

УДК 621.791.792

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ КОМПЛЕКТОВАНИЯ С РАНЖИРОВАНИЕМ РАЗМЕРОВ

©Курянов А. В.

Українська інженерно-педагогічна академія

Информация про автора:

Курянов Александр Валентинович: ORCID: 0000-0003-0017-5781; a.kuryanov@ipra.edu.ua; доктор технических наук, доцент кафедры информационных компьютерных и полупроводниковых технологий; Украинская инженерно-педагогическая академия; вул. Университетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

В связи со снижением серийности производства Украины использование методов селективного комплектования при сборке изделий топливной аппаратуры нетехнологично. Автором предлагается метод комплектования с ранжированием, который обеспечивает требуемую точность при полной собираемости партии деталей. Положения нового метода комплектования опробованы на примере топливной аппаратуры, производимой Харьковским тракторным заводом. В исследовании были задействованы три детали, образующие два соединения: корпус, золотник и втулка. Исследования проводились в цеховых условиях. Было проведено сравнение точности комплектования и незавершенного производства при селективном комплектовании и комплектовании с ранжированием. Использование комплектования с ранжированием позволяет для партий в 5 – 15 деталей добиться требуемой точности комплектования при легко выполнимых требованиях к точности изготовления. Предлагаемый метод организации производства рекомендуется к внедрению на предприятиях, занятых выпуском топливной аппаратуры.

Ключевые слова: топливная аппаратура; селективная сборка; комплектование с ранжированием; незавершенное производство; серийное производство.

Курянов О. В. «Забезпечення якості складання з'єднань паливної апаратури в умовах серійного виробництва шляхом комплектування з ранжуванням розмірів».

У зв'язку зі зниженням серійності виробництва України використання методів селективного комплектування при складанні виробів паливної апаратури нетехнологічно. Автором пропонується метод комплектування з ранжуванням, який забезпечує необхідну точність при повному збиранні партії деталей. Положення нового методу комплектування випробувані на прикладі паливної апаратури, виробленої Харківським тракторним заводом. У дослідженні були задані три деталі, що утворюють два з'єднання: корпус, золотник і втулка. Дослідження проводились в цехових умовах. Було проведено порівняння точності комплектування та незавершеного виробництва при селективному комплектуванні і комплектуванні з ранжуванням. Використання комплектування з ранжуванням дозволяє для партій в 5 - 15 деталей досягти необхідної точності комплектування при легко здійсненних вимогах до точності виготовлення. Запропонований метод організації виробництва рекомендується до впровадження на підприємствах, зайнятих випуском паливної апаратури.

Ключові слова: паливна апаратура; селективне складання; комплектування з ранжуванням; незавершене виробництво; серійне виробництво.

Курішанов А. "Ensuring the quality of assembly of fuel equipment junctions in the conditions of batch production by kitting-up with ranking of part dimensions".

In connection with the decline in the serial production of Ukraine, the use of selective kitting-up methods in the assembly of products of fuel equipment is not technological. The author suggests a method of kitting-up with a ranking, which provides the required precision with full batch assembly of parts. The principles of the new kitting-up method have been tested using the example of fuel equipment manufactured by the Kharkov Tractor Plant. The study involved three parts, forming two junctions: body, valve and bushing. Studies were conducted in shop conditions. A comparison was made between the precision of kitting-up and work in progress with selective assembly and assembly with ranking. The use of assembly with ranking allows for batches of 5-15 parts to achieve the required picking precision with easily meet the requirements for precision manufacturing. The proposed method of organization of production is recommended for introduction in enterprises engaged in the production of fuel equipment.

Key words: fuel equipment; selective assembly; kitting-up with ranking; work in progress; batch production.

1. Постановка проблемы

Изделия топливной аппаратуры традиционно относятся к высокоточным. В современных двигателях внутреннего сгорания требуется обеспечить точность соединений по 4 – 5 квалитетам, и даже выше. Поскольку изготавливать детали с такой точностью весьма затратно, то используются методы достижения точности на этапе сборки. Широко распространены пригонка и селективная сборка. Пригонка – нетехнологичный метод организации производства, который применяется в единичном и мелкосерийном производстве. Его недостатками является высокая стоимость и непостоянные трузозатраты, которые не позволяют стабилизировать цикл выпуска изделия. В массовом производстве широко применяется селективная сборка, недостатком которой есть невозможность собрать все детали с узким допуском, часть несобранных деталей образуют незавершенное производство.

