

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
«НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»**



НАУКА МОЛОДЫХ — БУДУЩЕЕ РОССИИ

**СБОРНИК СТАТЕЙ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
СОСТОЯВШЕЙСЯ 30 НОЯБРЯ 2023 Г. В Г. ПЕНЗА**

**ПЕНЗА
МЦНС «НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»
2023**

УДК 67/05

ТЕХНИКО-КОНСТРУКЦИОННЫЕ ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ШАТУНА ДЛЯ ПРЕССОВЫХ МАШИН

ГУДИМОВА ЛЮДМИЛА НИКОЛАЕВНА,

к.т.н., доцент

ПАПАЙ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ,

ТИТОВ ИЛЬЯ ВЛАДИМИРОВИЧ

студенты

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

Аннотация: в данной статье рассматриваются наиболее часто используемые конструкции шатунов, основные элементы разъемных шатунов, особенности конструкций шатунов прессовых машин. Требования, предъявляемые к техническим характеристикам шатунов и этапы для оптимизации и снижения затрат на производство шатунов.

Ключевые слова: шатун, крышка шатуна, шатун с регулируемой длиной, шатунный болт, жизненный цикл изделия.

TECHNICAL AND DESIGN STAGES OF DEVELOPING CONNECTING RODS FOR PRESSING MACHINES

Gudimova Lyudmila Nikolaevna,

Papay Viktor Alexandrovich,

Titov Ilya Vladimirovich

Abstract: This article discusses the most commonly used designs of connecting rods, the main elements of split connecting rods, and the design features of connecting rods of pressing machines. Requirements for technical characteristics of connecting rods and steps to optimize and reduce costs for the production of connecting rods.

Key words: connecting rod, connecting rod cap, adjustable length connecting rod, connecting rod bolt, product life cycle.

Одним из этапов полного металлургического цикла является изготовление различных изделий, в частности деталей для механизмов, кузнечно-штамповочного оборудования, роль которых в современном производстве постоянно увеличивается [1, 2]. Объясняется это тем, что такая технология изделий обеспечивает высокую производительность, экономию исходного металла, не нарушает при изготовлении однородности структуры металла изделия и т.п.

Для осуществления кузнечно-штамповочной операции применяются различные кривошипно-штамповочные машины, которые классифицируются по принципу действия на: механические, гидравлические прессы, молоты, ротационного типа, гидро-, пневмо-, вакуум-прессования и различного вида импульсной техники [3, 4, 5, 6]. Одними из самых распространённых машин являются кривошипно-штамповочные, которые составляют около 60% от общего числа используемых современных машин прессования и штампования. Основой их являются кривошипно-шатунные или ползунные механизмы.

Процесс изготовления таких машин и механизмов предусматривает строго установленные этапы от создания структурной и кинематической схем до изготовления промышленного образца. Одной из основных деталей любого кривошипного пресса является шатун, который на протяжении 100 лет практически не изменился по конструктивным признакам [7, 8]. На рис. 1 представлены наиболее часто используемые конструкции шатунов, применяемые как в кузнечно-штамповочном оборудовании, так и в автомобилестроении.



Рис. 1. Шатуны: с разной формой стержня (а), автомобильный (б), штамповочных машин (с) (1 – шатун с нерегулируемой длиной; 2 – шатун с регулируемой длиной)

Конструкции шатунов (рис. 1, а) является самой распространенной и применяется для преобразования поступательно движения рабочего звена во вращательное и наоборот. С точки зрения конструкции шатун представляет собой сердечник с выборками с двух сторон для облегчения и расположенными на некотором расстоянии друг от друга отверстиями. В поперечном сечении тело шатуна представляет собой либо двутавр (с условным изображением I), либо имеет Н-образный профиль. Такие исполнения конструкций стержня позволяют обеспечить требуемую прочность, но являются более легкими по массе в сравнении с полнотелым сердечником. При этом шатун Н-образного профиля наиболее распространен в гражданском автомобилестроении.

Усиленный шатун применяется в основном в дизельных двигателях тяжелых машин. В поперечном сечении его выполнено утолщение, все кромки скруглены. Крышка крепится к шатуну с помощью четырех болтов.

