

УДК 621.7.044

**В.В. ТРЕТЬЯК, Н.С. МАТУСЕВИЧ, Ю.А НЕВЕШКИН, А.В. ОНОПЧЕНКО,
М.А ГОЛОВАНОВА***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ И ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
САПР ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Исследуется математическая модель и стоимостная оценка эффективности использования систем автоматизированного проектирования (САПР) импульсных процессов объемной штамповки при проектировании: поковки детали типа вал с фланцем и штамповой оснастки. Разрабатываемая САПР ориентирована на конкретную организацию, при обосновании целесообразности финансирования ее разработки берутся показатели хозрасчетной экономической эффективности и в качестве базовых показателей – прогнозируемые показатели на год внедрения, но без учета автоматизации проектных работ. Экономический эффект достигается за счет использования ресурсосберегающих импульсных технологий и разработанной САПР системы в среде баз знаний СПРУТ ТП.

Ключевые слова: импульсная объемная штамповка, экономическая эффективность, система автоматизированного проектирования.

Введение

Использование импульсных методов объемного деформирования при изготовлении сложных деталей авиационной и космической промышленности позволяет использовать преимущества данного метода при получении деталей высокого качества при достижении значительного формоизменения из заготовок простой формы [1].

Процесс деформирования с высокой скоростью осуществляется в течение долей секунды, температура поковки не уменьшается за время процесса штамповки, что позволяет выдерживать жесткие допуски, малые штамповочные уклоны и радиусы сопряжений. Эта особенность импульсного высокоскоростного деформирования позволяет использовать его для изготовления поволоков с тонкими стенками и ребрами из высокопрочных труднодеформируемых и малопластичных сплавов, оформление которых происходит в направлении приложенных импульсных сил (удара), т.е. прямым или обратным выдавливанием (рифленные панели, крыльчатки с продольными ребрами, конические шестерни с оформленными зубьями, стаканы гладкие, диски с валом и т.д.) [2].

Выбранная группа деталей типа стержень с фланцем (рис. 1) может быть изготовлена и другими способами: изготовление деталей на высокоскоростных молотах (ВМ) (пресс-пушки, установки «Удар» и др.); изготовление деталей на падающих молотах (ПМ); изготовление деталей на механиче-

ских прессах (Пресс), однако использование штамповки взрывом позволяет использовать данный метод как наиболее эффективный [1, 2].

Обоснование эффективности внедрения технологических процессов следует проводить с использованием соответствующих методик [3]. Однако такие расчеты требуют много времени и наличие соответствующей нормативной базы. Применение в системе САПР соответствующего модуля позволит при проектировании техпроцессов сразу определять его эффективность для определенных условий производства.

**1. Разработка математической
и информационной модели штамповки**

Для каждой детали и соответствующего формовкладуша выбранной группы деталей типа стержень с фланцем (рис. 1) проводилось математическое моделирование процесса штамповки на взрывном прессе ВП-02М с помощью программы DEFORM-2D.

DEFORM-2D – конечно-элементная система моделирования, предназначенная для анализа двумерного (2D) поведения металла при различных процессах обработки давлением [4].

Моделирование проводилось для двух вариантов: штамповка в один переход и штамповка в три перехода.

На рис. 2 показан результат штамповки в один переход из заготовки типа блин. Произошел разрыв

материала. Вариант штамповки в один переход из заготовки типа круг (рис. 3) осуществим. Но нужно проводить дополнительный контроль по материалу заготовки. Для промышленного применения пригоден технологический процесс штамповки деталей типа стержень с фланцем (рис. 4) из заготовки типа круг за три перехода.

