

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ
ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ ВАК РФ ИЗДАНИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

3 2016
(188)

СОДЕРЖАНИЕ

Современные технологии сборки

- Калачев О.Н., Екимов О.А. Особенности методики экранной сборки цифрового прототипа в CAD Inventor Autodesk 3
- Кузнецова С.В., Симаков А.П. Анализ условий управляемости для систем автоматизированной сборки 7

Транспортирование объектов сборки

- Иванов Ю.В. Оптимизация транспортных операций сборки электронных модулей в роботизированном комплексе ГАСК многономенклатурного производства 15

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

- Плешаков А.А., Кристалль М.Г. Экспериментальное исследование пневмоэлектронного измерительного устройства для автоматической сортировки деталей перед селективной сборкой 23

Экология и безопасность сборочных работ

- Микаева С.А., Микаева А.С., Бойчук М.И. Сборка установки удаления запахов контейнерного типа 28

В помощь конструктору, технологу

- Алпатов А.Н., Кадиев А.Р., Рошин А.В. Проблемы оптимизации нагрузки в распределенных вычислительных системах 36

Трение и смазка в машинах и механизмах

- Лагунова Е.О., Гармонина А.Н., Копотун Е.А. Нелинейные эффекты воздействия электропроводящей смазки на шип подшипника, обладающего демпфирующими свойствами 40
- Дубовик Е.А. Использование анаэробных материалов в трибологии 46

Председатель редакционного совета
Ф.М. МИТЕНКОВ, академик РАН

Редакционный совет

МОСКВА

- А.С. ВАСИЛЬЕВ (главный редактор), д.т.н., проф.
В.В. БАРДУШКИН, д.ф.-м.н.
И.А. БУЯНОВСКИЙ, д.т.н., проф.
М.В. ВАРТАНОВ, д.т.н., проф.
А.А. ГУСЕВ, д.т.н., проф.
С.М. ЗАХАРОВ, д.т.н.
И.Н. ЗИНИНА, к.т.н., доц.
Ю.Л. ИВАНОВ, д.т.н.
- А.В. ИГНАТОВ, к.т.н., доц.
Ю.Г. КОЗЫРЕВ, к.т.н.
А.И. КУМЕНКО, д.т.н., проф.
И.А. ЛЮБИНИН, к.т.н.
А.В. МЕДАРЬ, д.т.н.
Е.А. МИКРИН, д.т.н., акад. РАН
Б.В. ШАНДРОВ, к.т.н., проф.
А.А. ШАТИЛОВ, к.т.н., доц.
А.Г. ХОЛОДКОВА, к.т.н., проф.

Региональные редсоветы

БЕЛГОРОД

- Н.А. ПЕЛИПЕНКО, д.т.н.

БРЯНСК

- О.А. ГОРЛЕНКО, д.т.н., проф.

ВЛАДИВОСТОК

- Ю.Н. КУЛЬЧИН, д.т.н., чл.-кор. РАН
А.А. СУПОНЯ, к.т.н.

ВОЛГОГРАД

- В.Г. КАРАБАНЬ, к.т.н., доц.
М.Г. КРИСТАЛЬ, д.т.н., проф.
В.И. ЛЫСАК, д.т.н., проф., чл.-кор. РАН
В.М. ТРУХАНОВ, д.т.н., проф.

ИЖЕВСК

- И.В. АБРАМОВ, д.т.н., проф.
В.Г. ОСЕТРОВ, д.т.н., проф.
Б.А. ЯКИМОВИЧ, д.т.н., проф.

КАЗАНЬ

- Р.И. АДГАМОВ, д.т.н., проф.

КОВРОВ

- Ю.З. ЖИТНИКОВ, д.т.н., проф.

КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ

- Б.Н. МАРЬИН, д.т.н.
А.М. ШПИЛЕВ, д.т.н., проф.

НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ

- С.В. ДМИТРИЕВ, д.т.н.
Р.М. ХИСАМУТДИНОВ, к.т.н.

НИЖНИЙ НОВГОРОД

- С.В. ГОЛУБЕВ, инж.

ОМСК

- В.Н. КОСТЮКОВ, д.т.н.

ОРЕЛ

- Ю.С. СТЕПАНОВ, д.т.н., проф.
Г.А. ХАРЛАМОВ, д.т.н., проф.