Рассмотрим более подробно его основные элементы, которые присущи шатунам, приведенным на рис. 1, а и б. Шатуны подобной конструкции (рис.2) содержат: шатунный стержень (1), шатунную крышку (2), втулку (3), направляющие пазы (4), шатунные болты (5), балансировочные грузики (6), идентификационное поле (7), пазы для установки вкладышей (8), масляный канал (9). Основными размерами являются: – ширина верхней головки шатуна (b), ширина нижней головки шатуна (B), – внутренний диаметр втулки верхней головки шатуна (d), наружный диаметр втулки верхней головки шатуна (d_1).

Отметим одну из конструктивных особенностей шатунов, используемых в кузнечных молотах и прессах. Как правило, в таких машинах рабочий узел представляет соединение ползуна и шатуна и классифицируется: по количеству шатунов подвески (одно- или многшатунные) и по устройству шатуна (с нерегулируемой и регулируемой длиной, рис. 1, с).

Учитывая, что шатуны прессовых механизмов являются деталью, соединяющую между собой ползун и коленчатый вал, и таким образом осуществляет передачу движения, преобразуя круговое движение коленчатого вала в поступательное движение ползуна, то именно правильно выбранная конструкция шатуна способна обеспечить качество выпускаемой продукции.

Известно, что при разработке новой технологии изготовления любой детали прежде всего необходимо определиться с требованиями предъявляемые к ней и установить существующие недостатки с целью устранения их в новой предлагаемой конструкции.

Для этого важно не только разработать конструкцию, но и правильно выбрать материал и назначить технологию для его изготовления, учитывая требования к характеристикам и условиям эксплуатации.

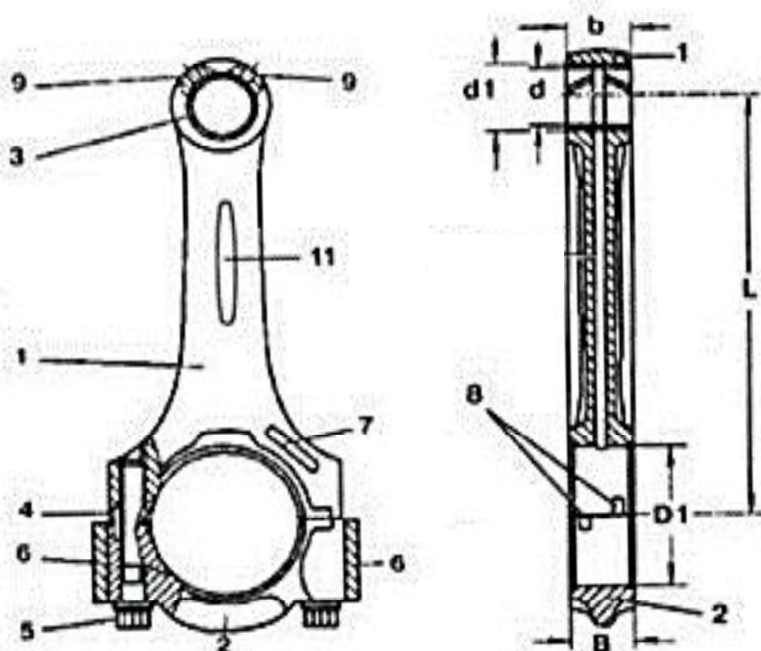


Рис. 2. Основные конструктивные элементы шатуна

Одной из стадий жизненного цикла при создании любого изделия является научно-исследовательская, опытно-конструкторская, технологическая работы и проектирование изделия. В работе, в рамках выполнения магистерской диссертации, рассмотрены требования при организации жизненного цикла шатуна, включающие техническую и технологическую подготовку производства данного изделия [9].

Техническая и конструкторская документация содержит информацию о технических характеристиках, размерах, материалах и технологии изготовления шатуна, которая необходима для его успешного производства. Рассмотрим одну из конструкций шатуна, представленную на рис. 1, а.

Перед началом разработки конструкторской документации шатуна, используемого в исполнительном механизме пресса, необходимо определить технические характеристики, такие как: максимальная нагрузка, скорость движения, частота вращения и другие параметры, которые необходимо учитывать при создании жизненного цикла детали.