Последнее время серийность производства украинских предприятий снизилась. Организация мелкосерийного производства изделий топливной аппаратуры представляет собой технологическую проблему, которая имеет различные пути решения: точность можно достигать как на этапе обработки деталей, так и на этапе сборки. Последнее предпочтительнее, и большинство предприятий используют методы повышения точности на этапе сборки. Достижение точности соединений за счет использования технологических сборочных методов является важной проблемой механосборочного производства Украины.

2. Анализ последних достижений и публикаций

Одним из эффективных методов организации высокоточного массового производства является селективная сборка. Первоначально селективная сборка ограничивалась одновариантным комплексованием, когда в сборочную единицу входили детали из одноименных групп. Такие исследователи, как и М. А. Бонч-Осмоловский, Л. А. Рабинович рассматривали вопросы автоматизации этого метода сборки, ее технико-экономического обоснования, рационального выбора параметров [1–4].

С целью уменьшения незавершенного производства был предложен многовариантный метод комплектования деталей [5, 6]. В нем благодаря увеличению числа селективных групп осуществляется переход к межгрупповой взаимозаменяемости, когда детали одной группы могут комплектоваться с несколькими расположенными по соседству группами ответной детали. Такой прием позволяет повысить собираемость деталей в партии и одновременно уменьшить вероятность нарушения точности сборки. Однако такая организация процесса селективной сборки требует специального выбора деталей в сборочные комплекты.

Значительное усложнение схем селективной сборки, применение многовариантного и многопараметрического комплектования привело к тому, что решать задачи комплектования стало возможно только с помощью ЭВМ. С другой стороны, значительное развитие вычислительных машин и широкое внедрение их в производство позволило создавать автоматизированные участки со сложными схемами комплектования. Получению оптимального алгоритма комплектования, обеспечивающего минимальные затраты времени и минимальную некомплектованность, посвящены работы [7–9]. Поставленная проблема решается преимущественно методами линейного программирования.

Использование многовариантного комплектования позволяет существенно понизить незавершенное производство при селективной сборке, однако его величина остается на значимом уровне, что не позволяет применять селективную сборку при малой серийности.

Последнее время, в связи со значительным проникновением в машиностроительное производство компьютерных технологий, использованием информации о действительных параметрах деталей, распространением универсальных мерительных средств с возможностью передачи данных в компьютер, появилась возможность организации процесса сборки не по групповой принадлежности деталей, а по действительным размерам. Такая организация производства позволяет добиться максимальной эффективности сборки.

Автором были предложены методы комплектования на основе индивидуального подбора, которые, при сравнении с селективной сборкой точностью, менее подвержены ее недостаткам: наличию незавершенного производства, необходимости в большой серийности и низкой вероятности комплектования [10–13].

Сутью предложенных методов комплектования состоит в ранжировании деталей перед сборкой и выборе в комплект детали каждого типа с одинаковым рангом. На позиции комплектования должно находиться одинаковое число n деталей каждого типа, входящих в сборочную единицу. Последовательность комплектования с ранжированием:

1. Измерение посадочных размеров всех деталей, размеры запоминаются, детали маркируются или помещаются в адресный накопитель.
2. Размеры упорядочиваются для каждой детали по возрастанию – ранжирование.
3. В комплекты выбираются детали с одинаковым порядковым номером – рангом.
4. Сборка производится обычным для данного соединения способом.

Все детали из ранжированных партий комплектуются и затем отправляются на сборку. Таким образом, все детали, поступившие на позицию комплектования, будут собраны.

