



Рис. 4. Распределение напряжений внутри преграды для 11-го варианта расчета

Как показали численные исследования (см. табл.), для рассматриваемой геометрии и конструкции снаряда существует предельная глубина пробития преграды, которая в данной серии расчетов оказалась равной 563 мм.

#### Выводы

Исследовано влияние внутренней структуры бронебойно-подкалиберного снаряда на величину пробития преграды на основе комплексного моделирования процесса выстрела. Показано, что при одинаковом заряде дульная скорость снаряда уменьшается с увеличением его массы. При этом скорость подлета к цели имеет немонотонный характер в зависимости от активной массы бронебойно-подкалиберного снаряда. Анализ бронепробития показал, что с увеличением диаметра сердечника глубина пробития также носит немонотонный характер, а максимальное пробитие достигается для снаряда, масса активной части которой на 32 % больше штатной.

Получено 26.10.2016

УДК 658.5.012.7

А. В. Сократов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АУДИТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ МАШИНОСТРОЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРУКТУР-СТРАТЕГИЙ ИХ РАЗВИТИЯ. ОБЗОР. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

**З**адача разработки эффективной программы технического развития производственной системы (ПС) для конкретных условий предприятия является комплексной, охватывающей как технические, так и экономические аспекты. Одним из таких аспектов является аудит производства на основе результатов которого делаются выводы о технико-экономическом состоянии производства предприятия и перспективных направлениях его развития.

#### Библиографические ссылки

1. Маликов Н. Ш., Слуцкий В. Е. Пространственная модель исследования динамики взаимодействия в системе «орудие – ствол – выстрел» для решения задач точности стрельбы // Тр. Нижегородского гос. техн. ун-та им. П. Е. Алексеева. – № 5(107). – С. 184–190.
2. Русяк И. Г., Ермолаев М. А. Математическое моделирование артиллерийского выстрела для комбинированных зарядов // Вопросы оборонной техники. – Серия 14, Вып. 2. – М.: НТЦ «Информтехника», 2015. – С. 141–149.
3. Расчет траектории движения снаряда в атмосфере с учетом гидродинамики его обтекания / И. Г. Русяк, А. И. Карпов, С. А. Королев, С. А. Карсканов // Вопросы оборонной техники. – Серия 14, Вып. 2. – М.: НТЦ «Информтехника», 2015. – С. 130–141.
4. Autodyn Documentation. ANSYS Autodyn User's Manual. Release 15.0. ANSYS, Inc. 2013. – URL: <http://148.204.81.206/ANSYS/150/> (дата обращения: 16.05.2016).
5. Batra R. C., Stevens J. B. Adiabatic Shear Bands in Axisymmetric Impact and Penetration Problems // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 151, 1998. P. 325–342.
6. Липанов А. М., Вахрушев А. В., Федотов А. Ю. Исследование динамического взаимодействия твердых тел методами математического моделирования // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Математическое моделирование и программирование. – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 53–65.
7. Autodyn Documentation. ANSYS Autodyn User's Manual. Release 15.0. ANSYS, Inc. 2013.
8. Johnson G. R., Cook W. H. A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures // Proc. of 7th Symposium on Ballistics, Hague, Netherlands, 1983. P. 541–547.
9. Rusyak I., Sufiyarov V., Korolev S., Ermolaev M. Software complex for simulation of internal and external ballistics of artillery shot // 5th International Conference on Military Technologies, ICMT 2015. V. Krivanek (eds). 19–21 May 2015. Brno. Czech Republic. University of Defense. P. 9–17.
10. Там же.

водства профессиональным составом, метрологический инструмент, структуры технологической себестоимости и трудоемкости и др.

Аудит производства предприятия является первым шагом при разработке программ технического развития производства и требует максимально возможного масштаба исследований и точности в численной оценке атрибутов объектов аудита. Масштаб и точность аудита предполагают его автоматизацию, и он должен проводиться в автоматизированном режиме в тесной интеграции с информационным пространством предприятия.

В работах научной школы профессора Якимовича Б. А. даны определения и основные методы формирования структур-стратегий ПС машиностроения, представленных [1–12] в виде кортежа:

$$F = \langle T, I, O \rangle,$$

где  $T$  – технологическая структура предприятия;  $I$  – информационная структура предприятия;  $O$  – организационная структура предприятия.

