

УДК 623.4; 658.512

DOI: 10.22213/2413-1172-2020-3-5-14

**Системные методы исследования конструкций стрелкового оружия****С. А. Алексеев**, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*При проектировании сложных технических систем, к которым относятся образцы вооружения, в последнее время особое значение приобрел новый методологический подход, называемый системным. Под методологией обычно понимается совокупность приемов, а также математический аппарат научных исследований, которые имеют определенную общность и сохраняют свое практическое значение в течение всего процесса проектных работ. Основными приемами системной методологии являются: описание системы в виде иерархически упорядоченной структуры путем построения морфологического и функционального дерева, разделение объектов на систему и окружающую среду, декомпозиция функций и структуры системы. При исследовании систем в зависимости от целей применяются макроскопический либо микроскопический методы.*

*На примерах из области стрелкового оружия проиллюстрированы основные ключевые понятия и основные положения системного анализа. Рассмотрены методы и подходы, применяемые на различных стадиях исследования и проектирования систем вооружения. Автоматическое оружие представлено в виде многоуровневой структуры, состоящей из подсистем, каждая из которых имеет свое функциональное назначение. Приведены примеры построения морфологического дерева и дерева функций.*

*Показано, что на ранних стадиях проектирования объекта эффективен макроскопический подход в сочетании с функционально-структурным методом исследования. При таком подходе не определены однозначно принцип действия, состав и структура объекта, а заданы только функции, которые он должен выполнять. Это дает возможность исследователю находить новые технические решения. На стадии технического проектирования, когда определены принцип действия и структура объекта, применяется микроскопический подход и структурно-функциональный анализ с целью повышения качества объекта, например, при модернизации образцов вооружения.*

**Ключевые слова:** проектирование, стрелковое оружие, техническая система, иерархическая структура, функционально-структурный анализ, синтез.

**Введение**

*Описание стрелкового оружия как сложной технической системы с использованием основных положений и понятий системного анализа*

**В** работе [1] с позиций системного подхода проанализирована стадия разработки технического задания и этап создания технического предложения, которые являются основными этапами проектирования при формировании облика нового образца стрелкового оружия. Декомпозиция всего процесса проектирования на отдельные этапы – от технического задания до разработки пакета конструкторской документации – приведена в работе [2]. Проведение этих этапов проектирования сопровождается исследованием и анализом как систем-аналогов, так и предлагаемых конструкций.

**Цель исследования** – выявление возможности и эффективности применения системной методологии для исследования систем стрелково-пушечного вооружения. При этом одной из задач данной работы является представление системы оружия в виде иерархической структуры.

Проводимый при проектировании анализ технических систем начинается с описания объекта исследования. Простейшей формой описания является параметрическое описание свойств и признаков объекта в виде набора параметров и характеристик, выраженных в количественном или качественном виде. Для образцов вооружения это тактико-технические характеристики (ТТХ) оружия. Следующим этапом анализа является морфологическое описание, основанное на определении поэлементного состава структуры системы. В дальнейшем опре-

деляются функциональные зависимости между элементами системы и их параметрами, т. е. проводится функционально-структурное описание. Эти этапы анализа служат основой для исследования работы системы и оценки ее эффективности.

Рассмотрим основные подходы при исследовании технических систем и реализацию системных методов применительно к проектированию образцов стрелково-пушечного вооружения (СПВ), а также основные положения и понятия системного анализа [3–6]. Основополагающим в нем является понятие «система». Система вооружения – это совокупность устройств, объединенных в одно целое при боевом применении и выполняющих общую боевую задачу.

Термин *система* связан с такими понятиями, как *элемент, подсистема, структура, функция, окружающая среда, связь*. Внутренняя форма организации системы, обеспечивающая единство состава элементов системы, определяет *структуру* системы. Составляющие элементы и связи между ними определяют *свойства* системы.

Сложность системы, как правило, зависит от числа элементов; при этом различают простые системы (число элементов до  $10^3$ ) и сложные, или большие. По числу элементов некоторые образцы стрелкового оружия могут быть отнесены к простым системам. Однако сложность системы определяется не только числом элементов, но и разнообразием состояний элементов и условий функционирования. Принято считать, что сложность технической системы определяется такими свойствами, как стохастичность, иерархичность. Системы вооружения, как правило, отвечают этим требованиям. Процесс выстрела является стохастическим и происходит в условиях большого разнообразия состояний системы и окружающей среды. Если рассматривать для ручного стрелкового оружия систему «стрелок – оружие», то многообразие состояний будет определено как произведение следующих состояний системы: положение стрелка (стоя, лежа, с колена), одиночная или автоматическая стрельба, ночная или дневная, температура воздуха, наличие и направление ветра и др. Таким образом, даже простые системы по числу элементов при значительном уровне разнообразия переходят в класс сложных.