Кроме силовых параметров необходимо также определиться с требованиями к материалу, из которого будет изготовлен шатун, чтобы обеспечить его прочность и долговечность в условиях эксплуатации.

После определения технических характеристик и выбора материала начинается проектирование шатуна. В первую очередь решается вопрос, связанный с конструкцией с целью определения формы и размеров шатуна, а также его геометрических параметров.

В следующем этапе проводится расчет напряжений и деформаций, которые возникают в шатуне при работе пресса и корректировка его конструкции для обеспечения требуемой прочности, и жесткости.

После завершения проектирования шатуна разрабатывается технология его изготовления, включающая в себя выбор оборудования, способ обработки и сборки детали, контрольно-измерительные приборы и методы проверки готового шатуна на соответствие требованиям конструкторской документации. Кроме того, обязательно проводится проверка каждого изготовленного элемента на соответствие требованиям документации. Контроль качества является важной составляющей процесса разработки конструкторской документации шатуна, используемого в механизмах прессов. Для этого используются различные методы контроля, такие как визуальный осмотр, измерение геометрических параметров, испытания на прочность и т.д. В случае выявления отклонений от требований документации необходимо производить корректировку производственного процесса.

Разработка конструкторской документации шатуна для пресса – это сложный и ответственный процесс, который требует высокой квалификации и опыта разработчиков. Именно правильное, грамотное выполнение всех этапов процесса проектирования позволяет получить качественную и надежную деталь, обеспечивающую эффективную работу пресс-механизма.

Разработка документации также позволяет оптимизировать производственные процессы и снижать затраты на производство детали. Приступая к разработке конструкторской документации шатуна прессового механизма, необходимо:

- установить условия работы, максимальную нагрузочную способность, габариты, жесткость и другие технологические требования;
- разработать 3D модель прототипа конструкции шатуна с учетом этих требований;
- протестировать модель прототипа, чтобы убедиться, что он соответствует требованиям;
- создать техническое задание на основании прототипа и результатов тестирования;
- создать чертежи шатуна для пресса в соответствии с техническим заданием;
- разработать спецификацию материалов, необходимых для изготовления шатуна;
- создать сборочный чертеж шатуна для пресса;
- создать чертежи отдельных элементов шатуна с учетом принятых требований (шероховатости поверхностей, обозначение материала и т.д.);
- написать технический отчет, описывающий процесс разработки и изготовления шатуна для пресса;
- при необходимости провести дополнительные испытания шатуна и внести изменения в конструкторскую документацию.

После выполнения этих этапов конструкторская документация считается готовой и рекомендуется для изготовления шатуна.

В работе при проведении прочностных расчетов была использована математическая модель шатуна, представленная в виде трехмерной модели. При построении модели шатуна в автоматизированной программе T-Flex CAD 3D выполнены следующие этапы:

- построены профили деталей;
- приданы необходимые размеры профилям;
- произведены объединения деталей в единую сборочную единицу.

На рис. 3, а приведено двухмерное изображение основной детали – шатуна. Формирование реализовано с помощью линий построения и последующего задания замкнутого контура функцией «Изображение». На данном этапе проектирования задаются основные геометрические размеры будущей детали.

На рис. 3, б демонстрируется деталь в трехмерной проекции, полученная функцией «выталкивание» построенных ранее профилей. Профиль черного цвета вытапливается на толщину 15 мм, а профили зеленого цвета на 20 мм. Таким образом формируется основное тело шатуна и утолщения в частях, сопрягаемых с другими деталями. На передней поверхности шатуна формируется профиль отсекаемой части для формирования облегчения тела шатуна. С помощью операции «симметрия» добавляется копия отсекаемого тела на заднюю сторону шатуна. С помощью булевой операции вычитания, отсекаются полученные тела. Острые кромки скруглены с помощью команды «сглаживание».

На рис. 4, а приведен конечный результат проектирования, т.е. полная сборка проектируемой детали. Используя выше описанные команды с этой целью предварительно была создана крышка шатуна. Для построения трехмерной модели детали в формате сборки выполнены сопряжения деталей. Крепеж использован готовый из библиотеки стандартных компонентов.

