

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2021)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/EZKZ4794>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,344

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

А. В. Назарьев¹, П. Ю. Бочкарев², *Г. С. Гумаров³

¹Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, Российская Федерация, г. Саратов;

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Российская Федерация, г. Саратов;

³Западно-Казахстанский государственный университет имени М. Утемисова, Республика Казахстан, г. Уральск

РАЗВИТИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СБОРКЕ ЗВЕНЬЕВ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В данной статье рассматривается вопрос совершенствования математического и методического обеспечения реализации укрупненного анализа требований к сборке высокоточных изделий при проектировании технологических процессов механической обработки. Предложенные улучшения позволяют эффективнее выполнять конструкторский размерный анализ высокоточных сборочных единиц в автоматизированном режиме. А также дают возможность выбирать в системе автоматизированного планирования технологических процессов рациональные технологические процессы изготовления деталей при проведении технологической подготовки производства многономенклатурных механообрабатывающих комплексов.

Ключевые слова: высокоточное изделие, требование к сборке, комплекс проектных процедур, конструкторский размерный анализ, структурный элемент.

Введение

Снижение себестоимости и времени изготовления единицы готовой продукции при сохранении требуемого качества и точности в современных экономических условиях являются основными факторами успеха любого машиностроительного производства. Особенно это касается высокоточных приборов и машин, к числу которых относится большинство изделий ракетно-космической и авиационной промышленности, прецизионного станкостроения и прочее. Именно поэтому целесообразно разрабатывать подходы, позволяющие комплексно решать поставленные перед производством задачи [1–3].

Для решения данной проблемы был предложен комплексный подход (комплекс формализованных проектных процедур системы учета требований к сборке высокоточных изделий при проектировании технологических процессов механической обработки (СТСТПМ)) [4]. Структура данного комплекса представлена на рисунке 1. Предложенная система позволяет выбирать в рамках системы автоматизированного планирования технологических процессов (САПлТП) [5–7] рациональные технологии изготовления деталей. Что, в свою

очередь, обеспечивает уменьшение времени и трудоемкости сборки высокоточных изделий, снижение времени при технологической подготовке производства, а также повышение качества и надежности выпускаемой продукции.

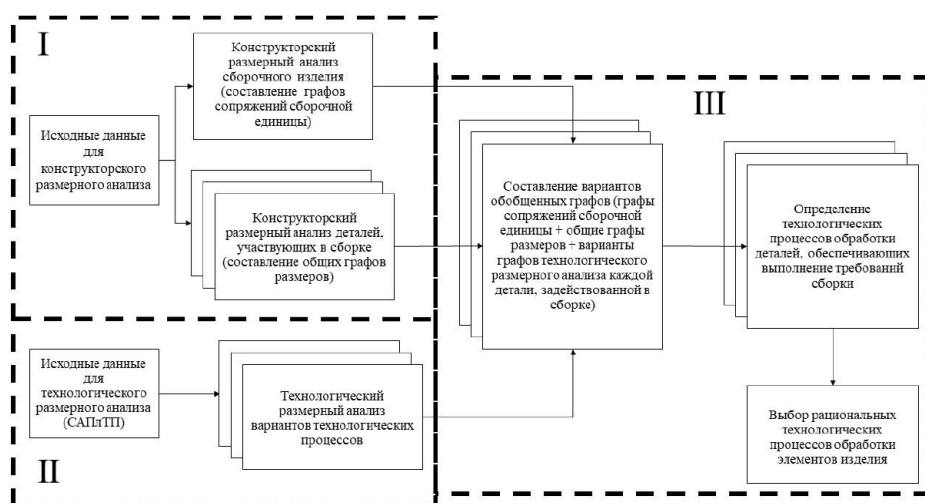


Рисунок 1 – Структура СТСТПМ в общем виде

Постановка задачи

В данной статье мы рассмотрим вопрос совершенствования укрупненного блока проектных процедур анализа требований к сборке высокоточных изделий СТСТПМ (на рисунке 1, данный блок отмечен цифрой I).