ОРЕНБУРГ

- А.Н. ПОЛЯКОВ, д.т.н., проф.
А.И. СЕРДЮК, д.т.н., проф.
А.П. ФОТ, д.т.н., проф.

ПЕРМЬ

- С.М. БЕЛОБОРОДОВ, д.т.н.
В.Ф. МАКАРОВ, д.т.н.

РОСТОВ-НА-ДОНУ

- В.И. КОЛЕСНИКОВ, акад. РАН и РИА (зам. гл. редактора)
А.А. РЫЖКИН, д.т.н., проф.

РЫБИНСК

- В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, д.т.н., проф.
В.В. НЕПОМИЛУЕВ, д.т.н., проф.
А.Н. СЕМЕНОВ, д.т.н., проф.

САМАРА

- Ю.А. ВАШУКОВ, к.т.н., доц.
М.А. ЕВДОКИМОВ, д.т.н., проф.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

- Е.В. ШАЛОБАЕВ, к.т.н., проф.

СЕВАСТОПОЛЬ

- Е.Л. ПЕРВУХИНА, д.т.н., проф.

ТОМСК

- А.В. КОЛУБАЕВ, д.ф.-м.н.
В.Е. ПАНИН, акад. РАН

ТУЛА

- В.В. ПРЕЙС, д.т.н., проф.
А.А. МАЛИКОВ, д.т.н., проф.

ХАБАРОВСК

- В.И. ШПОРТ, д.т.н., проф.

Беларусь

МИНСК

- В.Л. БАСИНОК, д.т.н.
М.Л. ХЕЙФЕЦ, д.т.н., проф.

ГОМЕЛЬ

- В.Е. СТАРЖИНСКИЙ, д.т.н.

Украина

КИЕВ

- А.С. ЗЕНКИН, д.т.н., проф.
В.А. МАТВИЕНКО, к.т.н.

ДОНЕЦК

- А.Н. МИХАЙЛОВ, д.т.н., проф.

Польша

- П. ЛЕБКОВСКИ, д.т.н.
Е. ЛУНАРСКИ, д.т.н.

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

Е.М. НУЖДИНА, И.М. ГЛИКМАН

Журнал зарегистрирован в Министерстве связи и массовых коммуникаций РФ. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-63953 от 09.12.2015 г.

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу "Роспечать" — 79748, Объединенному каталогу "Пресса России" — 84967, каталогу "Почта России" — 60257) или непосредственно в издательстве
Тел.: 8 (499) 269-54-98. Факс 8 (499) 269-48-97
E-mail: sborka@mashin.ru
Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Сборка в машиностроении, приборостроении", допускаются только с разрешения редакции и со ссылкой на источник информации.

THE MONTHLY
JOURNAL
FOR SCIENTISTS
AND MANUFACTURERS

ASSEMBLING



IN MECHANICAL ENGINEERING AND INSTRUMENT-MAKING

THE JOURNAL IS PUBLISHED UNDER THE PATRONAGE OF INTERNATIONAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERING
THE JOURNAL IS AMONG THOSE APPROVED BY RF FOR DISSERTATION PUBLICATION

3 2016
(188)

CONTENTS

Modern technologies in assembly

- Kalachev O.N., Ekimov O.A. Features screen technique to build a digital prototype CAD Inventor Autodesk 3
Kuznetsova S.V., Simakov A.L. The analysis of conditions of controllability for automated assembly systems 7

Assembly component parts transportation

- Ivanov Yu.V. Assembly of electronic modules transport operation optimization in complex robotic assembly complex in multiproduct production 15

Quality assurance. Testing. Monitoring

- Pleshakov A.A., Kristal M.G. Experimental study of pneumo-electronic gauge for parts' automatic sorting prior to selective assembly 23

Ecology and safety in assembly

- Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Boychuk M.I. Assembly plants odor container type . 28

Industrial and design engineer's aid

- Alpatov A.N., Kadiev A.R., Roschin A.V. Problems of load optimization in distributed computing systems 36

Friction & lubrication

- Lagunova E.O., Garmonina A.N., Kopotun E.A. Nonlinear action effects electrically conductive lubricant on the bearing spike possessing damping properties . . 40
Dubovik E.A. Using anaerobic materials in tribology 46

