

## **Информация об авторах / Information about the authors**

**Александр Николаевич Литвинов**  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Теоретическая  
и прикладная механика и графика»,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)  
e-mail: pnzgu.tpmg@mail.ru

**Alexander N. Litvinov**  
Doctor of technical sciences,  
professor, professor of the  
department of theoretical and  
applied mechanics and graphics,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 621.9:658.12

## **АНАЛИЗ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Татьяна Михайловна Севостьянова<sup>1</sup>,  
Анна Александровна Черепенникова<sup>2</sup>,  
Николай Алексеевич Миронычев<sup>3</sup>,  
Павел Александрович Гурин<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

**Аннотация.** Рассмотрены варианты представления сборочных размерных цепей сложных конструкций на примере шпинделей металлорежущего оборудования и промышленной запорной арматуры. Определены методы достижения точности конструкций. Приводятся рекомендации для повышения точности изделия на этапах проектирования, изготовления и сборки.

**Ключевые слова:** размерная цепь, шпиндель, герметичность, запорный элемент

## **ANALYSIS OF DIMENSIONAL CIRCUITS OF TECHNOLOGY EQUIPMENT**

**Tatyana M. Sevostyanova<sup>1</sup>, Anna A. Cherepennikova<sup>2</sup>,  
Nikolay A. Mironychev<sup>3</sup>, Pavel A. Gurin<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Penza State University, Penza, Russia

**Abstract.** Options for presentation of assembly dimensional chains of complex structures on the example of spindles of metal cutting equipment and industrial shut-off valves are considered. Methods of achieving accuracy of structures are defined. Recommendations are given to improve the accuracy of the product during the design, manufacture and assembly stages.

**Keywords:** dimensional chain, spindle, tightness, locking element

Выполнению заданных технических характеристик любых изделий от простых до сложных должно предшествовать проведение размерного анализа конструкторских и технологических размерных цепей. В машиностроении при изготовлении металлорежущих станков, шарикоподшипников, трубопроводной арматуры, датчиков к ним предъявляются специфические требования по точности, уровню шума, герметичности и надежности.

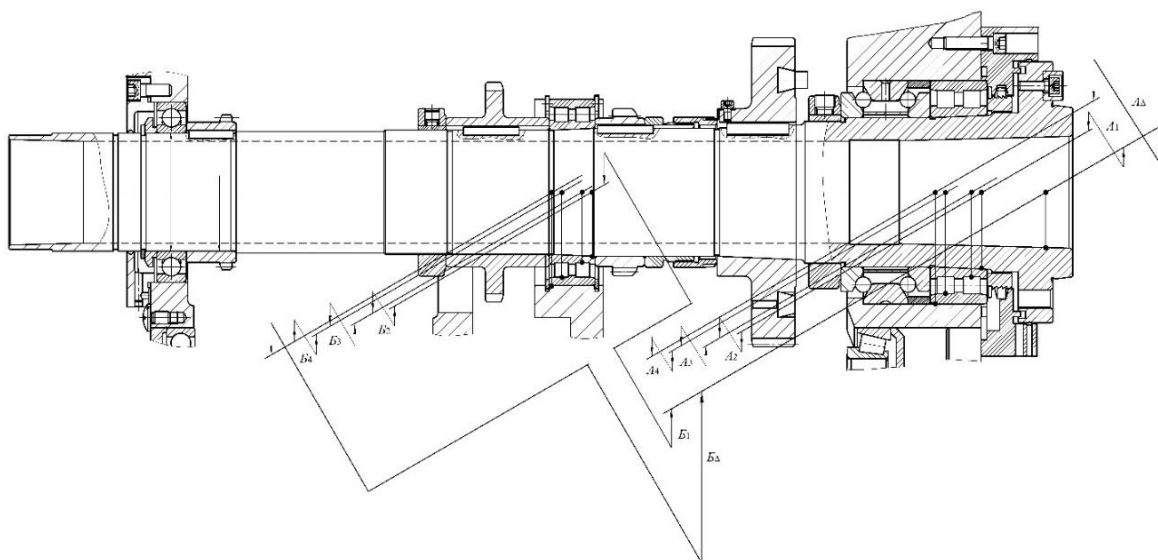
Правильное решение многозвенных размерных цепей таких изделий требует особого подхода, поскольку это пространственные цепи, и однозначного значения заданных допусков быть не может.