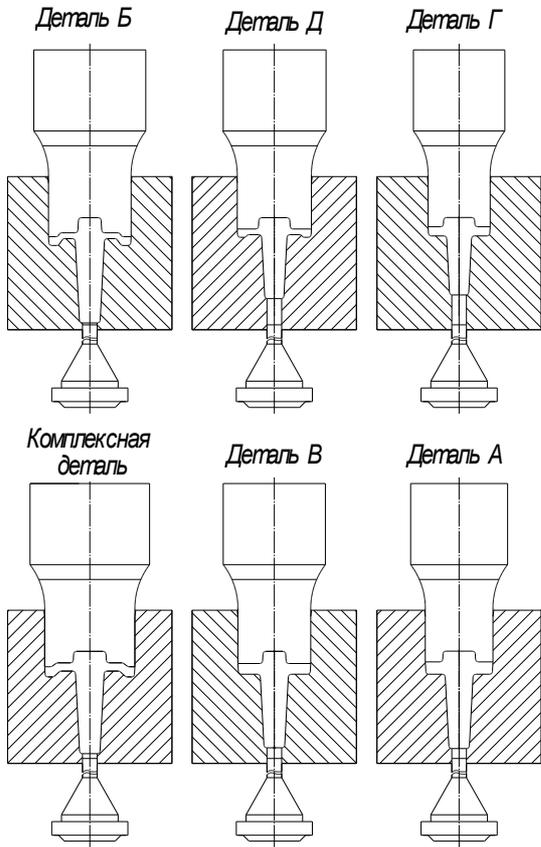


Рис. 1. Исследуемая группа деталей и сменных формовкладыше

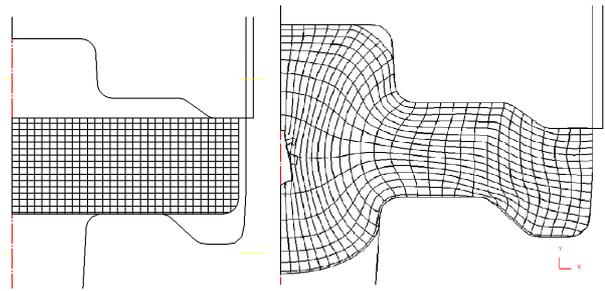


Рис. 2. Штамповка в один переход (с разрывом материала)

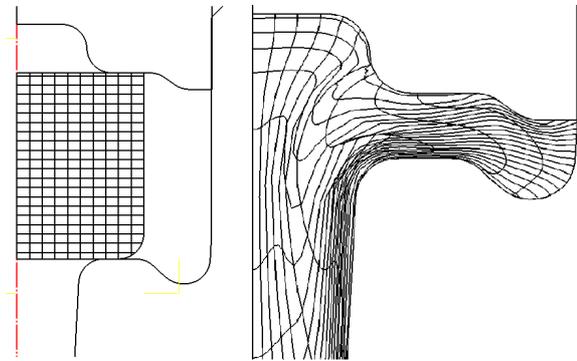


Рис. 3. Штамповка в один переход

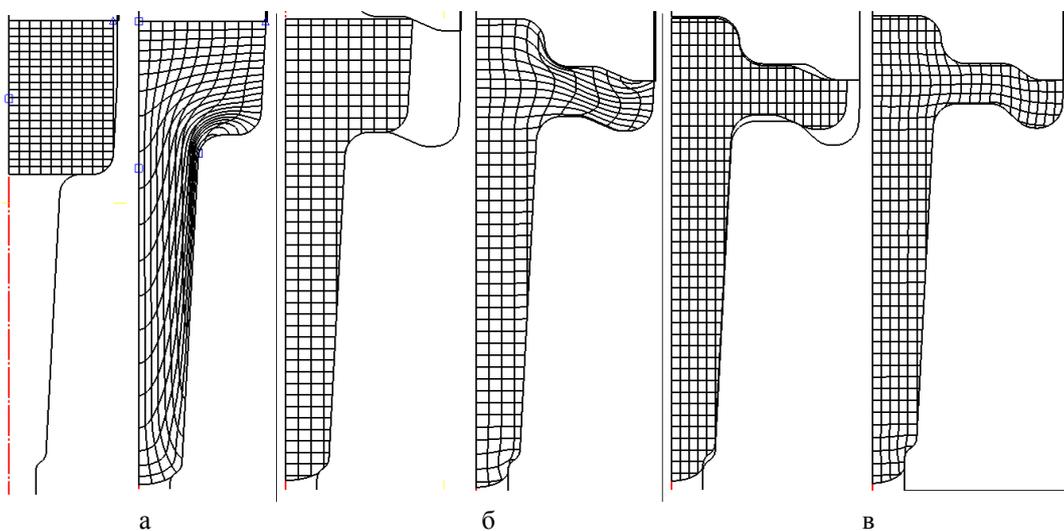


Рис. 4. Штамповка в три перехода: а – оттяжка хвостовика; б – предварительная штамповка; в – окончательная штамповка