Цели

Целью исследования является совершенствование методического и математического обеспечения укрупненного блока проектных процедур анализа требований к сборке высокоточных изделий СТСТПМ для эффективного выполнения конструкторского размерного анализа (КРА) высокоточной сборочной единицы в автоматизированном режиме и выбора рациональных технологических процессов изготовления деталей при проведении технологической подготовки производства многономенклатурных машиностроительных комплексов.

Методы исследования

КРА заключается в построении графов размерного анализа сборочных единиц (графов сопряжений) $G_C = (B_C, C_C)$ и графов размерного анализа деталей, входящих в данные сборочные единицы (графов размеров) $G_P^{j_1} = (B_P, C_P)$ ($j_1=1...n$ обозначает номер детали в сборке). Для совершенствования математического аппарата реализации предложенного укрупненного блока выбраны и доработаны математические модели – прототипы [4, 8–10].

Процедура включает в себя следующие этапы:

1 Определение всех возможных выходных геометрических параметров – замыкающих звеньев, а также необходимых для расчета размеров комплектующих деталей – составляющих звеньев.

2 Разбиение высокоточного изделия или сборочной единицы на структурные элементы.

3 Определение возможных плоскостей, к которым принадлежат замыкающие и составляющие звенья.

4 Формирование размерных цепей для расчета замыкающих звеньев.

5 Выявление требований к сборке, которые не могут быть обеспечены методом полной взаимозаменяемости и определение плоскостей, в которых будет выполняться расчет.

Для корректного анализа исходных данных и формирования конструкторских размерных цепей для проведения КРА необходимо создать базу данных на основе конструкторской документации и (или) 3D моделей, в которой будет учитываться определенная индексация размеров, допусков форм и расположения:

$B_{k,l}^{i,j}$ – где: B – требования к сборке (замыкающие звенья); индекс i – порядковый номер требования ($i = 1 \dots n_1$); индекс j – номер плоскости, к которой принадлежит данное требование ($j = 1 \dots n_2$); индекс k – порядковый номер изделия ($k = 1 \dots n_3$); индекс l – порядковый номер сборочной единицы или структурного элемента ($l = 0 \dots n_4$).

$A_{k_1,m}^{i_1,j}$ – где: A – составляющие звенья конструкторской размерной цепи; индекс i_1 – порядковый номер составляющего звена ($i_1 = 1 \dots n_5$), индекс k_1 – номер детали ($k_1 = 1 \dots n_6$), индекс m – порядковый номер размера в детали ($m = 1 \dots n_6$).

Результаты

Реализацию данного укрупненного блока целесообразно начинать с выявления выходных геометрических параметров высокоточного изделия или сборочных единиц – замыкающих звеньев (требований к сборке), допуск которых более жесткий по сравнению с точностью размеров комплектующих деталей (составляющих звеньев).

Исходными данными для реализации данного этапа служат:

1 Размеры, допуски формы и расположения, заложенные в сборочном чертеже на изделие;

2 Размеры, допуски формы и расположения, заложенные в сборочных чертежах на сборочные единицы, входящие в конечное изделие;

3 Размеры, допуски формы и расположения, заложенные в чертежах на детали, которыми комплектуется изделие и сборочные единицы.

Требования к точности, которым должно удовлетворять сборочное соединение, представлены на рисунке 2 [3].

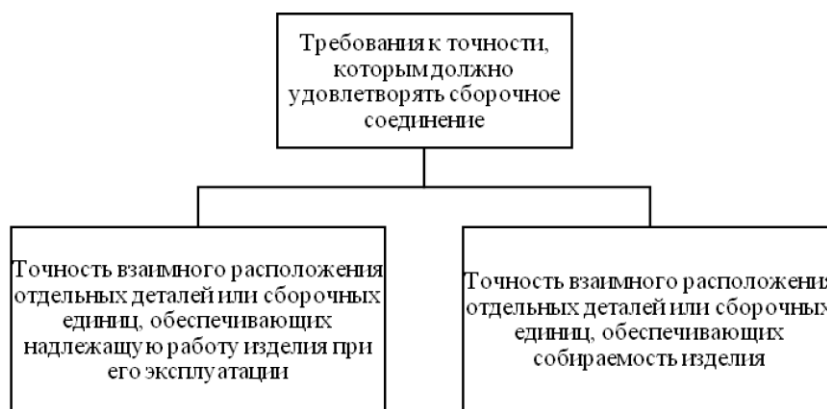


Рисунок 2 – Требования к точности, которым должно удовлетворять сборочное соединение

