

# КЛАССИФИКАТОР МАРШРУТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГЕОХОДА\*

*А.А. ЛАСУКОВ, канд. техн. наук, доцент  
П.С. ГРОМЫКО, студент  
(ЮТИ ТПУ, г. Юрга)*

Поступила 20 мая 2015

Рецензирование 20 июня 2015

Принята к печати 17 июля 2015

**Ласуков А.А.** – 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,  
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,  
e-mail: lasukow@rambler.ru

Рассмотрены вопросы повышения эффективности технологической подготовки при освоении новой продукции (на примере изделия геоход) в условиях единичного и мелкосерийного производства. На основе анализа конструкции изделий произведено их группирование по конструктивно-технологическим признакам, что позволило составить граф (типа дерево) обработки комплексной детали с учетом конкретных конструктивных особенностей. Направлениям движения по отдельным ветвям присвоены коды, из которых в дальнейшем формируется код конкретной детали. Технологический маршрут рассматриваемой детали, отнесенной к определенной группе, формируется путем выбора операций обработки элементарных поверхностей, имеющих у данной детали, из маршрута, составленного для типового представителя. Представленный классификатор составляет основу для повышения эффективности технологической подготовки производства, расширения системы материально-технического обеспечения производства, дальнейшего расширения нормативной справочной базы, общего повышения уровня производственной культуры сотрудников.

**Ключевые слова:** технологический процесс, технологическая подготовка производства, классификатор технологических процессов.

DOI: 10.17212/1994-6309-2015-3-23-30

## Введение

Современное машиностроение характеризуется интенсификацией внедрения новых технических решений, освоением наукоемких технологий, сокращением сроков морального устаревания новой продукции, постоянно меняющейся конъюнктурой рынка. В этих условиях ключевым требованием к производству становится гибкость, мобильность, универсальность. Организация производства в соответствии с принципами логистики, в соответствии с концепцией «Just In Time» предполагает отказ от избыточных запасов, отказ от изготовления

серий деталей, на которые нет заказа покупателей [1].

На примере судостроительного предприятия видно, как с помощью современных технологий можно повысить рентабельность мелкосерийного производства. Современные групповые технологии производства, современное оборудование, изменение линии взаимодействия проектант-заказчик-исполнитель могут способствовать своевременному планированию, значительному снижению издержек на этапе разработки технологического маршрута изготовления и в конечном итоге сделать продукцию предприятия конкурентоспособной [2].

\* Полученные результаты достигнуты в ходе реализации комплексного проекта при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Договор № 02.G25.31.0076.

При изготовлении геохода детали, входящие в изделие, являются, как правило, штучными, что делает проектирование технологических процессов обработки каждой детали с высокой степенью детализации экономически не оправданным [3]. Современные экономические условия требуют не только постоянного повышения качественных показателей изделий, но и частой переориентации производства на новые виды продукции, что предопределяет необходимость качественного изменения работы, проводящейся на этапе технологической подготовки производства [4–6]. Проведение работ по систематизации в области технологии позволит разработать унифицированные технологические процессы, а также унифицировать технологическую оснастку. Технологическая унификация обеспечивает резкое сокращение различного рода вспомогательных работ, связанных с оформлением технологической, плановой, учетной и других видов документации, необходимой для подготовки производственного процесса и управления им. В этих условиях имеет смысл произвести классификацию деталей геохода по конструктивно-технологическим признакам и разработать системный классификатор маршрутных технологических процессов на определенные группы деталей, что в дальнейшем позволит облегчить проектирование технологических процессов и сократить время на технологическую подготовку производства. При этом для отдельных деталей или их групп, подобным по тем или иным конструкторско-технологическим признакам, можно устанавливать схожие высокопроизводительные методы обработки с использованием быстроперенастраиваемой оснастки.

Идея группирования технологических процессов принадлежит профессору С.П. Митрофанову [7, 8]. Данная концепция находит отражение и в других работах [9, 10], в том числе с использованием графов [11]. В рамках такой модели осуществляется группирование деталей, а технологический процесс создается на комплексную деталь. Пример создания такого классификатора на примере деталей типа «вал» рассмотрен в работе [12]. Современные средства автоматизации проектирования делают целесообразным использование модульного принципа проектирования, при котором изделие формируется из конструктивных модулей – унифици-

рованных фрагментов изделия. Номенклатура конструктивных модулей намного меньше номенклатуры изделий, которые из них можно собрать. Работа по описанию широкого спектра конструктивных модулей представляется магистральным направлением в разработке системного классификатора. Такой подход позволяет значительно сократить число разрабатываемых вариантов, и поэтому маршрут получается достаточно быстро, а вычислительные ресурсы используются более эффективно [13].