Chair of Editorial Advisory Board —
Member of Russian Academy of Science
F.M. MITENKOV

Editors

MOSCOW

A.S. VASIL'EV
(Chief editor)
V.V. BARDUSHKIN
I.A. BUYANOVSKY
M.V. VARTANOV
A.A. GUSEV
S.M. ZAKHAROV
I.N. ZININA
Yu.L. IVANOV

A.V. IGNATOV
Yu.G. KOZYREV
A.I. KUMENKO
I.A. LUBININ
A.V. MEDAR'
E.A. MIKRIN
B.V. SHANDROV
A.A. SHATILOV
A.G. KHOLODKOVA

Regional editors

BELGOROD

N.A. PELIPENKO

BRIANSK

O.A. GORLENKO

VLADIVOSTOK

Yu.N. KULSHIN
A.A. SUPONIA

VOLGOGRAD

V.G. KARABAN'
M.G. KRISTAL
V.I. LYSAK
V.M. TRUKHANOV

IZHEVSK

I.V. ABRAMOV
V.G. OSETROV
B.A. YAKIMOVICH

KAZAN

R.I. ADGAMOV

KOVROV

Yu.Z. ZHITNIKOV
KOMSOMOLSK-ON-AMUR

B.N. MARJIN
A.M. SHPILEV

NABEREZHNYE CHELNY

S.V. DMITRIEV
R.M. KHISAMUTDINOV

NIZHNY NOVGOROD

S.V. GOLUBEV

OMSK

V.N. KOSTIUKOV

OREL

Yu.S. STEPANOV
G.A. KHARLAMOV

ORENBURG

A.N. POLYAKOV
A.I. SERDUK

A.P. FOT

PERM

S.M. BELOBORODOV
V.F. MAKAROV

ROSTOV-ON-DON

V.I. KOLESNIKOV
A.A. RYZHKIN

RYBINSK

V.F. BEZIAZYCHNYI
V.V. NEPOMILUEV
A.N. SEMENOV

SAMARA

Yu.A. VASHUKOV
M.A. EVDOKIMOV

ST.-PETERSBURG

E.V. SHALOBAEV

SEVASTOPOL

E.L. PERVUKHINA

TOMSK

V.E. PANIN
A.V. KOLUBAEV

TULA

A.I. PREYS
A.A. MALIKOV

KHABAROVSK

V.I. SCHPORT

Belarus

MINSK

V.L. BASINJUK
M.L. KHEIFETZ

GOMEL

V.E. STARZHINSKI

Ukraine

KIEV

A.S. ZENKIN
V.A. MATVIENKO

DONETSK

A.N. MIKHAILOV

Poland

P. LEBKOVSKI
E. LUNARSKII

Executive editors of current issue:

E.M. NUZHIDINA, I.M. GLIKMAN

Journal is distributed on subscription, which can be issues in any post office (index on the catalogue of the "Rospechat" agency — 79748, the union catalogue "Pressa Rossii" — 84967, the catalogue "Pochta Rossii" — 60257) or directly in editorial of the journal.

Ph.: 8 (499) 269-54-98. Fax: 8 (499) 269-48-97.

<http://www.mashin.ru> E-mail: sborka@mashin.ru

The reference to the *Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making Journal* during reprint of the materials is mandatory.

Advertisers are responsible for the content of their advertisements.

The journal is registered by Ministry of Telecom and Mass Communications of RF.

Registration certificate ПИ № ФС 77-63953. 09.12.2015

УДК 621.8:004.9

О.Н. Калачев, канд. техн. наук, **О.А. Екимов**
(Ярославский государственный технический университет)
E-mail: Okalachev@mail.ru

Особенности методики экранной сборки цифрового прототипа в CAD Inventor Autodesk

Рассматривается реализация парадигмы цифрового прототипирования на основе первичности 3D-модели изделия. Показаны особенности начального этапа конструкторского проектирования в CAD Inventor Autodesk с использованием инструментов ассоциативности, параметризации и адаптивности на примере создания сборки валкового механизма.

Discusses the implementation of the paradigm of digital prototyping on the basis of the primacy of the 3D-model of the product. The features of the primary stage of design CAD Autodesk Inventor using tools associativity, parameterization and adaptability for example creating build roller mechanism.

Ключевые слова: парадигма цифрового прототипирования, 3D-модель, 3D-сборка.