Известные методики предлагают в качестве решений при сборке сложных и точных изделий метод групповой взаимозаменяемости, регулирования, либо пригонки. т.к. от этого зависят функциональные характеристики: точность и шум металлорежущих станков, герметичность и надежность запорной арматуры, безопасность рабочей зоны тепло- и АЭС.

В подшипниковой промышленности применяется групповая взаимозаменяемость, что характерно для массового производства.

Для сложных пространственных размерных цепей предусмотрено выполнение 3D моделей, аксонометрического эскиза и схем с однозначным определением всех составляющих звеньев. После чего составляют и решают уравнения.

Известные конструкторские наработки предлагают регулировку на стадии выполнения сборочных операций для МРС (рис. 1 и 2).



Для прецизионных станков точность геометрических размеров шеек шпинделя рекомендуется повысить до 5 квалитета, с отклонениями формы до степени С ( $25 \% Td$ ), точность подшипников – по ISO P2, а сборку выполнять с предварительным повышенным нагружением (*High Preload*).

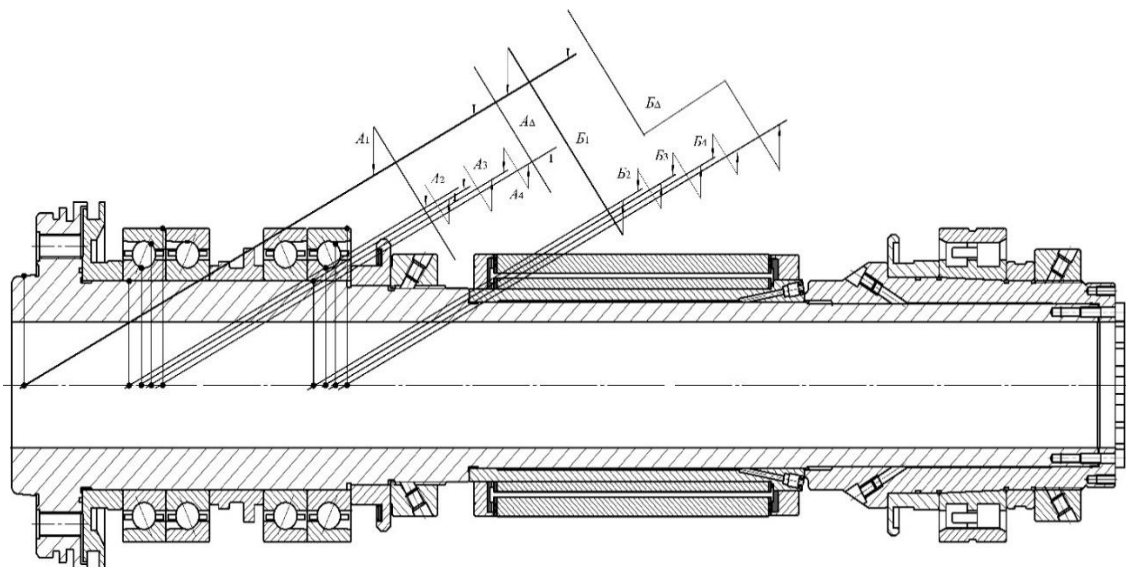


Рис. 2. Размерные цепи шпиндель-мотора

Применяется в станкостроении также методика оценки характеристик траекторий выбранных фиксированных опорных точек шпинделя для оценки точности сборки. Для трубопроводной арматуры, в частности клиновых задвижек, вследствие незначительного объема производства и широкой номенклатуры, применяется притирка, как метод, обеспечивающий наивысшую точность и высокий класс герметичности.

Однако для некоторых конструкций запорной арматуры, например, в шаровых кранах предусмотрена регулировка зазора и обеспечение герметичности в процессе эксплуатации между пробкой, седлом и вкладышем седла за счет пружин, расположенных в корпусе крана (рис. 3).

Ремонтопригодность, как важный показатель технологичности дорогостоящей и сложной техники, зависит от условий эксплуатации и трудоемкости ремонтных работ. В станкостроении для восстановления точности применяются операции шлифования, шабрения и замены комплектующих (подшипников, муфт, винтов, гек, зубчатых колес и т.д.).

Общая оценка технологичности запорной арматуры показала правомочность исполнений всех разновидностей клина: жесткого, упругого (рис. 4), двухдискового.