## Методика

Главные особенности проектирования технологических процессов – многовариантность проектных решений и слабая формализация многих проектных задач. По причине слабой формализации процесса технологического проектирования при решении задач нерасчетного характера (выбор заготовки, разработка маршрута обработки детали, выбор станков, инструментов и т. д.) решения принимают в результате выбора из известных типовых вариантов. Типовые решения – это основа формализации для решения различных задач при проектировании технологических процессов с помощью ЭВМ. Поэтому при разработке системного классификатора маршрутных технологических процессов на детали геохода главной задачей является формирование описания набора типовых решений для широкого спектра деталей, образованных различными поверхностями, а также условий, при которых может быть применено каждое из них.

Исходная информация представляет собой комплект чертежей типовых деталей изделия, маршрутные технологические процессы их изготовления, а также данные по имеющемуся на ОАО «КОРМЗ» технологическому оборудованию, так как изготовление деталей геохода предусмотрено на данном предприятии.

При выполнении работы была проанализирована широкая гамма номенклатуры изделий и примерных технологических процессов их изготовления, изучены технические характеристики и состояние оборудования, применяемого на предприятии, а также используемое технологическое оснащение. В результате проделанной работы возникают предпосылки к сокращению

сроков технологической подготовки производства, простоте внесения изменений в разработанный технологический процесс, надежности хранения данных за счет использования политики учетных записей и дублирования информации, простоте тиражирования, возможности совместной работы технологов над частями одного проекта, простоте обмена информацией между различными подразделениями предприятия.

Наряду с этим при групповой технологии предусматривается применение переналаживаемых приспособлений, что решает одну из важнейших проблем машиностроения – организацию быстропереналаживаемого производства, способного в короткие сроки освоить новую технику, а также повысить коэффициент оснащённости мелкосерийного производства до уровня крупносерийного [14].

Классификация осуществляется по конструктивно-технологическим признакам и ее резуль-

татом является установление принадлежности деталей к определенному типу, т. е. к совокупности деталей, имеющих в данных производственных условиях общую структуру операций и переходов, или к определенной группе, характеризующейся общностью оборудования и наладки, общими элементарными поверхностями и схемами установки. Технологический маршрут конкретной детали, отнесенной к определенному типу или входящей в определенную группу, формируется путем выбора операций обработки элементарных поверхностей, имеющих у данной детали, из маршрута, составленного для типового представителя или комплексной детали.

В одну из групп, сформированную в результате классификации по конструктивно-технологическим признакам, были включены детали, полученные путем термической резки (раскроя) листового материала. Представители деталей данной группы показаны на рис. 1. Эти детали

