоит из основания 8, фланца 9, гайки 10, патрона 11 и поворотных шайб 12 и 13.

На рис. 2, б изображен узел датчиков. Его основными деталями являются: шестигранный инструмент 14, на котором закреплен датчик хода патрона 15, втулка 16 с неподвижным контактом датчика хода патрона 17 и подвижным контактом 18, датчика угла поворота 19, закрепленного на стойке 20.

Порядок проведения опытов следующий:

Боек 4 стопорится затвором 6, и пружина 5 поджимается винтом 7. Величина энергии, сообщаемая пружиной бойку, подсчитывается по формуле  $A = \frac{cx^2}{2}$ , где  $c$  — жесткость пружины,  $x$  — величина поджатия.

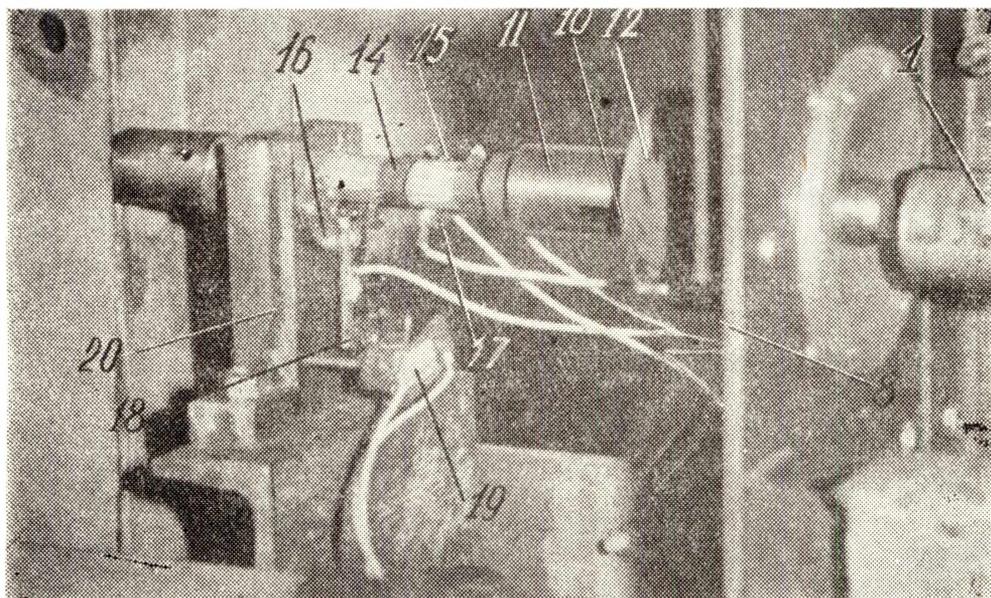


Рис. 2, б. Узел датчиков стенда для исследования рабочего процесса поворотных шайб.

После снятия затвора 6 боек 4 наносит удар по хвостовику патрона 11, который, перемещаясь влево, деформирует фланцем 9 зубья поворотной шайбы 12. При этом патрон, а вместе с ним и инструмент, перемещаясь в осевом направлении, одновременно поворачиваются в сторону наклона зубьев. Инструмент при вращении поворачивает втулку 16 и подвижный контакт 18, перемещаясь по датчику угла поворота 19, изменяет его сопротивление, включенное в цепь шлейфа осциллографа.

Так производится запись угла поворота инструмента за единичный удар.

В то же время инструмент 14 перемещается относительно втулки 16 в осевом направлении. При этом инструмент 14 переносит датчик хода патрона 15 относительно контакта 17, закрепленного на втулке 16. Датчик 15, таким образом, позволяет записать ход патрона.

Цепи датчиков 15 и 19 питаются от отдельных батарей.

Датчики 15 и 19 выполнены в виде потенциометров, намотанных на изоляционной основе константановой проволокой диаметром 0,2 мм.

Запись хода патрона и угол поворота производится осциллографом МПО-2.

На описанном стенде исследованы рабочие процессы поворотных шайб из резиновых колец с параметрами, приведенными в табл. 1.

Запись производилась при энергии удара 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 кгм. На каждом значении энергии удара опыт повторялся трижды.

После осциллографирования рабочего процесса поворотных шайб при «холостых» ударных режимах бойка по патрону, с поворотной шайбой № 60 (угол наклона зубьев к основанию  $60^\circ$ ) были проведены следующие две серии опытов:

1. Для выяснения различия в протекании рабочих процессов при статическом и динамическом нагружении поворотных шайб было проведено осциллографирование поворотного цикла при ударе бойка по патрону через пружину жесткостью 1 кг/мм.

