

© ОЧНЕВ А. В. 2004

*Разбор взят из книги Очнев А. В. «Курс ТРИЗ
Для оружейников».*

Автоматический пистолет Стечкина (АПС)

Данный раздел написан по результатам бесед с конструктором Игорем Яковлевичем Стечкиным, в которых он рассказывал о процессе конструирования своего знаменитого пистолета. При дальнейшем изложении задачи, с которыми столкнулся конструктор, проанализированы с позиций ТРИЗ.

Формирование ТТЗ и облика проектируемого оружия

В боевых условиях младший офицерский состав должен был иметь личное оружие - пистолет для самообороны и пистолет-пулемет для ведения ближнего боя. Расчеты самоходных орудий, экипажи танков также нуждались как в пистолете, так и пистолете-пулемете.

В связи с этим перед конструкторами была поставлена задача значительно уменьшить массу и габариты носимого офицерами вооружения при сохранении огневой мощи.

Давайте рассмотрим возникшую ситуацию с точки зрения ТРИЗ. Даны две ТС - пистолет и пистолет-пулемет с аналогичными функциями. Необходимо уменьшить суммарную массу ТС при сохранении их функций - мощность стрельбы не должна уменьшаться.

Одним из законов развития ТС является переход в надсистему. Он гласит: эффективность ТС ... может быть повышена объединением ее с другой системой в более сложную полисистему. Повышение эффективности полученной полисистемы достигается путем объединения и сокращения вспомогательных элементов. Этот же способ повышения эффективности полисистемы указан в стандарте 3.1.4. на решения изобретательских задач.

Таким образом, ТРИЗ рекомендует соединить пистолет и пистолет-пулемет в одну ТС. При этом большинство механизмов обеих систем объединяются (ствол, затвор, магазин, рукоятка и т.д.). В итоге выявляется, что объединенная система - это пистолет с длинным стволом, имеющий возможность стрелять как очередью, так и одиночной стрельбой. Кроме того, для сохранения кучности пистолета-пулемета в ТС должен быть приклад, а для обеспечения прицельной одиночной стрельбы оружие должно иметь "переднее шептало". Так закон перехода в надсистему позволил создать образ оружия, которое удовлетворит сформированным выше требованиям (Рис.54).

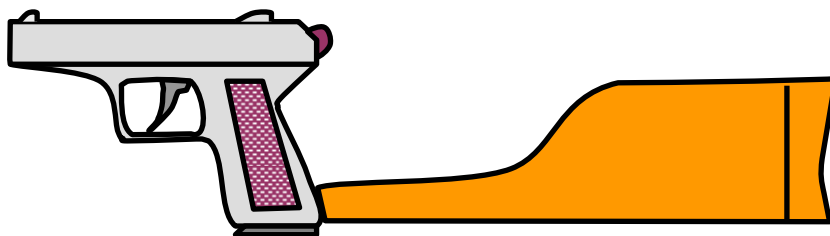


Рис. 54 Автоматический пистолет Стечкина.

Техническое задание на проектирование пистолета было выдано И.Я. Стечкину.

Проектирование механизма замедления темпа стрельбы

При проектировании пистолета анализ показал, что для получения заданной кучности при автоматической стрельбе необходим темп 600-700 выстрелов в минуту. При более высоком темпе стрельбы из пистолета весом в 1,5 кг (с прикладом) стрелок не успевал к моменту очередного выстрела вернуть оружие в положение, близкое к исходному.

Сначала И.Я. Стечкин пытался обеспечить заданный темп стрельбы увеличением массы свободного затвора и увеличением его хода. Но за снижение темпа стрельбы приходилось расплачиваться увеличением массы и габаритов оружия. При этом темп снизился до 1000 выстр/мин.

Дальнейшее следование по этому пути привело бы к недопустимо тяжелому оружию больших габаритов. Конструктор столкнулся с типичным техническим противоречием: снижение темпа стрельбы с целью улучшения кучности приводит к недопустимому увеличению массы и габаритов пистолета.

Основные шаги АРИЗ-85В применительно к данной задаче

Для решения этой задачи обратимся к алгоритму решения изобретательских задач (АРИЗ).

1.1. ТС "пистолет" включает в себя ствол, рамку, затвор, ударно-спусковой механизм, магазин с патронами, другие исполнительные механизмы.

Техническое противоречие 1 (ТП-1)

Если время цикла работы автоматики мало (высокий темп стрельбы), то затвор может иметь малую массу и ход, но ухудшается кучность стрельбы.

Техническое противоречие 2 (ТП-2)

Если время цикла работы автоматики велико (низкий темп), то улучшается кучность стрельбы, но затвор должен иметь большую массу и ход.

Необходимо обеспечить большое время цикла работы автоматики при относительно легком затворе, имеющем малый ход.

1.2. Изделие - рамка пистолета, инструмент - затвор.

1.4. Выбираем ТП-1.

1.5. Очень легкий затвор, имеющий малый ход, вызывает очень высокий темп стрельбы.

1.6. Вводимый икс-элемент должен обеспечить низкий темп стрельбы при легком затворе с небольшим ходом.

2.1. Оперативная зона - пространство, захватываемое затвором при перемещении.

2.2. Оперативное время-время движения затвора в откате - накате.

3.1. Идеальный конечный результат ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает большое время цикла работы автоматики при наличии затвора малой массы с малым ходом.

3.2. Затвор сам обеспечивает большое время цикла работы автоматики при малой его массе и ходе.

3.3. Затвор должен двигаться медленно, чтобы обеспечить заданную кучность стрельбы, и должен двигаться быстро, так как его масса мала.

5.3. Разрешение противоречивых свойств во времени. Часть времени цикла автоматики легкий затвор движется с большой скоростью, обеспечивая работу исполнительных механизмов, а часть времени - с малой скоростью (в пределе - с нулевой).

6.1. Технически данное решение может быть реализовано двумя способами:

1. Обеспечение выстоя затвора в конце отката.
2. Обеспечение выстоя затвора в конце наката.

В данной задаче экс-элементом является механизм задержки затвора в конце отката, или механизм задержки выстрела при приходе затвора в крайнее переднее положение.

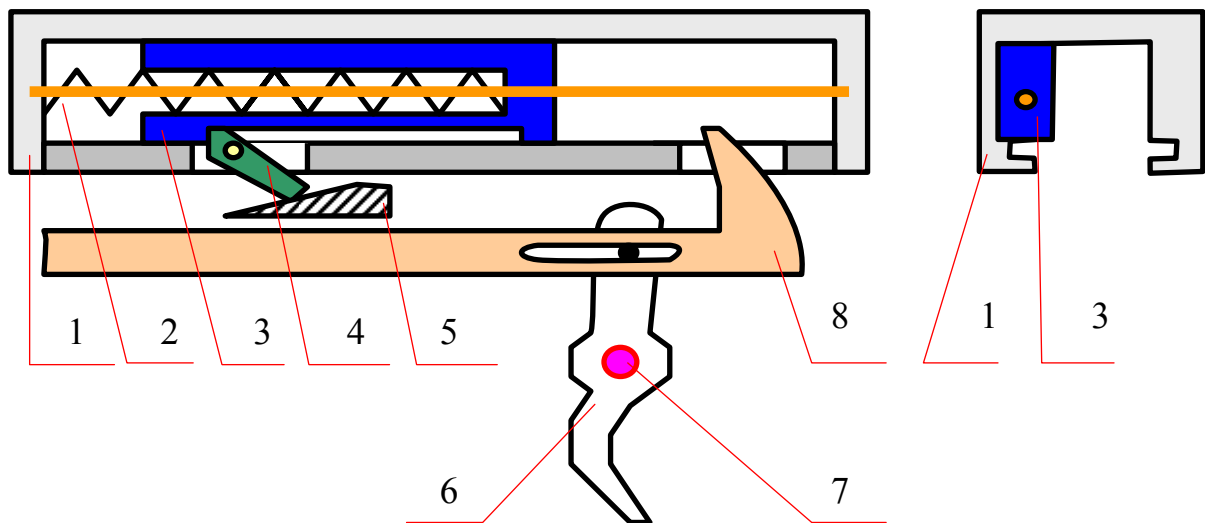
При проектировании АПС И.Я. Стечкин выбрал второй способ. Для пистолетов он имеет следующее преимущество - большую энергию затвора в накате для досылания патрона, а, следовательно, большую надежность работы в затрудненных условиях.

Заметим, что первый способ тоже был реализован И.Я. Стечкиным при проектировании опытного пистолета-пулемета "Клин".