Прочностные расчеты также реализованы с помощью программного обеспечения T-Flex CAD. К сожалению, учебная версия ограничивает возможности для проведения комплексных расчетов и дает доступ лишь для исследования статической нагрузки. В связи с этим были сформулированы следующие условия:

- действующая нагрузка при проведении испытания составляет 100 кгс и приложена к верхнему отверстию шатуна. Заделка выполнена по нижнему отверстию.

- при построении сетки параметр задается равный единице для наиболее точных расчетов.
- в графе выбора задач отмечаются: эквивалентные напряжения, коэффициент запаса прочности по эквивалентным напряжениям и модуль перемещения.

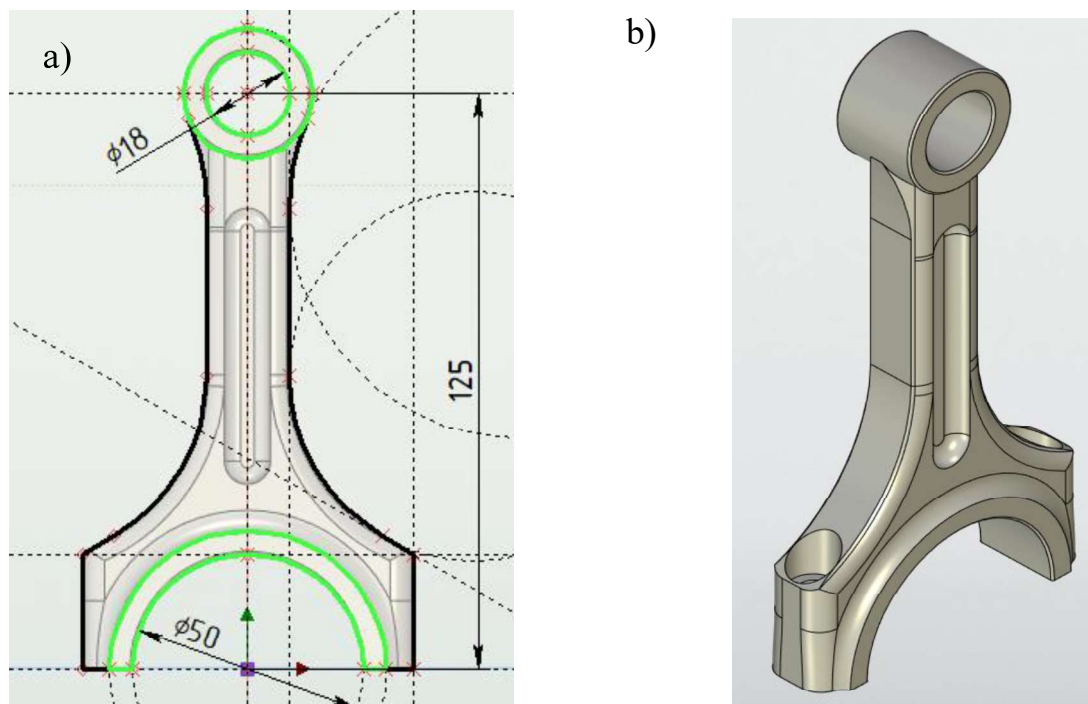


Рис. 3. Построение модели шатуна

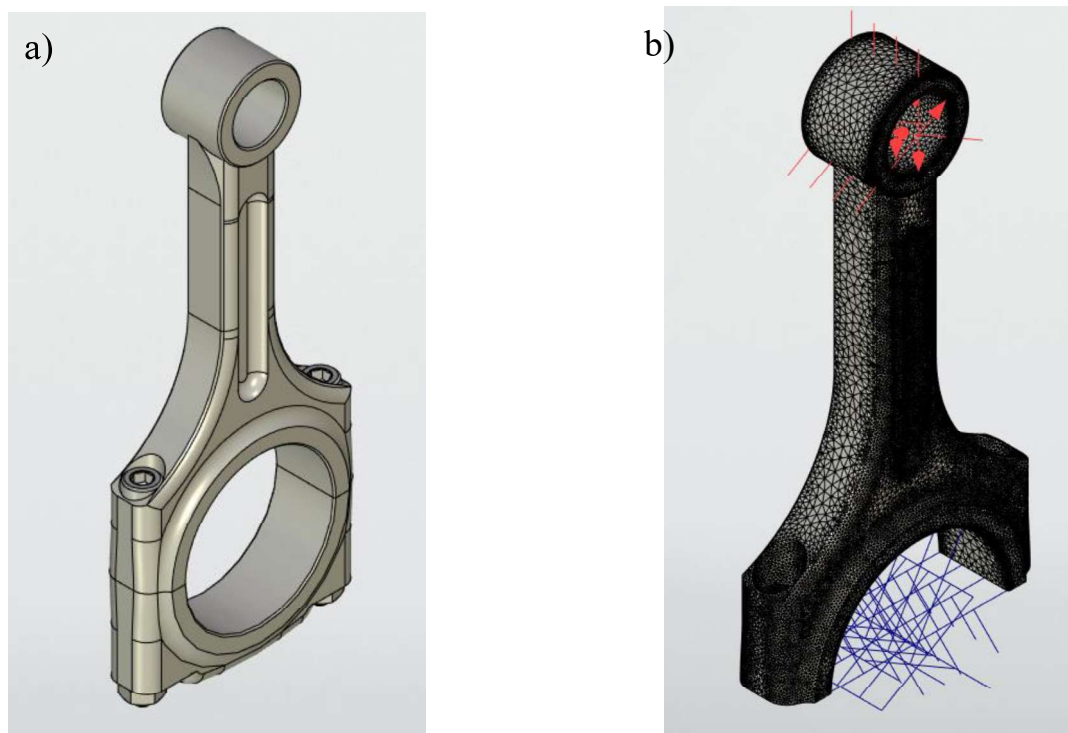


Рис. 4. Подготовка модели к расчетам

На рис. 4, b показана деталь шатуна, разбитая на сегменты сетки с заданием нагрузки и жесткого закрепления. При использовании функции «создать задачу» в автоматизированной программе T-Flex выбирается деталь для исследования с разбитой условной сеткой, построенной по определённым кри-

териям. Затем с помощью функции «полное закрепление» задается ограничение перемещения исследуемого тела. Функция «сила» позволяет приложить нагрузку к выбранной поверхности с заданием величины и размерных единиц. Выполнив все необходимые требования программы для моделирования получаемых данных, при помощи команды «расчет», на экране персонального компьютера получаем результаты исследования (рис. 5).

Так на рис. 5, а приведен отчет расчета эквивалентных напряжений. В критической точке напряжение составляет 2,959 МПа. Анализ распределения напряжений указывает на то, что наиболее нагруженным участком шатуна является верхнее отверстие.

Анализ результата по коэффициенту запаса по эквивалентным напряжениям (рис. 5, б) убедительно доказывает, что при предельном допустимом напряжении, которое составляет 220 МПа, исследуемая конструкция обеспечивает запас прочности с превышением в 74 раза.

