

О применении мобильных шлифовально-притирочных устройств в технологическом процессе восстановления уплотнительных поверхностей элементов трубопроводной арматуры

Гайсин С.Н., Балакирев В.А., Травин Д.В.

Иркутский государственный технический университет, ОАО «ИркутскНИИХиммаш»;
8-964-655-21-28, 8 (3952) 41-17-70, gaisinsn@mail.ru

Аннотация. Проведены предварительные испытания спроектированной и изготовленной мобильной технологической установки. В процессе испытаний выполнены исследования по шлифованию уплотнительных поверхностей на деталях-свидетелях, имитирующих «седло» клапана низкого давления. Цель исследований – отработка технологий шлифования по формированию уплотнительных поверхностей затворного узла в корпусе клапана с применением мобильного шлифовально-притирочного устройства.

Ключевые слова: трубопроводная арматура; затвор; золотник; седло; уплотнительная поверхность; восстановление; технологический модуль; герметичность.

Герметичность затворного узла зависит от фактической площади контакта уплотнительных поверхностей (УП) в затворном узле клапана (вентиля), а суммарная фактическая площадь контакта определяется наличием на контактируемых поверхностях волнистости (неплоскостности) и шероховатости. При уменьшении отклонений волнистости (в первую очередь) и шероховатости увеличится площадь контакта и долговечность затворного узла клапана.

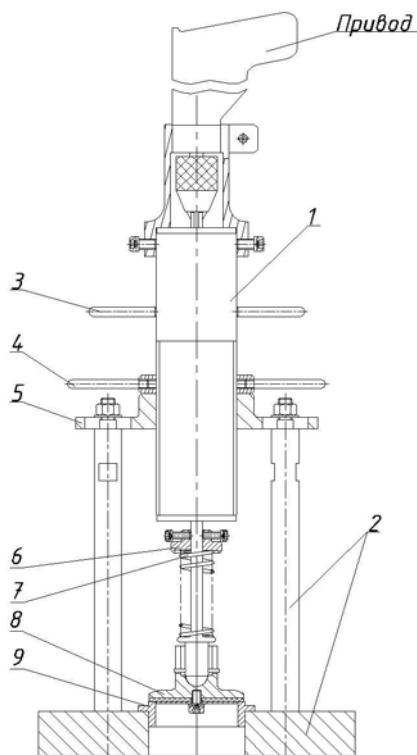


Рисунок 1 – Шлифовально-притирочное устройство и стенд для отработки технологий шлифования на деталях-свидетелях: привод от электродвигателя 230V-1200W; $n_0=0 \div 650 \text{ мин}^{-1}$; 1 - шлифовально-притирочное устройство; 2 - испытательный стенд со стойками; 3 - регулировочный маховик; 4 - специальная контрольная гайка; 5 - крестовина; 6 - опора пружины; 7 - пружина; 8 - шлифовальный блок; 9 - деталь-свидетель «седло».

Для исследования влияния технологической операции шлифования на уменьшение отклонений волнистости и улучшения показателя шероховатости был спроектирован и изготовлен переносной технологический модуль, который испытали в лабораторных условиях ОАО «ИркутскНИИХиммаш». При эксперименте ставилась задача отработки технологии шлифования УП сёдел в корпусах клапанов DN 65, PN 16. Для наглядности испытания проводились на специально изготовленном стенде (рисунок 1). Шлифование УП осуществлялось на деталях-свидетелях, которые имитировали «седло» клапана низкого давления (рисунок 2). Детали были изготовлены из стали 20Х13 (ГОСТ 5632). С целью получения при исследовании более достоверных показателей в экспериментах было задействовано семь опытных образцов деталей.

У изготовленных на токарно-винторезном станке деталей перед проведением операции шлифования были замерены шероховатость и отклонения от плоскостности УП. Измерение шероховатости проводили тремя параллельными замерами на профилометре – профилографе модели 252. Волнистость по окружности УП измеряли контрольно-измерительной машиной модели ACCURA_MASS методом автоматического сканирования в 360-ти равномерно расположенных точках, т.е. через 1^0 .