Любая система (подсистема, элемент) имеет входы и выходы, по крайней мере один вход и один выход. *Входом* называется множество «контактов», через которые воздействие окружающей среды, состоящее в передаче вещества,

энергии или информации, передается системе. *Выход* – это воздействие системы на окружающую среду. Для ручного оружия вход – это управляющее воздействие на оружие со стороны стрелка, а выход – воздействие оружия на цель.

*Окружающая среда* для системы рассматривается не как вся внешняя среда, а только часть, с которой она взаимодействует. Другими словами, окружающая среда – это совокупность внешних объектов (технических, информационных, природных), изменения в которых оказывают влияние на систему и на которые, в свою очередь, оказывает влияние система при своем функционировании. Применительно к системе вооружения окружающую среду можно условно разделить на внешнюю (влияние природных факторов), противоборствующую (воздействие со стороны противника) и управляющую окружающую среду (воздействие на систему со стороны операторов). При исследовании можно изменять состав системы, переводя ее часть в состав окружающей среды. Так, например, при исследовании отдельного механизма оружия все остальные части и механизмы можно отнести к окружающей среде. Это означает, что каждая из подсистем сложной системы, выполняющая определенную функцию, может рассматриваться как система.

*Свойства элементов системы* определяются как совокупность выходных качеств данного элемента в виде характеристик и параметров. Под параметрами понимаются те качества системы, которые могут быть определены (измерены) до начала функционирования системы, а под характеристиками – те, которые проявляются только при функционировании. Свойства позволяют описывать элементы системы и всю систему количественно. Так, например, калибр, применяемый патрон, длина ствола, емкость магазина, масса и габариты в стрелковом оружии являются параметрами, а дульная скорость, сила отдачи оружия, дальность стрельбы, показатели кучности и точности – характеристиками.

*Связи* определяют соединение элементов системы в единое целое в процессе выполнения операции и взаимодействие системы с окружающей средой. *Операция* определяется как совокупность действий, выполняемых системой со своими внутренними элементами или с окружающей средой для достижения определенных целей. К связям первого порядка относятся связи, необходимые для функционирования системы в рамках данной операции. К связям второго порядка относятся дополнительные, которые могут улуч-

шать функционирование системы. Связи третьего порядка являются нежелательными для функционирования системы или излишними.

### Применение методов системного подхода при исследовании систем стрелкового оружия

*Разделение объектов на систему и окружающую среду*

Для иллюстрации использования вышеприведенных понятий при исследовании систем оружия рассмотрим работу ударного механизма с поступательно движущимся курком и принудительным разбитием капсюля (рис. 1) [7]. Механизм является одной из подсистем огнестрельного стрелкового оружия, цель операции – обеспечение 100%-го воспламенения капсюля патрона за счет передачи ему кинетической энергии через ударник и курок от боевой пружины. В рассматриваемую систему включаем следующие элементы: ударник, курок, боевую

пружину, направляющие курка и ударника в затворе, шептало спуска. К окружающей среде относим капсюль патрона и спусковой механизм. Входом данной подсистемы является воздействие со стороны спуска на шептало для освобождения взведенного курка. Выходом подсистемы является передача кинетической энергии ударника капсюлю. Связи между всеми элементами системы, а также связь капсюль (окружающая среда) – ударник и связь шептало – спусковой механизм (окружающая среда) – курок являются связями первого рода, необходимыми для работы механизма. Связь ударника с пружиной отбоя является дополнительной, а связи ударника и курка с направляющими являются нежелательными, уменьшающими за счет трения кинетическую энергию курка и ударника. Одним из способов избавления от нежелательной связи является замена поступательного движения курка на вращательное.

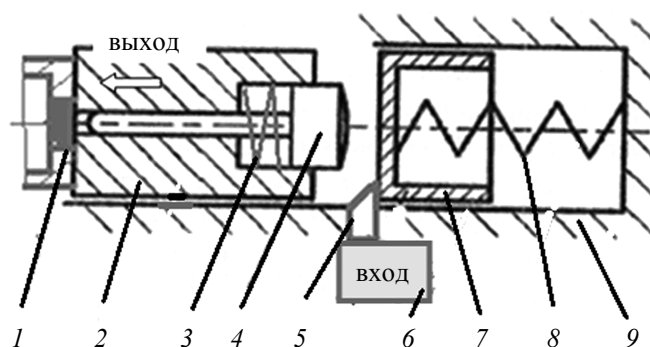


Рис. 1. Схема ударного механизма куркового типа: 1 – капсюль-воспламенитель; 2 – затвор с направляющей ударника; 3 – пружина отбоя; 4 – ударник с бойком; 5 – шептало; 6 – спусковой механизм; 7 – курок; 8 – боевая пружина; 9 – направляющая курка