Наиболее близкий рассматриваемому в данной работе методу комплектования предлагается также Рыбинской технологической школой В.В. Непомилуева [14]: делает вывод, что «оптимальным является алгоритм простой сортировки по возрастанию и убыванию», предлагает также и другие алгоритмы, направленные на достижение заданной точности сборки, уменьшения незавершенного производства и «трудоемкости» подбора, в частности для многозвенных размерных цепей.

Статистическое моделирование показало высокую эффективность комплектования с ранжированием, однако требуется подтвердить полученные результаты в условиях производства.

3. Целью исследования является применение комплектования с ранжированием в условиях производства и получение технологических рекомендаций по дальнейшему развитию метода.

4. Исследуемые соединения, измерительные приборы

Эффективность комплектования с ранжированием в работе была исследована на примере топливной аппаратуры, производимой Харьковским тракторным заводом (ХТЗ). В исследовании были задействованы три детали, образующие два соединения (рис. 1):

1. Корпус правый (левый) 150.37.027-1, представляет собой корпусную деталь 136 x 220 мм, выполненную из чугуна СЧ20 ГОСТ 1412-85.
2. Золотник 150.37.147-1, представляет собой ваз-шестерню с поперечными осью отверстиями, материал сталь 18ХГТ 4543-71.
3. Втулка 150.37.146, представляет собой полый цилиндр с пятью наружными ленточками, диаметром 65 мм и длиной 110 мм, материал сталь 20Х 4543-71.

Выбранный узел топливной аппаратуры относится к многоэлементной селективной сборке, в которой детали образуют последовательную цепь, поскольку корпус сопрягается по посадке с втулкой с втулкой и по посадке с золотником.

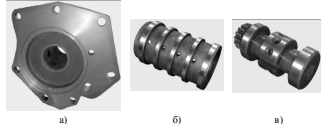


Рис. 1 – Детали топливной аппаратуры: корпус а), втулка б), золотник в)

В сопряжении корпус-золотник для корпуса финишной операцией является хонинговальная, для посадочной поверхности установлен размер после обработки $\varnothing 45H9$ ($\pm 0,031$). Для золотника финишной операцией является бесцентровошлифовальная, для посадочной поверхности установлен размер после обработки $\varnothing 45H9$ ($-0,062$). Далее детали сортируются на пять групп селективн, размеры групп каждой детали и посадки приведены в табл. 1.

Таблиця 1 – Границы групп для селективного комплектования в сопряжении корпус-золотник

№ группы	Границы групп корпуса, мм			Границы групп золотника, мм			Посадка, мм			
	min	max	допуск	min	max	допуск	min	max	допуск	средний зазор
1	44,969	44,982	0,013	44,938	44,95	0,012	0,019	0,044	0,025	0,0315
2	44,982	44,995	0,013	44,95	44,963	0,013	0,019	0,045	0,026	0,032
3	44,995	45,007	0,012	44,963	44,975	0,012	0,02	0,044	0,024	0,032
4	45,007	45,019	0,012	44,975	44,987	0,012	0,02	0,044	0,024	0,032
5	45,019	45,031	0,012	44,987	45	0,013	0,019	0,044	0,025	0,0315

Для принятой на ХТЗ технологии сортировки на группы, размеры групп не равны. Причина этому – поле допуска деталей не делится нацело на пять. Поэтому для разных групп установлен разный допуск. Часть групп имеет допуск 0,012 мм, часть 0,013 мм, причем несколько хаотично. В результате допустимый диапазон зазоров изменяется от $(\frac{+0,044}{-0,02})$, допуск 0,024 мм для 3 и 4 групп селекции; до $(\frac{+0,045}{-0,026})$, допуск 0,026 мм для 2 группы селекции. Таким образом, группа 2 оказывается самая широкая. Средний зазор в группах получается 0,0315 мм и 0,032 мм.

В сопряжении корпус-штулка для корпуса финишной операцией является разгравирование, для посадочной поверхности установлен размер после обработки 06518^{0,006}. Для штулки финишной операцией является круглошлифовальная, для посадочной поверхности установлен размер после обработки 06557^(\frac{+0,013}{-0,013}). Далее детали сортируются на две группы селекции, размеры групп каждой детали и посадки приведены в табл. 2.