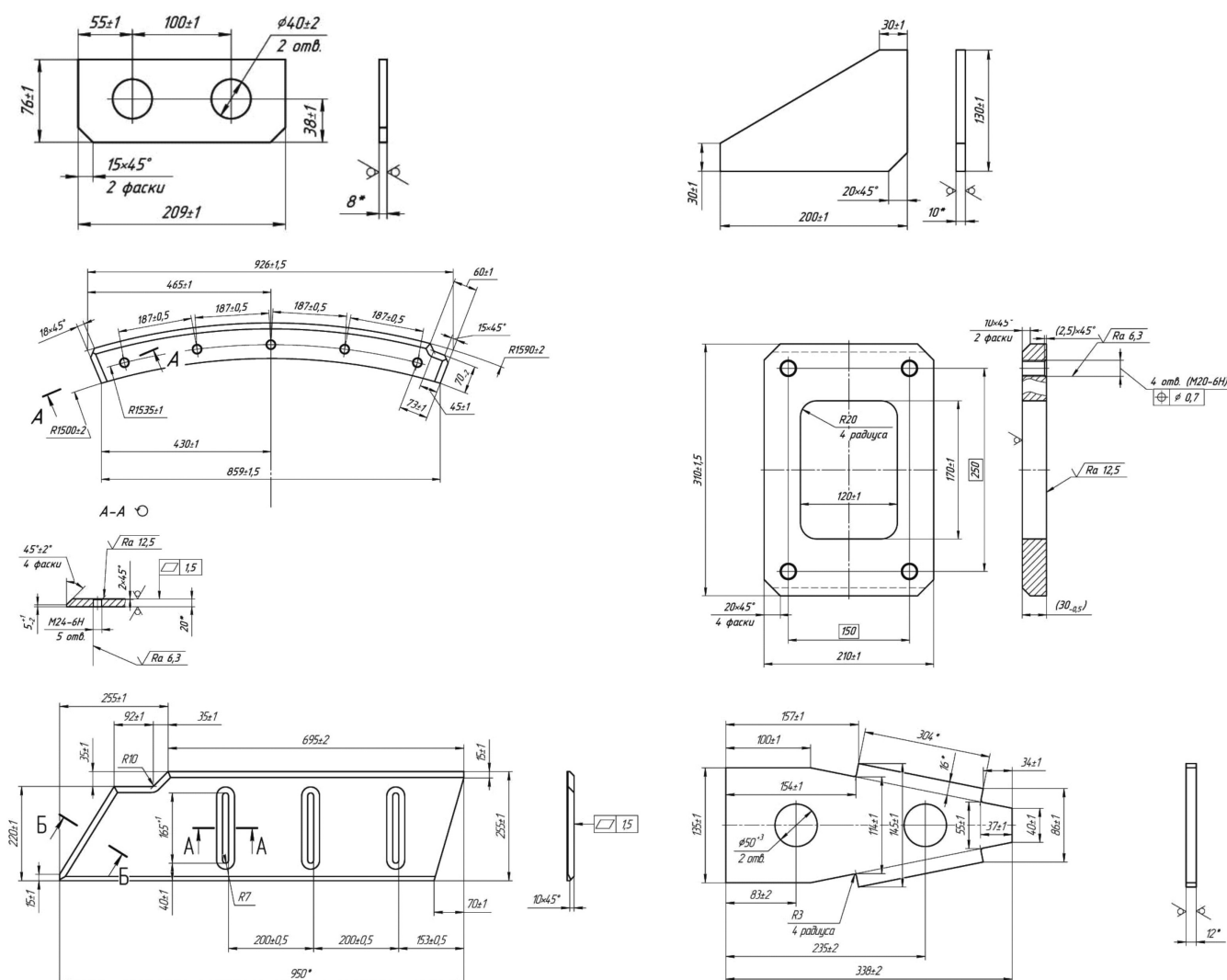


Рис. 1. Представители листовых деталей

входят в состав оболочки головной секции геохода. Поэтому от точности и сроков их изготовления будут зависеть геометрическая точность оболочки при сборке и сроки сборки оболочки [15]. Как видно, детали отличаются наличием (отсутствием) отверстий различной конфигурации, разделочных кромок под дальнейшую сварку. В некоторых деталях присутствуют отверстия, требующие механической обработки (сверление, нарезание резьбы). Габаритные размеры деталей и их форма позволяют производить раскрой из одного листа.

Листы металла по толщине могли варьироваться в пределах 8...50 мм. Основным признаком при объединении заготовок в группы является общность обрабатываемых поверхностей или их сочетаний, точность, достигаемая в процессе обработки, габаритные размеры (в частности, толщина листа) или возможность обработки заготовок разной конфигурации на одном оборудовании и при одной наладке станка.

В качестве комплексной была разработана деталь, изображенная на рис. 2. В данную деталь включены все элементы, которые могут присутствовать на деталях, входящих в группу. В частности, на детали имеются отверстия (на детали-представителе они овальной формы), которые должны вырезаться на операции термической резки, фаски (разделочные кромки), а также сквозные резьбовые отверстия, получаемые путем механической обработки на станке.

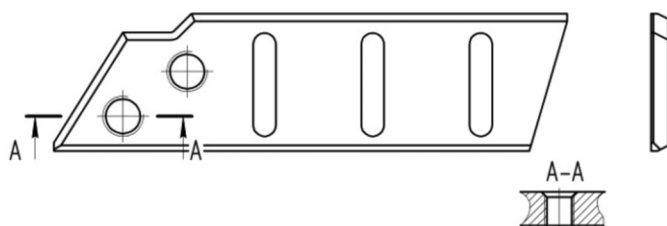


Рис. 2. Комплексная деталь

## Результаты и обсуждение

В ходе выполнения работы решалась задача репрезентации маршрута обработки представителя ряда деталей, отнесенных к определенному типу, или комплексной детали, сформированной для определенной группы в виде, максимально благоприятствующем синтезу технологического процесса из элементарных типовых решений.