Keywords: the paradigm of digital prototyping, 3D-model, 3D-assembly.

Практическая реализация парадигмы цифрового прототипирования (ЦП) предполагает комплексное освоение и применение возможностей современных систем CAD/CAM/CAE. В общем случае независимо от конкретной среды проектирования конструктору необходимо последовательно пройти следующие этапы (рис. 1, см. обложку, стр. 2):

- создание 3D-моделей деталей;
- прочностной анализ деталей;
- экранная сборка;

формирование на основе полученного цифрового прототипа изделия традиционной конструкторской документации, которая по-прежнему является для большинства предприятий исходным пунктом технологической подготовки производства.

Рассмотрим реализацию парадигмы ЦП на примере проекта изделия "валковый механизм", выполненного для АО ЦПТА (Москва) в среде CAD Inventor Autodesk [1].

На рис. 2 приводятся исходная информация заказчика — подготовленный к утилизации прототип (рис. 2, а) — и результаты выполненного эскизирования его деталей (рис. 2, б).

3D-модель детали. Создание ЦП прессы в виде пространственной модели при поставленной задаче подготовки традиционной конструкторской документации повышает, на первый взгляд, трудоемкость и удлиняет цикл работ над проектом. Однако именно такой путь позволяет избежать проблем, возникающих на последующих этапах проектирования и компоновки изделия, например, из-за нестыковки деталей вследствие неизбежных ошибок в их конфигурации и размерах.

При проектировании ЦП прессы из 3D-моделей деталей использовалась схема "снизу-вверх", т.е. от создания деталей к модели сборочной единицы [2].

Создание параметрического эскиза. На первом этапе в среде *Inventor* создается эскиз базового компонента каждой детали (рис. 3). При этом вводятся ограничения и функциональные зависимости, позволяющие в дальнейшем изменять размеры, сохраняя ограничения, наложенные размерными характеристиками сопрягаемых деталей. Все размеры эскиза занесены в таблицу параметров, где им присвоено индивидуальное

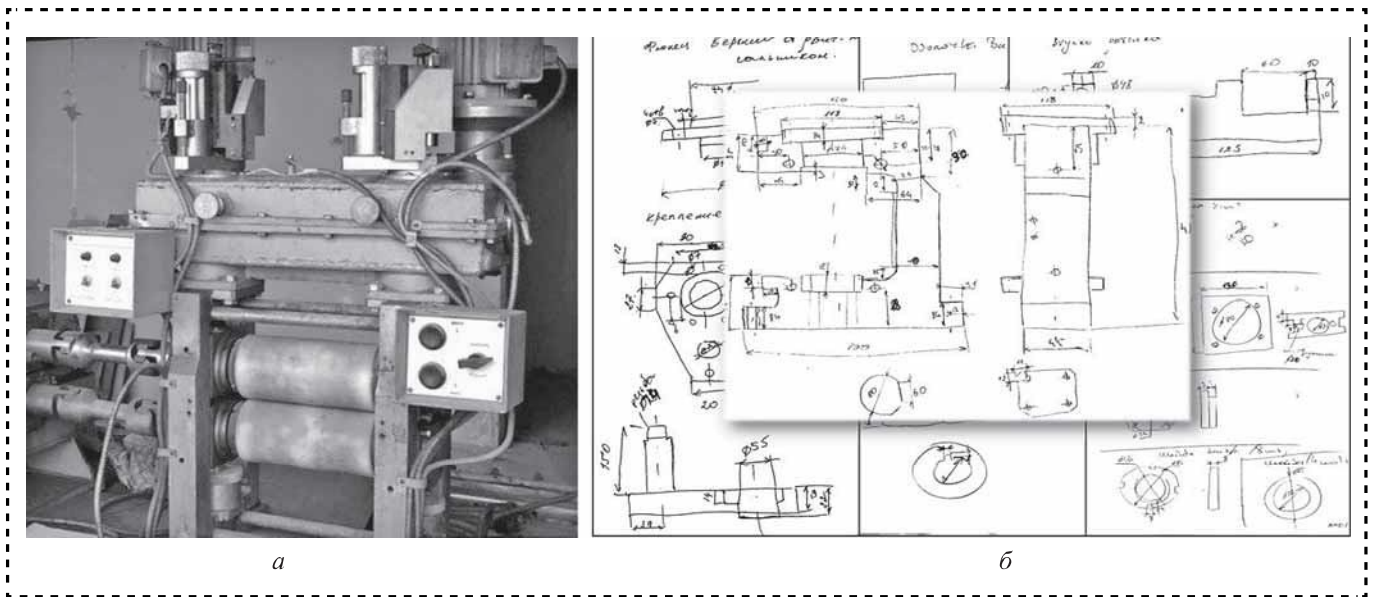


Рис. 2. Прототип пресса (а) и бумажные эскизы (б)