На втором этапе выполняется разбиение высокоточного изделия на структурные элементы. Структурный элемент – элемент сборочной единицы или сборочная единица в целом с определенным функциональным назначением. По компоновочному решению структурные элементы могут быть условно разделены на три группы (Рисунок 3).

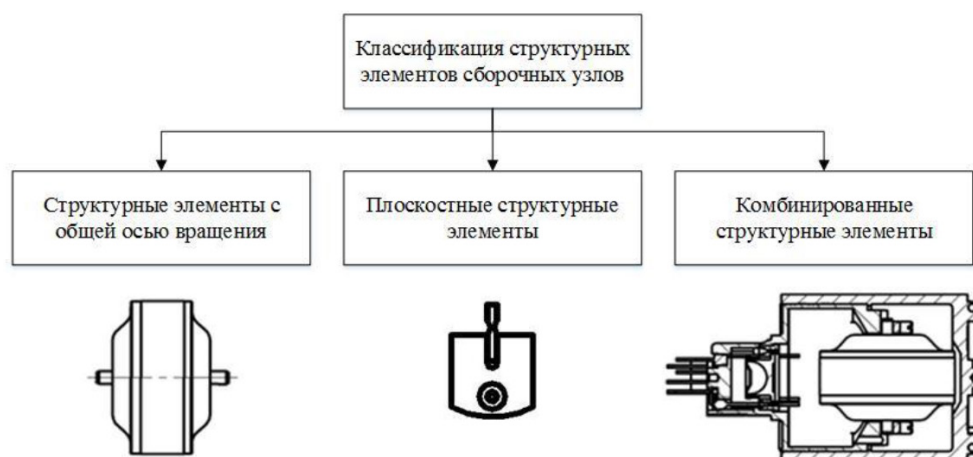


Рисунок 3 – Классификация структурных элементов по компоновочному решению

Структурные элементы с общей осью вращения составлены из звеньев – тел вращения, оси вращения, которых совпадают с осью вращения структурного элемента или параллельны ей.

У плоскостных структурных элементов все звенья подобных элементов имеют общую плоскость в продольном или поперечном направлении.

В комбинированных структурных элементах могут содержаться звенья – тела вращения совместно с плоскостными звеньями или звенья – тела вращения, расположенные под различными углами относительно друг друга.

Для последующего анализа сборочная единица должна разбиваться на структурные элементы. При этом учитываются как стандартные требования к сборке (посадки, выступания элементов и т.д.), так и специфические требования сборки, заложенные при проектировании.

Разбиение высокоточного изделия на структурные элементы, отличающиеся по составу от сборочных единиц целесообразно осуществлять в том случае, если необходимо рассчитать требования к сборке, составляющие звенья, которых принадлежат к разным сборочным единицам или изделиям.

Разбиение сборочной единицы предлагается осуществлять на принципах системного анализа, что позволит унифицировать решения по размерному анализу элементов сборочных изделий и разработать математические модели для формализации проектных процедур структурного анализа.

Далее переходим к этапу определения возможных плоскостей.

Главный вид предмета (главный вид) – основной вид предмета на фронтальной плоскости проекции, который дает наиболее полное представление о форме и размерах предмета, относительно которого располагаются остальные основные виды. При определении главного вида объекта исходят из геометрических и компоновочных характеристик сборочной единицы (структурного элемента), а также исходя из его служебного назначения.

