

Таким образом, предложенная методика выделения диапазонов конструктивно-технологической сложности позволяет повысить точность оценивания эффективности конструкторско-технологических решений, используемых при производстве машиностроительных изделий в рамках конкретной производственной системы.

### Библиографические ссылки

1. Береснев Н. В., Коршунов А. И. Разработка автоматизированной системы оценки эффективности конструкторско-технологических решений // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук : спец. вып. «Актуальные проблемы машиностроения». – Самара : Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2009. – С. 169–173.
2. Мамрыкин О. В. Разработка автоматизированной системы управления проектами освоения новых изделий машиностроения : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. – Ижевск, 2002. – 229 с.
3. Журавлев Ю. И., Рязанов В. В., Сенько О. В. «Распознавание». Математические методы. Программная система. Практические применения. – М. : ФАЗИС, 2006. – 176 с.
4. MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations // Proc. Fifth Berkeley Symp. on Math. Statist. and Prob., Vol. 1 (Univ. of Calif. Press, 1967). – Pp. 281–297.
5. Таблицы по математической статистике / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм ; пер. с нем. и предисл. В. М. Ивановой. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 287 с.
6. Якимович Б. А., Коршунов А. И., Кузнецова А. П. Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур стратегий производственных систем машиностроения : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007. – 280 с.
7. Božek, P., Porubský, M., Gregáč, H. The smart metering system for the power consumption of the production systems // 10 th International Scientific Conference: Control of Power Systems 2012. – Pp. 197–198.

\* \* \*

N. V. Beresnev, Post-graduate, Programming Engineer, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Votkinsk branch)  
A. I. Korshunov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

### Application of cluster analysis for effective improvement of accuracy of assessing the efficiency of design-technological decisions

The paper examines the application of cluster analysis to partition the sample production range to improve the quality of assessing the efficiency of design and technological decisions made at manufacture of engineering products within a specified production system.

**Keywords:** industrial system, cluster analysis

Получено: 16.11.12

УДК 623.45(045)

Ю. Н. Липченко, кандидат технических наук, заместитель генерального директора – директор;

В. Г. Романов, заместитель директора по испытаниям;

Р. Р. Шарипов, аспирант, заместитель начальника контрольно-испытательной станции

по экспериментальным исследованиям;

Ногинский филиал ОАО «НПО „Прибор“»

В. И. Заболотских, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ БОЕПРИПАСОВ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ РАЗЛЕТА

Рассмотрен способ измерения скорости и распределения поражающих элементов мелкокалиберных боеприпасов по направлениям разлета при натурных испытаниях. Описана запатентованная конструкция полуциркуловой мишени улавливания поражающих элементов в телесном секторе ( $\varphi_{\text{топ}} = 43^\circ$ ,  $\Phi_{\text{вер}} = 17,5^\circ$ ) при взрыве осколочных малокалиберных боеприпасов. Рассмотрены структура и работа автоматизированного рабочего места на базе 6-канального высокоскоростного регистратора ЦЗО-06 с частотой дискретизации до 100 МГц производства ЗАО «Руднев-Шиляев» и персонального компьютера типа IBM PC.

**Ключевые слова:** боеприпасы, измерения, автоматизация, скорость, направления разлета

Важным звеном в системе оценки эффективности осколочных малокалиберных боеприпасов (МКБ) является определение распределения начальной скорости поражающих элементов (ПЭ) и их количества по направлениям разлета. Сложность таких испытаний характеризуются следующим:

• измерения проводятся в условиях подрыва МКБ;

- скоротечность измерений – время измерений не превышает нескольких миллисекунд, а время начала взрывного процесса может варьироваться в диапазоне несколько секунд;

- использование длинных измерительных линий связи (до 60 м) между датчиками и измерительной аппаратурой, что приводит к наличию импульсных помех, шумов и наводок как от взрывных, так и производственных процессов;

- уникальность отдельных испытаний, что предъявляет особые требования к надежности и точности средств регистрации измерительной информации;
- высокая стоимость испытаний, затрудняющая возможность повторного его проведения.

Метод измерения скорости ПЭ основан на определении времени их пролета фиксированного расстояния от места подрыва до мишени, фиксирующей момент прохождения ПЭ.