имя, определена взаимосвязь с другими размерами эскиза (рис. 4, см. обложку, стр. 2).

В результате при изменении, например, нижнего размера стойки в заданном соотношении изменится и зависимый верхний размер (рис. 5, см. обложку, стр. 2).

Твердотельное моделирование. На следующем этапе для выполнения операции твердотельного моделирования необходимо открыть базовый эскиз. Далее на панели инструментов

выбрать вкладку "Выдавливание" — и в появившемся окне настроить параметры этой операции (рис. 6, см. обложку, стр. 2).

Устанавливаем, с каким типом элемента будет происходить работа (эскиз или тело), выбрать вид выдавливания. Поскольку в данном случае эскиз базовый, то доступно создание только твердого тела.

Вводим значение выдавливания и выбираем его направление. В результате появляется

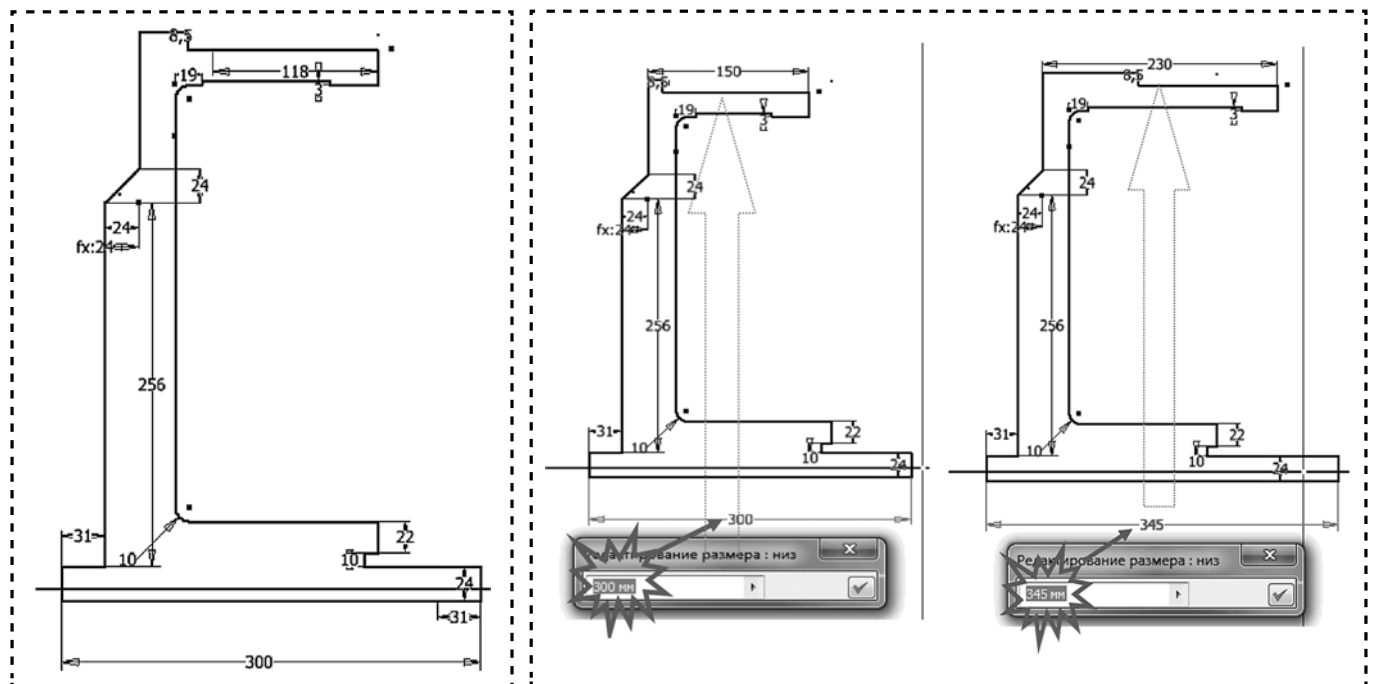


Рис. 3. Эскиз базового компонента "стойки" Рис. 5. Параметрическое изменение размеров