Fig. 1. The trigger-type shock mechanism scheme: 1 - ignition capsule; 2 - shutter with guide drummer; 3 - spring of the break; 4 - drummer with brisk; 5 - whispered; 6 – trigger mechanism; 7 - hammer; 8 - battle spring; 9 - guide trigger

До момента поступления усилия от спуска (окружающей среды) на шептало система описывается уравнениями статического равновесия всех элементов. При опускании шептала курок под действием боевой пружины начинает движение и наносит удар по ударнику, теряя при этом часть кинетической энергии. При дальнейшем совместном движении курка и ударника происходит сжатие пружины отбоя и удар бойка по капсюлю, в результате которого капсюль (окружающая среда) получает необходимую для воспламенения кинетическую энергию. Пружина отбоя возвращает ударник в исходное положение. Работа ударного механизма описывается уравнениями движения курка и ударника, т. е. модель системы становится динамической.

Описание системы ударного механизма может быть выполнено и в виде структурной схемы (рис. 2).

В качестве связей между элементами системы, а также между системой и окружающей средой выбраны силовые и энергетические взаимодействия:  $F_{сп}$  – усилие со стороны спуска на шептало (вход системы);  $F_{к-ш}$  – усилие взаимодействия курка и шептала;  $F_{ш-н}$  – усилие взаимодействия шептала с направляющей;  $F_{к-н}$  – усилие взаимодействия курка и направляющей;  $F_{к-у}$  – усилие взаимодействия курка и ударника;  $F_{б.п-к}$  – усилие взаимодействия боевой пружины и курка;  $F_{к-ш}$  – усилие взаимодействия курка и шептала;  $F_o$  – усилие пружины отбоя ударника;  $F_{у-н}$  – усилие взаимодействия между удар-

ником и направляющей;  $F_{o-n}$  – усилие взаимодействия пружины отбоя и направляющей;  $E_b$  – энергия воспламенения, передаваемая системой капсюлю (выход системы).

Как было сказано выше, разделение исследуемой совокупности объектов на систему

и окружающую среду неоднозначно и зависит от задач проводимого исследования.

Рассмотрим пример анализа влияния выстрела на ручное автоматическое оружие, выполненное по схеме с отдачей свободного затвора (рис. 3) [8].

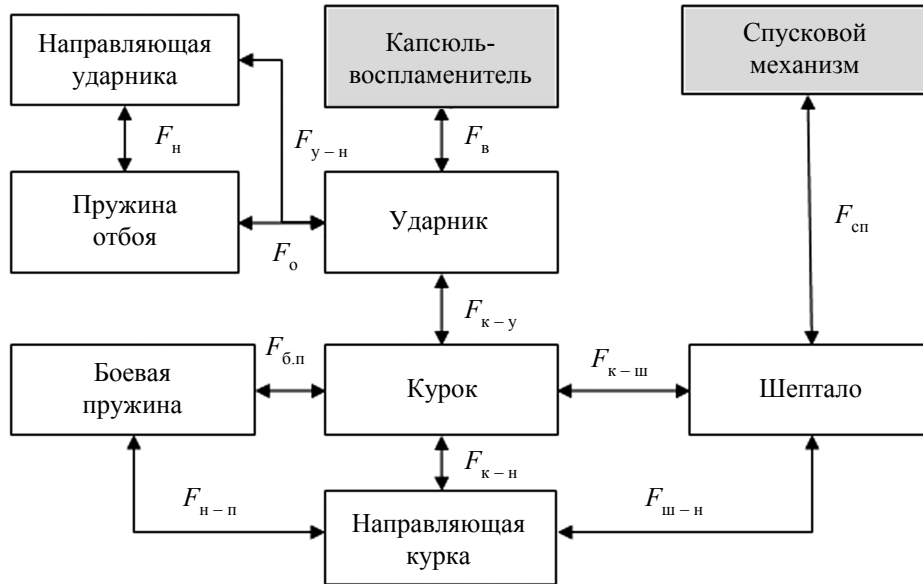


Рис. 2. Структурная схема ударного механизма

Fig. 2. Structural scheme of the shock mechanism

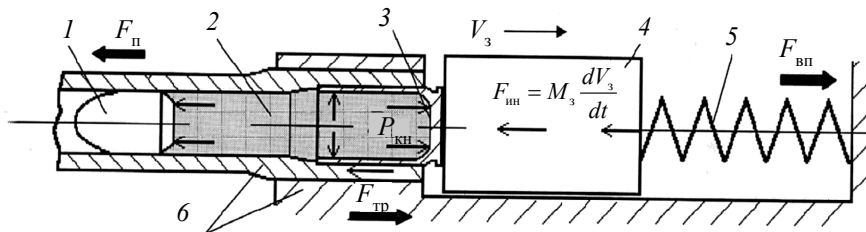


Рис. 3. Схема оружия с отдачей свободного затвора: 1 – пуля; 2 – газопороховая смесь; 3 – гильза; 4 – затвор; 5 – возвратная пружина; 6 – ствол со ствольной коробкой