Проведенные исследования с определением количества ПЭ по направлениям разлета показали, что 90 % осколков МКБ, перехватываемых полукруговой мишенней обстановкой (щит полуцилиндрической формы высотой 1,5 м и радиусом 2 м), приходится на сектор  $\phi = 43^\circ$  [1]. При этом общее количество ПЭ определялось по действующим отраслевым методикам при подрыве в улавливающей среде (сухие древесные опилки) и сравнивалось с количеством ПЭ, перехваченных мишенью по заданному направлению и пересчитанных на сферу. По результатам этих исследований определены размеры элементарной мишени, по которым можно достоверно определить вероятность попаданий ПЭ пересчетом на телесный сектор (шаровой пояс), ограниченный сектором  $\phi = 43^\circ$  по горизонтали и  $\phi = 17,5^\circ$  по вертикали.

Для фиксации прохождения ПЭ разработана многослойная мишень [2]. На рис. 1 показана структура сегмента мишени ( $l = 0,3$  м,  $h = 0,6$  м).

При таких размерах мишени погрешность отклонения от сферы по вертикали не превышает 0,5 %. Основа мишени – пластина из алюминиевого сплава АТ16 толщиной 0,002 м (2 мм).

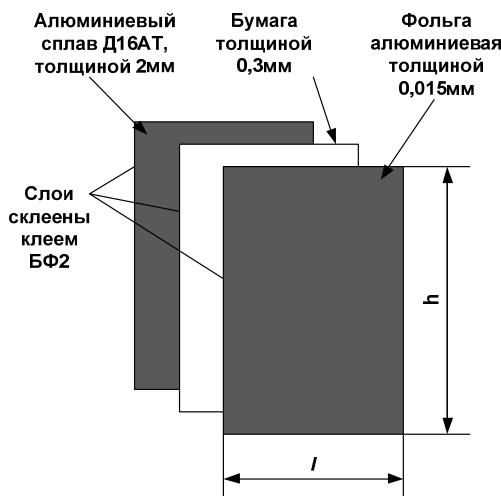


Рис. 1. Структура многослойной мишени

На каждый сегмент наклеивается последовательно слой бумаги (например, типа «ватман») и слой алюминиевой фольги толщиной  $15 \cdot 10^{-6}$  м (15 мкм). Для подключения к регистратору сигналов на пластине механически крепится общий контакт, а для снятия сигналов с сегментов к слоям из алюминиевой фольги припаиваются измерительные линии.

Для исследования распределения количества осколков и их скоростей по направлениям разлета ми-

шень делится на сегменты, количество которых, в общем случае, определяет исследователь. Как правило, размер сегмента по углу (горизонталь) определен равным  $\Delta\phi = 2^\circ$ . При этом количество измерительных каналов должно быть не менее 21. Однако на практике количество направлений, по которым определяется начальная скорость, зависит от возможностей измерительной аппаратуры.

В настоящий момент реализована мишеннная обстановка с 5 сегментами ( $\Delta\phi = 8,6^\circ$ ). Схема мишеннной обстановки показана на рис. 2, где  $MM_i$  – сегменты мишени.

При проведении испытаний МКБ располагается горизонтально. При таком расположении изделия появляется возможность исследовать осколочное поле с учетом неоднородности структуры по длине изделия (отличия осколочных боеприпасов по внутренней конструкции и наружной геометрии изделия).

Метод позволяет проводить измерения скорости и распределения поражающих элементов боеприпасов по направлениям разлета осколков МКБ с естественным или заданным дроблением (внутренние или внешние насечки на корпусе), а также с готовыми поражающими элементами. МКБ устанавливается на подставке, высота расположения изделия равна половине высоты мишени (середина мишени).