В современных САПР ТП задача проектирования технологических процессов обычно решается с использованием двух подходов [16]:

- работа с универсальными технологическими справочниками (УТС): технологический процесс формируется из отдельных фрагментов – типовых решений, сохраненных в базе УТС. Фрагментом может служить как целый технологический процесс или его часть, так и отдельно взятая операция или переход;

- работа с приложениями «Дерево технологий»: проектирование сводится к копированию операций из аналоговых технологических процессов и последующему редактированию.

В нашем случае основа системного классификатора структурно соответствовала схеме, характерной для работы с УТС. Основу для графической части составило описание набора типовых решений и условий их применимости.

Технологический маршрут, изображенный в виде древовидной структуры (рис. 3), представляет собой маршрут обработки комплексной детали. При составлении маршрута обработки деталей, входящих в группу, выбор ветви дерева, по которой осуществляется движение, с включением в составляемый маршрут или удалением избыточных технологических операций производится в зависимости от наличия или отсутствия фасок и отверстий на деталях, а также в зависимости от наличия механической обработки.

Направлениям движения по отдельным ветвям присвоены коды. На первой операции (термическая резка) все детали вырезаются из листового материала и им присваивается код 1. Затем детали анализируются на наличие сквозных отверстий. Детали с отверстиями кодируются номером 1.1, а детали без отверстий кодируются номером 1.2. Для деталей с отверстиями вводятся операции разметки и вырезки отверстий. Далее каждая группа деталей рассматривается на наличие или отсутствие фасок (наличие разделки кромок под дальнейшую сварку при сборке).

Деталям без фасок присваивается дополнительный индекс 1, т. е. 1.1.1 или 1.2.1, а деталям, у которых фаски имеются, присваивается индекс 2, т. е. 1.1.2 или 1.2.2. К деталям, у которых предусмотрена разделка кромок (1.1.2 и 1.2.2), применяются операции разметки фасок и их обработка на операции термической резки. Затем все детали независимо от наличия отверстий и