2. Разработка модели расчета экономической эффективности в среде САПР

САПР может разрабатываться для типового использования или для конкретной организации. В зависимости от ориентации САПР в качестве характеристик базового варианта принимают различные показатели. Если САПР ориентирована на типовую эксплуатацию, то при обосновании целесообразности финансирования ее разработки устанавливают показатели народнохозяйственной экономической эффективности и в качестве базовых принимают прогнозируемые на год, предшествующий внедрению системы, показатели организации, выполняющей лучшим способом проектные работы, а при выяснении эффективности функционирования системы в конкретной организации – плановые показатели этой организации на расчетный год, но без влияния результатов внедрения оцениваемой САПР [5, 6].

Если САПР ориентирована на конкретную организацию, то при обосновании целесообразности финансирования ее разработки берут показатели хозрасчетной экономической эффективности и в качестве базовых – прогнозируемые показатели этой организации на год внедрения или первый год промышленной эксплуатации оцениваемой САПР, но без учета автоматизации проектных работ, а при исследовании эффективности внедрения системы – отчетные показатели организации на год, предшествующий внедрению оцениваемой САПР

При обосновании экономической эффективности САПР допускается использование расчетных и нормативных значений показателей затрат и экономии различных ресурсов в стоимостном или натуральном выражении. Нормативы затрат и экономии ресурсов разрабатываются на отраслевом уровне и имеют статическую оценку при заданной доверительной вероятности. Действующие нормативы обеспечивают точность для доверительной вероятности в пределах 0,9...0,95.

Нормированию подлежат технико-экономические показатели научно-технического уровня САПР. К ним относятся: процент условного сокращения численности проектировщиков; среднее снижение трудозатрат на выполнение одной задачи проектирования; фондовооруженность пассивными фондами работника проектной организации; себестоимость выполнения одной задачи проектирования в базовом и новых вариантах; величина минимально возможного относительного снижения расхода i -го вида ресурса при проектировании объекта с применением САПР; среднегодовая экономия эксплуатационных затрат на объектах, проектируемых

с помощью САПР; коэффициент снижения сметной стоимости строительства.

Определение годовой экономии от повышения качества проектных решений базируется на двух принципах. Во-первых, суммируется экономия от автоматизации проектирования за весь период изготовления и эксплуатации объектов, спроектированных в расчетном году. Во-вторых, экономия, получаемая в разные годы (на объектах, спроектированных в расчетном году), приводится к году начала проектирования.

Для формирования базы знаний для расчета экономической эффективности необходимо сформировать массив данных, который будет включать в себя такую информацию: трудоемкости работ без САПР и в условиях САПР, затраты на оплату труда разработчиков ТП, стоимость самой системы САПР, трудоемкости изготовления штампов и т.п.

В системе САПР необходимо прописать методики по оценке экономической эффективности [3, 7]. Расчеты должны предусматривать получения такого набора показателей, который позволяет оценить как абсолютную так и сравнительную эффективность:

- потребные капитальные вложения;
- затраты на подготовку и освоение производства по проектируемой технологии;
- эксплуатационные затраты;
- период возврата капитальных вложений;
- чистая дисконтированная стоимость;
- внутренняя норма рентабельности;
- показатели доходности.

3. Результаты применения модели расчета экономической эффективности

В среде баз знаний СПРУТ ТП [4] была разработана база знаний для расчёта экономической эффективности применения САПР при проектировании оборудования для импульсной штамповки объемных деталей авиационных двигателей. Также был разработан МИЗ рассчитывающий годовой экономический эффект от внедрения разработки оборудования с помощью САПР по сравнению с ручным проектированием.

В отличие от неавтоматизированного проектирования с помощью САПР ТП выполняют индивидуальное проектирование с учетом особенностей конкретной чистовой детали и осуществляют оптимизацию технологии штамповки на одном виде оборудования. При правильном выборе критерия оптимизации это исключает или, по крайней мере, сокращает до минимума этап опытной доводки.