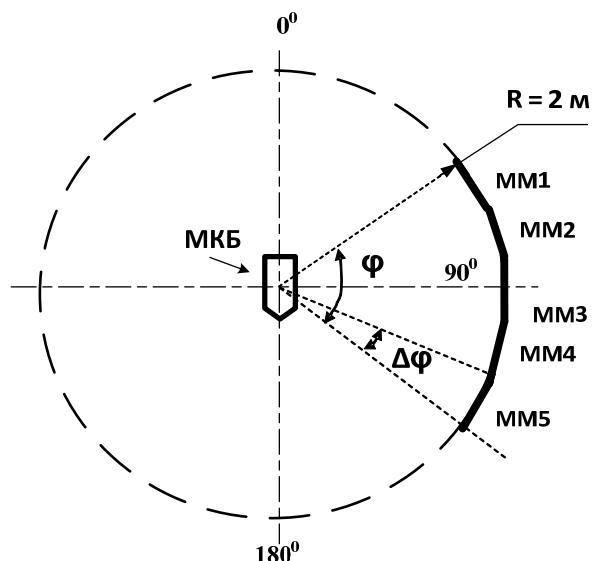


Рис. 2. Схема мишеннной обстановки

В ОАО «НПО „Прибор“» для решения этой задачи разработано автоматизированное рабочее место (АРМ), представляющее собой интерактивную автоматизированную систему с разделением времени регистрации и обработки измерительной информации [3].

АРМ состоит из 6-канального высокоскоростного регистратора ЦЗО-06 с частотой дискретизации до 100 МГц производства ЗАО «Руднев-Шиляев», базового персонального компьютера в промышленном исполнении, схемы формирования сигналов с мишени (Ф1-Ф6) и мишеннной обстановки с многослойной

мишенью (рис. 3). Планирование эксперимента, регистрация, передача и обработка полученных данных проводятся под управлением программы ADCLab, входящей в комплект ЦЗО-06.

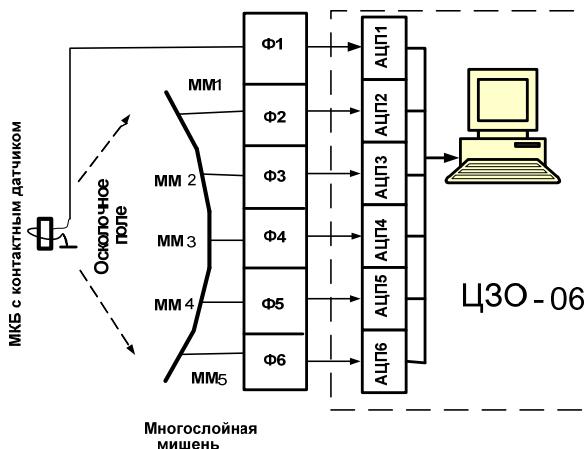


Рис. 3. Структура АРМ

Основные характеристики системы:

- диапазон определяемых скоростей ПЭ – до 3 000 м/с;
- количество направлений разлета (мишеней) – 5;
- расстояние до мишеней – 2 м;
- сектор разлета ПЭ по горизонтали, перекрывающий мишенней обстановкой –  $43^\circ$ ;
- сектор разлета ПЭ по вертикали, перекрывающий мишенней обстановкой –  $17,5^\circ$ ;
- сектор разлета ПЭ по горизонтали, перекрывающий одним сегментом мишени –  $8,6^\circ$ .

При разработке систем автоматизации измерений параметров взрывных процессов возникает задача регистрации измерительных сигналов на коротком интервале времени при неопределенности

их появления на значительном интервале наблюдения [4]. В данной работе эта задача помехоустойчивой синхронизации измерений осложняется тем, что датчик начала разлета ПЭ находится непосредственно в зоне взрыва. Поэтому наряду с помехами и наводками из-за длинных измерительных линий накладываются помехи, связанные с процессом взрыва.

В АРМ реализован метод синхронизации по достижению определенного уровня измеряемого сигнала. Буферное ЗУ в ЦЗО-06 организовано по принципу кольцевой памяти. Принципы применения кольцевой памяти для помехозащищенной синхронизации измерений быстропротекающих процессов применяются достаточно широко [4]. Из-за зашумленности сигнала информация в память записывается с предысторией  $320 \cdot 10^{-6}$  с (320 мкс). В качестве датчика разлета используется контактный датчик в виде одного витка медного эмалированного провода, намотанного через изолирующую прокладку на корпус МКБ. В момент разлета осколков проволока разрывается, при этом формируется сигнал начала разлета, который используется для запуска измерений (рис. 4). Останов измерений происходит по заполнению буферной памяти (1 Мб на каждый канал).

