

**Учебно-методические рекомендации по изучению дисциплины**  
**«Управление качеством объектов профессиональной деятельности»**  
**для бакалавров**

Предназначены для самостоятельного изучения дисциплины бакалаврами дневной формы обучения. Изучение основывается на самостоятельной работе бакалавров в течение соответствующего семестра по рекомендациям документации, входящей в состав учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД). Исключение составляет практическая форма занятий, которая в обязательном порядке должна проводиться в условиях лабораторий и специализированных аудиторий профилирующей кафедры.

Рекомендации определяют порядок работы студента по трём видам процесса образования для дневной формы обучения, предусмотренным рабочей программой изучаемой дисциплины:

1. основного – по изучению лекционного материала,
2. практического – в рамках практических аудиторных занятий,
3. дополнительного – посредством самостоятельной работы (СР) с библиографическим материалом и выполнению текущих заданий практической части учебной программы самостоятельно.

ЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ дисциплины изучается в соответствии с рабочей программой дисциплины, входящей в УМКД. Тематический состав лекционного материала, подлежащего самостоятельному изучению, определяется формой 3.1 рабочей программы УМКД. Следует обратить внимание на то, что план, в том числе, лекционного материала в форме 3.1 приводится в сочетании со ссылками на литературные источники формы 6, в которых данные разделы курса излагаются в наиболее полном виде. Самоконтроль знания лекционного материала дисциплины осуществляется бакалавром по опорным вопросам дисциплины, содержащимся в конце рабочей программы и по перечню вопросов экзаменационных билетов..

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ при самостоятельной подготовке выполняются строго в профильных аудиториях кафедры. Тематический план практических занятий приводится в форме 3.3 (посредством обозначений формы 3.1), соответствующей рабочей программы, со ссылками на методические руководства в списке литературы (форма 6).

Бакалаврам следует обратить внимание на то, что протоколы практических работ по мере их выполнения или в конце семестра (по согласованию с преподавателем) должны быть проверены, защищены и заверены преподавателем. Бакалавр допускается к сдаче экзамена или зачёта

(форма контроля определяется рабочей программой дисциплины) только при условии выполнения всех практических занятий.

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (СР)** бакалавра определяется изучением тем дисциплины, входящих в содержание дополнительной литературы рабочей программы дисциплины (форма б).

Практические работы при самостоятельном изучении требуют обязательного их выполнения (экспериментальной части) в лабораторных условиях, для чего время отработки работы заранее оговаривается с лектором дисциплины и согласовывается с аудиторным расписанием лабораторий профилирующей кафедры. При этом, в рамках самостоятельного изучения, бакалавр должен заранее изучить теоретическую часть работы самостоятельно, подготовив протокол работы. Выполнение такой работы в лабораторных условиях сводится к проведению экспериментальной части и к анализу полученных экспериментальных данных.

Тематический план работ приводится в форме 3.1-3.3, соответствующей рабочей программы, со ссылками на методические руководства в списке литературы (форма б).

Протоколы работы оформляются на листах формата А4 или А5 в рукописном или печатном виде (рабочее поле должно иметь размеры 170×250 или 110×170 мм, левое поле-25 мм). По согласованию с лектором курса, допускается оформлять протоколы в ученических тетрадях стандартного образца. Протокол каждой работы должен состоять из темы; цели работы; кратких теоретических сведений; порядка выполнения; результатов анализа и выводов. Все необходимые иллюстрации к работе должны быть пронумерованы и иметь название, а в соответствующих местах текста протокола необходимо ссылаться на соответствующий рисунок или таблицу. Перед защитой работ все протоколы сшиваются (если они были подготовлены раздельно друг от друга), в порядке их следования в течение семестра с обязательным оформлением титульного листа. Титульный лист должен содержать: название министерства, название вуза, название кафедры, наименование дисциплины, фамилии бакалавра и преподавателя, под руководством которого выполнены работы, а также название города и учебного года.

Расписание контроля преподавателем самостоятельного изучения дисциплины студентом содержится в деканате соответствующего факультета и на информационном стенде профилирующей кафедры.

**ПЛАН**  
**конспекта лекций по дисциплине**  
**«Управление качеством объектов профессиональной деятельности»**  
**(для бакалавров)**

Управление качеством поковок горячей объёмной штамповки (ГОШ)

Явные и не явные нарушения качества технологических решений при ГОШ.

Функции цели и функциональные параметры, определяющие количественную оценку качества поковок при ГОШ.

Примеры оптимизационных вариантов достижения качественных технологических решений при ГОШ.

Прогнозирование условий контактного трения в процессах ГОШ, эффект нестабильности условий трения на протяжении срока эксплуатации штамповой оснастки и его влияние на зарождение дефектов типа «зажим» на поверхностях поковок.

Управление качеством изделий, получаемых холодной штамповкой (ХШ)

Явные и не явные нарушения качества технологических решений при ГОШ

Оценка технологичности процесса ХШ и корректности выбора очерёдности операций при ЛШ и скорости протекания процессов ХОШ.

Примеры вариантов достижения качественных технологических решений при ХШ.

Нетрадиционные способы управления качеством продукции процессов ОМД

Влияние эффекта дробности деформации на ресурс пластичности металлов и качество изделий ЛШ при определении коэффициентов вытяжки при изготовлении изделий типа глубоких стаканов за 3 и более перехода

Влияние эффекта дробности деформации на ресурс пластичности металлов и качество изделий прокатного производства

Влияние эффекта дробности деформации на ресурс пластичности металлов и качество изделий волочильного производства

Влияние эффекта дробности деформации на ресурс пластичности металлов и качество изделий ГОШ и спецвидов штамповки.

Наполнение лекционного материала плана конспекта лекций подробно рассматривается в содержании следующих учебных изданий:

**Вовченко А.В.** Методы нелинейного и динамического программирования в расчётах процессов обработки металлов давлением: учеб. пособие / **А.В. Вовченко.** – Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2015.–103с.

**Вовченко, А.В.** Совершенствование технологии процессов объёмной штамповки на основе применения гранично-элементных расчётов: монография / **А.В. Вовченко.** – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2011. – 264с.

**Резников Ю.Н.** Оптимизация технологических процессов обработки металлов давлением: учеб. пособие / **Ю.Н. Резников, Б.С. Мороз, А.В. Вовченко.** – Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002.–94с.

**Резников, Ю.Н.** Моделирование технологических процессов кузнечно-штамповочного производства: учеб. пособие / **Ю.Н. Резников.** – Р. н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 1994.– 94с.

**Резников Ю.Н.** Теория обработки металлов давлением: текст лекций / **Ю.Н. Резников, А.В. Вовченко.** – Ростов-н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010.–96с.