Анализ вариантов конструкции замедлителя темпа

Обеспечение заданного времени выстоя затвора в крайнем переднем положении до начала очередного выстрела предполагает наличие специального механизма - замедлителя темпа стрельбы. Были проанализированы следующие варианты замедлителей.

1. Замедлитель расположен вдоль боковой стенки затвора (Рис.55).



- 1 - затвор; 2 – пружина замедлителя с направляющим стержнем; 3 – замедлитель; 4 – шептало замедлителя на затворе; 5 – выступ на рамке пистолета; 6 – спусковой крючок; 7 – ось спускового крючка; 8 – спусковая тяга.

Рис. 55 Принципиальная схема варианта конструкции замедлителя.

При ударе затвора 1 в крайнем заднем положении замедлитель 3 продолжает двигаться назад относительно затвора 1, сжимая пружину 2, и становится на шептало 4. При приходе затвора 1 в крайнее переднее положение шептало 4, взаимодействуя с выступом 5 на рамке пистолета, освобождает замедлитель 3. Он начинает перемещаться относительно затвора 1 и в конце своего хода ударяет по спусковой тяге 8, которая, воздействуя на шептало курка, освобождает курок.

Хотя при проектировании пистолета И.Я. Стечкиным этот вариант замедлителя был отвергнут из-за недостатка места в затворе для размещения в нем замедлителя с необходимыми для надежной работы характеристиками, но эта конструкция имеет одно принципиальное преимущество.

Масса замедлителя "включена" в массу затвора. Для нормального функционирования оружия свободный затвор должен иметь определенную расчетом массу, а постановка замедлителя именно в затвор позволяет снизить массу остальной части затвора. То есть можно сконструировать оружие так, что постановка замедлителя темпа стрельбы не утяжелит его. Возможная область применения такой конструкции замедлителя темпа стрельбы - пистолет-пулемет.

Анализ этой "неудачной" конструкции замедлителя может натолкнуть конструктора на постановку следующей изобретательской задачи (т.е. задачи, содержащей техническое противоречие).

Для увеличения надежности работы замедлителя темпа стрельбы желательно увеличить среднюю силу пружины, однако при этом уменьшается время работы замедлителя, что нежелательно. Что делать?

Обратимся к алгоритму АРИЗ-85В. Запись основных шагов алгоритма при решении данной задачи может быть следующей.

1.1. ТС для замедления темпа стрельбы включает в себя: замедлитель, пружину замедлителя, шептало замедлителя.

ТП-1. Если среднее усилие пружины замедлителя велико, то замедлитель работает надежно, но мало время работы замедлителя.

ТП-2. Если среднее усилие пружины мало, то время работы замедлителя нормальное, но надежность работы неудовлетворительная.

1.2. Изделие - замедлитель, инструмент - пружина.

1.4. Выбираем ТП-1.

1.5. Среднее усилие пружины очень велико, при этом время работы замедлителя мало.

1.6. Дано: замедлитель (масса) и сильная пружина замедлителя. Сильная пружина замедлителя приводит к очень малому времени работы замедлителя. Вводимый для решения задачи икс-элемент должен обеспечить большое время перемещения замедлителя под действием сильной пружины.

2.1. Оперативная зона - пространство, захватываемое замедлителем при его движении.

2.2. Оперативное время. Конфликтное время T_1 - время движения замедлителя вперед под действием пружины. Время до конфликта T_2 - время взведения замедлителя и его выстоя на шептале.

2.3. Вещественно-полевые ресурсы.

Наименование элемента	Вещественные	Полевые	Пространственные	Временные
Замедлитель	сталь	кинетическая энергия	пространство за движущимся замедлителем	время работы замедлителя
Пружина	сталь	кинетическая, потенциальная энергия	пространство внутри пружины	
Внешняя среда	воздух	давление	пространство внутри пружины	

3.1. ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, увеличивает время замедления, сохраняя большую среднюю силу пружины.

3.3. Физические противоречия.

3.3.1. Замедлитель должен быть массивным, чтобы обеспечить большое время замедления (T_1) и не должен быть массивным, чтобы не увеличивать вес пистолета.

3.3.2. Ход замедлителя должен быть большим, чтобы обеспечивать заданное время замедления при сильной пружине, и должен быть маленьким из-за ограниченности габаритов затвора.

3.5. Варианты ИКР-2. В качестве икс-элементов используются вещественно-полевые ресурсы системы.

1. Замедлитель малой массы сам движется медленно под действием сильной пружины.

2. Пространство за движущимся замедлителем обеспечивает большое время замедления (T_1) при сильной пружине и движении замедлителя с большой скоростью.

3. Воздух за и перед движущимся замедлителем обеспечивает большое время замедления при сильной пружине.

4.3. Использование вещественно-полевых ресурсов для решения задачи.

1. Чтобы замедлитель малой массы двигался медленно под действием сильной пружины, необходимо:

- ввести между замедлителем и пружиной механизм с большим передаточным отношением;

- ввести большую приведенную массу замедлителя при малой физической массе. Например, ввести винтовые направляющие для замедлителя.

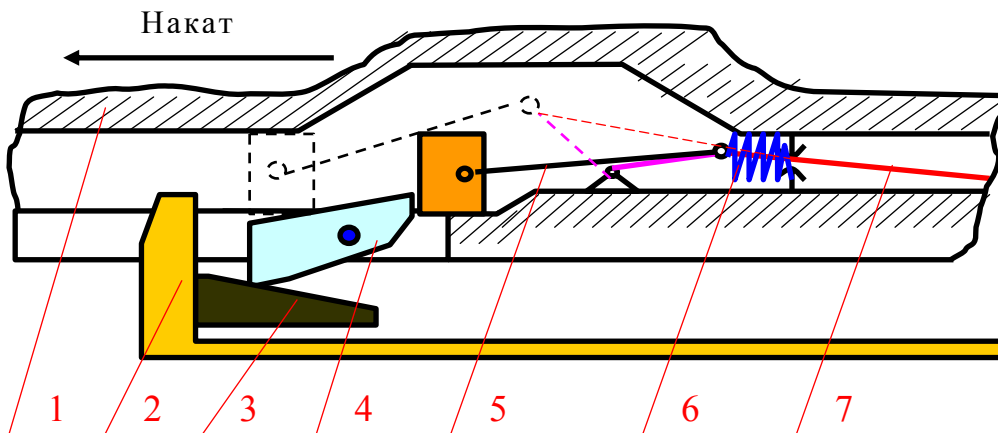
2. Ход замедлителя в ограниченном пространстве (оперативная зона), может быть большим, если замедлитель перемещается вперед-назад.

3. Воздух может замедлять движение замедлителя, если он вынужден выходить через малое отверстие (пистолет-пулемет "Суоми", МП-40).

5.3. Разрешение физических противоречий (ФП) с помощью типовых преобразований.

ФП-3.3.1. можно разрешить посредством системного перехода - разделение во времени:

Часть времени замедлитель движется с малым ускорением, а часть - с большим. Технически это можно реализовать, поместив между пружиной и замедлителем механизм с переменным передаточным отношением, например, кривошипно-шатунный механизм (Рис.56).



1 - затвор; 2 - спусковая тяга замедлителя; 3 - выступ на рамке пистолета; 4 - шептало замедлителя на затворе; 5 - замедлитель - кривошипно-шатунный механизм; 6 - пружина; 7 - направляющий стержень.

Рис. 56 Принципиальная схема варианта конструкции замедлителя в виде кривошипно-шатунного механизма.

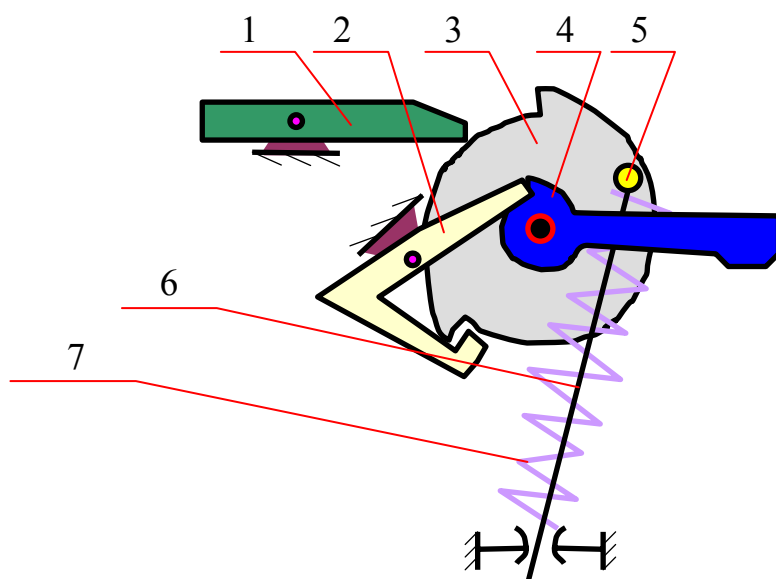
В начале работы замедлителя кривошипно-шатунный механизм находится в положении, близком к "мертвой" точке, поэтому ускорение замедлителя маленькое, затем по мере ухода от "мертвой" точки ускорение возрастает, несмотря на уменьшения усилия со стороны разжимающейся пружины.