Таблица 1

Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Высота зуба, мм	Высота основания, мм	Число зубьев, шт.	Угол наклона зубьев
63	30	13	5	8	80°, 60°, 45°, 30°

2. Вторая серия опытов позволила выяснить рабочий процесс поворотного цикла в том случае, когда к моменту удара бойка по патрону инструмент находится в соприкосновении с забоем.

Осциллографирование проводилось следующим образом. У инструмента 14 устанавливался обрабатываемый объект (строительный кирпич) таким образом, чтобы инструмент 14 без нажима касался забоя. Затем на заданной энергии удара без перестановки обрабатываемого объекта трижды производится запись рабочего процесса поворотного устройства.

Методика обработки осциллограмм следующая:

1. Определяем масштабы колебания патрона,  $m_s$  и угла поворота  $m_\alpha$ :

$$m_s = \frac{S}{h}; \quad m_\alpha = \frac{a}{b},$$

где

$S$  — перемещение патрона, мм;

$h$  — отклонение луча шлейфа на осциллограмме колебания патрона, мм;

$a$  — угол поворота патрона, град;

$b$  — отклонение луча шлейфа на осциллограмме угла поворота, мм.

2. По осциллограмме рабочего процесса зубчатого поворотного устройства определяем:

а) максимальное осевое перемещение патрона в сторону забоя;

б) максимальный угол поворота;

в) угол сброса;

г) величину деформации задней поворотной шайбы;

д) рабочий угол поворота;

е) энергию поступательного и вращательного перемещений патрона;

ж) время достижения максимумов осевого и углового перемещений патрона;

з) общее время поворотного цикла.

3. Результаты опытов и экспериментальной обработки заносим в таблицу.

4. Строим зависимости осевого и углового перемещений патрона от энергии удара.

5. Делаем выводы и рекомендации.

Перейдем к рассмотрению результатов экспериментального исследования резинового зубчатого поворотного устройства.

На рис. 3, а приведены осциллограммы осевого перемещения патрона и угла поворота для шайбы с углом наклона зубьев к основанию 80° при энергии удара бойка 1,2 кгм.

Точка *a* соответствует моменту удара бойка по хвостовику патрона. После удара патрон, деформируя переднюю шайбу, перемещается до остановки в точке *б*. Под действием упругих сил передней шайбы патрон движется в обратном направлении, проходит точку *в* и деформирует заднюю шайбу до точки *г*. Затем патрон вновь проходит исходное положение (точка *д*) и вторично деформирует переднюю шайбу по кривой *д—е—и*. Таким образом, осевое перемещение патрона осуществляется по закону колебательного процесса с затуханием.

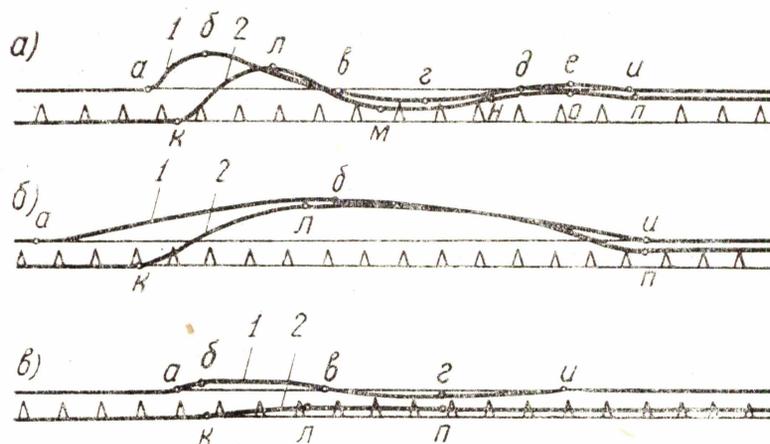


Рис. 3. Осциллограммы рабочих процессов поворотного устройства: 1—кривая осевого перемещения патрона; 2—кривая угла поворота; а—при ударной нагрузке и холостом ходе патрона; б—при статической нагрузке и холостом ходе патрона; в—при ударной нагрузке и ограничении хода инструмента обрабатываемым объектом.

Поворот инструмента начинается через 1—2 мсек после удара (точка *к*). Максимальное значение угла поворота достигается в то время, когда зубья поворотной шайбы, расслабляясь, возвращают патрон в исходное положение. Следовательно, вращение инструмента при динамической нагрузке шайб возможно, благодаря проскальзыванию фланца патрона на зубьях поворотной шайбы.