Для структурных элементов с общей осью вращения:

– если структурный элемент с общей осью вращения является симметричным или условно симметричным во всех секущих плоскостях, проходящих через ось вращения, то для построения необходимых графов КРА выбирается любая из этих плоскостей;

– если структурный элемент с общей осью вращения является не симметричным, то для построения необходимых графов КРА выбирается секущая плоскость, проходящая через ось вращения структурного элемента или параллельная плоскости главного вида структурного элемента.

Для плоскостных структурных элементов:

– для построения необходимых графов КРА выбирается плоскость главного вида изделия или параллельной плоскости главного вида (в случае, когда для построения размерной цепи необходим разрез).

Для комбинированных узлов:

– для построения необходимых графов КРА выбираются плоскости для каждого из элементов комбинированной сборочной единицы (элементов с общей осью вращения и плоскостных элементов).

Определение возможных плоскостей для проведения размерного анализа отдельных структурных элементов и сборки в целом обеспечивает генерацию исходной информации для последующего формирования размерных цепей. Кроме

того, определение плоскостей позволяет выделить комплект деталей, который будет участвовать в последующем размерном анализе, и учесть требования к сборке.

Следующим этапом реализации процедуры предполагается формирование размерных цепей для проведения КРА. Выбор размерной цепи по характеру звеньев осуществляется исходя из геометрического расположения составляющих структурного элемента и характеру замыкающих и составляющих звеньев.

Для расчета замыкающих и составляющих звеньев с учетом предложенной индексации в общем виде формулы будут выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} B_{k,l}^{i,j} = \sum_{i=1}^{n_7} \overrightarrow{A_{k_1,m}^{i_1,j}} - \sum_{i=n_7-1}^{n_7-n_8} \overleftarrow{A_{k_1,m}^{i_1,j}} \\ TB_{k,l}^{i,j} = \sum_{i=1}^{n_9} TA_{k_1,m}^{i_1,j} \end{array} \right. ; \left\{ \begin{array}{l} A_{k_1,m}^{i_1,j} = \sum_{i=1}^{n_{10}} \overrightarrow{A_{k_1,m}} - \sum_{i=n_{10}-1}^{n_{10}-n_{11}} \overleftarrow{A_{k_1,m}} \\ TA_{k_1,m}^{i_1,j} = \sum_{i=1}^{n_{12}} TA_{k_1,m} \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\overrightarrow{\quad}$ $\overleftarrow{\quad}$ знаки обозначены увеличивающие и уменьшающие составляющие звенья размерной цепи соответственно;

n_7 и n_{10} – число увеличивающих звеньев при расчете требований сборки и составляющих звеньев соответственно;

n_8 и n_{11} – число уменьшающих звеньев при расчете требований сборки и составляющих звеньев соответственно;

T – допуск на соответствующий размер.

Требования сборки, которые полностью соответствуют условию:

$$TB_{k,l}^{i,j} = \sum_{i=1}^{n_9} TA_{k_1,m}^{i_1,j} \quad (2)$$

обеспечиваются методом полной взаимозаменяемости и в дальнейшем рассматриваться не будут.

Нас же интересуют требования, которые будут отвечать следующему условию:

$$TB_{k,l}^{i,j} < \sum_{i=1}^{n_9} TA_{k_1,m}^{i_1,j} \quad (3)$$

Так как эти требования не могут быть обеспечены методом полной взаимозаменяемости.

Таким образом, сформированы и развиты требования к сборке звеньев высокоточных изделий, которые не могут быть обеспечены методом полной взаимозаменяемости. Из них, с помощью предложенной индексации, может быть получена информация о плоскостях, комплекте деталей и необходимых размерах, отклонениях формы и расположения, задействованных при КРА.

Выводы

Совершенствование укрупненного блока проектных процедур анализа требований к сборке высокоточных изделий СТСТПМ позволит эффективнее выполнять КРА высокоточной сборочной единицы в автоматизированном режиме и в дальнейшем выбирать в САПЛТП рациональные технологические процессы изготовления деталей при проведении технологической подготовки производства для многономенклатурных машиностроительных комплексов. Кроме того, модернизация данного этапа позволяет установить связь между конструкторской и технологической подготовкой производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Грувер, М., Зиммерс, Э. САПР и автоматизация производства. – М. : Мир, 1987. – 528 с.