ФП-3.3.2. можно разрешить системным переходом 1б - сочетание системы с антисистемой. В данном случае - это движение замедлителя вперед-назад.

Как видно из сравнения решений по пунктам 4.3 и 5.3 часть решений совпадает. В дальнейшем приемлемость того или иного варианта замедлителя определяется расчетами и конструкторскими проработками.

Вариант конструкции вращающегося замедлителя

Вторым вариантом, рассмотренным И.Я. Стечкиным, был вариант постановки вращающегося замедлителя на одной оси с курком (Рис.57). При откате затвора он взводит как курок 4, так и замедлитель 3. Курок 4 становится боевым взводом на шептало 2, а замедлитель 3 боевым взводом - на шептало замедлителя 1. При приходе затвора в крайнее переднее положение он поворачивает шептало 1, освобождая замедлитель 3. Замедлитель вращается под действием пружины 7 против часовой стрелки. В конце вращения выступ 2 замедлителя, воздействуя на шептало курка 3, поворачивает его, освобождая курок.



1 - шептало замедлителя; 2 - шептало курка пружина; 3 - замедлитель; 4 - курок; 5 - ось направляющего стержня пружины; 6 - направляющий стержень; 7 - пружина.

Рис. 57 Принципиальная схема вращающегося замедлителя

Недостатки у данной конструкции оказались те же, что и у предыдущей: малый момент инерции и малый угол поворота замедлителя, следовательно, слишком малая для надежной работы замедлителя средняя сила пружины.

Штатный замедлитель пистолета АПС

Оба предыдущих варианта конструкции замедлителя темпа стрельбы были отвергнуты из-за малой надежности, обусловленной малой массой (моментом инерции) замедлителя и малой средней силой пружины при ограниченном ходе (угле поворота) замедлителя.

По результатам анализа предыдущих вариантов конструкций И.Я. Стечкиным были сформулированы основные требования к замедлителю из условия достаточной надежности работы: большая масса замедлителя, большой ход, большая средняя сила пружины. Такой замедлитель нельзя было расположить в затворе, оставались два "свободных" места - рукоятка и подствольное пространство.

И.Я. Стечкин разместил замедлитель с требуемыми характеристиками в рукоятке за магазином. Здесь конструктору мог бы пригодиться один из приемов разрешения технических противоречий - принцип перехода в другое измерение, то есть движение замедлителя по другому направлению - параллельно оси рукоятки.

Кроме этого, при постановке замедлителя в рукоятку решение задачи об увеличении времени замедления использованием движения замедлителя как вниз так и вверх очевидно.

Замедлитель работает следующим образом (Рис. 58).

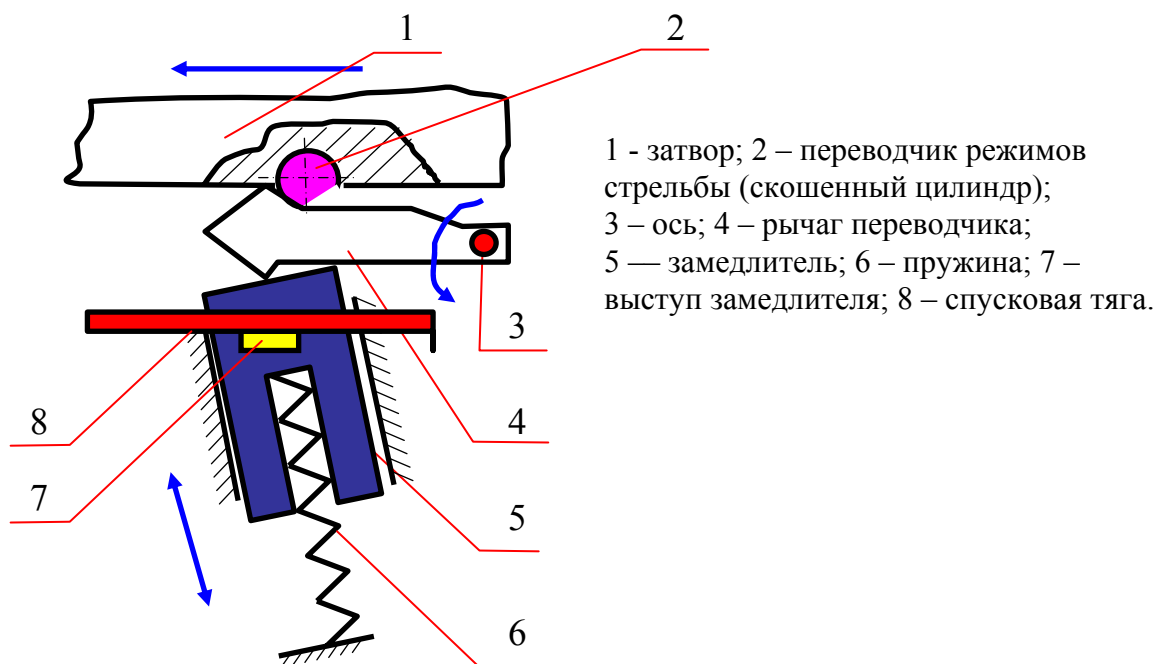


Рис. 58 Первый вариант замедлителя АПС

В начале отката затвор 1 переводчиком 2 через рычаг 4 разгоняет замедлитель 5. Он в конце движения вниз ударяется о рамку пистолета и движется вверх. Дойдя до крайнего верхнего положения, замедлитель после нескольких отскоков останавливается. В конце наката затвора переводчик 2 вторично разгоняет замедлитель 5, который движется вниз, ударяется в нижнем положении о рамку пистолета, движется вверх и в конце подъема бьет снизу по спусковой тяге. При этом спусковая тяга воздействует на шептало, и курок освобождается. Происходит следующий выстрел.

Основные преимущества данной конструкции замедлителя.

1. Характеристики замедлителя обеспечивают надежность его функционирования.
2. Увеличение времени замедления за счет движения замедлителя вниз и вверх.
3. Кроме своего прямого назначения такая конструкция замедлителя дает еще дополнительный положительный эффект. Система затвор-замедлитель в начале отката работает как полусвободный затвор, так как к массе затвора через рычаг присоединения масса замедлителя. Следовательно, скорость затвора в начале отката уменьшается. Например, скорость затвора в крайнем заднем положении без замедлителя равна 4 м/с, а с замедлителем - 3 м/с.

Исследование причин ненадежной работы переводчика в опытном образце АПС

В процессе испытаний АПС был выявлен самопроизвольный перескок переводчика из положения для автоматической стрельбы в положение для одиночной стрельбы.

Установление причины этого является исследовательской задачей. Основная рекомендация ТРИЗ в этом случае заключается в том, чтобы перевести исследовательскую задачу в изобретательскую. Решением исследовательской задачи является ответ на вопрос: "Как объяснить наблюдаемое явление?" Решением изобретательской задачи в этом случае будет ответ на вопрос: "Каким образом обеспечить получение данного явления?"

В данном случае изобретательская задача формулируется так: "Каким образом можно обеспечить самопроизвольный перевод переводчика из положения для автоматической стрельбы в положение для одиночной стрельбы?" При этом никаких изменений и дополнений в системе не допускается. Необходимый эффект должен быть получен только за счет внутренних вещественно-полевых ресурсов системы.

Для решения данной задачи используем алгоритм АРИЗ-85В. Вот запись основных шагов.

1.1. ТС для перевода переводчика включает: переводчик, рычаг переводчика, затвор, фиксирующая пружина переводчика (здесь перечислены только те элементы, с которыми непосредственно взаимодействует переводчик).

ТП-1. Если сила взаимодействия переводчика с рычагом проходит через ось вращения переводчика, то вращения не происходит, но на практике происходит (перевод переводчика) движение переводчика по часовой стрелке (Рис. 59).