На участке *л—м* происходит сброс первоначального угла поворота и на участке *м—н—о* его некоторое восстановление за счет деформации задней шайбы и вторичной деформации передней шайбы.

Рабочие процессы поворотных шайб с углом наклона зубьев к основанию в  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $30^\circ$  протекают аналогично. На рис. 3, б показаны осциллограммы рабочего процесса поворотного устройства при нагрузке, близкой по характеру к статической (удар через пружину) для шайбы с углом наклона зубьев к основанию  $60^\circ$  и при энергии удара — 0,8 кгм.

В осевом направлении патрон перемещается по кривой *а—б—и*, где на участке *а—б* происходит сжатие шайбы, на участке *б—и* — возврат патрона в исходное положение.

Кривая углового перемещения патрона состоит из участков *к—л* — поворот инструмента, и *л—п* — сброс. Максимум угла поворота достигается несколько раньше, чем максимум осевого перемещения.

Осциллограммы, приведенные на рис. 3, в, характеризуют протекание рабочего процесса поворотной шайбы с углом наклона зубьев к основанию —  $60^\circ$  при энергии удара бойка 0,8 кгм, в том случае, когда инструмент перед ударом упирается в забой (строительный кирпич). Видно, что величина внедрения инструмента в забой незначительна, поэтому величина углового перемещения патрона мала.

Графики рис. 4 иллюстрируют зависимости основных параметров рабочего процесса поворотных шайб от энергии удара при динамической нагрузке (кривые № 80, № 60, № 45, № 30), при ударе через пружину (кривая № 60П) и при ограничении инструмента обрабатываемым объектом (кривая № 60 К).

Номер кривой соответствует величине угла наклона зубьев к основанию. Основываясь на осциллограммах рис. 3 и графиках рис. 4, сделаем следующие выводы:

1. Для обеспечения эффективного вращения инструмента при постоянной энергии, передаваемой патрону, необходимо уменьшить угол сброса.

2. Ввиду того, что максимум угла поворота при динамическом нагружении поворотной шайбы достигается в момент времени, когда инструмент движется в сторону от забоя, поворот инструмента целесообразно осуществлять при холостых ударных режимах бойка по патрону. Однако это условие снижает производительность машины. Поэтому мы считаем, что более рациональной конструкцией поворотного устройства является конструкция с одной поворотной шайбой, расположенной между фланцем патрона и корпусом молотка.

3. При ограничении инструмента обрабатываемым объектом передняя поворотная шайба практически неработоспособна. Вращение инструмента возможно лишь при значительном его отскоке. При этом поворот происходит при взаимодействии фланца патрона с задней шайбой.

4. Наиболее благоприятным соотношением параметров рабочего процесса обладает поворотная шайба с углом наклона зубьев к основанию  $60^\circ$ .

5. Время рабочего цикла исследуемых шайб при ударной нагрузке не превышает 24 мсек.

6. При статическом нагружении поворотной шайбы максимальный угол поворота и угол сброса не зависят от энергии удара. Время цикла определяется временем полупериода колебания бойка на пружине.