На представленном сигнале (рис. 4) имеется импульсная затухающая помеха (зона I), связанная с появлением сильного тока ( $\sim 10$  А) при инициировании электровоспламенителя ЭВ-15, подрывающего заряд. Запуск измерений может происходить по этой помехе. Из-за зашумленности сигнала регистрируется предыстория примерно  $320 \cdot 10^{-6}$  с, а момент начала разлета  $t_0$  определяется вручную оператором. Осколок, проходя через соответствующий сегмент мишени, замыкает токопроводящие слои, при этом вырабатывается импульс напряжения (рис. 5).

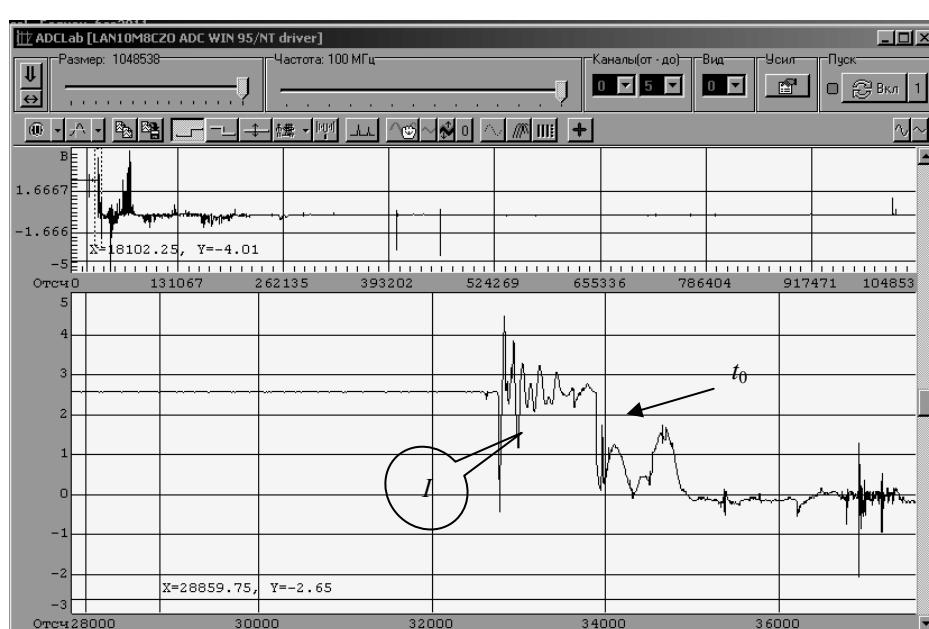


Рис. 4. Сигнал начала разлета осколков

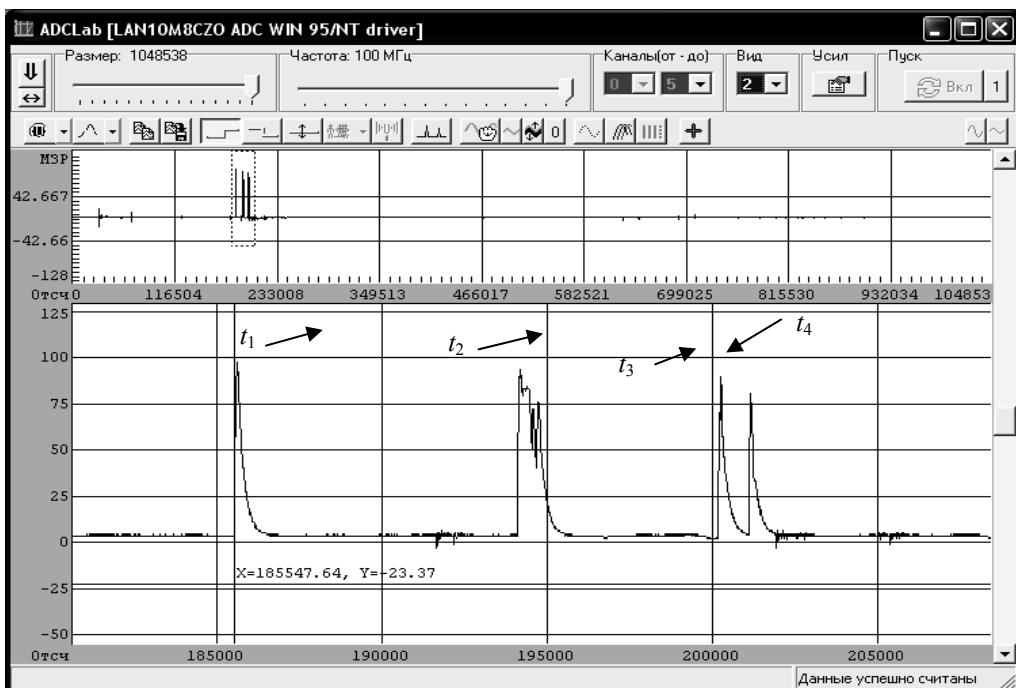


Рис. 5. Сигнал с сегмента многослойной мишени

Передний фронт импульса соответствует моменту прохождения осколка через мишень. После пролета осколка сегмент мишени готов к приему следующего осколка. Сигнал запуска и импульсы от каждого сегмента через формирователи подаются на АЦП и регистрируются в памяти регистратора. Объем памяти, задействованной в эксперименте, регулируется. Максимальный объем памяти – 1 Мб. После регистрации на экран выводится весь сигнал в разряженном виде. Для обработки выделяется прямоугольником информативная часть сигнала (верхнее окно в поле графика), которое выдается в увеличенном виде для обработки (нижнее окно в поле графика).

Параметры сигнала в конкретной точке определяются горизонтальным (значение напряжения) и вертикальным (значение момента времени) реперами. Скорость осколка определяется по следующей формуле:

$$V_i = (S-d/2)/(t_i-t_0),$$

где  $V_i$  – скорость  $i$ -го осколка;  $S$  – расстояние от центра боеприпаса до мишени;  $d$  – диаметр (калибр) боеприпаса;  $t_i$  – момент пробития мишени  $i$ -м осколком;  $t_0$  – момент начала разлета осколков.

Дискретизация регистрируемых сигналов осуществляется с частотой 100 МГц. Такая высокая частота дискретизации необходима для разделения близко летящих осколков. Например, интервал времени

между 3-м и 4-м осколками составляет  $17 \cdot 10^{-6}$  с (рис. 5). Реально этот интервал времени может быть и меньше.