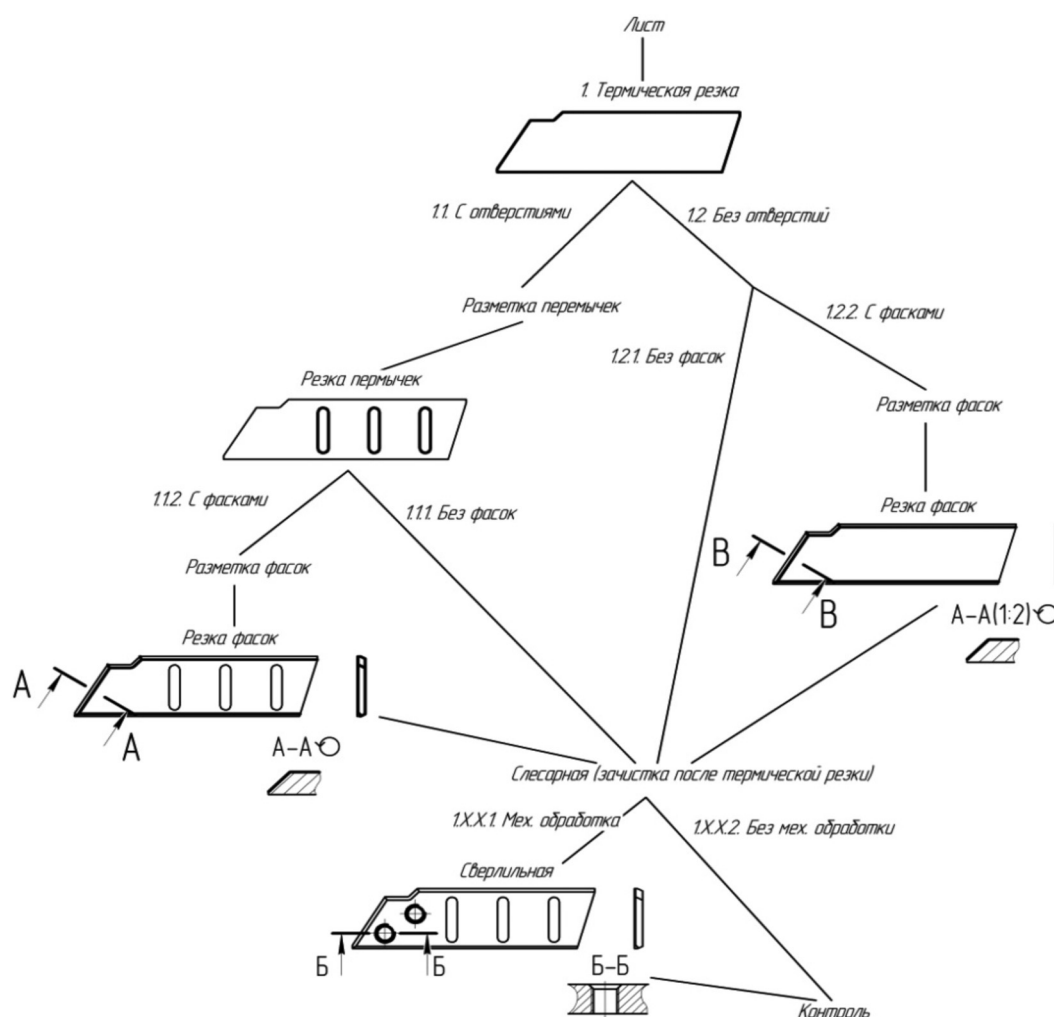


Рис. 3. Маршрут обработки комплексной детали

фасок проходят через слесарную операцию, где производится их зачистка после термической резки. Также в группе имеются детали, у которых предусматривается механическая обработка отверстий (сверление, нарезание резьбы) либо фрезерование пазов. То есть после слесарной обработки все детали опять делятся на две группы: детали с механической обработкой поверхностей (присваиваем дополнительно индекс 1, т. е. 1.X.X.1) и детали, у которых отсутствует механическая обработка (присваиваем дополнительно индекс 2, т. е. 1.X.X.2). Весь технологический процесс завершает операция контроля готовых деталей.

Например, если у детали присутствуют все элементы: сквозные отверстия, фаски, резьбовые отверстия, то такой детали можно присвоить код 1.1.2.1. Технолог, получая задание на проектирование технологического процесса, определяет, к какой группе относится деталь, и присваивает ей код. Затем по выбранной цепочке классификато-

ра определяет маршрут обработки, исключая ненужные операции. При этом экономится время на проектирование технологического процесса и в общем на технологическую подготовку производства.

Таким образом, приведенные методики показывают, что при разработке технологического процесса на новую деталь устанавливается ее принадлежность к определенному типу, т. е. к совокупности деталей, имеющих в данных производственных условиях общую структуру операций и переходов, или к определенной группе, характеризующейся общностью оборудования и наладки. Технологический маршрут конкретной детали, отнесенной к определенному типу или входящей в определенную группу, формируется путем выбора операций обработки элементарных поверхностей, имеющих у данной детали, из маршрута, составленного для типового представителя или комплексной детали.

## Выводы

Разработка системных классификаторов маршрутных технологических процессов изготовления деталей дает возможность в условиях единичного и мелкосерийного производства увеличить объем выпуска изделий по приведенной программе. Это позволяет проектировать и использовать специальную оснастку, включая переналаживаемую, при изготовлении деталей, увеличив точность и производительность процесса при обработке. Сокращается номенклатура универсальной оснастки и оборудования, а также сроки технологической подготовки производства в плане проектирования технологического процесса.

Проделанная работа составляет основу для повышения эффективности технологической подготовки производства, расширения системы материально-технического обеспечения производства, дальнейшего расширения нормативной справочной базы, общего повышения уровня производственной культуры сотрудников.