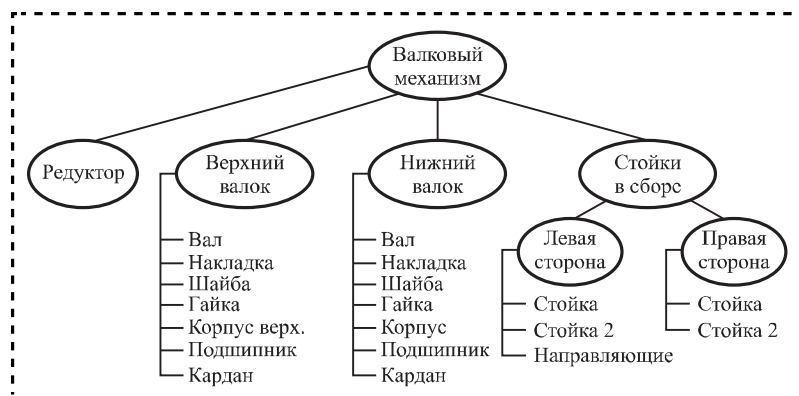


Рис. 9. Схема состава изделия

3D-модель детали с панелью быстрой настройки, где можно отредактировать параметры выдавливания (рис. 7, см. обложку, стр. 2).

Подобная методика в дальнейшем используется для проектирования и оригинальных, и стандартных деталей валкового механизма (рис. 8, см. обложку, стр. 3), структурная схема которого показана на рис. 9.

Создание экранной сборки. На этом шаге в меню *Inventor* выбираем команды "Создать сборку", "Вставить" (рис. 10, см. обложку, стр. 3) и добавляем сначала базовую деталь узла "валок", а затем все остальные детали (рис. 11).

При сборке стандартные детали заимствуются из библиотеки *Inventor*. Например,

крепежные детали выделяются в библиотеке компонентов (рис. 12, см. обложку, стр. 3), далее выбирается необходимый размер (рис. 13, см. обложку, стр. 3) и положение винта демонстрируется в отверстии для крепежа. Программа автоматически создаст зависимости для такой вставки.

В ходе сборки оригинальных деталей на экране появляется всплывающее окно с вариантами их взаимного расположения (рис. 14, см. обложку, стр. 4).

Аналогичная ситуация возникает при выборе и размещении подшипника. Выбрав подходящий метод соединения вала и подшипника, а именно *совмещение*, указываем поверхности или грани, по которым происходит совмещение (рис. 15, а, см. обложку, стр. 4). Далее завершаем операцию, совмещая грань выбранной детали с гранью базовой (рис. 15, б, см. обложку, стр. 4).

Более перспективный подход при сборке состоит в наложении зависимостей на детали. С помощью вкладки "Зависимость" выбираем следующее: тип зависимости сборки — вставка; решение — с выравниванием; смещение — 0 (мм). Такой подход позволяет уйти от неточности состыковки деталей при сборке [3].