Предел допускаемой основной погрешности измерения временных интервалов регистратором ЦЗО-06 не более 0,5% [5].

#### Библиографические ссылки

1. Разработка методики определения параметров осколочного поля и оценка характеристик действия изделий : отчет о НИР НФ ФГУП «ФНПЦ «Прибор». – Ногинск, 2006. – 25 с.
2. Патент на полезную модель № 114520 (Россия), МПК F41J5/00/ Устройство для измерения скорости / В. Г. Романов, Ю. Н. Липченко, Р. Р. Шарипов. Заяв. 28.12.2011. – № 2011153659/28 (Россия). Опубл. 27.03.2012. – 6 с.
3. Методика определения средней начальной скорости поражающих элементов осколочных изделий по направлениям разлета / ФГУП «ФНПЦ „Прибор“». – М., 2005. – 10 с.
4. Алексеев В. А., Заболотских В. И. Автоматизация регистрации и обработки измерительной информации при испытании техники на ударное воздействие : моногр. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. – 182 с.
5. Осциллограф цифровой запоминающий ЦЗО-04(06/08). Руководство по эксплуатации ВКФУ.468169.107РЭ / ЗАО «Руднев-Шиляев». – М., 2004. – 42 с.

\*\*\*

Y. N. Lipchenko, PhD in Engineering, Deputy Director of Noginsk Department of the FSUE "FSPC" Pribor"

V. G. Romanov, Deputy Director on Testing Department of Noginsk Department of the FSUE "FSPC" Pribor"

R. R. Sharipov, Post-graduate, Head of the sector of the experimental researches of Noginsk Department of the FSUE "FSPC" Pribor"

V. I. Zabolotskikh, DSc in Engineering, Senior Research Worker, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

The paper considers the method of measuring the speed and distribution of ammunition striking elements in directions of expansion during navigation tests. The patented design of semicircle target for capturing the striking elements in the bodily sector ( $\varphi_{hor} = 43^\circ$ ,  $\varphi_{ver} = 17.5^\circ$ ) at explosion of small-caliber ammunition is also described. The paper presents the analysis of the structure and operation of the workstation based on the 6-channel high speed recorder ЦЗО-06 with a sampling rate up to 100 MHz produced by closed joint-stock company "Rudnev-Shilyaev" and IBM personal computer.