**Резников Ю.Н.** Инженерная механика твердого тела: учеб. пособие / **Ю.Н. Резников, Е.А. Ефремова, А.В. Вовченко.** – Р. н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 1998.-167с.

### **Методические рекомендации (практические занятия)**

Практические занятия – одна из важных форм учебного процесса в курсе «Управление качеством объектов профессиональной деятельности». На занятия выносятся наиболее важные и сложные вопросы практического применения знаний из области теоретического (лекционного) курса, без которых разобраться в материале дисциплины невозможно. Занятия ориентируют бакалавров на творческий подход к изучению изложенного лекционного материала. Особое значение при подготовке к практическим занятиям придается самостоятельной работе с источниками и учебной литературой. Практические занятия направляют бакалавров на комплексное рассмотрение всех вопросов курса моделирования процессов обработки давлением. Они дают возможность студентам эффективно усваивать учебные материалы, овладевать первоисточниками и научной литературой, помогают развивать проектное мышление в вопросах разработки разнообразных схемно-проектных решений в области моделируемых процессов ОМД, приобретать навыки мотивированного обоснования выбранной точки зрения в технологических вопросах. Главным условием усвоения курса является тщательная подготовка студента к каждому занятию.

Подготовку к занятию следует вести в следующем порядке:

- внимательно ознакомиться с планом занятия, списком рекомендованной литературы, методическими рекомендациями;
- прочесть конспект лекции по теме планового занятия, акцентируя внимание на содержании основного материала, необходимого для освоения поставленных целей;
- важнейшим этапом работы при подготовке к практическому занятию является изучение рекомендованной к каждой теме литературы. Источники и литература автоматизации кузнечно-штамповочного производства являются

основой достоверных знаний. Помощь обучающимся при подготовке к занятиям окажет рекомендуемая литература, указанная в разделе 6 Рабочей программы.

При работе над рекомендованными источниками и литературой необходимо помнить, что недостаточно ограничиваться беглым ознакомлением или просмотром текста.

На основе изучения источников литературы необходимо подготовить протокол, оформив соответствующие записи в нём.

Наиболее трудоемкой частью, но совершенно необходимой, для подготовки к практическому занятию является конспектирование в протоколах методической литературы. Конспективная форма записи требует не только фиксации наиболее важных положений источника, но и фиксации и методологических положений и доказательств. Нередко в протоколах фиксируются и собственные замечания и вопросы, которые в дальнейшем обсуждаются на лекционном или лабораторном занятиях.

Протокол составляется в последовательности, предусмотренной планом каждой темы занятия, содержащимся в соответствующем методическом указании.

К каждому практическому занятию рекомендуются варианты заданий, которые следует выполнять по методике материалов сопровождения каждого из них.

На практических занятиях бакалавр должен:

- принимать активное участие в обсуждении вопросов занятия;
- внимательно следить за обсуждением рассматриваемых особенностей тем;
- уметь вести полемику с оппонентами и мотивированно доказывать свою точку зрения.

Приобретенные знания и навыки повышают познавательную деятельность, дают возможность бакалаврам формировать свои умения и навыки, анализировать факты, использовать научные источники, делать обоснованные выводы, приобретать навыки и знания для такой формы обучения и контроля, как тестирование.

### **Темы практических занятий:**

#### **1. Функциональные зависимости, используемые для реологических уравнений сталей и сплавов при ГОШ и ХШ.**

Цель работы. Изучить влияние варьирования компонент реологических уравнений на качественные показатели формообразования изделий пластической деформации по данным численного моделирования.

#### **2. Параметры, используемые для описания контактных граничных условий пластического формоизменения сталей и сплавов при ГОШ и ХШ.**

Цель работы. Изучить влияние вариантов контактных граничных условий (коэффициент трения по Кулону, коэффициент трения по Зибелю, понятие фактора трения) на показатели адекватного эксперименту и рационального формообразования изделий пластической деформацией по данным численного моделирования.

### **3. Численное моделирование процессов процессов ОШ методом граничных элементов (МГЭ)**

Цель работы: изучить методику расчёта процесса пластической деформации с применением МГЭ и реализовать моделирование формоизменения заготовки в поковку по индивидуальному заданию.

### **4. Численное моделирование процессов процессов ОШ методом конечных элементов (МКЭ)**

Цель работы: изучить методику расчёта процесса пластической деформации с применением МКЭ и реализовать моделирование формоизменения заготовки в поковку по индивидуальному заданию.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

Факультет «Машиностроительные технологии и оборудование» (МТиО)

Кафедра «Технологии формообразования и  
художественная обработка материалов»

Методические указания к выполнению курса  
практических работ по дисциплине

«Управление качеством  
объектов профессиональной деятельности»

Ростов-на-Дону, 2018

УДК 621.7.043

Составители: д-р техн. наук, доцент  
ст. преподаватель

Вовченко А.В.,  
Катрич О.И.

Методические указания к выполнению курса практических работ по дисциплине «Управление качеством объектов профессиональной деятельности». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2018.–17с.

Методические указания предназначены для бакалавров дневной и заочной форм обучения по направлению 15.03.01 «Машиностроение», профиля «Информационные технологии обработки металлов давлением».

УДК 621.7.043

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой «Технологии формообразования и художественная обработка материалов» канд. техн. наук, доцент Г.В. Чумаченко

---

В печать \_\_.12.2018

Формат 60×84/16 Объём 1.1 усл.п.л.

Тираж \_\_ экз. Заказ № \_\_.

---

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Вовченко А.В., Катрич О.И.

© Донской государственный  
технический университет, 2018



## РАБОТА №1

**Изучение методики количественной оценки уровня геометрической сложности изделий, получаемых объёмной штамповкой**

Цель работы: изучить методику количественной оценки уровня геометрической сложности изделий, получаемых объёмной штамповкой, по форме поперечных сечений.

Материалы, инструмент, оборудование.

1. Варианты деталей или поковок (ручьев штампов), используемых для оценки сложности формы;
2. Измерительный инструмент;
3. ГОСТ 7505-89;
4. Чертежи изделий (поковок), получаемых объёмной штамповкой (горячей объёмной штамповкой);
5. ПК с ОС (Windows 7 и выше);
6. MS Office (обязательный состав: Word, Excel);
7. Редактор векторной графики (Компас 15 и выше).

Общие сведения.

Геометрическая сложность изделий в области обработки металлов давлением (ОМД) является одним из основных показателей, определяющих такие особенности технологических процессов штамповки как количество заготовительных (промежуточных) переходов, технологичность изделий, их себестоимость, объёмы дополнительных металло- и энергозатрат и пр.

Методики количественной оценки геометрической сложности объектов профессиональной деятельности в области объёмной штамповки – изделий или поковок, применяются в целях повышения достоверности разрабатываемых технологий ОМД на стадии их проектирования.

Порядок выполнения работы.