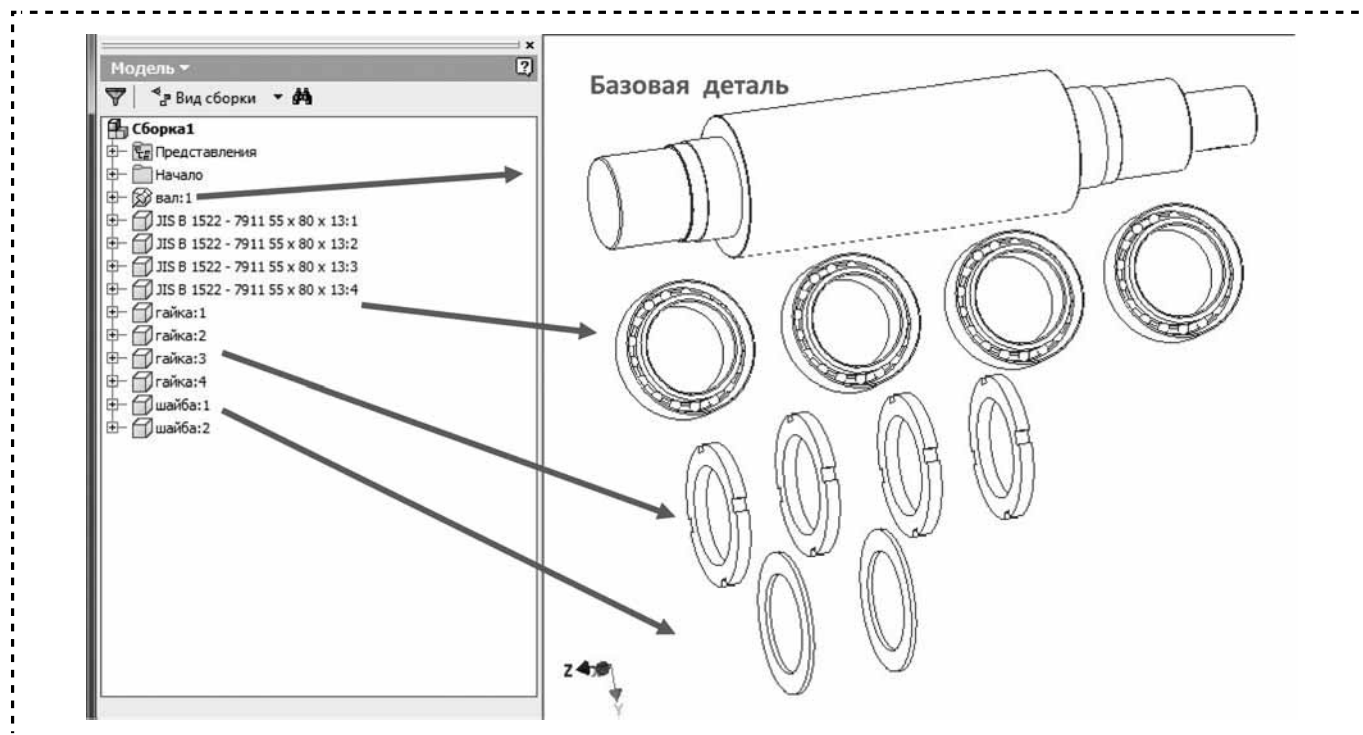


Рис. 11. Дерево модели и соответствующие геометрические объекты

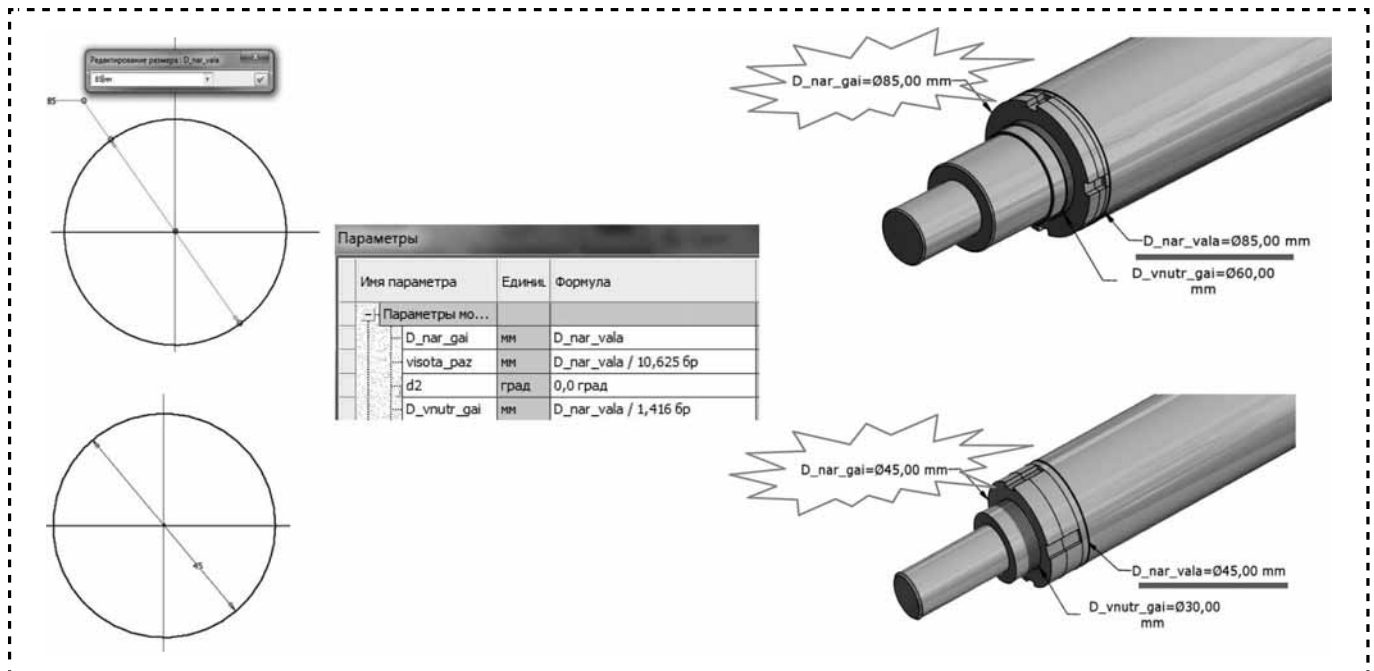


Рис. 19. Адаптивное изменение размеров деталей

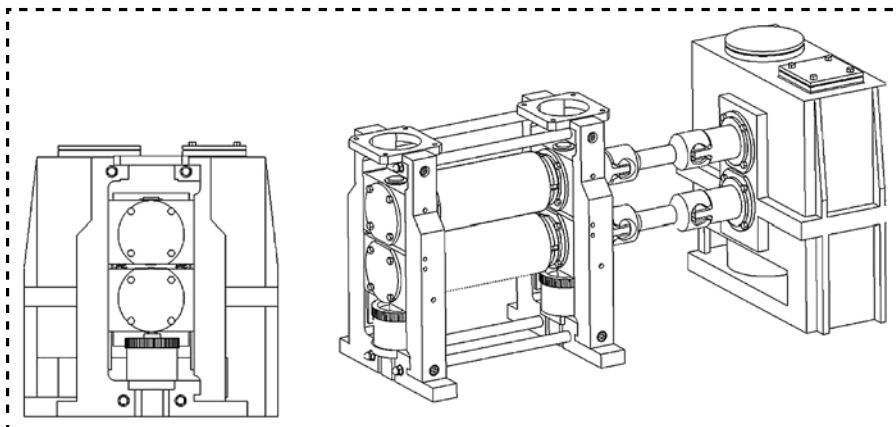


Рис. 20. Результат экранной сборки

Далее, как в первом случае сборки, выбираем торцы (на присоединяемом показан синим цветом) на базовом объекте (рис. 16, а, см. обложку, стр. 4), после чего завершаем сборку, нажимая кнопку "Применить" (рис. 16, б, см. обложку, стр. 4).

Важным моментом в реализации парадигмы ЦП является адаптивная сборка, при которой новая модель детали возникает на основе геометрии уже созданной детали — проекция детали становится эскизом для новой 3D-модели (рис. 17, см. обложку, стр. 4).

При использовании адаптивной сборки автоматически создаются параметрические связи между размерами соединяемых деталей.

Обнаруженные ошибки устраняем, внося изменения в эскиз, присутствующий в дереве построения (рис. 18, см. обложку, стр. 4). При этом меняются размеры обеих деталей (рис. 19).

На основе приведенных приемов выполнена экранная сборка всего узла "валковый механизм" (рис. 20).

Выводы. Рассмотрен первый этап цифрового прототипирования изделия. Продемонстрирована последователь-

ность комплексного применения возможностей *Autodesk Inventor Professional* на основе использования инструментов адаптивности, параметризации при моделировании деталей и сборке.

Библиографический список

1. Тремблей Т. *Inventor 2013 и InventorLT 2013*. Официальный учебный курс. М.: ДМК, 2013. 344 с.
2. Калачев О.Н. Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron // Информационные технологии. 1998. № 10. С. 43—47, 49.
3. Конинский И.А., Калачев О.Н. Компьютерно-интегрированная подготовка механообрабатывающего производства с использованием разнородных CAD, CAPP, CAM-систем // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2005. № 4. С. 22—26.

(Окончание следует.)