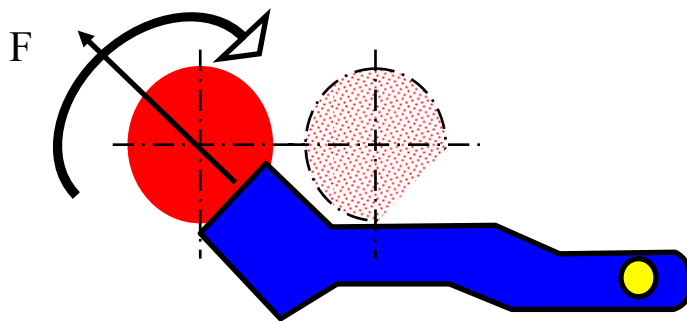


Рис. 59

ТП-2. Если сила взаимодействия переводчика с рычагом проходит ниже оси вращения переводчика, то вращение будет происходить всегда, но поворот переводчика происходит редко.

1.2. Изделие - переводчик, инструмент - рычаг замедлителя.

1.4. Главным производственным процессом в данной задаче является поворот переводчика, выбираем ТП-2.

ТП. Поворот переводчика возможен при наличии значительного момента сил, действующих со стороны рычага, но по чертежу (Рис. 59) сила взаимодействия между рычагом и переводчиком проходит через ось переводчика и не создает вращающего момента.

1.6. Даны: переводчик и рычаг замедлителя. Чтобы обеспечить поворот переводчика рычаг должен взаимодействовать с ним так, чтобы линия действия силы не проходила через ось вращения переводчика, но взаимное расположение рычага и переводчика перед взаимодействием такое, что, согласно чертежу, сила взаимодействия проходит через ось переводчика. Икс-элемент должен обеспечить такое взаимодействие рычага и переводчика, чтобы сила не проходила через ось вращения переводчика при сохранении взаимного положения деталей перед взаимодействием согласно чертежу.

2.1. Оперативная зона-область контакта рычага и переводчика.

2.2. Оперативное время - конфликтное время - время взаимодействия рычага и переводчика в начале отката затвора.

2.3. Вещественно-полевые ресурсы

Наименование вещества-носителя ресурса	Вещественные	Полевые	Внутрисистемные поля взаимодействия веществ	Пространственные
Переводчик	сталь	кинетическая энергия поступательного движения	сталь - сталь (прихват при высоких температурах, силы трения)	геометрия переводчика
Рычаг замедлителя	сталь	кинетическая энергия вращения		геометрия замедлителя положение замедлителя
Внешне системные ресурсы	Воздух, вода, пыль, смазка	давление, увеличение трения		теплоперенос

3.1. ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не изменяя систему, вызывает в оперативной зоне в течение конфликтного времени возникновение значительного момента сил, поворачивающего переводчик, сохраняя взаимное положение деталей согласно чертежу.

3.2. Вещественно-полевые ресурсы, абсолютно не изменяя систему, вызывают в оперативной зоне в течение конфликтного времени возникновение момента сил, поворачивающего переводчик, сохраняя взаимное положение деталей согласно чертежу.

Здесь в формулировку ИКР-1 вместо слов "вещественно-полевые" ресурсы необходимо последовательно поставить наименование ресурса и выбрать варианты, имеющие смысл. Например:

- кинетическая энергия вращения рычага;
- сила трения между рычагом и переводчиком;
- пыль и т.д.

3.3. Физическое противоречие

Линия действия силы должна проходить через ось вращения переводчика, согласно чертежу, и не должна проходить через ось вращения, чтобы поворачивать переводчик.

4.1. Моделирование маленькими человечками (Рис. 60.)

4.3. Варианты решения задачи применением вещественно-полевых ресурсов:

- силы трения, возникающие между переводчиком и рычагом создают момент, поворачивающий переводчик;
- грязь, попадающая в зону контакта, может изменить точку приложения силы взаимодействия;
- грязь, пыль в сочетании с кинетическим полем относительного движения рычага и переводчика могут привести к износу поверхностей контакта и нарушению их геометрии;
- кинетическое поле рычага, возникающее при отскоке замедлителя после удара в крайнем верхнем положении, может привести к тому, что в момент взаимодействия рычаг не находится в крайнем верхнем положении.

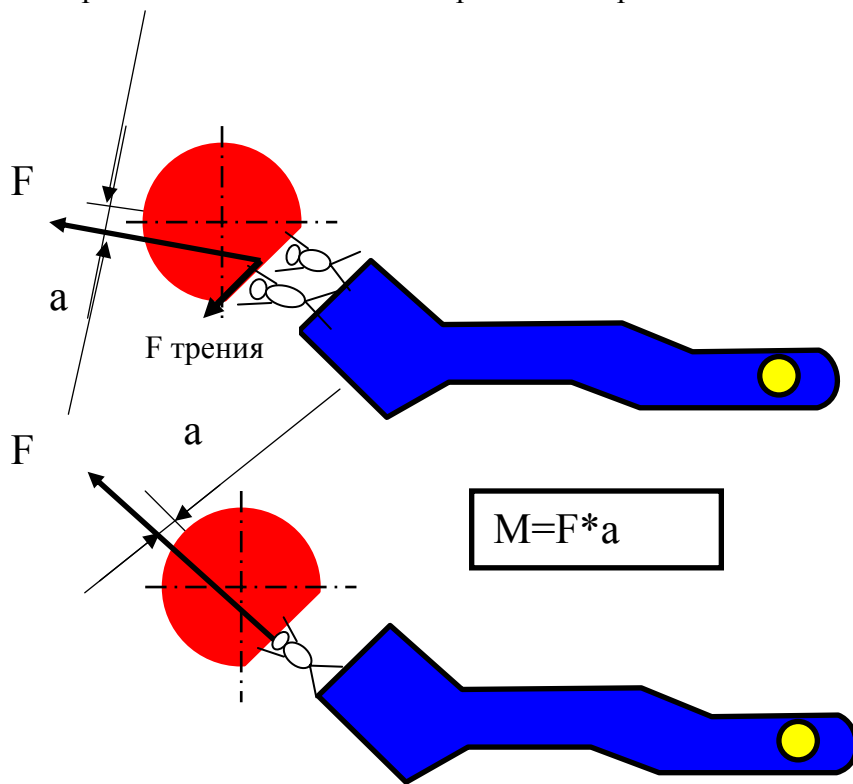


Рис. 60 Моделирование маленькими человечками.

7.4. Для проверки выдвинутых гипотез необходимо провести следующие эксперименты:

- при экспериментальных стрельбах не доводить рычаг до крайнего верхнего положения, чтобы искусственно создать размер "а" (Рис. 60.);
- сравнить результаты при стрельбе из сильно загрязненного в месте контакта переводчика с рычагом оружия с результатами при стрельбе из чистого, хорошо смазанного оружия;
- сравнить результаты стрельбы из нового и прошедшего испытания на живучесть оружия.

В результате испытаний, а также анализа, проведенного И. Я Стечкиным, выяснилось, что причиной поворота переводчика было изменение геометрии контактирующих поверхностей вследствие их износа.

Устранение причины ненадежной работы переводчика

Перед конструктором встала проблема устранения отмеченного недостатка. Необходимо было разрешить следующее ФП: переводчик должен контактировать с рычагом замедлителя, так как он должен разгонять замедлитель через рычаг, и не должен контактировать, чтобы не создавался вращающий момент, вызывающий поворот замедлителя из положения для автоматической стрельбы в положение для одиночной стрельбы.

По классификации ТРИЗ ТП, содержащееся в задаче, - это сопряженное действие, то есть полезное воздействие переводчика на рычаг (для разгона замедлителя) сопровождается вредным действием рычага на переводчик (износ поверхности контакта). Для решения данного класса задач в ТРИЗ имеется стандарт 1.1.7, который сформулирован так. Если нужно обеспечить максимальный режим действия на вещество (на переводчик для разгона через рычаг замедлителя), а это по некоторым причинам (износ поверхности и нарушение ее геометрии) недопустимо, максимальное действие следует сохранить, но направить его на другое вещество, связанное с первым. Таким "веществом", связанным с переводчиком является только затвор. В конструкции АПС так и сделано: на затворе выполнен выступ, разгоняющий через рычаг замедлителя при любом режиме стрельбы, а переводчик только ограничивает верхнее положение рычага замедлителя при одиночной стрельбе (Рис. 61).