1. На анализируемом изделии, поковке или по их чертежам определяется местоположение основной плоскости сечения, по которому будет оцениваться в дальнейшем количественная величина геометрической сложности объекта.
2. Формируется чертёж или эскиз сечения объекта в анализируемом геометрическом месте.
3. Для полного сечения объекта (не зависимо от наличия

условий симметрии на сечении) определяется степень сложности сечения поковки ( $\Pi$ ) относительно сечения описанной вокруг неё фигуры (цилиндра или параллелепипеда) ( $\Pi$ ) [1,с.158; 2]

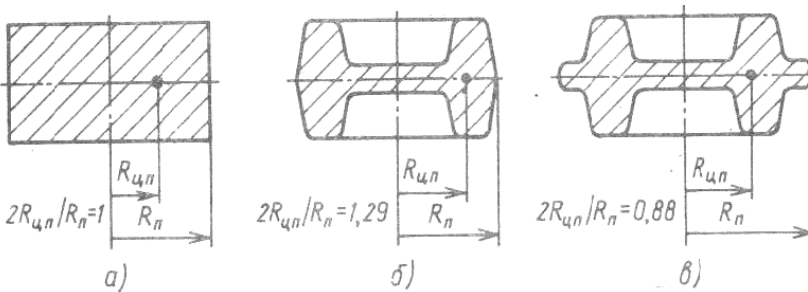
$$\Phi_{\Pi} = (P_{\Pi}^2 / F_{\Pi}) / (P_{\Pi}^2 / F_{\Pi})$$

$P$  – периметры сечений;  $F$  – площади сечений.

4. В зависимости от наличия действующих условий симметрии на форме сечения объекта, относительно явной (рис.1.1) [1,с.158; 2] или мнимой оси его симметрии определяется степень сложности поковки по конфигурации её сечения

$$C_{\Pi} = 2R_{\Pi\Pi} / R_{\Pi},$$

$R_{\Pi}$  – наружный радиус поковки;  $R_{\Pi\Pi}$  – абсцисса центра тяжести половины осевого сечения.



**Рис. 1.1.** Определение наружного радиуса объекта и абсциссы центра тяжести половины осевого сечения в зависимости от расположения полостей на ручьях штампов

Если поковка не является телом вращения (с осью вращения, совпадающей с нормалью к плану штампового пространства и являющейся осью симметрии сечения), то вводится мнимая ось [3,с.182], проходящая через центр тяжести полного сечения поковки. В этом случае для определения величин  $R_{\Pi\Pi}$  и  $R_{\Pi}$  принимается та часть сечения (левая или правая), разделенная этой осью, которая доставляет  $C_{\Pi} \rightarrow \max$ .

5. Определяется количественный критерий сложности поковки, используемый и рекомендуемый как наиболее удачный, например, в работах [1,с.158; 2]

$$S_T = \Phi_{\Pi} C_{\Pi}.$$

6. В случае анализа симметричной формы сечения объекта, по значению критерия  $S_T$  могут быть определены формы-аналоги

объекта, которые могут использоваться для первичной оценки технологий их изготовления штамповкой (рис.1.2).

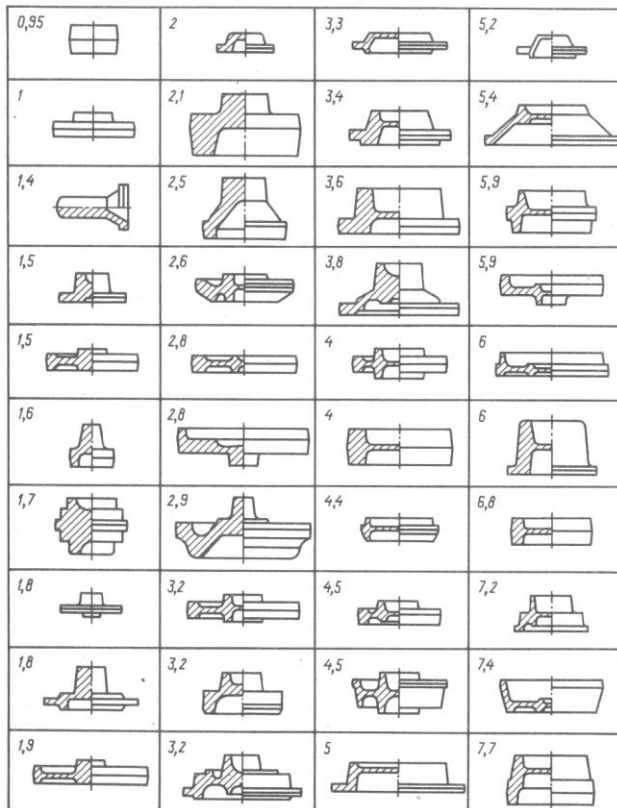


Рис.1.2 Примеры осесимметричных (круглых в плане) поковок и рассчитанные значения критерия геометрической сложности  $S_T$  для них

#### Содержание отчёта.

Отчёт о выполнении работы должен включать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Перечень материалов, инструментов и оборудования.
4. Эскизы анализируемых изделий.
5. Расчёты основных параметров, входящих в количественную оценку показателя сложности геометрической формы сечения изделия или поковки.
6. Выводы по работе.

## РАБОТА №2

**Изучение методики количественной оценки неравномерности распределения накопленного деформированного состояния в изделиях, получаемых объёмной штамповкой**

Цель работы: изучить методику количественной оценки неравномерности распределения накопленного деформированного состояния в изделиях, получаемых объёмной штамповкой.

Материалы, инструмент, оборудование.

1. Экспериментальные образцы с нанесенной координатной сеткой до формирования деформированного состояния или результаты численного прямого моделирования процесса объёмной штамповки;
2. Измерительный инструмент;
3. ПК с ОС (Windows 7 и выше);
4. MS Office (обязательный состав: Word, Excel);
5. Сканер (dpi 300 p/inch);
6. Редактор векторной графики (Компас 15 и выше).

Общие сведения.

Минимизируемый количественный критерий неравномерности распределения накопленного деформированного состояния  $J_5$  был введен в работе [4] в качестве основного количественного показателя обобщенной оценки штампуемых изделий.