Fig. 3. Free shutter weapon scheme: 1 - bullet; 2 - gas-shell mixture; 3 - shell; 4 - shutter; 5 - return spring; 6 - barrel with barrel box

Одной из задач исследования может быть определение сил и импульсов сил, действующих на корпус оружия в направлении оси канала ствола. В этом случае вариант определения системы и окружающей среды может быть следующий:

- в систему включаем следующие подсистемы (элементы): патрон, содержащий снаряд 1, пороховой заряд 2 и гильзу 3, затвор 4, возвратную пружину 5;

- в окружающую среду включаем жестко скрепленные между собой ствол и ствольную коробку 6 с механизмами.

Тогда поведение системы при выстреле может быть описано следующим образом. При воспламенении и горении порохового заряда под действием силы давления пороховых газов одновременно начинается движение пули по стволу и гильзы по патроннику в противоположных направлениях. При этом система воздействует на окружающую среду: на ствол передается импульс от силы взаимодействия между пулей и нарезами ствола  $F_n$ , направленный вперед, а также импульс от силы трения между гильзой и патронником  $F_{тр}$ , направленный назад. Гильза перемещает затвор назад, который

сжимает возвратную пружину, сила  $F_{в.п}$  которой воспринимается ствольной коробкой. Окружающая среда (ствол со ствольной коробкой), в свою очередь, воздействует на систему: уменьшает ее энергию за счет отбора теплоты горения стволом и за счет упругих деформаций расширения ствола, а также за счет сил трения между затвором и ствольной коробкой. Такой анализ дает возможность рассчитать и построить импульсно-силовую диаграмму оружия. Для решения такой задачи связи между перечисленными элементами гильза – затвор, затвор – пружина, а также связи системы с окружающей средой пуля – ствол, пружина – рамка, затвор – рамка являются существенными. Связь гильза – патронник является вредной, для уменьшения влияния которой могут использоваться различные конструктивные решения (например, продольные канавки в патроннике для уменьшения силы трения). Несущественными в данном случае являются связи ствол – пружина и ствол – ствольная коробка.

Другой задачей исследования системы может быть определение отклонения оси канала ствола при выстреле. В этом случае в качестве системы нужно рассмотреть оружие целиком, а в качестве окружающей среды принять части тела стрелка, участвующие в удержании оружия. Используемая в этом случае математическая модель может быть достаточно сложной. Для решения этой задачи устойчивости для системы оружия такие связи, как ствол – пружина, ствол – ствольная коробка становятся существенными, так как определяют моменты сил, действующие на оружие.

Приведенный пример показывает, что разделение на систему и окружающую среду носит произвольный характер, однако приводит к различию не только в словесном описании, но и в математических моделях. Проблема определения окружающей среды данной системы является нетривиальной. Чтобы полностью определить окружающую среду, необходимо знать все факторы, влияющие на систему или определяемые системой. Как правило, в состав системы и окружающей среды исследователь включает все объекты, которые с его точки зрения являются наиболее важными, а разделение на систему и окружающую среду осуществляется в зависимости от возможностей математического описания процессов.

*Представление системы оружия  
в виде иерархической структуры*

Основными положениями системного подхода применительно к процессу проектирования являются иерархичность и итеративность.

При анализе сложных технических систем (СТС), описываемых достаточно большим числом параметров, ограниченные возможности одного исследователя (одного коллектива) по переработке и оценке информации о системе и его специализация при проектировании обусловили необходимость и возможность описывать эти системы в виде иерархической структуры. Разбиение системы на уровни и объекты с выделением существенных связей между ними и частных показателей для оценки эффективности каждого объекта, подчиненных достижению общей цели, называется *декомпозицией*.

Термин «иерархическая структура» означает, что рассматриваемая система разбита на отдельные подсистемы или элементы, обладающие самостоятельными правами и выполняющие самостоятельные функции. При этом каждая подсистема оценивается частным критерием качества либо рядом специфических показателей качества. Таким образом, иерархическая система – это принципиально многокритериальная система, и здесь нужно найти рациональное решение при определении понятия оптимальности, которое, не будучи строго оптимальным для отдельных подсистем, обладает приемлемой эффективностью для системы в целом. Представление сложной системы в виде иерархической структуры подсистем позволяет провести исследование системы на разных уровнях с разной степенью детализации.