Исходя из формального представления структуры-стратегии ПС машиностроения можно сделать вывод, что основными сущностями, подлежащими аудиту, являются технологическая, информационная, организационная структуры предприятия. Именно их атрибуты требуют всестороннего анализа при разработке программ технического развития предприятия.

Перечислим усеченный (не полный) ряд объектов аудита и часть их атрибутов (табл. 1).

Таблица 1. Объекты технико-экономического аудита

| Объект аудита                     | Описание   | Атрибуты  |
|-----------------------------------|--|---|
| Организационные связи цехов       | Отражает инфраструктуру предприятия в виде связей между цехами                               | Перечень цехов  |
| Номенклатурная модель предприятия | Показывает перечень товарной продукции предприятия   | Шифр изделия, наименование изделия, трудоемкость, себестоимость, кол-во в год |
| Детали                            | Содержит характеристики детали, а также описание рабочего места для ее изготовления          | Характеристики детали, рабочего места и станка, виды и время работы на станке |
| Технологии                        | Отражает технологии изготовления основных классов деталей – последовательность видов работ   | Виды работ, связи между работами  |
| Материальные расходы              | Расходы на содержание оборудования, заработная плата персонала, общепроизводственные расходы | Затраты в рублях по каждому пункту  |

Таблица 2. Этапы технико-экономического аудита

| Этап              | Используемые методы   | Недостатки  |
|-------------------|---|---|
| Сбор информации   | Анкетирование   | Лишние затраты времени и ресурсов                           |
|                   | Экспертиза документации предприятия                                       | Привлечение экспертов, что требует оплаты и времени         |
|                   | Исследование технологического состояния производства                      | Полученные данные могут не соответствовать реальным         |
|                   | Системное описание существующего производства                             | Перевод описания в формат, требуемый для анализа            |
|                   | Сбор информации по текущему состоянию промышленных и технических объектов | Привлечение экспертов или анкетирование персонала           |
| Анализ информации | Объективный анализ сильных, слабых сторон развития компании               | При привлечении экспертов объективность может быть нарушена |
|                   | Обработка исходных данных, выпускаемых продуктов и услуг                  | Может занимать длительное время                             |
|                   | Сравнение технического уровня предприятия с лучшими мировыми аналогами    | Информация об аналогах может быть неактуальна               |

Проведенный анализ компаний, предлагающих автоматизированные решения в области аудита машиностроительных предприятий, показал, что множество компаний предлагают услуги проведения технологического аудита, и в целом комплекс действий является единым для таких компаний, но у большинства из них отсутствуют функции, реализация которых повышает эффективность процесса проведения аудита и предоставляет заказчику информацию в полном объеме.

Современные компании, предоставляющие услуги по проведению аудита, чаще всего анализируют только технологическую или организационную структуру, но ни одна компания не анализирует информационную структуру предприятия, большинство объектов не учитывается. Соответственно, для получения полной картины о состоянии предприятия необходимо проанализировать все приведенные выше составляющие структур-стратегий.

Среди представителей данного сегмента для анализа взяты компания «НПО «ТехноМаш», инженеринговая компания «2К», компания «Балтех», Ульяновская торгово-промышленная палата, Ивтехсервис, компания «МирПром». В качестве предмета исследования рассматриваются предлагаемые методы проведения технологического аудита [13–17].

Процесс технологического аудита делится на 3 этапа: сбор информации, анализ, предоставление результатов и отчетов. Описание этапов, преимущества и недостатки приведены в табл. 2.

Окончание табл. 2

| Этап                       | Используемые методы  | Недостатки   |
|----------------------------|--|--|
| Предоставление результатов | Программа развития инфраструктуры, «расшивки» «узких мест» и исключение дублирования строительства новых производств | Информация может быть отображена недостаточно понятно, например, при отсутствии средств визуализации                                   |
|                            | Программа разработки и внедрения новых технологий  | В предложенных технологиях отсутствуют рекомендации по изменению информационных технологий   |
|                            | Формирование оптимальных технологических/рыночных возможностей   | Выработанные рекомендации на основе данных, искаженных в ходе анализа, могут значительно повлиять на развитие производственной системы |

Из представленной таблицы видно, что на всех этапах аудита существенно затрачиваются человеческие и временные ресурсы, что приводит к повышению стоимости и времени проведения аудита. Сократить данные затраты можно за счет использования автоматизированного комплекса, считывающего всю информацию в единую информационную базу в автоматическом или автоматизированном режиме. При этом достоверность данных, скорость анализа и предоставления результатов будут достаточными за счет уменьшения влияния человеческого фактора.