Таблиця 2 – Границы групп для селективного комплектования в сопряжении корпус-штулка

№ группы	Границы групп корпуса, мм			Границы групп золотника, мм			Посадка, мм			
	min	max	допуск	min	max	допуск	min	max	допуск	средний зазор
1	65	65,023	0,023	65,053	65,068	0,015	0,03	0,068	0,038	0,049
2	65,023	65,046	0,023	65,068	65,083	0,015	0,022	0,06	0,038	0,041

Для принятой на ХТЗ технологии обработки, точность изготовления отверстия в корпусе ниже, чем поверхности штулки. Поэтому размеры групп для корпуса и штулки разные – 0,023 и 0,015 мм соответственно. Вследствие этого, средний накат в группах разный: 0,049 мм для первой группы и 0,041 мм для второй.

На ХТЗ измерение внутренних посадочных поверхностей производится нутромером ГОСТ 9244-75, наружных – рычажной съёмкой ГОСТ 11098-75. Цена деления обоих измерительных приборов 0,002 мм.

5. Результаты исследований комплектования

Исследование комплектования было проведено в цеховых условиях на серийно изготавливаемых деталях. Для измерения размеров были использованы заводские измерительные средства.

Харьковской тракторной завод, как и многие украинские предприятия, испытывает определенные проблемы со сбытом продукции. Поэтому серийность выпуска невысока.

Рассматриваемые детали изготавливаются один – два раза в неделю в количестве 5 – 15 комплектов. В то же время оборудование и технология остались прежними, ориентированными на массовое производство.

По причине низкой серийности прямое производство, селективная сборка оказалась неэффективна, поскольку значительное количество деталей уходит в незавершенное производство. Чтобы минимизировать незавершенное производство в существующих технологических условиях, на производстве увеличили точность обработки с 8 – 9 до 5 – 7 микрон, фактически в обоих сопоставимых стараях изготовивших детали только одной, второй группы селектив. Достигается это более тщательной настройкой станка, что оказалось возможно в мелкосерийном производстве. Если размеры все же выходят за границы единственной группы селектив, что нередко случается для охватывающих деталей, то охватываемые изготавливаются под заказ сборочного участка. Такая организация производства нетехнологична, и требует значительно больше времени на выверку станков для прецизионной обработки.

В работе приведены результаты комплектования двух партий деталей. Технологический процесс достаточно повторяем, и для других партий результаты принципиально совпадают. Результаты измерений соединения корпус – золотник 044 для первой партии графически в виде точечных диаграмм на рис. 2, для второй партии на рис. 3.

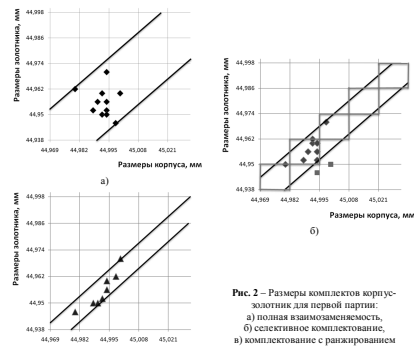


Рис. 2 – Размеры комплектов корпус – золотник для первой партии:
а) полная взаимозаменяемость,
б) селективное комплектование,
в) комплектование с ранжированием

В связи с особенностями построения диаграмм в MS Excel группы показаны одинаковыми, что не совсем правильно, но не снижает общее восприятие результатов. Графические изображения построены в соответствии с предложенным А.А. Зыковым графическим изображением посадки, в котором возможные сопряжения отверстия и вала определяются прямоугольником со сторонами, равными допуску вала и отверстия. При этом нагнет (зазор) получается как пересечение проведенной под 45° прямой с осью абсцисс.

Для соединения корпус – золотник результаты оказались следующими. Точность изготовления размеров деталей оказалась значительно выше заданной технологически. Для первой партии фактический разброс зазоров $(\begin{smallmatrix} -0,001 \\ -0,0027 \end{smallmatrix})$, для второй $(\begin{smallmatrix} -0,001 \\ -0,004 \end{smallmatrix})$, однако таких результатов недостаточно для обеспечения заданной точности сборки.