2 Mikhalev, O. N., Yanyushkin, A. S. CAD/CAM-system module for the design of automatic production. In Industry 4.0. – 2020. – Vol. 5. – № 2. – P. 59–62.

3 Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения : Учебник. – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.

4 Назарьев, А. В., Бочкарев, П. Ю., Бокова, Л. Г. Комплексный подход для выполнения технологической подготовки многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе учета особенностей сборки высокоточных изделий [Текст] // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2019. – № 3 (264). – С. 35–42.

5 Бочкарев, П. Ю. Системное представление планирования технологических процессов механообработки [Текст] // Технология машиностроения. 2002. – № 1. – С. 10–14.

6 Ямников, А. С., Родионова, Е. Н., Матвеев, И. А. Управление технологическим наследованием точности сборки высокоточных изделий // Сборник материалов и докладов международной конференции Проблемы прикладной механики. – 2020. – С. 161–165.

7 Непомилуев, В. В., Семенов, А. Н., Шуваев, В. Г., Рыкунов, А. Н. Повышение качества изготовления высокоточных машин на основе совершенствования процесса их сборки // СТИН. – 2018. – № 12. – С. 25–31.

8 Лелюхин, В. Е., Колесникова, О. В. Анализ и расчет размерных цепей на основе графов размерных связей [Текст] // Вестник ИШ ДВФУ. – 2015. – № 4 (25). – С. 29–34.

9 Гречников, Ф. В., Тлустенко, С. Ф. Проектирование технологических процессов сборки по критериям точности [Текст] // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королёва. 2011. – № 3–4. – С. 38–43.

10 Задорина, Н. А., Непомилуев, В. В. Обеспечение качества сборки высокоточных изделий на основе метода индивидуального подбора деталей // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2020. – № 4. – С. 152–157.

REFERENCES

- 1 **Gruver, M., Zimmers, E.** SAPR i avtomatizatsiya proizvodstva [CAD and production automation]. – Moscow : Mir, 1987. – 528 p.
- 2 **Mikhalev, O. N., Yanyushkin, A. S.** CAD / CAM-system module for the design of automatic production. In Industry 4.0. – 2020. – Vol. 5. – № 2. – P. 59–62.
- 3 **Bazrov, B. M.** Osnovy tekhnologii mashinostroyeniya [Fundamentals of mechanical engineering technology : Textbook]. – Moscow : Mashinostroyeniye, 2005. – 736 p.
- 4 **Nazariev, A. V., Bochkarev, P. Yu., Bokova, L. G.** Kompleksnyy podkhod dlya vypolneniya tekhnologicheskoy podgotovki mnogonomenklaturnykh mekhanootbratyvayushchikh proizvodstv na osnove ucheta osobennostey sborki vysokotochnykh izdeliy [An integrated approach for performing technological preparation of multi-product machining industries based on taking into account the peculiarities of assembling high-precision products] [Text]. In Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal s prilozheniyem. – 2019. – № 3 (264). – P. 35–42.
- 5 **Bochkarev, P. Yu.** Sistemnoye predstavleniye planirovaniya tekhnologicheskikh protsessov mekhanootbratki [Systemic representation of the planning of technological processes of mechanical processing] [Text]. In Tekhnologiya mashinostroyeniya. – 2002. – № 1. – P. 10–14.
- 6 **Yamnikov, A. S., Rodionova, E. N., Matveev, I. A.** Upravleniye tekhnologicheskim nasledovaniyem tochnosti sborki vysokotochnykh izdeliy [Management of technological inheritance of precision in assembly of high-precision products]. In Sbornik materialov i dokladov mezhdunarodnoy konferentsii «Problemy prikladnoy mekhaniki». – 2020. – P. 161–165.
- 7 **Nepomiluev, V. V., Semenov, A. N., Shuvaev, V. G., Rykunov, A. N.** Povysheniye kachestva izgotovleniya vysokotochnykh mashin na osnove sovershenstvovaniya protsessa ikh sborki [Improving the quality of manufacturing high-precision machines on the basis of improving the process of their assembly]. In STIN. – 2018. – № 12. – P. 25–31.
- 8 **Lelyukhin, V. E., Kolesnikova, O. V.** Analiz i raschet razmernykh tsepey na osnove grafov razmernykh svyazey [Analysis and calculation of dimensional chains based on graphs of dimensional relationships] [Text]. In Vestnik ISH DVFU. – 2015. – № 4 (25). – P. 29–34.
- 9 **Grechnikov, F. V., Tlustenko, S. F.** Proyektirovaniye tekhnologicheskikh protsessov sborki po kriteriyam tochnosti [Design of technological processes of assembly according to accuracy criteria] [Text]. In Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika S. P. Korolova. – 2011. – № 3–4. – P. 38–43.
- 10 **Zadorina, N. A., Nepomiluev, V. V.** Obespecheniye kachestva sborki vysokotochnykh izdeliy na osnove metoda individual'nogo podbora detaley [Ensuring the quality of assembly of high-precision products based on the method of individual selection of parts]. In Sbornik v mashinostroyenii, priborostroyenii. – 2020. – № 4. – P. 152–157.