При применении модуля «САПР-экономическая эффективность» разработчик техпроцесса

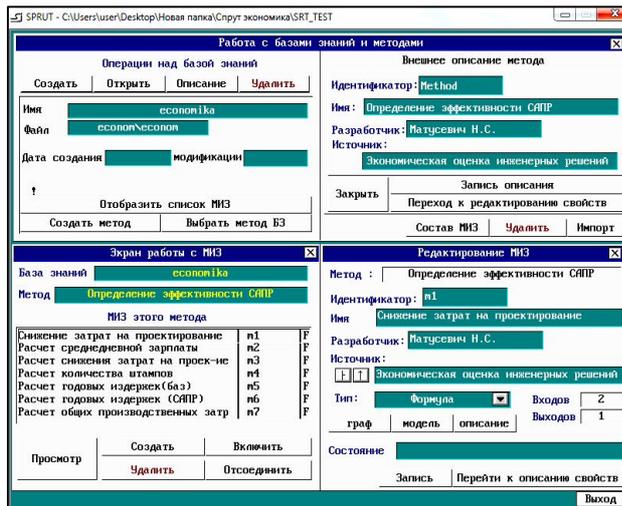


Рис. 5. База знаний расчета экономической эффективности САПР

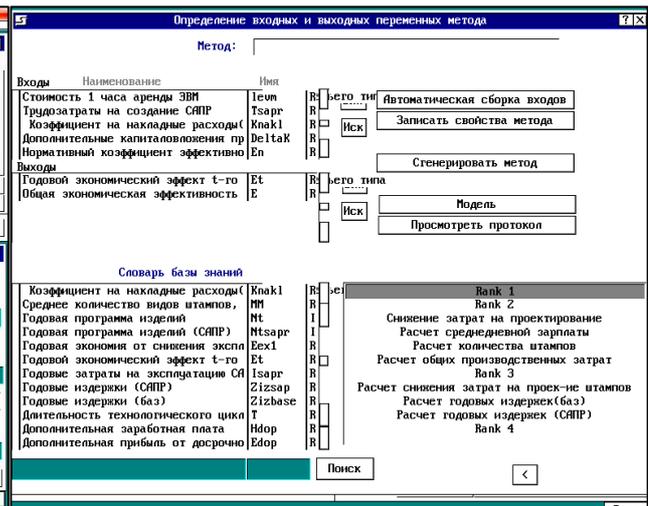


Рис. 6. Определение входных и выходных переменных метода

может оценить эффективность последующего его внедрения в серийное производство еще на этапе проектирования. При этом изменение показателей эффективности можно отслеживать при изменении отдельных параметров технологического процесса. Таким образом, модель для расчета экономической эффективности является неотъемлемой частью процесса проектирования процессов штамповки и выбора технологий в среде САПР.

ления объемных деталей авиационных двигателей. Разработана математическая модель для исследования процесса деформирования в программном комплексе Deform.

Разработана база знаний для расчета экономической эффективности при проектировании оборудования для импульсной штамповки объемных деталей авиационных двигателей в среде СРУТ. Выполненные расчеты позволяют сделать вывод об экономической эффективности данной разработки.

Значения переменных модуля		
Средняя труд-ть проект-ия без САПР	trp	: 20
Средняя труд-ть проект-ия с САПР	trpSAPR	: 2
Часовая заработная плата конструктора	wtZk	: 1
Среднее количество видов штампов, проект	MM	: 60
Дополнительная заработная плата	Hdor	: 0.2
Отчисления в фонды пенсионного, социальн	Hot	: 0.375
Годовые затраты на эксплуатацию САПР	Isapr	: 1000
Жизненный цикл штампа	Gj	: 3
Средняя годовая программа заготовок, изг	Nzag	: 10000
Средняя износос-ть штампа	jbase	: 2000
Средняя износос-ть штампа САПР	JSAPR	: 2200
Норма амортизационных отчислений для обо	Na	: 15
Трудоемкость изгот-ия штампа	tizbase	: 10
Стоимость обр-ия	Qbase	: 20000
Зарплата при изгот-ии штампа	Ziz	: 1
Стоимость обр-ия (САПР)	QSAPR	: 50000
Трудоемкость изгот-ия штампа САПР	tizsapr	: 5
Зарплата при изгот-ии штампа САПР	Zizsapr	: 1
Затраты машинного времени при проект.	SAtev	: 200
Средний дневной заработок разработчика	Zdn	: 10
Стоимость 1 часа аренды ЭВМ	lev	: 2
Трудозатраты на создание САПР	tsapr	: 200
Коэффициент на накладные расходы (САПР)	Knakl	: 2
Дополнительные капиталовложения проектны	DeltaK	: 2000
Нормативный коэффициент эффективности	En	: 0.2
Общая экономическая эффективность	E	: 0.613
Запуск Отказ		