Например, на некотором уровне иерархии стрелковый комплекс может рассматриваться как состоящий из трех подсистем: патрон, оружие и установка (или стрелок). На следующем уровне каждая подсистема рассматривается как система, также состоящая, в свою очередь, из подсистем. Количество подсистем, образующих систему «оружие», зависит от вида и конструктивной схемы оружия. Автоматическая винтовка будет содержать больше подсистем, чем магазинная. На рис. 4 представлено морфологическое дерево автоматического оружия на примере автоматической винтовки. Основные подсистемы автоматического оружия 1-го уровня определяются совокупностью основных функций системы, рассмотренных ниже, причем перечень этих подсистем для различных видов индивидуально-автоматического стрелкового оружия (пистолет-пулемет, автомат, винтовка, ручной пулемет) будет практически неизменным. Уровень 2 определяет возможные варианты реализации подсистем 1-го уровня при проектировании новой системы либо конкретные типы конструкций при исследовании существующего образца оружия.

Третий и последующие уровни включают узлы и детали подсистем 2-го уровня.

Каждая система некоторого уровня, в свою очередь, является подсистемой, связи от кото-

рой идут вверх, к предшествующему уровню, вниз – к последующему и горизонтально – к системам того же уровня.

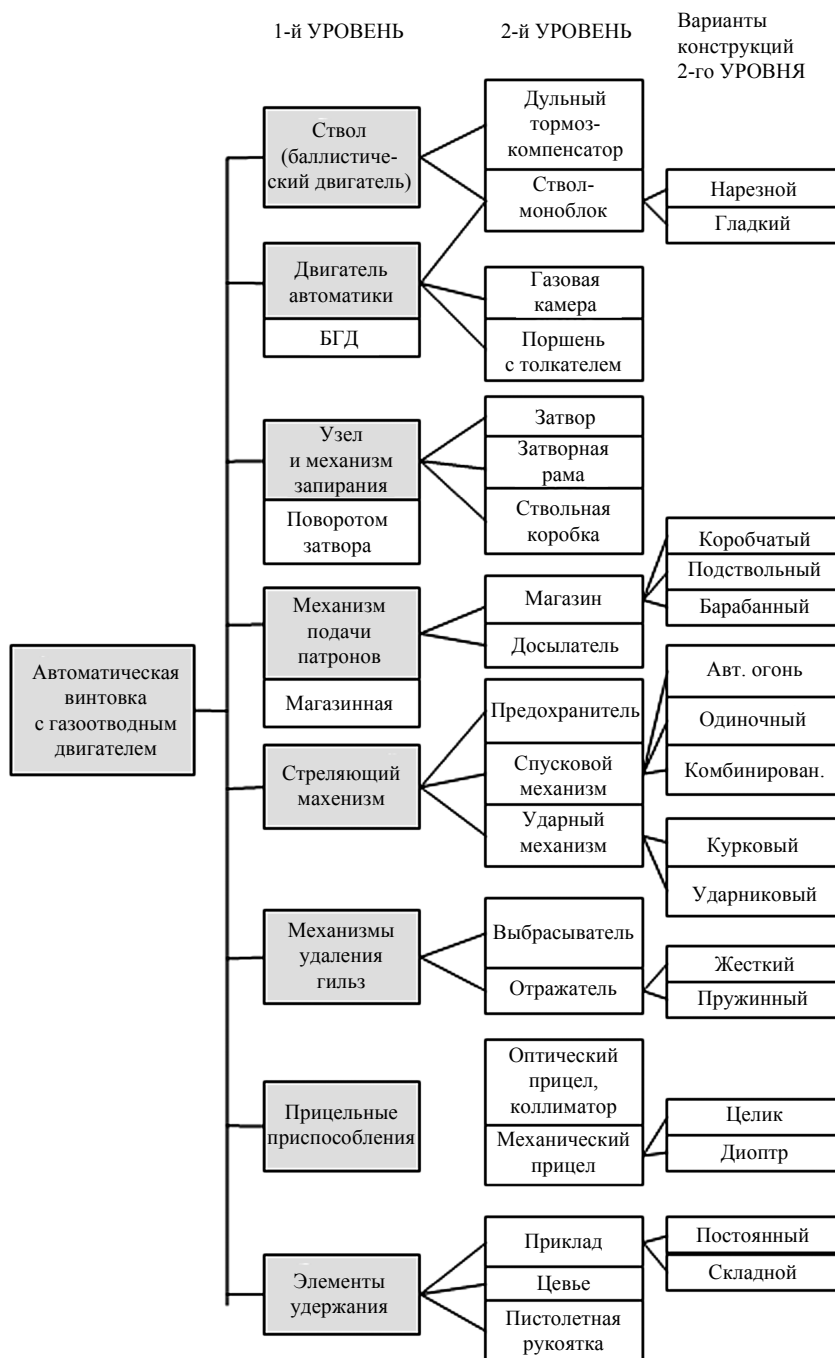


Рис. 4. Морфологическое дерево автоматического оружия

Fig. 4. Morphological tree of automatic weapons

С позиций разработчика число уровней в иерархии системы для практических задач ограничивается использованием опыта создания и эксплуатации конкретных технических систем. В качестве последнего уровня иерархии выбирается тот, на котором элементы не раскрыва-

ются и считаются простыми. Хотя можно говорить о дальнейшей их детализации по форме поверхностей, механических характеристик материала и т. д.