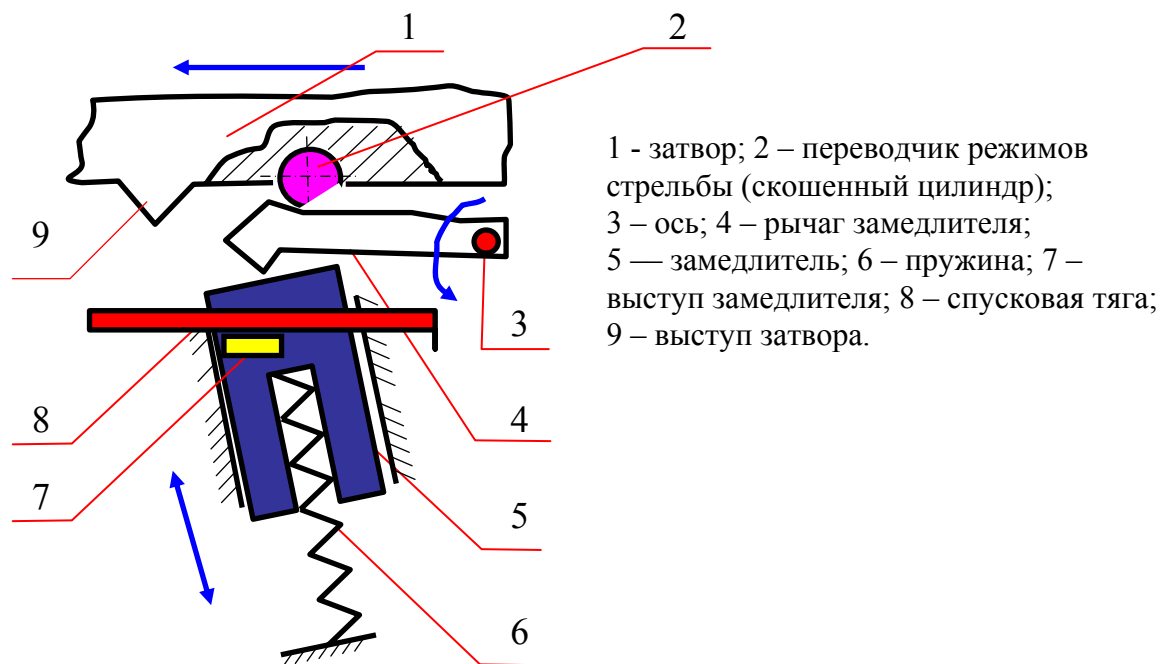


Рис. 61 Замедлитель пистолета АПС

Проектирование магазина

При изготовлении опытного образца АПС выяснилось, что если в магазине более 14 патронов, то верхний патрон не прижимается полностью к загибам магазина, его передняя часть опущена вниз, что исключало нормальное досылание патрона. При увеличении усилия поджатия пружины магазина это явление сохранялось. Угол наклона оси рукоятки к оси канала ствола составлял 72 градуса.

Причина возникновения момента выявляется в результате анализа приложенных к патронам сил (Рис. 62.). Перенос силы пружины F к верхнему патрону приводит к возникновению момента $M=F \cdot a$, под действием которого передняя часть патрона опустится, делая невозможным досылание патрона.

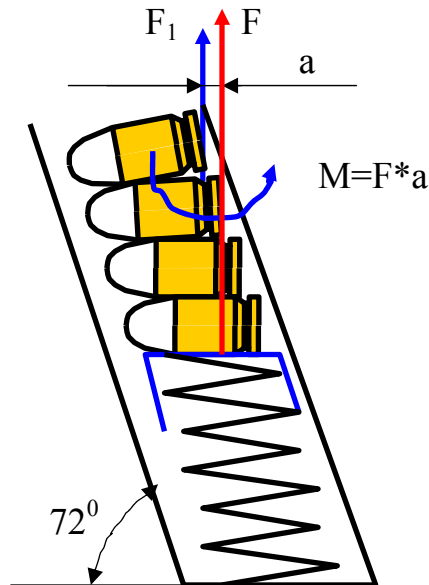


Рис. 62

Для предотвращения этого явления, которое И.Я. Стечкин называет "опрокидыванием" патронов, он увеличил угол между осью канала ствола и осью рукоятки с 72 до 80 градусов. Однако это явление полностью не исчезло, а дальше увеличивать угол наклона рукоятки было нельзя по эргономическим соображениям. Возникла изобретательская задача: как предотвратить "опрокидывание" патронов при неизменном угле наклона рукоятки?

Обратимся к АРИЗ-85В.

1.1. ТС для подачи патронов на линию досылания включает: патроны, подаватель, пружину магазина, корпус магазина.

ТП-1. Если угол наклона рукоятки маленький (70-80 градусов), то стрелять удобно, но наблюдается опрокидывание патрона при полном магазине, так как линия действия силы со стороны пружины не проходит через нижнюю поверхность верхнего патрона.

ТП-2. Если угол наклона рукоятки большой (80-90 градусов), то опрокидывание патрона не наблюдается, но стрелять неудобно.

1.2. Изделие - верхний патрон, инструмент - отсутствующий поддерживатель.

1.4. Выбираем ТП-1, так как увеличивать угол наклона рукоятки нельзя.

1.6. Дано: верхний патрон и отсутствующий поддерживатель патрона. Конфликт: отсутствующий поддерживатель не поддерживает переднюю часть верхнего патрона. Икс-элемент должен, сохраняя способность отсутствующего поддерживателя не усложнять систему, должен поддерживать переднюю часть верхнего патрона.

2.1. Оперативная зона - зона контакта патрона с отсутствующим поддерживателем.

2.2. Оперативное время – время, в течение которого существует ТС.

2.3. Вещественно-полевые ресурсы

Наименование источни-	Веществен-	Полевые	Пространственные
-----------------------	------------	---------	------------------

ка ресурсов	ные		
Ниже лежащие 2 патрона, контактирующие с верхним патроном	Вещество патронов	Кинетическая энергия при подъеме патронов	Взаимное положение патронов
Пружина подавателя	Сталь	Потенциальная энергия пружины	Пространство внутри пружины
Стенки магазина	Сталь		Геометрическая форма

3.1. ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему, обеспечивает поддержку передней части верхнего патрона.

3.2. Усиленная формулировка ИКР-1.

1. Ниже лежащие патроны, абсолютно не усложняя систему, обеспечивают поддержку передней части верхнего патрона.

2. Стенки магазина, абсолютно не усложняя систему, обеспечивают поддержку передней части верхнего патрона.

3. Взаимное положение нижних патронов обеспечивает поддержку передней части верхнего патрона, абсолютно не усложняя систему.

4. Геометрическая форма стенок магазина обеспечивает поддержку передней части верхнего патрона, абсолютно не усложняя систему.

3.3. Физические противоречия

1. Нижележащие патроны должны создавать зазор между своими передними частями и передней частью верхнего патрона и не должны этого делать, так как пружина поджимает все патроны друг к другу.

2. Стенки магазина должны прижимать переднюю часть верхнего патрона к загибам магазина и не должны прижимать, так как нормаль к стенке магазина перпендикулярна к направлению прижатия.

3. Взаимное положение нижних патронов должно прижимать переднюю часть верхнего патрона к загибам магазина, и не может это сделать при существующем взаимном расположении патронов.

4.1. Моделирование маленькими человечками. На рисунках 63-65 показаны действия маленьких человечков для поддержания верхнего патрона при разрешении физических противоречий 1 - 3.

Интерпретация действий маленьких человечков.

Размер "а" (Рис.64) магазина должен быть меньше длины патрона, размер "б" должен быть равен длине патрона, тогда верхний патрон передним своим торцом будет опираться на переднюю стенку магазина и не "опрокинется". Такой вариант решения этой задачи реализован в однорядном магазине пистолета "Парабеллум".

Необходимо "перестроить" положение передних частей патронов как показано на рисунке 65. Для этого в реальной конструкции необходимо сделать выштамповки на боковых поверхностях магазина в его верхней передней части. Это решение было реализовано в штатном магазине АПС.

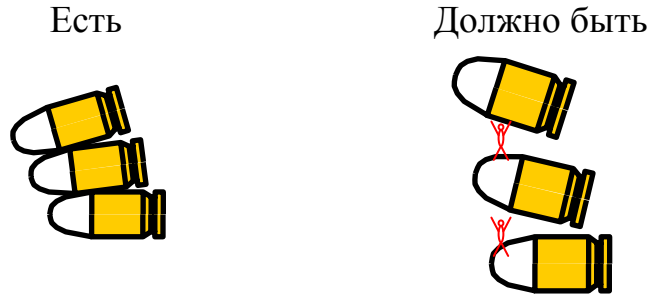


Рис. 63

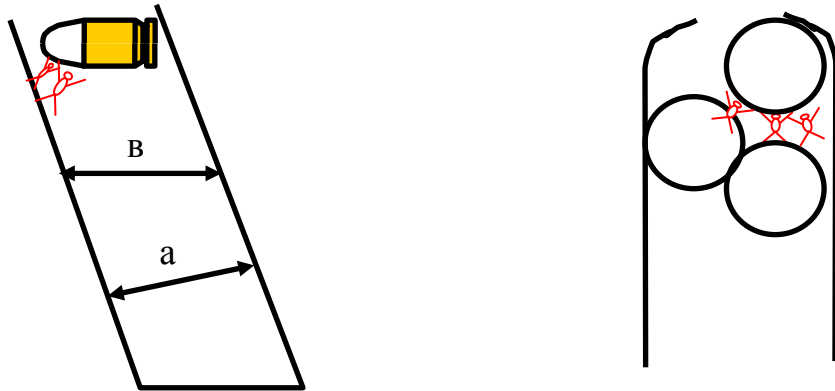


Рис. 64.