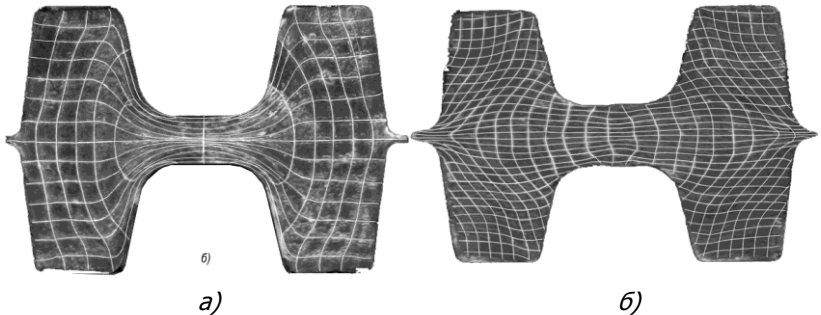
Критерий позволяет на основе расчётного подхода сравнивать между собой результаты изготовления одного изделия по различным технологиям штамповки, когда каждая из них может быть признана успешной. Позволяет до проведения макроструктурного анализа готового экспериментального образца, на основе анализа кинематики течения металла внутри изделия, оценить равномерность деформации, равномерность распределения упрочнения по объёму изделия и, как следствие, выбрать объект производства с повышенными механическими и эксплуатационными свойствами.

Порядок выполнения работы.

1. Подготовить анализируемый объект профессиональной деятельности (изделие (поковку), полученное обработкой давлением или численную модель этого объекта).

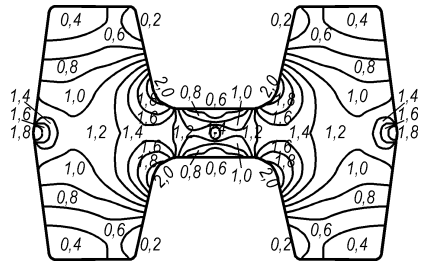
Анализируемый объект физической или математической природы должен содержать информацию о конечном деформированном состоянии внутреннего объема, например, в одном из видов:

- координатной сетки (заранее нанесенной на поперечное сечение заготовки до обработки давлением) (рис.2.1);



**Рис.2.1.** Координатная сетка сечений поковки, полученной штамповкой в один переход (а) и за три перехода по оптимальной схеме (б) [3]

- сетки, образованной линиями лагранжевых координат;
- изолиний полевого представления распределения интенсивности накопленной деформации в анализируемом сечении (рис.2.2) с её дискретизацией в пределах градации  $d\varepsilon_i \leq 0,3$  [3, с.21].



**Рис.2.2.** Распределение деформации (*Q-Form*) в поковке, штампуемой по оптимальной схеме, но оцениваемое в пределах только чистового перехода [3]

2. Для случая анализа ячеек, образованных линиями лагранжевых координат или линиями координатной сетки на экспериментальном образце, определить малые относительные (главные) линейные и сдвиговые деформации для каждой внутренней ячейки по известным выражениям [5,6] (для двумерного случая)

$$\varepsilon_1 = \frac{\partial u_x}{\partial x}; \quad \varepsilon_2 = \frac{\partial u_y}{\partial y}; \quad \gamma_{12} = \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x},$$

где  $u_x, u_y$  – компоненты малого перемещения (абсолютные координатные деформации ячеек).

3. Для случая анализа ячеек сетки, образованной лагранжевыми координатами или ячеек координатной сетки на экспериментальном образце, определить интенсивность малой деформации  $\varepsilon_i$  каждой внутренней ячейки в условиях плоской деформации [5,6,3]

$$\varepsilon_i = \frac{2}{3} \sqrt{\varepsilon_1^2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2 + \frac{3}{4} \gamma_{12}^2}.$$

4. Определить значения площадей  $S_i$  распространения интенсивностей деформации (по размерам ячеек или областям, ограниченными изолиниями).

5. Определить средневзвешенное по площади сечения значение интенсивности деформации [3,с.21]

$$\varepsilon_{cp} = \frac{\sum \varepsilon_i S_i}{\sum S_i},$$

где  $\varepsilon_i$  – текущее значение интенсивности деформации, распределенное по  $n$ -му числу площадей ( $S_i$ ) подобластей (в том числе и ячеек) внутреннего сечения (или объёма) готовой поковки.

6. Определить значение критерия неравномерности деформированного состояния (накопленного) [4,3]

$$J_5 = \frac{\sum_{i=1}^n |\varepsilon_{cp} - \varepsilon_i| S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}.$$

### Содержание отчёта.

Отчёт о выполнении работы должен включать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Перечень материалов, инструментов и оборудования.
4. Изображение анализируемых образцов.
5. Расчёты основных параметров, входящих в количественную оценку критерия неравномерности накопленного деформированного состояния.
6. Выводы по работе.

## РАБОТА №3

**Изучение методики качественной оценки уровня сформированной неравномерности распределения деформированного состояния в изделиях, получаемых объемной штамповкой**

Цель работы: изучить методику качественной оценки уровня сформированной неравномерности распределения деформированного состояния в изделиях, получаемых объемной штамповкой

Материалы, инструмент, оборудование.

1. Расчетные результаты выполненных работ 1 и 2;
2. Варианты деталей или поковок (ручьев штампов), используемых для оценки сложности формы;
3. Экспериментальные образцы с нанесенной координатной сеткой до формирования деформированного состояния или результаты численного прямого моделирования процесса объемной штамповки;
4. ПК с ОС (Windows 7 и выше);
5. MS Office (обязательный состав: Word, Excel).

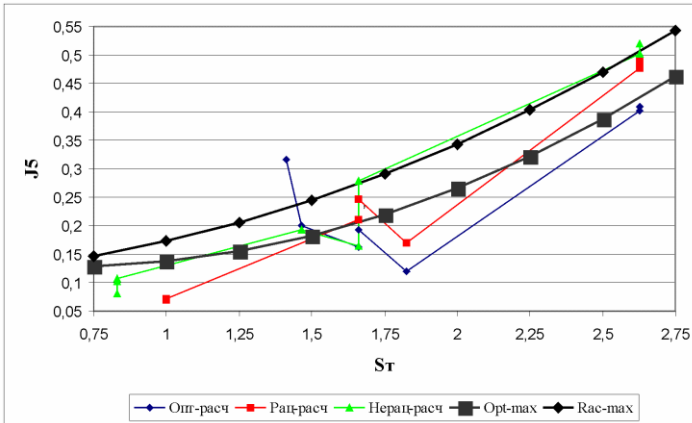
Общие сведения.

Количественный показатель неравномерности распределения накопленного деформированного состояния  $J_5$  [4] уже рассматривался в качестве дополнительного критерия к сравнительной оценке нескольких эффективных процессов изготовления объектов профессиональной деятельности в кузнечно-штамповочном производстве.

Ниже представлен подход, основанный на результатах статистической обработки данных о функциональной связи значений неравномерности распределения накопленного деформированного состояния  $J_5$  в поковках с критерием геометрической сложности штампуемых изделий  $S_T$ . Подход применим в диапазоне значений  $3 > S_T > 0,7$ .

Порядок выполнения работы.