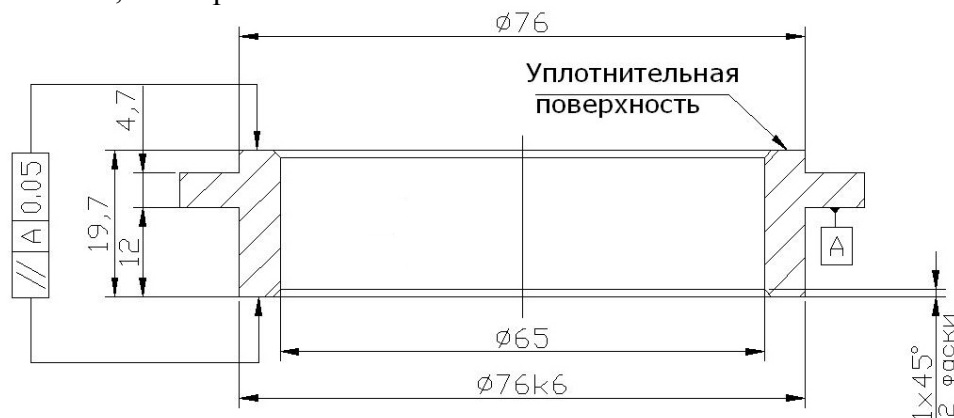


Рисунок 2 - Опытная деталь, имитирующая «седло» клапана низкого давления DN 65

Средние значения микронеровностей и максимальные отклонения от плоскостности, полученные после токарной обработки, сведены в таблицу 1 и графически показаны на рисунке 3. На рисунке 4 показано объёмное изображение сканированной уплотнительной поверхности детали № 1, имеющей отклонение от плоскостности 16 мкм с отметкой на координатной сетке точек «минимум» и «максимум».

Таблица 1

Значение шероховатости и отклонения от плоскостности уплотнительных поверхностей деталей-свидетелей «седло» после токарной обработки

Шероховатость (среднее значение) уплотнительной поверхности, Ra мкм						
№ детали						
1	2	3	4	5	6	7
1,5	4,3	6,4	3,1	5,4	5,7	4,0
Максимальные отклонения от плоскостности, мкм						
16	29	31	20	32	21	15

Рассматривая результаты подетально (рисунок 3), видим взаимосвязь шероховатости и отклонений от плоскости УП после токарной обработки. Исключением является лишь деталь №6, где взаимосвязь не наблюдается.

На первом этапе эксперимент по обработке УП моделей производили в два технологических перехода, черновым и чистовым шлифованием. В качестве инструментального материала использовали шкурку шлифовальную, тканевую, водостойкую (ГОСТ 13344). Черно-

вое шлифование производили шлифовальной шкуркой марки 16Н 14А, чистовое шлифование – шкуркой марки М40Н 14А.

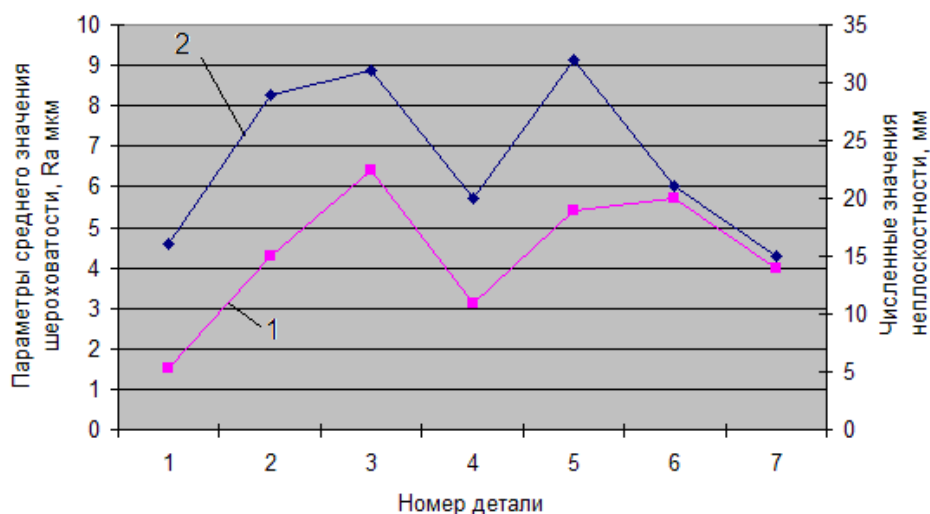


Рисунок 3 – Показатели шероховатости и неплоскостности уплотнительных поверхностей деталей «седло» после токарной обработки: 1 – шероховатость УП; 2 – отклонения от плоскостности УП