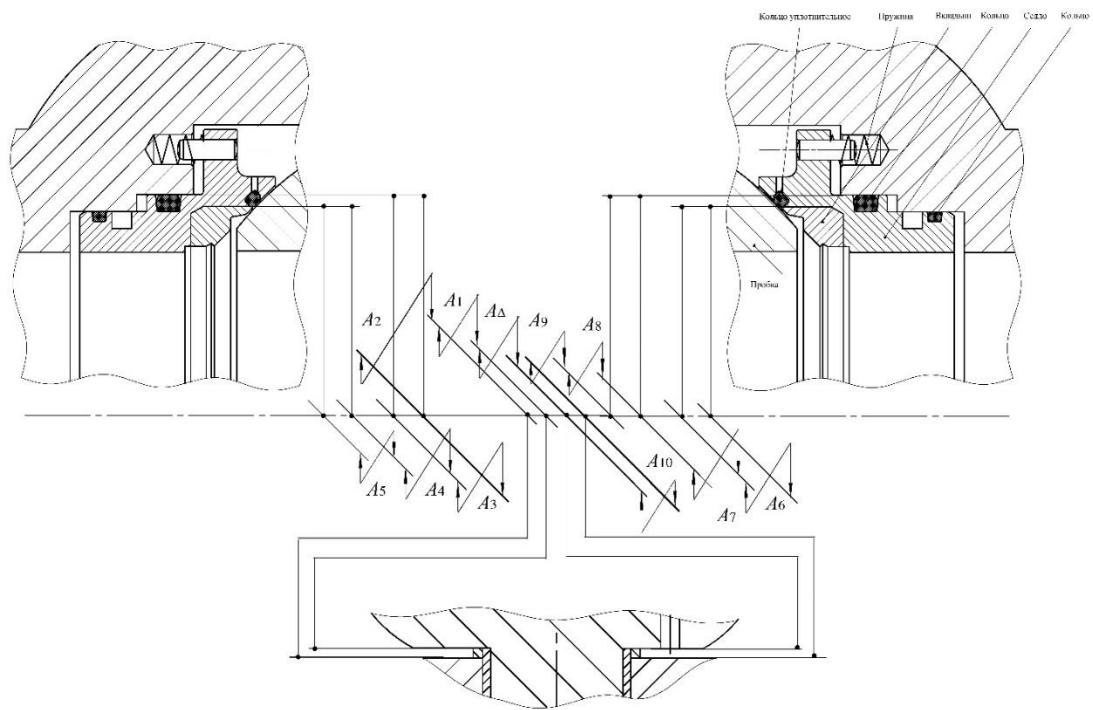


Рис. 3. Размерные цепи шарового крана

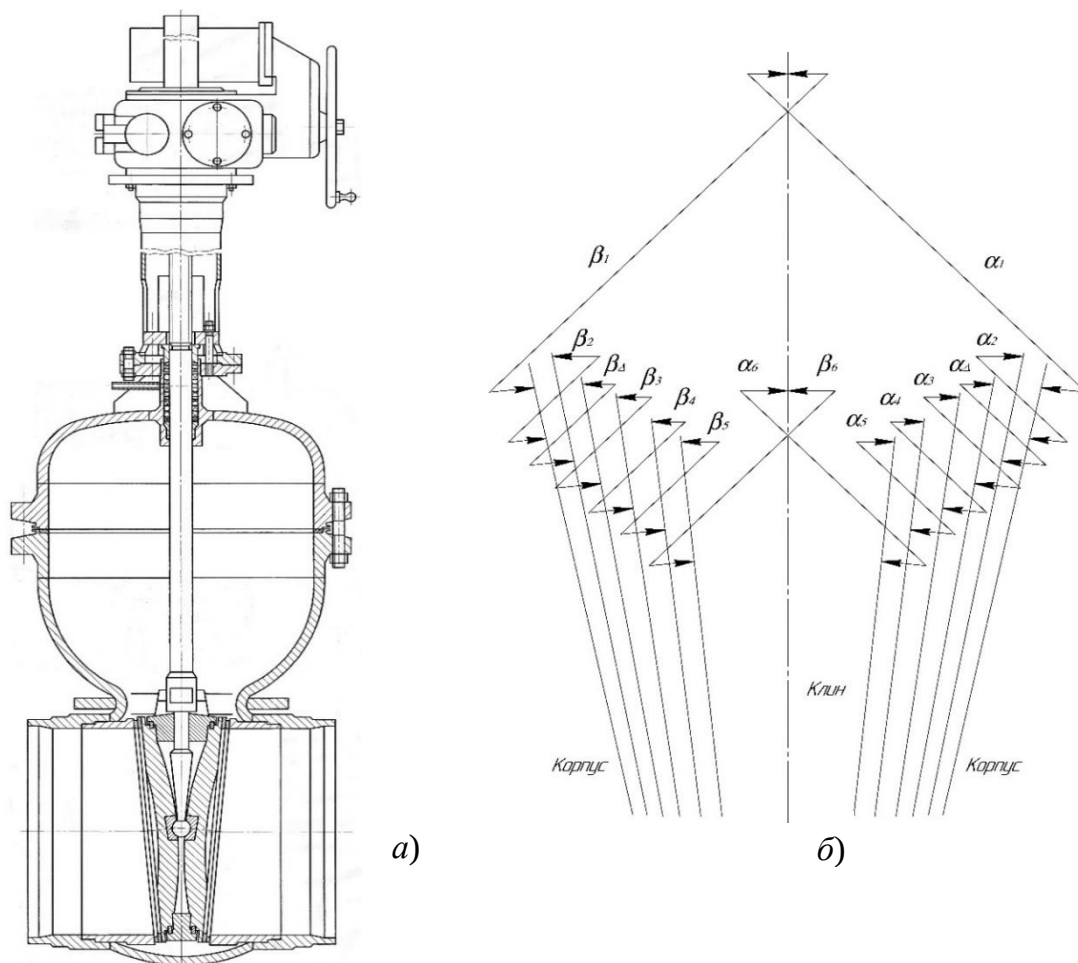


Рис. 4. Клиновая задвижка: а – вид общий; б – размерные цепи

В арматуростроении изношенные металлические датали, однозначно, подвергаются восстановлению наплавкой с последующими операциями механической обработки резанием и доводкой (притиркой) сопрягаемых рабочих поверхностей. Пластмассовые и резиновые уплотнители – заменяются.

В конструкции волноводного уровнемера метод регулировки в сборочной размерной цепи обеспечивает необходимую точность замыкающего звена за счет упругого четырехлопастного компенсатора, который монтируется с постоянным упругим контактом (с одноразовым созданием упругой деформации) на измерительной внутренней штанге, концентричной наружной трубе (рис. 5).

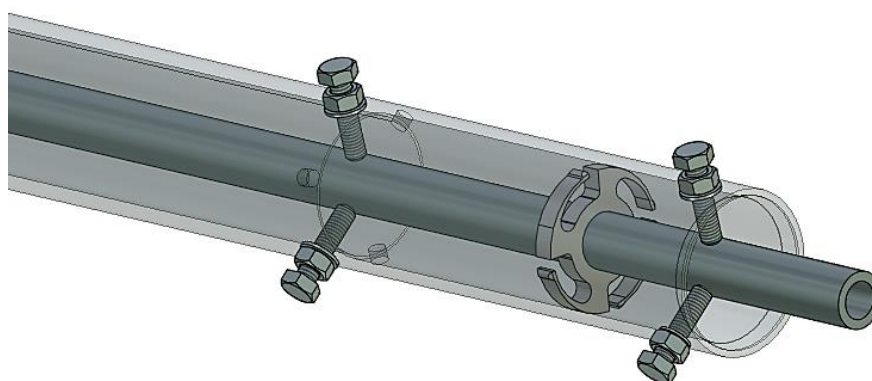


Рис. 5. Вид общий волноводного уровнемера реактора с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем (ТЖМТ)

#### Выводы:

1. Качество и точность сложных технологических систем обеспечиваются, как минимум, соблюдением заданных технических требований на изготовление и сборку. Однако современная практика предполагает при изготовлении увеличение точности как деталей, так и комплектующих на одну ступень (квалитет, степень, класс).
2. Конструкции вариантов исполнения шпинделей станков, элементов запорной арматуры, датчиков существенно различаются, поскольку предназначены для работы в разных условиях, поэтому необходим индивидуальный подход в принятии окончательного решения для создания конструктивного исполнения и обеспечения функционального назначения конструкции.
3. Жесткие временные и опасные для персонала условия технического обслуживания датчиков уровнемеров тепло- и АЭС требуют совершенствования их конструкций для повышения надежности.