1. Полученные ранее расчетные данные о соответствии геометрических форм изделий (поковок) со сложностью  $S_T$  и неравномерностью деформированного состояния  $J_5$  разделить на две группы, в зависимости от типа объекта исходной информации для

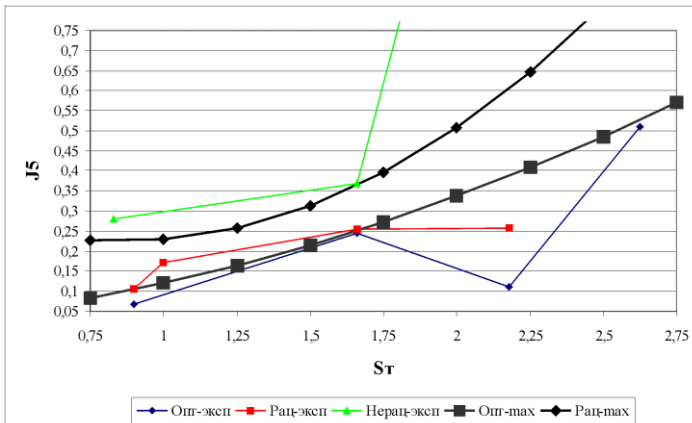


**Рис.3.1.** К определению пределов параметра  $J_5$  по результатам численного моделирования

анализа: данные эксперимента или данные математического моделирования (рис.3.1 и рис.3.2).

2. Произвести оценку возможных уровней сформированной неравномерности деформированного состояния, в зависимости от параметра  $S_T$  (рис.3.1 и рис.3.2).

Для оценки, в соответствии с данными рис.3.1 и рис.3.2, использовать статистические выражения, характеризующие предельные величины критерия неравномерности деформированного состояния по результатам численного моделирования:



**Рис.3.2.** К определению пределов параметра  $J_5$  по результатам экспериментов



$$\begin{cases} J_{5\max}^{opt} = 0,0758 \cdot S_T^2 - 0,0982 \cdot S_T + 0,1593; \\ J_{5\max}^{rac} = 0,0545 \cdot S_T^2 + 0,0071 \cdot S_T + 0,1112, \end{cases}$$

а так же по аналогичным результатам анализа экспериментальных данных:

$$\begin{cases} J_{5\max}^{opt} = 0,0532 \cdot S_T^2 + 0,0573 \cdot S_T + 0,0098; \\ J_{5\max}^{rac} = 0,2200 \cdot S_T^2 - 0,3812 \cdot S_T + 0,3901. \end{cases}$$

3. Качественно, уровень сформировавшейся в анализируемом образце неравномерности деформированного состояния оценивается посредством классификации ранее рассчитанного значения параметра  $J_5$  на три диапазона:

$J_5 \leq J_{5\max}^{opt}$  – для результатов, близких к данным направленно-го оптимизационного проектирования;

$J_{5\max}^{opt} < J_5 \leq J_{5\max}^{rac}$  – для результатов, близких к данным рационального проектирования;

$J_{5\max}^{rac} < J_5$  – для типовых и нерациональных результатов технологического проектирования.

4. В зависимости от принадлежности величины значения параметра  $J_5$  к одному из диапазонов, сделать выводы об уровне сформированной неравномерности распределения деформированного состояния в изделии (поковке).

#### Содержание отчёта.

Отчёт о выполнении работы должен включать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Перечень материалов, инструментов и оборудования.
4. Изображение анализируемых образцов.
5. Расчёты основных параметров, входящих в количественную оценку критерия неравномерности накопленного деформированного состояния.
6. Выводы по работе.

## РАБОТА №4

**Изучение методики расчёта потребного усилия формоизменения по расчетным параметрам на контактных участках границ тела, полученных гранично-элементным моделированием по методу упругих решений**

Цель работы: по результатам постадийного гранично-элементного моделирования (нелинейно-пластического) процесса формоизменения при штамповке, решаемого по алгоритму упругих решений А.А. Ильюшина, изучить методику расчёта потребных усилий по величинам граничных параметров на контактных поверхностях деформируемых тел.

Материалы, инструмент, оборудование.

1. Результаты постадийного гранично-элементного расчёта процесса штамповки;
2. ПК с ОС (Windows 7 и выше);
3. MS Office (обязательный состав: Excel, Word).

Общие сведения.

Одним из косвенных показателей рациональности организации технологических схем штамповки, в особенности в открытых штампах, могут выступать энергосиловые параметры процессов. Одним из них является способ выбора схемы формообразования поковок с наименьшими потребными усилиями, когда все геометрические фрагменты поковки оформляются одновременно [3].

В таких случаях перспективным направлением технологического проектирования принято считать подходы, основанные на предварительном математическом моделировании процессов, которые реализуются в целях определения форм заготовок или полуфабрикатов (после заготовительных переходов), обеспечивающих требуемое заполнение.

По этой причине точность определения параметров формоизменения средствами моделирования является существенным фактором, определяющим эффективность методики проектирования в целом.

Средства моделирования могут базироваться на различных, в том числе численных, методах расчёта, методиках решения неупругих задач (нелинейно-пластических), каждая из которых оказывает влияние на способ определения потребных усилий.

В работе рассматривается методика расчёта потребных усилий штамповки по величинам граничных параметров на контактных поверхностях деформируемых тел. Методика учитывает особенности применения алгоритма упругих решений А.А. Ильюшина к расчёту нелинейных упруго-вязко-пластических задач [6].

Порядок выполнения работы.

1. Рассчитать значения приращений потребных усилий за каждую из стадий расчётного формоизменения по выражению (для случая кусочно-линейной аппроксимации неизвестных величин по длине элементов (рис.4.1,б))

$$\Delta P_i = \sum_{n=1}^N \frac{(\sigma_{y(k)} + \sigma_{y(k+1)})}{2} \cdot \ell_n \cdot z,$$

где  $\sigma_{y(k)}; \sigma_{y(k+1)}$  – вертикальные напряжения в узлах, расположенных по краям граничных элементов (ГЭ) с номерами  $n...N$  подвижного участка контактной границы деформируемого тела с инструментом;  $\ell_n$  – длина  $n$ -го ГЭ;  $z$  – глубина расчётного сечения в поковке.

Выражение приводит-ся в форме, соответствующей применению в расчётах, ГЭ первого порядка, которые задействованы в расчётных алгоритмах программы [7]. В случае применения элементов нулевого порядка (рис.4.1,а), дробный член выражения заменяется  $\sigma_{y(n)}$ .