Материал поступил в редакцию 20.09.21.

А. В. Назарьев¹, П. Ю. Бочкарев², *Г. С. Гумаров³

¹Ю. А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Ресей Федерациясы, Саратов қ.;

²Н. И. Вавилов атындағы Саратов мемлекеттік аграрлық университеті, Ресей Федерациясы, Саратов қ.;

³М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Қазақстан Республикасы, Орал қ.

Материал 20.09.21 баспаға түсті.

ДӘЛДІГІ ЖОҒАРЫ БҰЙЫМДАР БУЫНДАРЫН ҚҰРАСТЫРУҒА ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАРДЫ ДАМУ

Бұл мақалада механикалық өңдеудің технологиялық процестерін жобалау кезінде жоғары дәлдікті бұйымдарды құрастыруға қойылатын талаптарды ірілендірілген талдауды жүзеге асыруды математикалық және әдістемелік қамтамасыз етуді жетілдіру мәселесі қарастырылады. Ұсынылған жақсартулар автоматтандырылған режимде жоғары дәлдікті құрастыру бірліктерінің құрылымдық өлшемдік талдауын тиімді орындауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, технологиялық процестерді автоматтандырылған жоспарлау жүйесінде көпноменклатуралық механикалық өңдеу кешендерінің өндірісін технологиялық дайындау кезінде бөлшектерді дайындаудың ұтымды технологиялық процестерін таңдау негізін құрайды.

Кілтті сөздер: жоғары дәлдікті бұйым, құрастыруға қойылатын талаптар, жобалық рәсімдер кешені, құрылымдық өлшемдік талдау, құрылымдық элемент.

A. V. Nazaryev¹, P. Yu. Bochkarev², *G. S. Gumarov³

¹Yu. Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation, Saratov;

²Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Russian Federation, Saratov;

³West Kazakhstan state University named after M. Utemisov, Republic of Kazakhstan, Uralsk.

Material received on 20.09.21.

DEVELOPING THE REQUIREMENTS FOR ASSEMBLING HIGH-PRECISION PRODUCTS

This article discusses the issue of improving the mathematical and methodical implementation of the consolidated analysis of the requirements for the assembly of high-precision products in the design of mechanical processing processes. The proposed improvements allow more efficient design size analysis of high-precision assembly units in an automated mode. They also make it possible to choose rational technological processes for manufacturing parts in the automated process planning system during the technological preparation of production of multi-product machining complexes.

Keywords: high-precision product; build requirement; complex design procedures; design size analysis; structural element.

Теруге 20.09.21 ж. жіберілді. Басуға 27.09.21 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
6,56 Mb RAM

Шартты баспа табағы 10,58. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген З. С. Искакова
Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3845

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz
nitk.tou.edu.kz