Рис. 7. Результаты расчета экономической эффективности

Заключение

В результате проведенной работы исследованы возможности импульсной штамповки для изгот-

Литература

1. К оценке экономической эффективности методов изготовления сложных деталей с помощью импульсных источников энергии [Текст] / В.К. Борисевич, В.Н. Голованов, В.В. Третьяк, Ю.А. Невешкин // *Авиационно-космична техніка і технологія*. – 2009. – № 66. – С. 187-193.
2. Согришин, Ю.П. Штамповка на высокоскоростных молотах [Текст] / Ю.П. Согришин, Л.Г. Гришин, В.М. Воробьев. – М.: Машиностроение, 1978. – 167с.
3. Голованова, М.А. Формирование набора показателей для оценки экономической эффективности технологий импульсной штамповки [Текст] / М.А. Голованова // *Компьютерные технологии в управлении и экономике: сб. научн. тр.* – Х.: ХАИ, 2002. – С. 121-127.
4. Третьяк, В.В. Особенности импульсной штамповки объемных деталей авиационной техники [Текст] / В.В. Третьяк // *Авиационно-космична техніка і технологія*. – 2011. – №. 79. – С. 42-46.
5. Гавва, В.Н. Экономическая оценка инженерных решений [Текст]: учеб. пособие. / В.Н. Гавва, М.А. Голованова. – Х.: ХАИ, 1999. – 135 с.
6. Евсеев, Г.Б. Систематология инженерных знаний [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г.Б. Евсеев. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 346 с.

7. Голованова, М.А. Информационная технология определения границ эффективности вариантов технологических процессов в условиях неопределенности исходных данных. [Текст] / М.А. Голованова

// Системы обработки информации: сб. науч. праць Харк. ун-та Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – Вип. 75. – Х., 2009. – С. 137-140.

Поступила в редакцию 20.05.2013, рассмотрена на редколлегии 13.06.2013

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., проф. кафедры теоретической механики и роботомеханических систем, В.А. Меньшиков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САПР ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ

В.В. Третьяк, М.С. Матусевич, Ю.О. Невешкин, А.В. Онопченко, М.А. Голованова

Досліджується математична модель і вартісна оцінка ефективності використання систем автоматизованого проектування (САПР) імпульсних процесів об'ємного штампування при проектуванні поковки деталі типу вал з фланцем і штампового оснащення. Розробляється САПР орієнтована на конкретну організацію, при обґрунтуванні доцільності фінансування її розробки беруться показники госпрозрахункової економічної ефективності і в якості базових показників - прогнозовані показники на рік впровадження, але без урахування автоматизації проектних робіт. Економічний ефект досягається за рахунок використання ресурсозберігаючих імпульсних технологій і розробленої САПР системи в середовищі баз знань СПРУТ ТП.

Ключові слова: імпульсна об'ємна штамповка, економічна ефективність, система автоматизованого проектування.

DEVELOPMENT OF INFORMATION AND MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE ECONOMIC EFFICIENCY CAD PULSED PROCESSES

V.V. Tretyak, N.S. Matusевич, Yu.A. Neveshkin, A.V. Onopchenko, M.A. Golovanova

A mathematical model and the valuation of the effectiveness of the use of computer-aided design (CAD) pulsed forging processes in the design of forging parts such as shaft flange and die tooling is investigated. The developed CAD system is focused on a specific organization, in justifying the feasibility of its development funding come from a self-supporting economic efficiency indicators and benchmarks as - projections for the year of implementation, but excluding aided design. The economic effect is achieved through the use of resource-pulse technology and developed CAD systems in the environment of knowledge bases SPRUT TP.

Keywords: pulsed forging process, economic efficiency, computer-aided design.

Третьяк Владимир Васильевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: vladimir.tretjak@mail.ru.

Матусевич Николай Сергеевич – магистр кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: lmint_khai@rambler.ru.

Невешкин Юрий Александрович – мл. науч. сотр. кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: lmint_khai@rambler.ru.

Онопченко Антон Виталиевич – аспирант кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: anton.onopchenko@rambler.ru.

Голованова Майя Анатольевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экономики и маркетинга Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: 190490@bk.ru.