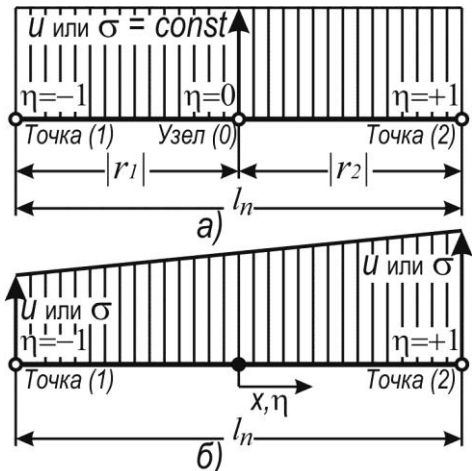


Рис.4.1. Граничные элементы нулевого (с кусочно-постоянной аппроксимацией) (а) и первого порядков (с линейной аппроксимацией) (б)

2. Рассчитать значения текущих потребных усилий за каждую из стадий расчётного формоизменения по выражению

$$P_i = \sum_{i=1}^M \Delta P_i ,$$

где  $i=1...M$  номера стадий расчётного деформирования.

3. Построить силовой график зависимости усилия от контактного перемещения деформирующего инструмента  $P_i = f(H_i)$  в процессе постадийного формоизменения

$$H_i = \sum_{i=1}^M \Delta h_i ,$$

где  $\Delta h_i$  – величина перемещения инструмента за расчётную стадию.

4. Подобрать тип аппроксимирующей функции для графика  $P_i = f(H_i)$ , её параметры и коэффициент достоверности  $R^2$  [8,9], сделать выводы (анализируя наклон графика на разных участках).

#### Содержание отчёта.

Отчёт о выполнении работы должен включать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Перечень материалов, инструментов и оборудования.
4. Расчёты основных параметров, входящих в методику определения потребного усилия на стадиях деформирования.
5. Картины постадийного формоизменения анализируемых расчётных образцов.
6. Силовой график расчётного процесса с аппроксимирующими его функциями и коэффициентами их достоверности.
7. Выводы по работе.

## РАБОТА №5

**Изучение методики расчёта работы деформирования по расчетным параметрам на контактных участках границ тела, полученных гранично-элементным моделированием по методу упругих решений**

Цель работы: по результатам постадийного гранично-элементного моделирования (нелинейно-пластического) процесса формоизменения при штамповке, решаемого по алгоритму упругих решений А.А. Ильюшина, изучить методику расчёта работы деформирования по величинам граничных параметров на контактных поверхностях тел.

Материалы, инструмент, оборудование.

1. Результаты постадийного гранично-элементного расчёта процесса штамповки;
2. ПК с ОС (Windows 7 и выше);
3. MS Office (обязательный состав: Excel, Word).

Общие сведения.

Как уже было сказано в работе 4, одним из косвенных показателей рациональности организации технологических схем штамповки, в особенности в открытых штампах, могут выступать энергосиловые параметры процессов. Вторым из таких показателей является работа деформирования.

Учитывая уже рассмотренную ранее методику определения потребных усилий деформирования в работе 4, работа деформирования определяется по известному из её результатов графику вида  $P_i = f(H_i)$ .

В общем случае работа деформирования определяется по выражению

$$A = \int_{h_1}^{h_2} P dh,$$

где  $h_1...h_2$  – пределы контактного (с деформируемым металлом) перемещения подвижной плиты штампа из общего его перемещения по высоте  $h$ ;  $P$  – потребное текущее усилие, необходимое для формоизменения и зависящее от вертикального положения штампа  $P = P(h)$ .

### Порядок выполнения работы.

1. Изучить алгоритмы расчёта интегральных функций геометрическим методом, в частности, в виде метода трапеций [10].

2. По результатам численного моделирования зафиксировать и занести в табличном виде значения текущих потребных усилий на каждой из всех стадий расчётного формоизменения.

3. Рассчитать и занести в таблицу значения работы деформирования на каждой из расчётных стадий

$$A_i = \frac{(P_i + P_{i+1})}{2} \cdot \Delta h_i,$$

где  $\Delta h_i$  – величина перемещения инструмента за расчётную ста-

дию  $i$  (общее перемещение определяется как  $H_i = \sum_{i=1}^N \Delta h_i$ ).

4. Рассчитать и занести в таблицу значения полной работы деформирования за все расчётные стадии

$$A = \sum_{i=1}^N A_i.$$

5. Построить энергетический график зависимости усилия от контактного перемещения деформирующего инструмента  $A = f(H_i)$  в процессе постадийного формоизменения.

6. Подобрать тип аппроксимирующей функции для графика  $A = f(H_i)$ , её параметры и коэффициент достоверности  $R^2$  [8,9], сделать выводы (анализируя наклон графика на разных участках).

### Содержание отчёта.

Отчёт о выполнении работы должен включать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Перечень материалов, инструментов и оборудования.
4. Расчёты основных параметров, входящих в методику определения работы деформирования на стадиях.
5. Картины постадийного формоизменения анализируемых расчётных образцов.
6. Энергетический график расчётного процесса с аппроксимирующими его функциями и коэффициентами их достоверности.
7. Выводы по работе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Ч.А. Система автоматизированного проектирования технологии горячей объёмной штамповки / Ч.А. Алиев, Г.П. Тетерин. – М.: Машиностроение, 1987.–224с.
2. Тетерин Г.П. Основы оптимизации и автоматизации проектирования технологических процессов горячей объёмной штамповки / Г.П. Тетерин, П.И. Полухин. – М.: Машиностроение, 1979.–284с.
3. Вовченко А.В. Совершенствование технологии процессов объёмной штамповки на основе применения гранично-элементных расчётов: монография / А.В. Вовченко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2011.–264с.
4. Резников Ю.Н. Оптимизация заготовительных ручьёв для поковок, изготавливаемых объёмной штамповкой / Ю.Н. Резников, Г.Г. Калинин // Кузнечно-штамповочное производство. – 1998. – №10. – С.8–10.
5. Степанский Л.Г. Расчёты процессов обработки металлов давлением / Л.Г. Степанский. – М.: Машиностроение, 1979.–215с.
6. Писаренко Г.С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести / Г.С. Писаренко, Н.С. Можаровский. – Киев: Наукова думка, 1981. – 496с.
7. Свидетельство РФ № 2012661391 о гос. регистрации программы для ЭВМ. Модуль программного постадийного решения прямых и обратных задач пластического формоизменения металла методом граничных элементов (нелинейная реологическая модель) / А.В. Вовченко (Россия). – Заявка № 2012619255; поступила 29.10.2012; зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 13.12.2012.
8. Гарнаев А.Ю. Использование MS Excel и VBA в экономике и финансах / А.Ю. Гарнаев. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 1999. – 336с.
9. Вовченко А.В. Основы моделирования процессов обработки давлением: метод. указан. к практическим занятиям / А.В.Вовченко, Ю.Н.Резников – Ростов н/Д: Донской гос. техн. ун-т, 2018.–25с.
- 10.Мак-Кракен Д. Численные методы и программирование на фортране / Д. Мак-Кракен, У. Дорн – М.: Мир, 1977.–584с.