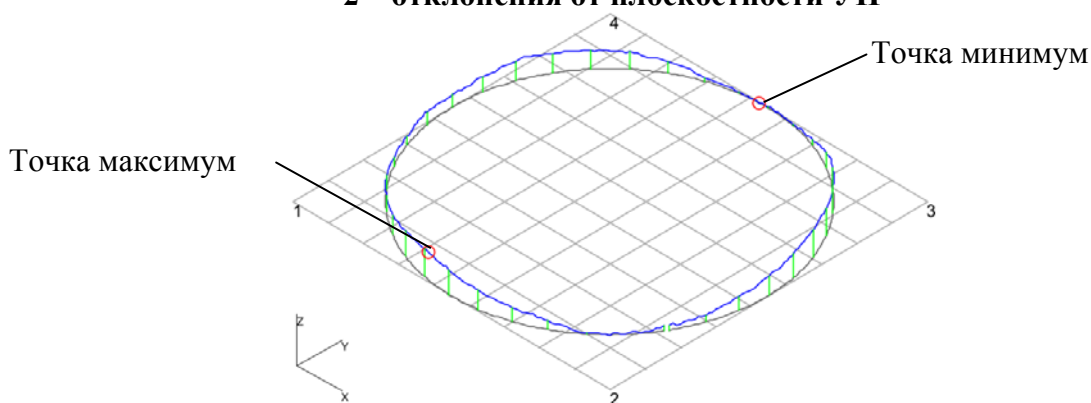


Рисунок 4 – Отклонение от плоскостности уплотнительных поверхностей детали «седло» № 1 перед операцией шлифования

При проведении эксперимента были установлены следующие режимы обработки:

- скорость вращения 100 об/мин;
- усилие на шлифовальный блок 6,0 кгс;
- время обработки черновым шлифованием 5 минут;
- время обработки чистовым шлифованием 5 минут.

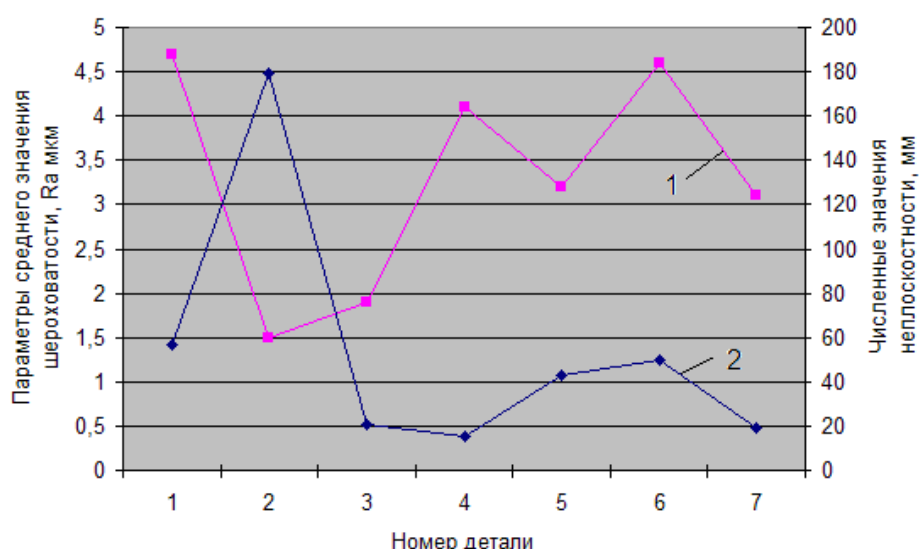
При черновом шлифовании в начале обработки наблюдали большой тормозящий момент, затем равномерное его снижение и, как следствие, плавное увеличение частоты вращения. Далее, по истечении 2-3-х минут обработки, начинались вибрации (колебания) и шум. Предположительно, проявление вибраций можно объяснить следующим образом. В процессе микрорезания происходит заполнение межзернового пространства снятым материалом и из-за этого уменьшение как давления на абразивные зерна, так и глубины погружения зерен в металл. Начинается переход от резания к совмещению процесса резания со скольжением наждачной шкурки по снятому порошковому материалу, что в свою очередь приводит к периодическому неравномерному накоплению порошка, т.е. его «нагребанию», данное явление в зоне обработки вызывает радиальные и осевые усилия. На наш взгляд, это и может являться причиной возникающих вибраций и шума и, как следствие, может оказывать влияние на ухудшение качественных показателей шлифования.