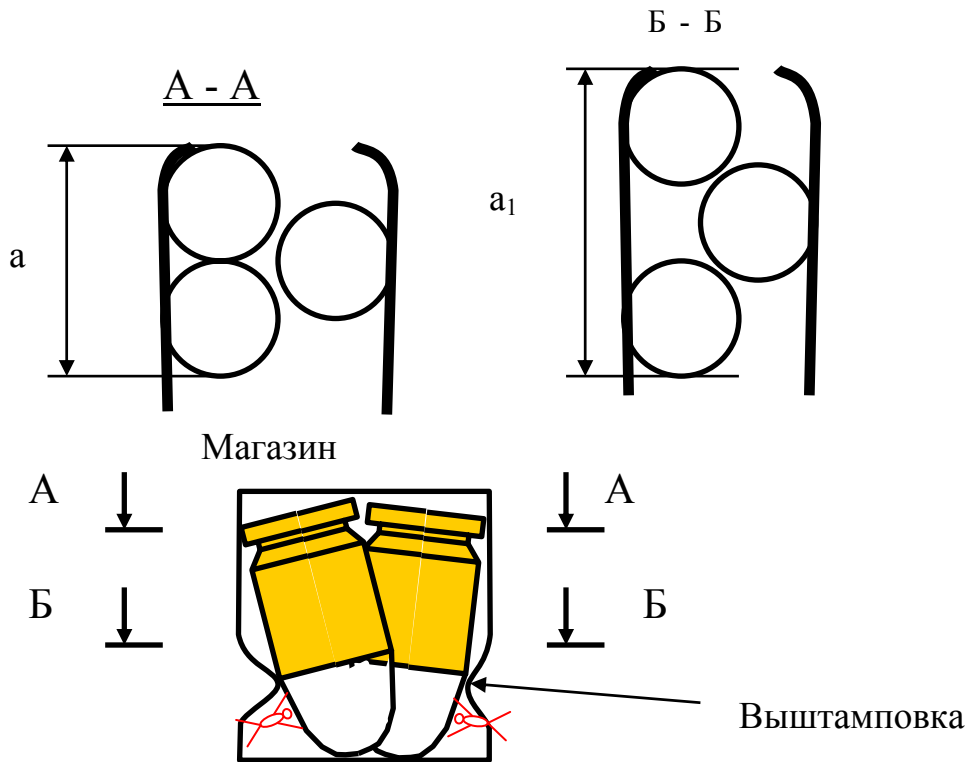


Рис. 65.

Предотвращение "двойного досылания"

В процессе испытаний выяснилось, что при ударе затвора в крайнем переднем положении происходили задержки, называемые И.Я. Стечкиным "двойным досыланием". Осмотр пистолета после такой задержки показал, что один

патрон уже находится в патроннике, а затвор пытается досылать второй патрон.

Очевидно, что первый патрон досылается самостоятельно без помощи затвора.

Переведем исследовательскую задачу выяснения причины этого в изобретательскую задачу. Каким образом обеспечить самопроизвольное досылание патрона?

С точки зрения одного из разделов ТРИЗ - вепольного анализа имеется неполный веполь, состоящий из двух веществ. Первое вещество - досылаемый патрон, второе вещество - направляющие поверхности (магазина, рамки, патронника), с которыми контактирует досылаемый патрон. Обратимся к стандарту 1.1.1., который гласит: если дан объект, плохо поддающийся нужным изменениям, и условия задачи не содержат ограничения на введение веществ и полей, задачу решают синтезом веполя, вводя недостающие элементы.

В неполном веполе недостает поля, которое бы перемещало досылаемый патрон. Особенностью решения исследовательских задач является то, что необходимое нам поле надо найти в уже существующей системе. Поле должно являться внутренним ресурсом системы. Этим полем может быть только кинетическая энергия движущегося затвора, однако пока неясно как оно может досылать патрон, ведь затвор не должен контактировать с досылаемым патроном.

Обратимся к АРИЗ-85В.

1.1. ТС для досылания патрона включает в себя: патрон, направляющие магазина, патронник, затвор.

ТП-1. Если затвор контактирует с патроном для его перемещения в патронник, то двойного досылания не происходит.

ТП-2. Если затвор не контактирует с патроном для его перемещения в патронник, то происходит двойное досылание.

1.2. Изделие - патрон, инструмент - затвор.

1.4. Выбираем ТП-2.

1.6. Конфликтующая пара: патрон и не контактирующий с ним затвор. Не контактирующий затвор должен обеспечить досылание патрона, но не может этого сделать из-за отсутствия контакта. Икс-элемент должен обеспечить силовую связь между досылаемым патроном и затвором.

2.1. Оперативная зона. Пространство между патроном и затвором.

2.2. Оперативное время. Время от схода затвора с патрона, находящегося в магазине до начала досылания второго патрона.

2.3. Вещественно-полевые ресурсы.

Наименование источника ресурса	Вещественные	Полевые
Затвор	Сталь	Кинетическая энергия отдачи затвора
Патрон	Материалы патрона	
ВПП среды. Магазин	Сталь	Кинетическая энергия отдачи пистолета

3.1. ИКР-1. Икс-элемент, абсолютно не изменяя систему, должен обеспечивать досылание патрона при отсутствии контакта затвора с патроном.

3.2. Усиленные ИКР-1:

1. Кинетическая энергия движения затвора обеспечивает досылание патрона при отсутствии контакта затвора и патрона.

2. Кинетическая энергия отдачи пистолета обеспечивает досылание патрона при отсутствии контакта затвора и патрона.

3.3. Физические противоречия:

1. Затвор в течение оперативного времени должен контактировать с патроном, чтобы передать ему кинетическую энергию, необходимую для досылания и не должен контактировать с патроном, т.к. это происходит в действительности.

2. Рамка пистолета должна двигаться с большим ускорением назад, чтобы обеспечить досылание патрона и не может этого делать, т.к. выстрел уже прошел. Более того, в пистолетах со свободным затвором на рамку передается только усилие со стороны возвратной пружины, а также удар затвора в заднем положении.

4.3. 1. Чтобы обеспечить перемещение патрона затвор должен передать ему часть кинетической энергии через какой-либо промежуточный элемент, контактирующий как с затвором, так и с патроном. При этом этот элемент должен уже присутствовать в конструкции, т.е. он должен быть взят из вещественных ресурсов. Такими элементами являются рамка пистолета и магазин.

2. Чтобы рамка пистолета двигалась с большим ускорением при отсутствии внешних сил, действующих на пистолет, она должна взаимодействовать с какой-либо другой частью системы. Этой частью системы является затвор, а взаимодействием - удар затвора в крайнем заднем положении о рамку.

Таким образом, два варианта ФП привели к одному и тому же решению. Теперь мы можем объяснить "двойное досылание" патронов. Так как в пистолете использован относительно тяжелый затвор, то при его ударе в крайнем заднем положении рамка пистолета мгновенно (ускорения очень велики) приобретает некоторую скорость. Верхний патрон в магазине стремится по инерции остаться на месте, т.е. возникает относительное движение патрона и рамки пистолета, в результате которого происходит инерционное досылание патрона. При приходе затвора в положение, соответствующее началу досылания, он подхватывает из магазина следующий патрон и стремится дослать его в патронник. Возникает явление "двойного досылания".

7.4. Так как решенная задача получена из исследовательской, необходимо указать эксперименты для подтверждения этой гипотезы. Явление двойного досылания не будет происходить, если:

- стрелять из жестко закрепленного оружия;
- обеспечить удар затвора в крайнем заднем положении не в рамку пистолета, а в жесткую преграду, не связанную с пистолетом.

После выяснения причины перед И.Я. Стечкиным встала задача устранить это явление при минимальных изменениях в конструкции пистолета.

С точки зрения вепольного анализа задача формулируется так: дано вещество (патрон) и вредно действующее поле (поле сил инерции, действующих на патрон). Это неполный веполь. По стандарту 1.3.3. достройки веполя необходимо ввести вещество, "оттягивающее" вредное действие поля на себя. Далее по стандарту 1.1.4. рекомендуется использовать в качестве второго вещества внешнюю среду. В рассматриваемом случае - это корпус магазина, точнее его часть, контактирующая с верхним патроном.