При проектировании рассматриваемый объект некоторого уровня «вырезается» из системы.

Такое выделение объекта проходит через его связи с ближайшим верхним уровнем (реже – связи объекта через уровень) и с подсистемами того же ранга. Внутренние для объекта связи с системами низших рангов не пересекаются, и из общего обилия горизонтальных и вертикальных связей выделяются наиболее существенные. Учитывать все возможные связи нецелесообразно, так как среди них есть много несущественных, практически не влияющих на функционирование системы и качество получаемых решений. Связь считают существенной, если изменение характеристик данной связи, ее исключение или полный разрыв приводят к значительному ухудшению работы, снижению эффективности достижения цели.

Все объекты, не вошедшие в систему, рассматриваются как окружающая среда, связи с которой формализуются представлением их в виде параметров или характеристик, замещающих связь, и изменяют условия функционирования систем как анализируемого, так и предшествующего уровней. Это означает, что при рассмотрении данной системы нельзя произвольно изменять ее выходные параметры и характеристики. В общем случае проектирование иных систем исследуемого уровня ведется разными лицами и коллективами, поэтому выходные параметры и характеристики могут изменяться только после согласования, чтобы избежать нежелательных потерь качества функционирования всей системы.

Иерархическая структура систем предполагает наличие одного разработчика объектов всех уровней или нескольких разработчиков на разных уровнях. Разработчик объекта текущего уровня получает параметры, характеристики ограничения на них объекта от разработчика предыдущего уровня. Кроме того, он должен сформулировать, если это возможно, частный критерий эффективности для текущего уровня. В общем случае такой критерий трактуется как выдерживание в заданных диапазонах всех параметров и характеристик, замещающих связи, идущие к предыдущему уровню. Аналогично рассматривается взаимодействие разработчиков текущего и последующего уровней. В результате разработчики системы каждого уровня могут вести работу самостоятельно, выдерживая все договоренности по внешним связям анализируемой системы.

*Методы исследования иерархических технических систем [9–11]*

Исследование систем заключается в формировании и описании системы и оценке эффек-

тивности выполнения ее целевой функции. При исследовании системы можно выделить два основных направления: подход, при котором система рассматривается целиком, формируя ее саму и все составляющие ее подсистемы за единый акт оптимизации, и подход, при котором система разбивается на элементы и рассматривается как сформированная из элементов.

Первый метод, так называемый *макроскопический*, ориентирован на исследование поведения системы как единого целого без детального рассмотрения функционирования отдельных подсистем системы. Такой подход полезен на стадии первоначального исследования вопроса о достижении цели. Макроскопический метод ориентирован на решение задач синтеза. При этом не учитывается принцип действия, состав и структура системы.

Второй метод получил название *микроскопического* подхода: детально рассматривается функционирование всех подсистем, составляющих систему. Микроскопический способ обычно используется для решения задач анализа, когда известны принцип действия, состав и структура. При этом формирование системы и оценка эффективности решений производится по частям, по уровням иерархии, по объектам. Этот подход опирается на внутренние закономерности развития самих элементов и заложенный в них предметный опыт исследователей. Чтобы при этом не утратить системного подхода, не утратить интереса системы в целом, необходимо правильно выделить систему частных критериев и существенные связи между объектами.

Поясним сказанное на примере ранее рассмотренного ударного механизма воспламенения (см. рис. 1).

При микроскопическом подходе анализ системы ведется при известном составе, что позволяет, основываясь на законах механики, записать математическую модель процессов и проанализировать ее поведение. При необходимости можно определить параметры элементов, составляющих систему (геометрические и массовые характеристики ударника и курка, а также силовые характеристики боевой пружины) и обеспечивающих реализацию операции (передачу определенной кинетической энергии капсулю для обеспечения 100%-го воспламенения).

При макроскопическом способе устройство воспламенения порохового заряда рассматривается как черный ящик, имеющий силовой вход от устройства управления его работой (спускового механизма) и энергетический выход к кап-

сюлю-воспламенителю. Принцип действия системы, ее состав и структура не играют при этом определяющей роли. Например, сообщение кинетической энергии ударнику может обеспечиваться не пружиной, а электромагнитом, включающимся при силовом воздействии на электрический контакт. При использовании в патроне вместо ударного капсюля-воспламенителя электрокапсюля энергетический выход будет в виде электрического заряда от аккумулятора или электрогенератора.