Результаты шлифования сведены в таблицу 2 и графически показаны на рисунке 5, а сканированное объёмное изображение волнистости уплотнительной поверхности детали № 1 показано на рисунке 6. Сравнивая УП деталей до (таблица 1) и после шлифования (таблица 2), видим, что большинство деталей ухудшили показатели неплоскостности, за исключением деталей № 3 и № 4.

Таблица 2

Значение шероховатости и отклонения от плоскостности уплотнительных поверхностей деталей-свидетелей «седло» после шлифования

Шероховатость (среднее значение) уплотнительной поверхности, Ra мкм						
№ детали						
1	2	3	4	5	6	7
4,7	1,5	1,9	4,1	3,2	4,6	3,1
Максимальные отклонения от плоскостности, мкм						
57	179	21	15	43	50	19



**Рисунок 5 - Показатели шероховатости и неплоскостности уплотнительных поверхностей деталей «седло» после обработки шлифованием:
1 – шероховатость УП; 2 – отклонения от плоскостности УП**

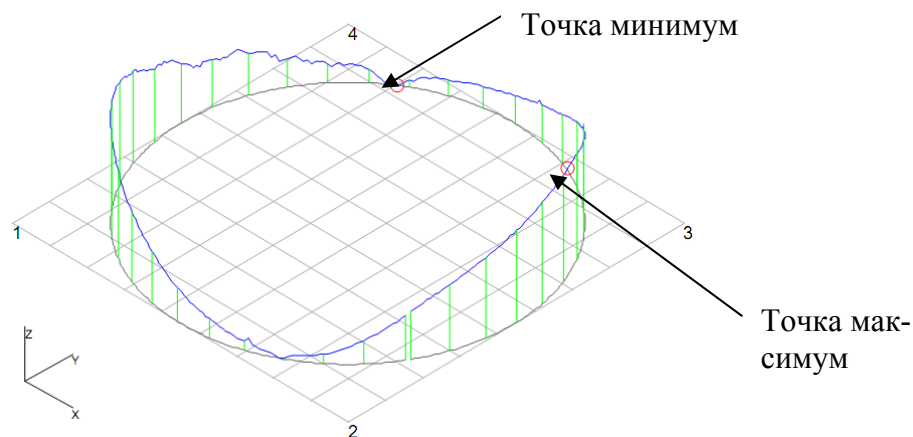


Рисунок 6 – Отклонение от плоскостности детали «седло» №1 после операции шлифования

Рассматривая результаты шлифования, показанные на графике (рисунке 5), следует от-

метить, что у большинства деталей нет связи между шероховатостью и отклонениями от плоскости, как после токарной обработки. Исключением являются детали № 6 и № 7.

Сопоставляя объёмные изображения отклонений от плоскостности УП детали «седло» №1 после токарной обработки (рисунок 4) и после шлифования (рисунок 6), видим, что топография по контролируемому диаметру претерпела сильные изменения. После токарной обработки общая картина УП имеет три вершины и три впадины и максимальное отклонение от номинала 16 мкм. После шлифования уплотнительная поверхность по контролируемому диаметру существенно изменилась и получилась в виде рельефа, имеющего две вершины и две впадины, отклонения по высоте увеличились до 57 мкм. Отмеченные точки минимум и максимум (рисунок 4) после операции шлифования (рисунок 6) переместились по плоскости, это хорошо видно по координатным сеткам.

Анализируя результаты, мы видим, что шлифование внесло отрицательные изменения в топографию поверхности. По нашему мнению, на отрицательный результат шлифования повлияла совокупность взаимосвязанных конструктивных и технологических факторов.

Параметры обработки, такие как скорость резания, усилие на шлифовальный блок, время обработки, зернистость шлифовальной шкурки (её техническая характеристика), были установлены произвольно. Причиной послужило отсутствие каких-либо рекомендаций по технологиям шлифования с использованием мобильного шлифовально-притирочного оборудования.

С учетом полученных на первом этапе отрицательных результатов шлифования в конструкцию шлифовально-притирочного устройства были внесены изменения, а в режимы микрорезания технологические корректировки.

В конструкторской части было практически реализовано техническое решение, смысл которого заключался в том, чтобы перейти от цилиндрического соединения шпинделя со шлифовальным блоком (рисунок 7а) к соединению сферическому (рисунок 7б).