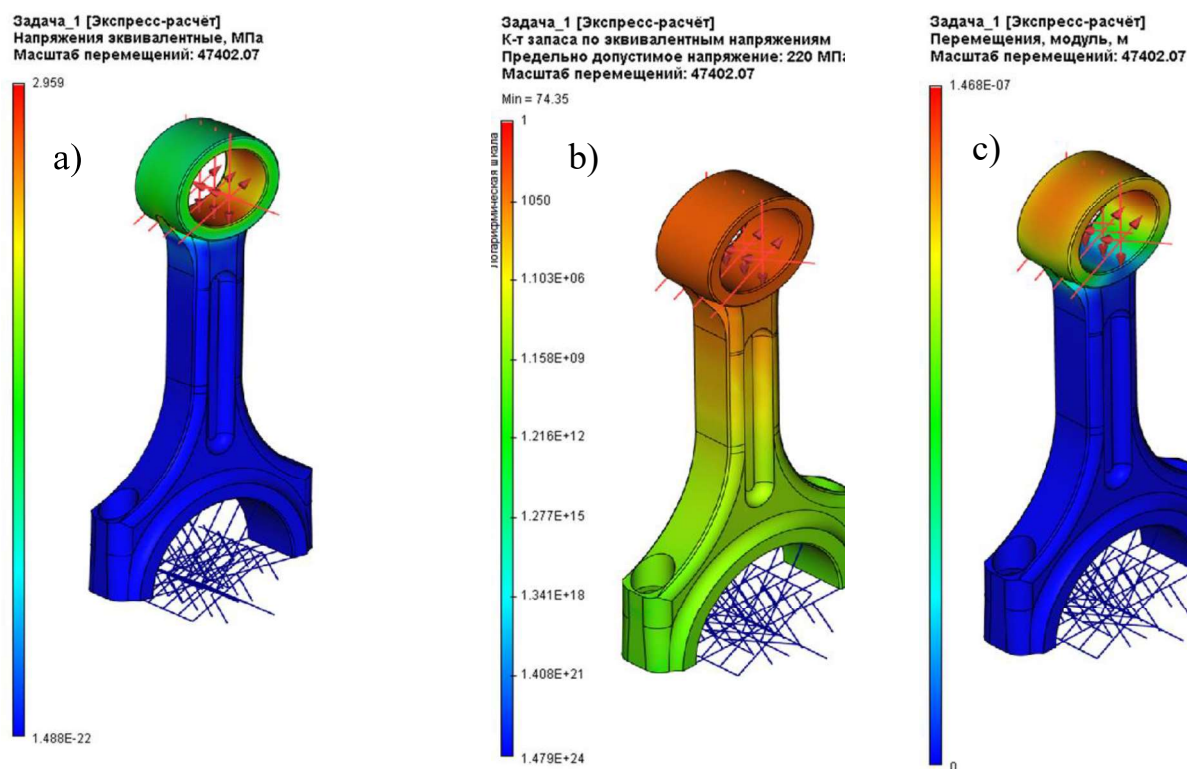


Рис. 5. Результаты исследования конструкции шатуна

Полученные результаты о перемещениях (рис. 5, с) доказывают, что в созданной конструкции шатуна перемещения пренебрежимо малы, а значит деформация при принятых условиях нагружения практически не влияет на работу шатуна при выполнении технологической операции.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- 1 Разработанная конструкция шатуна обеспечивает требуемую эксплуатационную прочность.
- 2 Полученные результаты исследования показывают, что с целью выполнения требований по расходу материала и общим габаритным размерам, при изготовлении шатуна необходимо пересмотреть уменьшение площади поперечного сечения сердечника. В данный момент сердечник не является критической точкой конструкции, а значит целесообразно продолжить уменьшение массы детали.

Список источников

1. Живов Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование: учеб. для вузов / Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н.; под ред. Л.И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006. – 560 с.

2. Свистунов, В.Е. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2008. – 698 с.
3. Петров Н.В. Кузнечно-штамповочное оборудование. Гидропрессы. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 140 с.
4. Колено В.В. Разработка и испытание гидравлических машин ударного действия с питанием от автономного передвижного гидроагрегата // Ударно-вибрационные системы, машины и технологии: Материалы III международ. науч. симп. Орел: ОрелГТУ, 2006. - С. 47 – 48.
5. Ушаков Л.С., Котылев Ю.Е., Шакулин О.П. Моделирование работы гидроударника // Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия: Материалы II международ. науч. симп. – Орел: Орел ГТУ, 2003. – С. 75-77.
6. Котылев Ю.Е. Прикладная теория гидравлических машин ударного действия: монография / Ю.Е. Котылев, Д.Н. Ешуткин. М.: Машиностроение. – 2007. - 176 с.
7. Вальехо П. Р., Гришин Д. К., Чайнов Н. Д. Конструирование шатунов автомобильных и тракторных двигателей. М. : МГМУ «МАМИ», 2013. 52 с.
8. Шатунная группа [Электронный ресурс]: описание, типы и конструкция шатунов. URL: <https://www.autoopt.ru/articles/products/31818840> (дата обращения 25.05.2023).
9. Технология машиностроения: проектирование технологии изготовления - изделий. В.А. Лебедев, М.А. Тамаркин, Д.П. Гепта. – Ростов. Д: Феникс, 2008. – 361 с.: ил. – (Высшее образование).