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ДГТУ)**

Кафедра «Технологии формообразования  
и художественная обработка материалов» (ТФиХОМ)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА И ЗАДАНИЯ**

к контрольной работе  
по дисциплине

**«Управление качеством объектов  
профессиональной деятельности»**

Ростов–на–Дону, 2016



Составитель: д-р техн. наук, доцент Вовченко А.В.

Рабочая программа и задания к контрольной работе по дисциплине «Управление качеством объектов профессиональной деятельности». / Ростов н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2017.—8с.

Рабочая программа и задания к контрольной работе по дисциплине «Управление качеством объектов профессиональной деятельности» предназначены для студентов бакалаврской формы обучения по направлению 15.03.01 «Машиностроение» ОПОП «Информационные технологии обработки металлов давлением».

Печатается по решению методической комиссии факультета  
«Машиностроительные технологии и оборудование» (МТиО)

Научный редактор – д.т.н., профессор Мороз Б.С.

Рецензент – к.т.н., доцент Пасхалов А.С.

## 1. Общие сведения

Дисциплина «Управление качеством объектов профессиональной деятельности» относится к математическому и естественнонаучному циклу дисциплин. Программа по дисциплине составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров направления 15.03.01 «Машиностроение» ОПОП «Информационные технологии обработки металлов давлением».

В задачи дисциплины входит изучение принципов управления качеством объектов ПД посредством методов математического, аналогового и физического моделирования, применяемых в технологии кузнечно-штамповочного производства (КШП) (обработки металлов давлением (ОМД)).

При составлении программы учтено, что изучение дисциплины базируется на ранее изученных курсах, прежде всего таких как «Материаловедение», «Механика материалов», «Механика процессов обработки давлением». В программу включены вопросы, позволяющие поставить задачу совершенствования технологии кузнечно-штамповочного производства, определить пути её решения методами современного моделирования, что соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта по уровню знаний и умений бакалавров.

Дисциплина изучается бакалаврами дневного и заочного отделения в 7 семестре. В процессе изучения дисциплины выполняется одна контрольная работа. По дисциплине читаются обзорные лекции, проводятся практические и лабораторные занятия.

Изучение дисциплины завершается экзаменом.

## 2. Рабочая программа

### 2.1 Введение.

Определение, сущность и назначение модели. Место моделей в изучении и совершенствовании кузнечно-штамповочного производства. Виды моделирования, их сущность в ОМД.

### 2.2 Математическое моделирование

Понятие математической модели и математического моделирования. Разновидности математических моделей в ОМД.

Статистические модели в технологии кузнечно-штамповочного производства: общая характеристика, методика разработки по данным планируемого эксперимента.

Разработка статистических моделей методом парного регрессионного анализа. Применение электронных таблиц MS Excel для разработки регрессионных моделей.

Построение математических моделей технологических процессов кузнечно-штамповочного производства на основе анализа формоизменения металла в моделируемых процессах. Сущность и применяемые расчетные методы. Моделирование процесса объёмной штамповки поковок типа шестерён с использо-

ванием вариационного метода. Применение метода конечных разностей для математического моделирования процесса нагрева. Моделирование процесса штамповки детали «Чашка» методом конечных элементов и методом верхней оценки. Сущность метода граничных элементов применительно к задачам математического моделирования процессов штамповки.

Разработка математических моделей процессов ОМД методом расчетного планируемого эксперимента. Параметрическая идентификация расчетных моделей: сущность, технологическая эффективность.

Прямое и обратное моделирование процессов штамповки: сущность, применяемые методы расчета формоизменения, технологические аспекты.

Применение метода математического моделирования для управления процессом листовой штамповки.

### 2.3 Аналоговое моделирование.

Сущность аналогового моделирования применительно к задачам ОМД. Электрическое моделирование: принцип, применение в задачах калибровки волочильного инструмента. Физическая сущность поляризационно-оптического моделирования. Особенности моделирования поляризационно-оптическим методом неупругих задач. Применение поляризационно-оптического моделирования для решения технологической задачи совершенствования формы бойков при протяжке. Проектирование штампового инструмента с учётом данных поляризационно-оптического моделирования. Результаты поляризационно-оптического моделирования о влиянии характера заполнения ручья на напряжения в штампе и поковке.

### 2.4 Физическое моделирование.

Особенности физического моделирования процессов ОМД. Задачи физического моделирования процессовковки и штамповки. Факторы, обеспечивающие реализацию возможностей физического моделирования. Геометрический фактор в физическом моделировании процессов ОМД – влияние формы и размеров заготовок на заполнение ручьёв, формирование структуры и свойств поковок. Основные условия физического моделирования технологических процессов кузнечно-штамповочного производства.

Подобие деформационно-силовой схемы, температурно-скоростного режима, механического режима, контактных условий и их реализация в конкретных технологических процессах.

Константы, критерии и законы подобия; геометрическое, механическое и физическое подобие в ОМД.

Требования первой и второй теории подобия. Применение законов подобия в обработке металлов давлением применительно к моделированию процессов холодного и горячего деформирования. Условия приближенного моделирования в ОМД. Выбор модельных материалов и конкретизация особенностей моделирования на примере процесса вытяжки детали из нержавеющей стали.

Разработка рациональных технологических процессов кузнечно-штамповочного производства по данным физического моделирования.

Физическое моделирование, выполняемое с целью изучения кинематики течения металла в процессах ОМД: методы, цели, практическое применение.

Физическое моделирование процессовковки и штамповки с целью назначения рациональных режимов деформирования.

### 3. Задания<sup>1</sup> к контрольной работе №1

#### Вариант № 1.

1. Сущность физического моделирования процессов ОМД. Достоинства, недостатки, решаемые технологические проблемы.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для физического моделирования с целью измерения коэффициента трения в процессах листовой штамповки.
3. Выполнить мат. моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 2.5$  мм, материал – медь (99.2%), подвергается волочению до  $\varnothing 2.15$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $5^\circ$  и коэффициенте трения 0.025. Предел текучести изделия 263.5 МПа.

#### Вариант № 2

1. Факторы, обеспечивающие реализацию возможностей физического моделирования процессов ОМД. Геометрический фактор.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для физического моделирования с целью определения коэффициента трения при волочении.
3. Выполнить мат. моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 3.0$  мм, материал – медь (99.2%), подвергается волочению до  $\varnothing 2.5$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $7^\circ$  и коэффициенте трения 0.04. Предел текучести изделия 307 МПа.

#### Вариант № 3

1. Силовое подобие в ОМД, его нарушение в процессахковки крупных поковок.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для физического моделирования высадки: а) на ПШМ или КГШП; б) на ГКМ.
3. Выполнить мат. моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 3.5$  мм, материал – Сталь 45, подвергается волочению до  $\varnothing 2.9$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $7^\circ$  и коэффициенте трения 0.07. Предел текучести изделия 861 МПа.