Несмотря на тщательную настройку станков, обработать детали так, чтобы добиться попадания в одну группу селекции, не вышло. После селективного комплектования требуемая точность достигается, но в первой партии оказывается несобранными два комплекта (18%), а во второй партии (9%), они выделены красным на диаграмме. Фактический разброс зазоров сократился до $(\begin{smallmatrix} -0,024 \\ -0,002 \end{smallmatrix})$ для первой партии, и до $(\begin{smallmatrix} -0,024 \\ -0,004 \end{smallmatrix})$ для второй у комплектовавшихся.

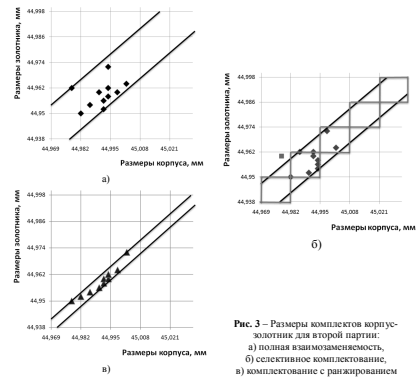


Рис. 3 – Размеры комплектов корпус-золотник для второй партии: а) полная взаимозаменяемость, б) селективное комплектование, в) комплектование с релаксированием

Использование комплектования с ранжированием, по отношению к селективному комплектованию, во-первых, снижает разброс до $(\pm 0,01)$ для первой партии, и до $(\pm 0,02)$ для второй. Во-вторых, обеспечивается полная собираемость. Фактически достигнутый разброс размеров на рис. 2 и 3 показан наклонными линиями.

Результаты измерений соединения корпус – втулка Ø65 для первой партии приведены в виде точечных диаграмм на рис. 4, для второй партии приведены на рис. 5.

Для соединения корпус – втулка результаты оказались следующими. Точность изготовления размеров деталей также была достигнута выше заданной технологически. Для первой партии фактический разброс размеров $(\pm 0,01)$ для второй $(\pm 0,02)$. Что примечательно, при такой точности изготовления точность комплектования достигается методом полной взаимозаменяемости. Поэтому детали можно собирать в любом сочетании, что фактически и делается.

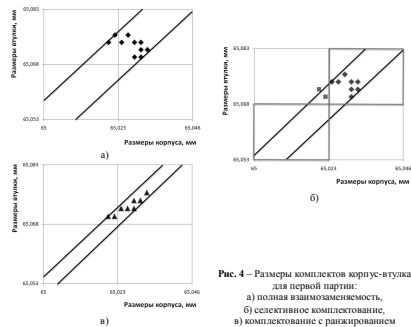


Рис. 4 – Размеры комплектов корпус-втулка для первой партии.

- а) полная взаимозаменяемость,
б) селективное комплектование,
в) комплектование с ранжированием

После селективного комплектования точность несколько повышается, но в обеих партиях оказываются несобранными два комплекта (17%), они выделены красным на диаграмме. Это недостаток селективного комплектования: детали принадлежат разным группам, но фактический напиг находится в пределах допустимого.

Использование комплектования с ранжированием, по отношению к селективному комплектованию, во-первых, снижает разброс до $(\pm 0,01)$ для первой партии, и до $(\pm 0,02)$ для второй. Во-вторых, обеспечивается полная собираемость. Фактически достигнутый разброс размеров на рис. 4 и 5 показан наклонными линиями.

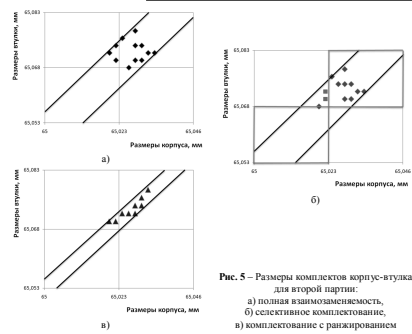


Рис. 5 – Размеры комплектов корпус-втулка для второй партии:
 а) полная взаимозаменяемость,
 б) селективное комплектование,
 в) комплектование с разжижением

Выводы

В работе предлагается измерять действительные параметры комплексуемых и использовать с целью улучшения и оптимизации технологического процесса сборки. Данные должны быть привязаны к конкретным экземплярам деталей, для чего могут использоваться адресные наклейки, или специальное маркирование на основе оптических или магнитных меток. Использование данных о размерах деталей позволяет поднять эффективность технологического процесса сборки за счет информационного сопровождения.