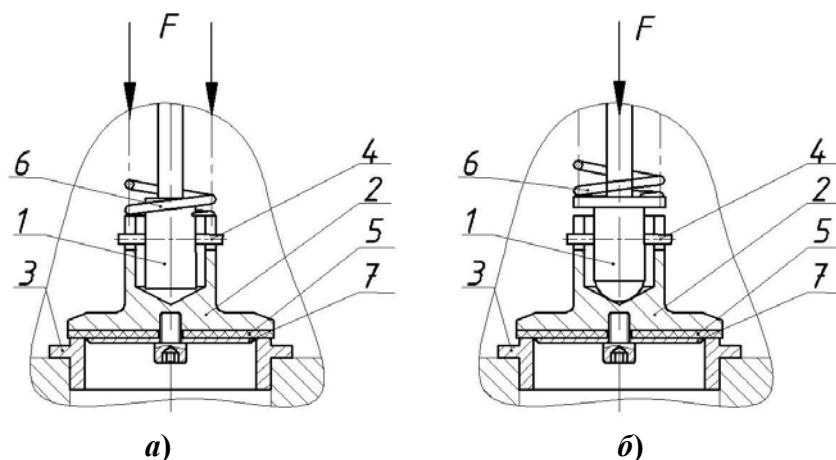


Рисунок 7 – Соединение шпиндель-шлифовальный блок: а – до модернизации (цилиндрическое соединение); б – после модернизации (сферическое соединение); 1-шпиндель; 2-шлифовальный блок; 3-седло; 4- штифт; 5-шлифовальная шкурка; 6-пружина; 7- шайба; F – усилие, создаваемое на шлифовальном блоке

Также были внесены изменения в схему передачи усилий на шлифовальный блок. Два усилия (F), создаваемые пружинной вдоль ступицы шлифовального блока (рисунок 7а), были заменены на схему распределения усилия (F) вдоль оси шпинделя (рисунок 7б). Принятое и исполненное конструктивное решение, на наш взгляд позволяет самоцентрироваться шлифовальному блоку относительно шлифуемой уплотнительной поверхности и должно положительно повлиять на формирование качественного показателя плоскостности. Вторая часть конструкторской задачи по удалению порошкового материала из зоны обработки на данном этапе нами не рассматривалась.

В технологической части эксперимента усилие на абразивное зерно уменьшили с 6,0 кгс до 3,4 кгс, а по показателям времени шлифование проводили до появления первых признаков начинающихся вибраций. Шлифовальную шкурку подбирали в соответствии с имеющимися фактическими отклонениями от плоскостности уплотнительных поверхностей, полученными на предшествующем шлифовании.

После конструктивных изменений и технологической корректировки второй этап эксперимента по шлифованию был проведен на трёх деталях. Деталь № 1 имела отклонение 57 мкм, деталь № 2 – 179 мкм, а деталь № 3 – 21 мкм (см. таблицу 2). Таким образом, для детали № 1 и детали № 3 использовали шлифовальную шкурку 15A163BM624 (ГОСТ 6456), шлифование осуществляли в два перехода. Для детали № 2 использовали шлифовальную шкурку (с более крупным абразивным зерном) 14A12HC65 (ГОСТ 13344), шлифование осуществляли в три перехода. Для каждой детали при каждом переходе ставилась новая шлифовальная шкурка.

После контрольной проверки уплотнительных поверхностей выяснилось, что на всех трех деталях отклонения от плоскостности были уменьшены, т. е. внесенные конструкторские и технологические поправки показали тенденцию улучшения качественного показателя шлифования. На детали № 1 отклонения с 57 мкм были уменьшены до 16 мкм, на детали № 2 с 179 мкм – до 149 мкм, на детали № 3 с 21 мкм – до 10 мкм.

В заключение отметим, что технологические исследования были совмещены с испытаниями опытно-промышленной установки, в результате которых были выявлены конструктивные и технологические недостатки. Дальнейшее устранение конструктивных недоработок и проведение технологических испытаний с применением теории планирования эксперимента выведут исследования на более высокий качественный уровень.

Внесенные конструктивные изменения в шлифовальный блок, шлифовальная шкурка, подобранная в соответствии с состоянием обрабатываемой поверхности, и корректировка режимов резания оказали положительное влияние на формирование плоскостности уплотнительной поверхности.