Из таблицы видно, что ни одна компания не учитывает состояние отдельно взятых рабочих мест. Данные недостатки проведения аудита существенно влияют на эффективность и целостность формирования программы технического развития структур-стратегий производственных систем машиностроения.

Таким образом, сформулирована следующая тема исследований: «Разработка автоматизированной системы технико-экономического анализа рабочих мест структуры-стратегии производственных систем машиностроения». А также цель данных исследований: «Повышение эффективности производственных процессов изготовления высокотехнологичных изделий машиностроения путем разработки математического и информационного обеспечения, реализующего технико-экономический анализ и выбор рабочих мест производственных систем в зависимости от конструктивно-технологической сложности изделий в автоматизированном режиме».

#### Библиографические ссылки

1. Кузнецов А. П. Общие определения и понимание проблемы выбора структур-стратегий производственных систем машиностроения // Автоматизация и современные технологии. – 2007. – № 4. – С. 40–42.

2. Замятин К. И., Кузнецов А. П. Выбор технологических элементов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Актуальные проблемы машиностроения. – 2009. – С. 292–296.

3. Крутихин А. Д., Кузнецов А. П. Мониторинг многономенклатурных машиностроительных производств на основе теории сложности и методов штрих-кодирования // Естественные и технические науки. – 2008. – № 5(37).

4. Кузнецов А. П. Методика оценки эффективности структур-стратегий производственных систем машино-

строения // Технология машиностроения. – 2007. – № 7 – С. 86–90.

5. Кузнецов А. П. Показатель интегративности структур-стратегий производственных систем машиностроения // Автоматизация и современные технологии. – 2007. – № 9. – С. 36–40.

6. Zavertyaeva O. V., Kuznetsov A. P. Approach to automations an analysis efficiency of technological equipment in a structure-strategy // POLLACK PERIODIKA – An International Journal for Engineering and Information Sciences. – DOI: 10.1556/ Pollack.2.2007.1.7. – Vol. 2, No. 1. – Pp. 79–88, (2007).

7. Кузнецов А. П. Теоретическое обеспечение разработки программ технического развития производственных систем // Технология машиностроения. – 2007. – № 10 – С. 82–85.

8. Кузнецов А. П., Решетников Е. В. Автоматизированная система разработки эффективной структуры-стратегии подготовки производства в CAD\CAM\CAE – системах // Труды электронной заочной конференции. – Ижевск : Изд-во Удм. гос. ун-та, 2000. – 306 с.

9. Анутов Р. М., Кузнецов А. П., Якимович Б. А. Рациональный выбор высоких технологий для машиностроительных производств // Информатика машиностроения. – 1997. – № 4. – С. 2–4.

10. Кузнецов А. П. Оптимальный выбор элементов структур-стратегий производственных систем машиностроения // Экономика и производство. – 2004. – № 1. – С. 35–38.

11. Кузнецов А. П. Анализ, синтез и моделирование структур-стратегий производственных систем машиностроения в условиях неопределенности // Интеллектуальные системы в производстве. – 2003. – № 2. – С. 111–129.

12. Замятин К. И. Разработка автоматизированной системы выбора технологического и информационного обеспечения структур-стратегий производственных систем машиностроения : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2010. – С. 28–29.

13. Федеральное государственное унитарное предприятие «НПО «ТехноМаш». – URL: <http://www.tmnpo.ru/node/305>

14. Инжиниринговая компания «2К». – URL: <http://www.ik2k.ru/uslugi/tekhnicheskij-audit/>

15. Компания «Балтех». – URL: <http://www.baltech-center.ru/catalog.php?catalog=29>

16. Ульяновская торгово-промышленная палата. – URL: <http://ultpp.ru/static/108>

17. Технологический аудит как первый этап технического перевооружения предприятий на базе проектных решений. – Ч. 2. Умное производство. – URL: [http://www.umpro.ru/index.php?page\\_id=17&art\\_id\\_1=647&group\\_id\\_4=85](http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=647&group_id_4=85)