При реализации системных методов при проектировании можно выделить два основных аспекта исследований:

1) структурно-функциональный, когда проектировщик оперирует с объектом и рассматривает способы его улучшения;

2) функционально-структурный, когда отправной точкой исследований является функция, для выполнения которой предназначается проектируемый объект.

Использование второго метода оправдано тем, что заказчика интересует не объект сам по себе (в частности образец оружия), а соответ-

ствующие функции, которые он выполняет. Такой подход наиболее целесообразен на ранних стадиях проектирования и позволяет находить новые технические решения. Анализ технических систем с позиций функционально-структурного подхода позволяет сделать следующие выводы:

- структура системы определяется совокупностью реализуемых функций;
- между функциями и структурой нет взаимно-однозначного соответствия;
- изменение условий существования системы приводит к изменению функций и, как следствие, структуры.

Все функции сложной системы делятся на три группы: целевая функция, основные и дополнительные. Целевая функция соответствует главному функциональному назначению системы. Основные функции необходимы для реализации целевой, дополнительные – расширяют сферу применения системы и улучшают показатели качества. Пример построения дерева функций для автоматического стрелкового оружия приведен на рис. 5.



Рис. 5. Пример построения дерева функций автоматического стрелкового оружия

Fig. 5. Example of features tree for automatic small arms

Так, в частности, для СПВ целевая функция состоит в поражении цели, одна из основных – в доставке средства поражения к цели, а одна из дополнительных функций – в обеспечении устойчивости снаряда на траектории.

Дерево функций системы представляет собой декомпозицию функций системы и формируется в целях детального исследования функциональных возможностей системы. Этап формирова-

ния такого дерева является одним из наиболее ответственных, поскольку ошибки на этом этапе приводят к созданию плохих систем.

Каждое новое поколение систем определенного класса воспроизводит совокупность основных функций, реализуемых системами предшествующих поколений. Наиболее интенсивным изменениям подвергаются дополнительные функции.



Вопросом наибольшей важности при системном подходе к проектированию является выбор схемы разбиения. Основное требование при таком разбиении – каждая задача должна быть замкнутой и одновременно являться частью целого. При этом необходимо соблюдать принцип системного анализа для иерархических структур: иерархия системы – иерархия задач – иерархия критериев.

### Заключение

Образцы СПВ относятся к сложным техническим системам, имеющим иерархическую структуру, и для их исследования применимы методы системного подхода.

На начальных стадиях исследования систем и подсистем используется макроскопический подход, а на стадиях технического проектирования – микроскопический подход, основанный на декомпозиции функций и структуры.

Наиболее эффективным при проектировании систем вооружения является функционально-структурный подход, основанный на декомпозиции целевой функции и формировании дерева функций. Именно совокупностью реализуемых функций определяется структура системы.

### Библиографические ссылки

1. Алексеев С. А. Системный подход к проектированию стрелково-пушечного вооружения // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 4. С. 4–10.
2. Селетков С. Г. Процедурная модель проектирования технических систем // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. № 2. С. 55–59
3. Блауберг И. В., Юдин Э. Г. Становление и сущность системного подхода. М. : Наука, 1973. 267 с.
4. Джонс Дж. К. Методы проектирования. М. : Мир, 1986. 326 с.
5. Коновалов А. А. Методология проектирования технических систем : в 2 ч. / А. А. Коновалов, Ю. В. Николаев, Н. Н. Вершинин. Ч. 1. Изобретательство и функционально-стоимостный анализ. Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. 420 с.
6. Коновалов А. А. Методология проектирования технических систем : в 2 ч. / А. А. Коновалов, Ю. В. Николаев. Ч. 2. От проекта до объекта. Ижевск : ИПМ УрО РАН, 2009. 319 с.
7. Алексеев С. А., Драгунов М. Е., Черный В. Г. Проектирование pistols-пулеметов. М. : НТЦ «Информтехника», 2009. 200 с.
8. Алексеев С. А. Методология проектирования автоматического оружия с инерционным запирающим каналом ствола // Третьи Окуневские чтения : материалы докладов : в 2 т. (Санкт-Петербург, 24–29 июля 2002 г.). СПб. : БГТУ, 2002. 220 с. Т. 1. Баллистика. С. 96.

9. Новиков Б. К. Основы принятия решений при проектировании. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1992. 60 с.

10. Строголев В. П., Новиков Б. К., Толкачева И. О. Системный подход к проектированию и оценка эффективности ракетного и ствольного оружия. 2-е изд. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. 180 с.

11. Белов А. В., Вященко Ю. Л., Васин В. Л. Системные принципы проектирования автоматических установок. Л. : Изд-во ЛМИ, 1984. 72 с.