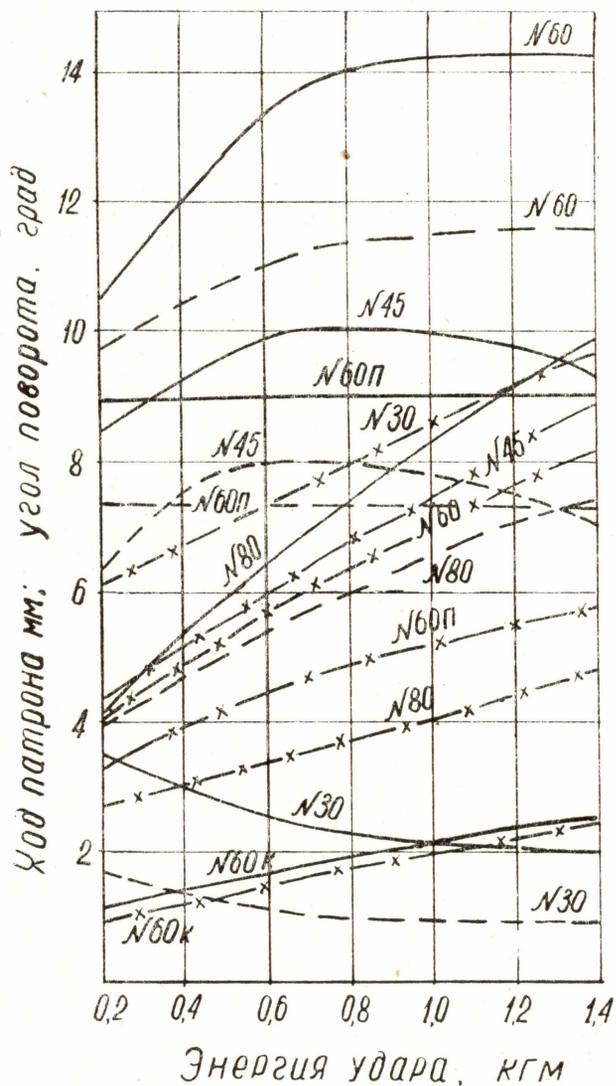


Рис. 4. Графики зависимости максимального угла поворота, угла сброса и хода патрона от энергии удара: — — — — — максимальный угол поворота, - - - - - угол сброса, -X-X- осевое перемещение патрона.

На основании изложенного можно наметить два пути улучшения конструкции зубчатой поворотной приставки.

1. Для того, чтобы поворотная приставка была работоспособна при осевом нажатии на молоток, необходимо угловое перемещение патрона поставить вне зависимости от его осевого перемещения. Поворотное устройство такого типа (рис. 5) состоит из цилиндрического фланца

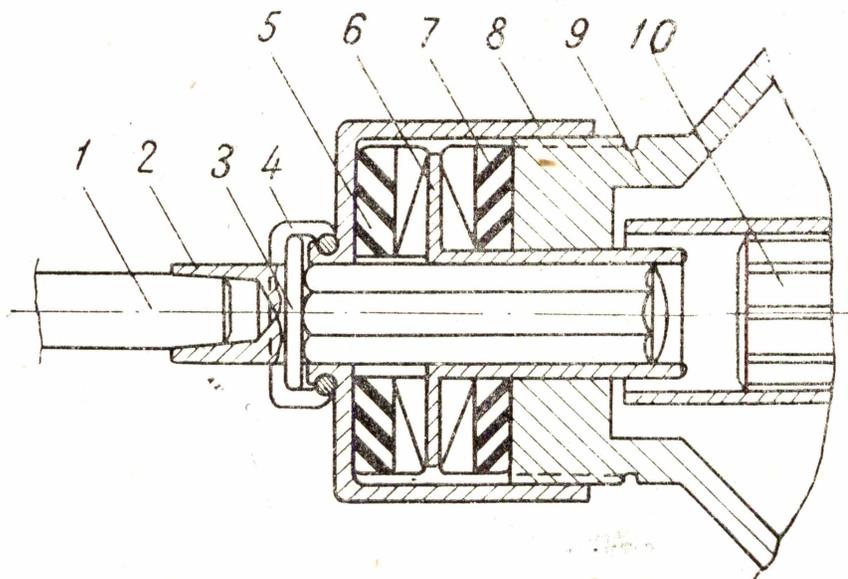


Рис. 5. Зубчатое поворотное устройство с отбором энергии бойка на поворот перед ударом по инструменту.

ца 6 с шестигранным отверстием, по которому свободно перемещается патрон 2, поворотных шайб 5 и 7, фасонной гайки 8, фланца 9. Инструмент от выпадания предохраняет буртик 3 и стопорная пружина 4. При работе молотка боек 10 вначале перемещает фланец 6, который деформирует шайбу 5, поворачивающуюся при этом вместе с патроном 2 и инструментом 1, а затем наносит удар по патрону.

2. Молоток оснащается упругой рукояткой, изолирующей оператора от колеблющегося корпуса. При работе с упругой рукояткой амплитуда колебаний корпуса значительно больше, чем при работе без нее, поэтому возможны осевые перемещения патрона, необходимые для эффективного поворота инструмента. Соударение корпуса молотка с обрабатываемым объектом происходит через промежуточный элемент — поворотную шайбу. Поэтому естественно предположить, что энергия колебательных движений корпуса затрачивается на совершение полезной работы — вращение инструмента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Москвитин А. И., Электрические машины возвратно-поступательного движения. Издательство Академии наук СССР, Москва—Ленинград, 1950.

2. Patentschrift № 934579 Insbesondere für Schlagwerkzeuge bestimmte Vorrichtung zum Umsetzen einer hin-und hergehenden Bewegung in eine Kreisende Bewegung.