В случае рассортированного трехэлементного соединения использование селективной сборки не позволяет добиться 100% вероятности комплектования узла, поскольку результирующая вероятность получается как произведение вероятностей комплектования соединения корпус-втулка и корпус-золотник.

Комплектование с разжижением при полной собираемости позволяет добиться точности замыкающего звена, значительно превышающей технологические требования. Поэтому, снизив требования к точности изготовления с фактически применяемых 5 – 6 квалитета для соединения корпус-золотник и 5 – 7 квалитета для корпус-втулка, до 9 квалитета для соединения корпус-золотник и 7 – 8 квалитета для корпус-втулка, достигается точность, которая является достаточной для обеспечения необходимой конструктивно посадки.

Таким образом, использование комплектования с ранжированием позволяет для партий в 5 – 15 деталей добиться требуемой точности комплектования при легко выполнимых требованиях к точности и изготовлению.

Предлагаемый метод организации производства рекомендуется к внедрению на ХТЗ, а также других предприятиях, занятых выпуском топливной аппаратуры.

Список использованных источников:

1. Бонн-Осмоловский М.А. Селективная сборка / М.А. Бонн-Осмоловский – М.: Машиностроение, 1974 – 144с.
2. Рабинович Л.А. Обеспечение точности сборки сложных прецизионных узлов методом групповой взаимозаменяемости // Л.А. Рабинович // Повышение эффективности процессов резания материалов – Волгоград, 1987 – С. 110-123.
3. Рабинович Л.А. Сборка с групповой взаимозаменяемостью сложных прецизионных узлов // Л.А. Рабинович, А.Е. Магид // Известия вузов. Машиностроение. 1983 – № 4 – С. 141-146.
4. Филиппов О.В. Оценка индекса правды измерительного производства при дуговой обработке селективной сборки // О.В. Филиппов, В.Я. Кони // Сборка в машиностроении, приборостроении – 2010 – №11 – С. 16-20.
5. Катунович В.Я. Основы теории селективной сборки / В.Я. Катунович, А.И. Савченко. – Ленинград: Политехника, 1991 – 302 с.
6. Михайлов А.Н. Математическая модель многовариантного процесса подгонки в узловой сборке / А.Н. Михайлов, А.Л. Насинов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : сб. науч. ст. – Донецк, 1994 – Вып. 1. – С. 80-85.
7. Сорокин М.И. Непрерывная селективная сборка изделий типа вал-ступица / М.И. Сорокин // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1986 – № 7. – С. 157-160.
8. Вострессенский Е.А. К решению задач подбора деталей под сборку // Е.А. Вострессенский, С.В. Терехин // Технологии механической обработки и сборки / Гуманитар. техн. ун-т. – Уфа, 1994. – С. 136-137.
9. Катунович В.И. Совместивание технологий прецизионной сборки на основе микропроцессорной техники // А.Е. Катунович, В.И. Воробей // Стат. применение прогрессивных технологий механобработки и сборки в машиностроении: материалы апробационного научно-тех. семина / Ленинград. ин-т точ. мех. и оптики. – Л., 1990. – С. 38-39.
10. Курдюмов А.В. Комплектование при сборке с подбором деталей / А.В. Курдюмов // Сборка в машиностроении, приборостроении // Машиностроение. – 2001 – № 11 – С. 8-10.
11. Курдюмов А.В. Эффективность сборки с подбором деталей / А.В. Курдюмов // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2007 – Вып. 17 – С. 81-84.
12. Курдюмов А.В. Использование методов комплектования на основе ранжирования для многовариантной размерной цепи / А.В. Курдюмов // Прогрессивные технологии и системы машинобудування : міжар. б. наук. пр. / Донецьк. нац. техн. ун-т. – Донецьк, 2012 – Вып. 17(44) – С. 123-127.
13. Курдюмов А.В. Метод комплектования деталей на основе ранжирования для уменьшения допусков многовариантной размерной цепи / А.В. Курдюмов, И.Ю. Лазарев // Системы обработки информации : сб. науч. пр. / Харьк. ун-т. – Харьков, 2010. – № 8(89) – С. 58-61.
14. Насинов А.В. Исследования взаимозаменяемости повышения качества изделий при сборке / В.В. Насинов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2007 – № 10 – С. 9-13.