---

<sup>1</sup> **ВНИМАНИЕ!** Вариант контрольной работы выбирается согласно порядковому номеру фамилии студента в списке группы ( $N_{\text{группы}} \div 10$ ), действующем на момент начала учебного семестра. В случае если номер в списке превышает количество вариантов контрольной работы, то задание выдаётся преподавателем студенту индивидуально.

## Вариант № 4

1. Законы и критерии подобия при физическом моделировании процессов ОМД.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для физического моделирования процессов объёмной штамповки на робототехнических комплексах с целью определения зависимости расхода металла от неточности установки заготовки роботом в чистовой ручей штамма.
3. Выполнить мат.моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 3.5$  мм, материал – 12Х18Н9Т, подвергается волочению до  $\varnothing 3.2$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $9^\circ$  и коэффициенте трения 0.08. Предел текучести изделия 961 МПа.

## Вариант № 5

1. Сущность аналогового электромоделирования и его применения для построения системы калибров при волочении силовых профилей.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для физического моделирования процессов прессования с возможностью моделирования процессов волочения.
3. Выполнить мат.моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 4.2$  мм, материал – 12Х18Н9Т, подвергается волочению до  $\varnothing 3.7$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $3^\circ$  и коэффициенте трения 0.035. Предел текучести изделия 1136 МПа.

## Вариант № 6

1. Применение поляризационно-оптического моделирования для решения задач листовой штамповки.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для физического моделирования процесса объёмной штамповки в закрытом ручье с контролем затекания металла в угол.
3. Выполнить мат.моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 2.5$  мм, материал – Сталь 45, подвергается волочению до  $\varnothing 2.0$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $4^\circ$  и коэффициенте трения 0.05. Предел текучести изделия 849 МПа.

## Вариант № 7

1. Сущность постадийного математического моделирования процесса штамповки на примере штамповки поковки типа шестерни. Достижимый технологический эффект.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для моделирования процесса вытяжки малопластичных материалов и деталей сложной формы с дифференцированным нагревом заготовки.
3. Выполнить мат.моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 3.5$  мм, материал – медь (99.2%), подвер-

гается волочению до  $\varnothing 3.03$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $10^\circ$  и коэффициенте трения 0.03. Предел текучести изделия 292.5 МПа.

#### Вариант № 8

1. Построение математических моделей методом планируемого расчетного эксперимента на примере задачи о штамповке заготовки, установленной в чистой ручей штамма со смещением от оси ручья.
2. Разработать и описать схему конструкции оснастки для моделирования процессаковки слитков протяжкой с обеспечением интенсивной проработки структуры металла.
3. Выполнить мат. моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 2.5$  мм, материал – Сталь 20, подвергается волочению до  $\varnothing 2.1$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $6^\circ$  и коэффициенте трения 0.06. Предел текучести изделия 622 МПа.

#### Вариант № 9

1. Параметрическая идентификация математических моделей в ОМД: цели, методы осуществления.
2. Разработать и описать схему конструкции устройства для физического моделирования процесса поперечной прокатки.
3. Выполнить мат. моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 3.5$  мм, материал – Сталь 20, подвергается волочению до  $\varnothing 2.7$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $6^\circ$  и коэффициенте трения 0.04. Предел текучести изделия 706 МПа.

#### Вариант № 10

1. Прямое и обратное математическое моделирование процессов штамповки: цели, методы, проблемы.
2. Разработать и описать схему конструкции устройства для физического моделирования процесса ротационной вытяжки деталей с различным отношением длины к диаметру. На каком металлорежущем оборудовании можно выполнить моделирование?
2. Выполнить мат. моделирование процесса волочения сплошного круглого профиля. Рассчитать коэффициент запаса, фактическое и предельное обжатие, если известно, что заготовка – проволока  $\varnothing 3.0$  мм, материал – Сталь 20, подвергается волочению до  $\varnothing 2.4$  мм при полуугле наклона рабочей части волоки  $8^\circ$  и коэффициенте трения 0.06. Предел текучести изделия 670 МПа.

#### Рекомендации к выполнению контрольных заданий

Материалы, достаточные для ответа на 1-й вопрос всех вариантов, имеются в учебном пособии [2]. Дополнительно можно использовать источники [1,7].

При ответах на вопросы о схемах конструкции оснастки для физического моделирования – вопросы 2 каждого из вариантов – пользоваться следующими

литературными источниками: вариант 1 – источник [9]; в.2 – [3], стр.: 438-439; в.4 – [2], стр.: 79; в.6 – [4], стр.: 59 или [11], стр. 21; в.7 – [5], стр.: 308; в.8 – [10], стр. 43-44; в.9 – [6], стр. 387-390; в.10 – [5], стр.: 234-240.

При ответах на вопросы, связанные с математическим моделированием процесса волочения, пользоваться литературным источником [8].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сторожев М.В., Попов Е.А., Теория обработки металлов давлением. 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
2. Резников Ю.Н. Моделирование технологических процессов кузнечно-штамповочного производства: Учеб. пособие Ростов н/Д, Изд. центр ДГТУ, 1994. – 94 с.
3. Механика пластических деформаций при обработке металлов. / Томсен Э., Янг Ч., Кобаяши Ш. М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
4. Журавлев А.З. Основы теории штамповки в закрытых штампах. М. «Машиностроение», 1973. 224 с.
5. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х т. / Ред. Совет: Е.И. Семенов (председатель) и др. М: Машиностроение, 1985 – 1987. Т. 4 под ред. А.Д. Матвеева.
6. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х т. / Ред. Совет: Е.И. Семенов (председатель) и др. М: Машиностроение, 1986. Т. 2. Горячая штамповка. / Под ред. Е.И. Семенова, 1986. – 592 с.
7. Резников Ю.Н. Методические указания «Расчет технологических процессов обработки металлов давлением методом верхней оценки» / ДГТУ, Ростов-на-Дону, 1997. –13 с.
8. Резников Ю.Н. Методические указания «Расчет инженерным методом коэффициента запаса прочности при волочении» / ДГТУ, Ростов-на-Дону, 2000. – 7с.
9. Казаков Ю.П. Кузнечно-штамповочное производство, 1972, № 9 с. 20-21.
- 10.В.А. Лазорин, Ю.Ф. Терновой, Ю.В. Артамонов. Четырехбойковое ковочное устройство для гидравлических ковочных прессов. / Кузнечно-штамповочное производство, 2000 № 8 с. 43-44.
- 11.Журавлев А.З., Акименко Ю.А., Пасхалов А.С. Методические указания к лабораторным работам №1-4 по курсу «Теория пластических деформаций» г. Ростов-на-Дону, 1985.