## Список литературы

1. Abele E., Altintas Y., Brecher C. Machine Tool Spindle Units // CIRP Annals – Manufacturing Technology. 2010. Vol. 59, iss. 2. P. 781–802.
2. Book of Spindles. Part I: Spindle Facts. 2011.
3. Weck M. Machine Tools: Construction and Mathematical Analysis. Wiley : Chichester, 1984. Vol. 2.
4. Бондаренко С. Г. Размерные расчеты механосборочного производства. Киев : ИСДО, 1993. 544 с.
5. Гошко А. И. Арматура трубопроводная целевого назначения : в 3 кн. Кн. 2: Производство. Испытания. Монтаж. М. : Машиностроение, 2003. 336 с.
6. Миронычев Н. А., Гурин П. А., Авдеева Д. В. Влияние волнистости беговых дорожек подшипника на шум и вибрации // Актуальные проблемы станкостроения – 2023 : сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Пенза, 1–3 июня 2023 г.) / под общ. ред. д.т.н., проф. А. Е. Зверовщикова; к.т.н., доц. С. А. Нестерова; к.т.н., доц. Д. В. Кочеткова. Пенза : Изд-во ПГУ, 2023. С. 421–426.
7. Пуш А. В. Шпиндельные узлы: качество и надежность. М. : Машиностроение, 1992. 288 с.
8. Бондаренко С. Г., Чередников О. Н., Губий В. П. [и др.]. Размерный анализ конструкций. Киев : Техника, 1989. 148 с.
9. Сейнов С. В. Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт. М. : Машиностроение, 2002. 392 с.
10. Черепенникова А. А. Совершенствование конструкции измерителя уровня теплоносителя в атомных реакторах свинцового типа // Машиностроительные технологические системы : доклад на Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 95-летию Донского государственного технического университета и кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» (10–12 апреля 2025 г.). Ростов н/Д., 2025.

## Информация об авторах / Information about the authors

**Татьяна Михайловна  
Севостьянова**  
магистрант, Пензенский  
государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
e-mail: tansevastan@yandex.ru

**Tatyana M. Sevostyanova**  
Master degree student, Penza State  
University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

**Анна Александровна  
Черепенникова**  
магистрант, Пензенский  
государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
e-mail: tmspgu@mail.ru

**Anna A. Cherepennikova**  
Master degree student, Penza State  
University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

**Николай Алексеевич Миронычев**  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Технологии  
и оборудование машиностроения»,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)  
e-mail: minial@bk.ru

**Nikolay A. Mironychev**  
Candidate of technical sciences,  
associate professor, associate  
professor of the department  
technologies and equipment  
of mechanical engineering,  
Penza State University (40 Krasnaya  
street, Penza, Russia)

**Павел Александрович Гурин**  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Технологии  
и оборудование машиностроения»,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)  
e-mail: sbgurin\_havel@list.ru

**Pavel A. Gurin**  
Candidate of technical sciences,  
associate professor of the department  
technologies and equipment  
of mechanical engineering, Penza  
State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

УДК 62-294.2

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕСС-ФОРМЫ ИЗДЕЛИЯ ТИПА  
«БЛОК НАТЯЖЕНИЯ НИТИ»  
ДЛЯ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА «МИНИТПА-100»**

**Диана Сергеевна Гуляева<sup>1</sup>,  
Данила Александрович Верхушин<sup>2</sup>,  
Дмитрий Сергеевич Курдюмов<sup>3</sup>,  
Юлия Станиславовна Кудрявцева<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Новосибирский государственный технический университет,  
Новосибирск, Россия

**Аннотация.** Рассматриваются технологические особенности проектирования пресс-формы на примере изделия типа «Блок натяжения нити» для термопластавтомата «МиниТПА-100».

**Ключевые слова:** пресс-форма, деталь, изделие, литьевая полость

**DESIGNING A TYPE MOLD PRODUCT  
«THREAD TENSION UNIT» FOR THE «MINI IMM-100»  
INJECTION MOLDING MACHINE**

**Diana S. Gulyaeva<sup>1</sup>, Danila A. Verkhushin<sup>2</sup>,  
Dmitry S. Kurdyumov<sup>3</sup>, Julia S. Kudryavtseva<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

**Abstract.** This article discusses the technological features of mold design using the example of a «Thread tension unit» type product for the «Mini IMM-100» injection molding machine.

**Keywords:** mold, part, product, injection cavity