### Reference

1. Alekseev S.A. [System Approach to Planning of Rifle-Gun Armament]. *Intellektualnyie sistemyi v proizvodstve*, 2018, vol. 16, no. 4, pp. 4-10 (in Russ.).
2. Seletkov S.G. [The procedural model for designing technical systems]. *Intellektualnyie sistemyi v proizvodstve*, 2017, no. 2, pp. 55-59 (in Russ.).
3. Blauberg I.V., Yudin E.G. *Stanovlenie i suschnost sistemnogo podhoda* [Becoming and essence of approach of the systems]. Moscow, Nauka Publ., 1973, 267 p. (in Russ.).
4. Dzhons K. *Dzhons. Metodyi proektirovaniya* [Planning methods]. Moscow, Mir Publ., 1986, 326 p. (in Russ.).
5. Konovalov A.A., Nikolaev Yu.V., Verшинin N.N. *Izobretatelstvo i funktsionalno-stoimostnyiy analiz* [Invention and and functionally-cost analysis]. Penza, Penza State University Publ., 2004, 420 p. (in Russ.).
6. Konovalov A.A., Nikolaev Yu.V. *Ot proekta do ob'ekta* [From a project to the object]. Izhevsk, IPM UrO RAN, 2009, 319 p. (in Russ.).
7. Alekseev S.A., Dragunov M.E., Chernyy V.G. *Proektirovanie pistolov-pulemetov* [Planning of submachine guns]. Moscow, STC "Informtekhnik", 2009, 200 p. (in Russ.).
8. Alekseev S.A. *Metodologiya proektirovaniya avtomaticheskogo oruzhiya s inertsiionnyim zapiraniem kanala stvola* [Methodology for the design of automatic weapons with inertial locking of the barrel]. *Tret'i Okunevskie chteniya : materialy dokladov (Sankt-Peterburg, 24-29 iyulya 2002 g.)* [Proc. Third Okunev readings (St. Petersburg, July 24-29, 2002)]. SPb., BSTU Publ., 2002, vol. 1, p. 96 (in Russ.).
9. Novikov B.K. *Osnovyi prinyatiya resheniy pri proektirovanii* [Basics of decision making in design]. Moscow, MGTU im. N.E. Bauman Publ., 1992, 60 p. (in Russ.).
10. Strogalev V.P., Novikov B.K., Tolkacheva I.O. *Sistemnyiy podhod k proektirovaniyu i otsenka effektivnosti raketnogo i stvolnogo oruzhiya* [Approach of the systems to planning and estimation of efficiency of rocket and barrel weapon : train aid on]. Moscow, MGTU im. N.E. Bauman Publ., 2016, 180 p. (in Russ.).
11. Belov A.V., Vyaschenko Yu.L., Vasin V.L. *Sistemnyie printsipy proektirovaniya avtomaticheskikh ustanovok* [System principles of planning of self-firer]. Leningrad, LMI Publ., 1984, 72 p. (in Russ.).

## System Methods of Research of Small Arms Designs

S.A. Alekseev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

*In the design of complex technical systems, including weapons samples, a new methodological approach, called a system approach, has recently gained special significance. The methodology is usually understood as a set of techniques and the mathematical apparatus of scientific research, which have a certain commonality and retain their practical meaning in the course of the entire process of project work. The system methodology's main methods are the description of the system in the form of a hierarchically ordered structure by constructing a morphological and functional tree, the division of objects into system and environment, decomposition of functions, and structure of the system. At the research of systems depending on the purposes, macroscopic or microscopic methods are applied.*

*On examples from the small arms sector, the fundamental key concepts and necessary statements of the system analysis are illustrated. The methods and approaches applied at different stages of research and design of weapon systems are considered. Automatic weapons are presented as a multilevel structure consisting of subsystems, each of which has its functional purpose. Examples of the morphological tree and function tree construction are given.*

*It is shown that at the early stages of designing an object, the macroscopic approach in a combination of a functional-structural method of research is valid. At such an approach, the principle of action, composition, and structure of the object are not defined unequivocally, but only the functions that it should perform are set. It allows the researcher to find new technical solutions. At the stage of technical design (when the operating principle and structure of the object are defined), the microscopic approach and structural and functional analysis are used to improve the quality of the object, such as in the modernization of weapons samples.*

**Keywords:** design, small arms, technical system, hierarchical structure, functional-structural analysis, synthesis.

Получено 15.06.2020

### Образец цитирования

*Алексеев С. А. Системные методы исследования конструкций стрелкового оружия // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 3. С. 5–14. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-3-5-14.*

### For Citation

Alekseev S.A. [Systematic methods for the study of designs of small arms]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 5-14 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2020-3-5-14.