References

1. Bonna-Osmolovskiy M.A. *Selectivnaya sborka*. Mashinostroyeniye, Moskva.
2. Rabynovich L.A. 1987. "Obespecheniye tochnosti sborki slozhnykh precizionnykh uzlov metodom gruppovoy vzaimozameniamosti". *Prosvetleniye effektivnosti proizvodnykh tsyklov materialov*, pp. 110-123.
3. Rabynovich L.A. & Magid, A. 1983. "Sborka s gruppovoy vzaimozameniamosti slozhnykh precizionnykh uzlov". *Izvestiya vuzov. Mashinostroyeniye*, no. 4, pp. 141-146.
4. Filippov O.V. & Korov, V. 2010. "Otsenka indeksa pravdy nezavershenogo proizvodstva pri dvukhvariantnoy selektivnoy sborki". *Sborka v mashinostroyenii, priborostroyenii*, no. 11, pp. 16-20.
5. Katusovich V.I. & Savchenko, A. 1991. *Osnovy teorii selektivnoy sborki*. Politekhnik, Leningrad.
6. Mikhailov A.N. & Nasinov A.V. 1996. "Matematicheskaya model mnogovariantnogo protsessu podgotovki i uzlovoy sborki". *Prosvetleniye effektivnosti i sistemy mashinostroyeniya*. Sbornik nauchnykh statey, no. 3, pp. 80-85.
7. Surokin M.I. 1986. "Nepnyernaya selektivnaya sborka izdeliy tipa val-stupitsa". *Izvestiya VTZov. Mashinostroyeniye*, no. 7, pp. 157-160.
8. Vostressenskiy E.A. & Terexin S.V. 1994. "K resheniyu zadach podbora detali pod sborku". *Tekhnologiya mekhanicheskoy obrabotki*, pp. 136-137.
9. Katusovich V.I. & Vorobey, V. 1990. "Sovmestivaniye tekhnologiy precizionnoy sborki na osnove mikroprotsessornoy tekhniki". *Sbiry primeneniya progresivnykh tekhnologiy mekhanicheskoy obrabotki i mashinostroyeniya*. *Materialy konferentsii nauchno-tekhn. seminarov. Leningrad. in-t tochn. mekh. i optiki*, Leningrad, pp. 38-39.
10. Kurdyumov A.V. 2001. "Kombinirovaniye pri sborki s podborem detali". *Sborka v mashinostroyenii, priborostroyenii*, no. 11, pp. 8-10.
11. Kurdyumov A.V. 2007. "Effektivnost sborki s podborem detali". *Vestnik Natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta "XPI"*, no. 17, pp. 81-84.
12. Kurdyumov A.V. 2012. "Ispol'zovaniye metodov komplektovaniya na osnove rangirovaniya dlya mnogovariantnoy razmernoy tsepi". *Prosvetleniye effektivnosti i sistemy mashinobudovaniya*, no. 17(44), pp. 123-127.
13. Kurdyumov A.V. & Lazarev, N. 2010. "Metody komplektovaniya detali na osnove rangirovaniya dlya umensheniya dopuska mnogovariantnoy razmernoy tsepi". *Sistemy obrabotki informatsii*, no. 8(89), pp. 58-61.
14. Nasinov A.V. 2007. "Issledovaniye vmozhnosti povysheniya kakivosti izdeliy pri sborki". *Sborka v mashinostroyenii, priborostroyenii*, no. 10, pp. 9-13.

Стаття надійшла до редакції 03 травня 2017 р.