Выводы:

1. Обнаруженная между шероховатостью и неплоскостностью (рисунок 3) взаимосвязь объясняется, видимо, прежде всего, взаимосвязью причин, ее порождающих, а именно, влиянием особенностей данного технологического воздействия - процесса резания при изготовлении деталей на токарно-винторезном станке.
2. Три вершины и три впадины (рисунок 4), на наш взгляд, определяются видом технологического воздействия и, предположительно, являются следствием разной упругой деформации детали, возникающей от усилий 3-х кулачкового патрона и режущего инструмента токарно-винторезного станка.
3. Отсутствие явной взаимосвязи между шероховатостью и неплоскостностью после шлифовальной обработки (рисунок 5) говорит о разных причинах, вызывающих эти отклонения при шлифовании уплотнительных поверхностей, и о необходимости отдельно рассматривать как причины их образования, так и способы технологического воздействия для ограничения отклонений в заданных пределах.
4. Увеличение скорости вращения шлифовального блока в процессе шлифования при постоянной нагрузке на абразивное зерно шлифовальной шкурки свидетельствует о самопроизвольном изменении процесса обработки в ходе самой обработки. Например, в уменьшении сил резания.
5. Результаты показали, что механизация технологических процессов шлифования без проведения дополнительных исследований не даст положительного воспроизводимого эффекта в формировании уплотнительных поверхностей затворного узла в корпусе клапана. Необходимы специальные исследования и разработка технологии, привязанной к данному механизму.

Литература

1. Гошко А.И. Арматура трубопроводная целевого назначения. Выбор. Эксплуатация. Ремонт. М.: Машиностроение, 2003. – 483 с.
2. Масловский В.В. Справочник по доводочным работам. – Х.: Прапор, 1985. – 121 с., схем.
3. Сейнов С.В. Трубопроводная арматура. Исследования Производство. Ремонт, - М.: Машиностроение. 2002 г.-392 с.
4. Калашников В.А. Оборудование и технологии ремонта трубопроводной арматуры. – М.: Машиностроение, 2001. -232 с., ил.

Оптимизация технологического процесса изготовления авиационной детали «шпангоут» на основе расчетов в автоматизированной системе прогнозирования поводок

к.т.н. доц. Ключников С.И., Барахтенко Е.А.
Иркутский государственный технический университет

Аннотация. В данной работе рассмотрено применение автоматизированной системы расчета поводок для оптимизации технологического процесса изготовления авиационных деталей. Описан алгоритм формирования решения в данной системе. Приводятся рекомендации по оптимизации технологического процесса изготовления авиационной детали «шпангоут».

Ключевые слова: оптимизация технологического процесса изготовления авиационных деталей, автоматизированная система расчета поводок, поводки, остаточные деформации

В современном машиностроении существует проблема обработки крупногабаритных маложестких деталей, связанная с поводками. Применением рациональных условий резания можно оказать влияние на величину остаточных деформаций. Проведение экспериментальных исследований на натурных образцах для каждой новой формы детали или новых условий обработки требует значительных финансовых и трудовых затрат. Компьютерное моделирование позволяет сократить данные виды затрат на разработку технологического процесса.

Предлагается использовать автоматизированную систему для прогнозирования возможных поводок после механообработки с целью разработки оптимального технологического процесса изготовления крупногабаритных маложестких авиационных деталей. В данной автоматизированной системе расчет поводок проводится на основе дискретного подхода. Деталь разбивается на отдельные единичные элементы с определенной топологией. Процесс механообработки рассматривается на каждом отдельном элементе. В результате расчета единичного элемента получаем значение его остаточной деформации (ОД). Затем, применяя алгоритм объединения элементов, переходим от ОД элементов к ОД всей детали.

Структура автоматизированной системы (АС) прогнозирования остаточных деформаций представлена на рисунке1 в виде принципиальной схемы, состоящей из трех взаимосвязанных уровней.

Рассмотрим каждый из этих логических уровней.

Уровень хранения данных содержит всю необходимую информацию для определения поводок детали. Использование модуля прогнозирования остаточных деформаций приводит к необходимости хранения информации, которая связана с накоплением экспериментальных данных, получаемых в ходе научного исследования остаточных деформаций образцов и деталей, а также исходной информации для проведения расчетов в данном модуле. В процессе подготовки исходных данных для проведения расчета возникает проблема выбора материа-