**Keywords:** ammunition, measurement, automation, speed, direction of expansion

Получено: 14.11.12

УДК 621-923-71

Д. С. Люпа, кандидат технических наук, доцент;

Т. Н. Иванова, кандидат технических наук, доцент;

О. С. Люпа, аспирант;

А. И. Коршунов, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДА В КАЧЕСТВЕ ПРИЕМА, РАСШИРЯЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОСНАСТКИ

Рассматривается способ охлаждения электромагнитного приспособления, используемого при чистовом плоском шлифовании деталей, путем непосредственного отвода тепла как изнутри приспособления, так и с внешней его поверхности. Применение внутреннего охлаждения позволяет снизить величину тепловой деформации как обрабатываемой плоской детали путем интенсификации теплоотвода через установочную поверхность, так и самого приспособления путем подачи хладагента по внутреннему змеевику. В результате повышается точность обработки и обеспечивается улучшение качества обрабатываемых деталей.

**Ключевые слова:** шлифование, охлаждение, электромагнитное приспособление, точность, теплоотвод

Для современного машиностроения характерна тенденция все большей ориентированности производства на удовлетворение конкретных запросов потребителей и повышение эффективности эксплуатации существующих изделий и оборудования. Этого можно достичь путем повышения качества, надежности и долговечности выпускаемых изделий, в том числе за счет применения производительной и экономичной оснастки на металлорежущих станках.

Применение производительных и экономичных приспособлений на металлорежущих станках имеет большое значение в механизации производства. К ним можно отнести магнитные приспособления для закрепления обрабатываемых деталей на плоскошлифовальных станках, которые получили широкое распространение. Ни один из существующих способов закрепления шлифуемых деталей из магнитного материала по своей быстроте и простоте не может сравниться с закреплением деталей при помощи магнитного приспособления.

Такие приспособления появились еще в конце XIX века. Безусловно, современные представители этого вида магнитных приспособлений более совершенны по своим характеристикам. Однако область их применения осталась прежней – плоское шлифование. Широкое применение магнитных плит при плоском шлифовании объясняется, прежде всего, тем, что этот вид станочных приспособлений отличается достаточной простотой конструкции, отсутствием дефицитных материалов, высокой жесткостью и производительностью, удобством управления и автоматизации [3].

Обрабатываемая деталь с большой магнитной проницаемостью (чугун, железо, незакаленная, закаленная и легированная сталь) своей опорной поверхностью прочно прикрепляется к приспособлению, и в этом случае остальные поверхности детали доступны для обработки. Закрепление детали осуществляется не сосредоточенной нагрузкой зажимных элементов, а равномерным ее притяжением к установочной поверхности приспособления, что сводит к минимуму погрешность закрепления, повышая тем самым точность обработки. Закрепление и открепление детали осуществляется очень быстро простым включением или выключением электрического тока [4].

Постоянное совершенствование конструкций магнитных приспособлений дает основание утверждать, что использованы еще далеко не все резервы их возможностей и областей применения. Значительный вклад в теорию и практику использования магнитной технологической оснастки внесли такие ученые, как О. Я. Константинов, А. Я. Верников, М. П. Ращкович, Л. Б. Ганзбург, Е. В. Комаров, Ю. И. Кузнецов и др., которыми проводится большая работа по развитию, совершенствованию и расширению области применения приспособлений магнитного типа, что делает работы по их исследованию и оптимизации особенно актуальными.

Магнитное приспособление, являясь звеном технологического процесса, должно обеспечивать его реализацию и необходимые показатели. Это основное требование к приспособлениям, определяемое их назначением и ролью в технологической системе СПИД, через которую магнитное приспособление