Обратимся к основным шагам АРИЗ-85-В.

1.1. Техническая система, предназначенная для предотвращения инерционного досылания патрона в патронник включает магазин, патрон.

ТП-1. Если корпус магазина препятствует движению патрона, то инерционного досылания не происходит, но также не будет происходить и штатного досылания затвором.

ТП-2. Если корпус магазина не препятствует движению патрона, то происходит штатное досылание патрона затвором, но происходит и инерционное досылание.

1.2. Изделие - патрон, инструмент - корпус магазина, так как он контактирует с патроном до начала процесса досылания.

1.4. Выбираем ТП-1.

1.6. Конфликтная пара - патрон, корпус магазина. Корпус магазина не должен препятствовать нормальному досыланию патрона затвором и должен препятствовать инерционному досыланию.

Икс-элемент - должен сохранить возможность досылания патрона затвором и предотвратить инерционное досылание.

2.1. Оперативная зона. Зона контакта со стенками магазина. Пространство перед досылаемым патроном.

2.2. Оперативное время - время от схода затвора с верхнего патрона в магазине при откате до начала досылания патрона затвором.

2.3. Вещественно-полевые ресурсы.

Наименование носителя ресурса	Вещественные	Полевые	Пространственные	Системные
Корпус магазина	сталь	кинетическая энергия движения после удара затвора о рамку	геометрия стенок магазина	сила трения между патроном и загибами магазина
Патрон	материалы патрона			
Внешнесистемные				
Пружина магазина	сталь	сила поджатия верхнего патрона к загибам магазина		
Затвор	сталь	кинетическая энергия движения	геометрия затвора	

3.1. ИКР-1: икс-элемент, абсолютно не усложняя систему, устраняет относительное перемещение патрона и магазина в течение времени соударения затвора с рамкой пистолета, сохраняя способность затвора досылать патрон.

3.2. Усиленная формулировка ИКР-1.

1. См. п.3.1.

2. Геометрия стенок магазина устраняет перемещение патрона относительно магазина во время удара затвора в крайнем заднем положении, не препятствуя досыланию патрона затвором.

3. Сила трения между патроном и загибами магазина, величина которой определяется пружиной магазина, устраняет перемещение патрона относительно магазина при ударе затвора в крайнем заднем положении, не препятствуя досыланию патрона затвором.

4. Кинетическая энергия движения затвора устраняет перемещение патрона относительно магазина при ударе затвора в крайнем заднем положении, не препятствуя досыланию патрона затвором.

5. Затвор устраняет перемещение патрона относительно магазина при ударе в крайнем переднем положении, не препятствуя досыланию патрона затвором.

3.4. Физические противоречия

1. Пространство перед патроном в течение времени удара затвора не должно быть свободно, чтобы предотвратить перемещение патрона относительно магазина и должно быть свободно, чтобы обеспечить досылание патрона затвором.

2. Стенка магазина должна иметь выступ, чтобы предотвращать перемещение патрона относительно магазина вперед и не должна иметь выступ, чтобы не препятствовать досыланию патрона затвором.

3. Сила трения между патроном и загибами магазина должна быть большая, чтобы препятствовать перемещению патрона относительно магазина при ударе затвора в крайнем заднем положении, и не должна быть большая, чтобы затвор мог дослать патрон.

4. Затвор должен иметь выступ, который ограничивает перемещение патрона вперед в момент удара затвора в крайнем заднем положении, и не должен его иметь для нормального досылания.

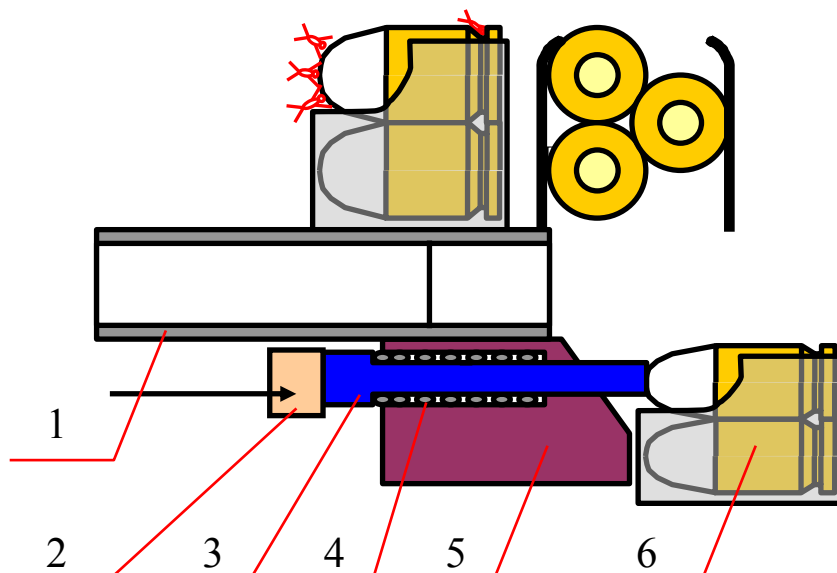
4.1. Моделирование маленькими человечками.

1. Действия человечков во время удара затвора (Рис. 66).

Техническая реализация действия человечков показана на рисунке 67. В момент удара затвора в крайнем заднем положении он, своим выступом 2 воздействует на подпружиненный стержень 3. Стержень 3 ударяет по патрону, придавая ему скорость, равную скорости затвора. Тем самым после удара затвора в крайнем заднем положении скорость движения назад верхнего патрона даже несколько больше скорости движения назад рамки пистолета. Двойное досылание предотвращено.

4.3. Применение смеси ресурсов.

Загибы магазина имеют выштамповки под проточку гильзы (согласно п. 3.4.2), показанные на рисунке 68, чтобы "увеличить силу трения" между патронами и загибами магазина (согласно п. 3.4.3).



1 – ствол; 2 - выступ затвора; 3 – стержень; 4 – пружина;
5 – рамка пистолета; 6 – магазин.

Рис. 67.

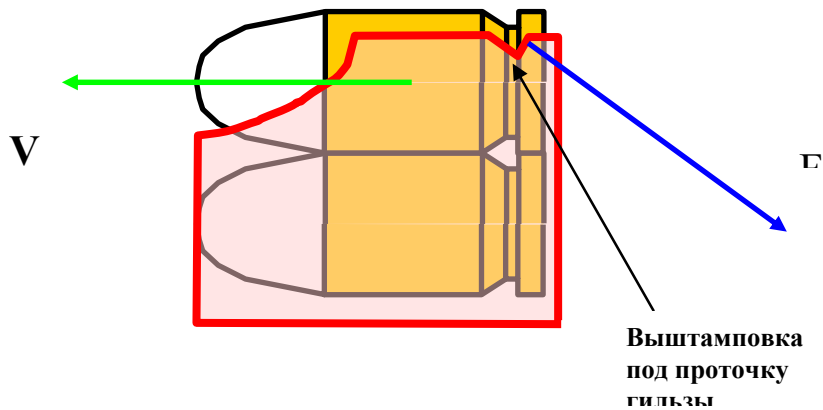


Рис. 68.

1. Такое решение было получено И.Я. Стечкиным. При ударе затвора в крайнем заднем положении выступы на загибах магазина предотвращают инерционное досылание патрона. При досылании затвором он имеет достаточное количество кинетической энергии, чтобы выжать патрон вниз из-за выступа и дослать его.

2. Непосредственно до удара затвора в крайнем заднем положении он своим выступом "притапливает" верхний патрон в магазин так, чтобы после удара верхний патрон, двигаясь по инерции вперед относительно магазина, уперся в его переднюю стенку (Рис. 69.).

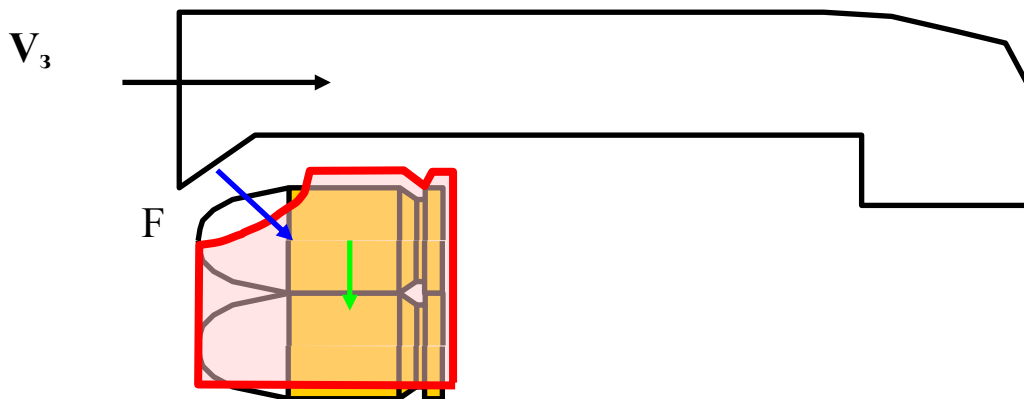


Рис. 69.

Из сравнения представленных вариантов видно, что решения И.Я. Стечкина требуют минимальных доработок пистолета. Такая доработка магазина была сделана и подвергнута испытаниям. При испытаниях выяснилось, что явление двойного досылания патронов не только не исчезло, но стало появляться чаще.

При анализе причины этого выяснилась следующая картина. Во время удара затвора в крайнем заднем положении на верхний патрон со стороны выштамповок на загибах магазина действует сила F (Рис. 68), так как магазин начинает двигаться назад совместно с рамкой пистолета. Под действием этой силы верхний патрон опускается вниз, сообщая нижним патронам скорость, так же направленную вниз. Верхний патрон выходит из-под выштамповок на загибах магазина. При этом нижние патроны, движущиеся вниз, уже не поджимают верхний патрон к загибам магазина. Верхний патрон «повисает в воздухе», при этом рамка с магазином продолжают двигаться назад, в результате чего инер-

ционный досылание патрона стало наблюдаться всегда после первого же выстрела. Нежелательный эффект усилился.

Обычно в аналогичных случаях перед конструктором всегда встает вопрос или отказаться ли от избранного варианта решения, или попытаться каким-либо образом его модернизировать.

И.Я. Стечкин нашел блестящее решение, лишь чуть-чуть изменив предыдущий вариант конструкции.

Непредвиденным вредным явлением при наличии выступов на загибах магазина было то, что при ударе затвора нижние патроны не поджимали верхний к загибам магазина, и исчезала сила трения между ними, которая тормозила верхний патрон. Решим задачу по устранению этого вредного явления по АРИЗ-85 В.

Вот запись основных шагов.

1.1. Техническая система, для остановки патрона в магазине включает в себя: патрон, пружину магазина, загибы магазина, выштамповки на загибах магазина.

ТП-1. Если выштамповки на загибах магазина имеются, то они западают в проточку гильзы верхнего патрона и препятствуют движению патрона вперед при инерционном досылании. Но при ударе затвора выштамповки отжимают патроны вниз, и пружина магазина не поджимает верхний патрон к загибам магазина, чтобы возникающая сила трения препятствовала бы инерционному досыланию патрона.

ТП-2. Если выштамповок на загибах магазина нет, то они не отжимают патроны вниз при ударе и пружина магазина прижимает верхний патрон к загибам магазина, создавая силу трения между ними. Но отсутствующие выштамповки не препятствуют движению патрона вперед при инерционном досылании.

1.2. Изделие - патрон. Инструмент - выштамповки на загибах магазина.

1.4. Выбираем ТП-1.

1.6. Дано: патрон и выштамповки загибов магазина. Выштамповки магазина способствуют предотвращению инерционного досылания патрона, но отжимают при ударе патрон вниз. Икс-элемент должен предотвратить отжимание выступами загибов патрона вниз.

2.1. Оперативная зона - зона контакта патрона с загибами магазина и выштамповками на загибах магазина.

2.2. Оперативное время. Время конфликта - время удара, время после конфликта - время от конца удара до начала досылания патрона.

2.3. Вещественно-полевые ресурсы.

Наименование носителя ресурсов	Вещественные	Полевые
Загибы магазина	сталь	силы упругости
Патрон	материалы патрона	поле скоростей относительно магазина после удара затвора

3.1. Икс-элемент, абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет в течение времени удара отжатие выштамповками загибов магазина патрона от загибов магазина, сохраняя сами выштамповки загибов магазина.

3.2. 1. Силы упругости стенок магазина устраняют отжатие выштамповками (загибов магазина) патрона от загибов магазина, сохраняя сами выштамповки загибов магазина.

3.2. 2. Движение патрона после удара устраняет отжатие выштамповками загибов магазина патрона от загибов, сохраняя торможение патрона выштамповками магазина.

3.3. Выштамповки загибов магазина в течение оперативного времени должны быть, чтобы тормозить (фиксировать) патрон при инерционном досылании и не должны быть, чтобы не отжимать патроны вниз во время удара затвора в крайнем заднем положении.

5.3. Физическое противоречие разрешается разделением противоречивых свойств во времени.

Выштамповок загибов магазина не должно быть во время удара затвора, чтобы не утапливать патрон вниз и они должны быть после удара, чтобы фиксировать верхний патрон, предотвращая инерционное досылание. Такое решение предполагает наличие подвижных выштамповок загибов магазина, т.е. надо ввести какой-нибудь механизм, приводящий их в движение. Однако, используя внутрисистемный ресурс - поле скорости патрона при инерционном досылании, можно реализовать разделение противоречивых свойств во времени с помощью разделения противоречивых свойств в пространстве. Для этого необходимо сместить выштамповки загибов магазина вперед относительно магазина (Рис. 70. а).

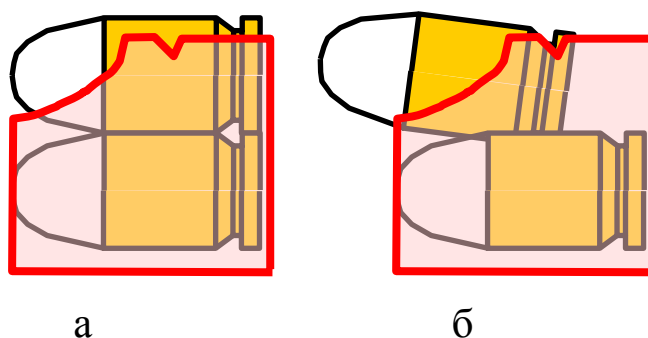


Рис. 70.

В этом случае при ударе затвора в крайнем заднем положении патрон по инерции движется вперед относительно магазина, при этом пружина магазина поджимает его к загибам и подтормаживает его движение. Когда проточка магазина совместится с выштамповками загибов, пружина приподнимает патрон вверх, и он фиксируется. При подходе к патрону, затвор за счет своей большой кинетической энергии срывает патрон с выштамповок и досылает его.

Интересно отметить и побочный положительный эффект, возникающий при такой конструкции загибов магазина. Патрон, зафиксированный на выштамповках загибов, стоит под углом к оси канала ствола более благоприятным для досылания (Рис. 70. б).

Заключение

1. На примере отработки пистолета АПС показана возможность решения технических задач, возникающих при проектировании стрелково-пушечного вооружения с помощью методологии ТРИЗ.

2. Методология ТРИЗ позволяет получать набор решений, некоторые из которых могут быть использованы не только при проектировании конкретного

образца стрелково-пушечного вооружения, но и составить фонд технических решений, применение которых целесообразно и в технических системах других классов.

Морфологическая таблица вариантов запираания

Таблица 1

Вид движения при запираании / Запирающая деталь	Неподвижна Б ₁	Вращение вокруг оси ствола Б ₂	Вращение вокруг оси, перпендикулярной оси ствола Б ₃	Поступательное движение в плоскости перпендикулярной оси ствола Б ₄	Вращение вокруг оси, параллельной оси ствола Б ₅
Затвор А ₁	Дульнозарядное оружие	Запирание поворотом затвора Винтовки Маузера, Мосина, автоматы Калашникова, пушки 2А42, 2А72? АО-18	Запирание перекосом затвора Винтовка Токарева, карабин СКС, пулеметы ZB-29, ZB-53	Клиновое запираание затвором Пулеметы НСВ, А-12,7, пушки ГШ-23, АМ-23, 9А-4071	Винтовка Крнка, карабин Верндля
Ствол А ₂	Дульнозарядное оружие	Запирание поворотом ствола Пистолет «Шгейер», опытный автомат И. Я. Стечкина «Модерн»	Запирание перекосом ствола Пистолеты Браунинга, Кольта, Токарева	Клиновое запираание стволом Пистолет «Кольт-Браунинг»	Револьверное оружие, винтовки Грина
Специальная деталь А ₃	Дульнозарядное оружие	Запирание поворотом ствольной муфты Пулеметы МГ-15, МГ-17, пушка МГ-131	Запирание разведением боевых упоров (пулеметы Дегтярева -ДП,РПД, ДШК); пулемет «Миниган», пистолет Р-38 «Вальтер» Автомат Федорова	Клиновое запираание клином Автоматическая винтовка Симонова, самозарядные охотничьи ружья Браунинга, ТОЗ-87	