## Список литературы

1. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика. Базовый курс – М.: Юрайт, 2011. – 782 с. – ISBN: 978-5-9916-0755-1.
2. Смаковский М.С. Современные технологические возможности повышения рентабельности производства судового машиностроения на примере механообрабатывающего участка ОАО «АРМАЛИТ-1» // Морской вестник. – 2012. – № 2. – С. 39–42.
3. Аксенов В.В., Вальтер А.В. Специфика геохода как предмета производства // Научное обозрение. – 2014. – № 8–3. – С. 945–949.
4. Технологические процессы в машиностроении / А.Г. Схиртладзе, С.И. Богодухов, Р.М. Сулейманов, Е.В. Бондаренко, А.Д. Проскурин. – М.: Машиностроение, 2009. – 640 с.
5. Complexity in engineering design and manufacturing / W. ElMaraghy, H. ElMaraghy, T. Tomiyama, L. Monostori // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2012. – Vol. 61, iss. 2. – P. 793–814. – doi: 10.1016/j.cirp.2012.05.001.
6. Wahab M.I.M., Stoyan S.J. A dynamic approach to measure machine and routing flexibilities of manufacturing systems // International Journal of Production Economics. – 2008. – Vol. 113, iss. 2. – P. 895–913. – doi: 10.1016/j.ijpe.2007.12.001.
7. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2 т. Т. 1. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – 403 с.
8. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2 т. Т. 2. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – 375 с.
9. Gallagher C.C., Knight W.A. Group technology, production methods in manufacturing. – Harlow, United Kingdom: Ellis Horwood, 1986. – 190 p. – ISBN-10: 0745800467. – ISBN-13: 9780745800462.
10. Uddin M.K., Shanker K. Grouping of parts and machines in presence of alternative process routes by genetic algorithm // International Journal of Production Economics. – 2002. – Vol. 76, iss. 3. – P. 219–228. – doi: 10.1016/S0925-5273(01)00164-5.
11. A system based on machined volumes to reduce the number of route sheets in process planning / J. Ciurana, M.L. Garcia-Romeu, R. Castro, M. Alberti // Computers in Industry. – 2003. – Vol. 51 iss. 1. – P. 41–50. doi: 10.1016/S0166-3615(03)00024-1.
12. Ласуков А.А., Навроцкий С.С. Системный классификатор маршрутных технологических процессов изготовления деталей типа «Вал» в условиях ООО «Юргинский машзавод» // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: материалы III Международной научно-практической конференции, г. Новокузнецк, 28–30 ноября 2013 г. – Новокузнецк: филиал КузГТУ в г. Новокузнецке, 2013. – С. 348–351.
13. Resource-efficient workflow scheduling in clouds / Y.C. Lee, H. Han, A.Y. Zomaya, M. Yousif // Knowledge-Based Systems. – 2015. – Vol. 80. – P. 153–162. – doi: 10.1016/j.knsys.2015.02.012.
14. Боярский В.Г., Сухимбаев М.Р., Шеров К.Т. Переналаживаемая технологическая оснастка для групповой обработки // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12–3. – С. 542–547.
15. Аксенов В.В., Вальтер А.В., Бегляков В.Ю. Обеспечение геометрической точности оболочки при сборке секций геохода // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. – № 4 (65). – С. 19–28.
16. Андриченко А.С. «Вертикаль» – новое поколение технологических САПР: объектный подход // САПР и графика. – 2005. – № 6. – С. 8–10.

**OBRABOTKA METALLOV**

(METAL WORKING AND MATERIAL SCIENCE)

N 3(68), July – September 2015, Pages 23–30

**The classifier of engineering processes of geokhod elements production****Lasukov A.A.**, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: lasukow@rambler.ru**Gromyko P.S.**, Student, e-mail: pasha.9.3@mail.ru

Yurga Institute of Technology, TPU Affiliate, 26 Leningradskaya st., Yurga, 652055, Russian Federation

**Abstract**

The present day mechanical engineering is distinguished by intense introduction of new technical solutions, adoption of science-consuming technologies, and constantly changing situation on the market. In these conditions flexibility, mobility and universality are core standards of the production process. The conditions necessitate both quality characteristics of the products to be improved regularly and manufactured articles to be substituted frequently by the new ones. Therefore, preproduction engineering is to be subjected to considerable changes. Up-to-date facilities of design automation make it reasonable to use a modular approach to the design process, when a product is made up of structural modules – uniform fabricated elements. The range of structural modules is far smaller than that of the products they can be used to manufacture. A main-line direction in classifier development is to describe a wide range of structural modules. The paper provides consideration of problems of preproduction engineering improvement, when a single-part or small-scale production of a new product (geokhod is taken as an example) is developed. The structure of products is analyzed; the latter have been arranged in groups according to structural and technological characteristics, as the consequence, the graph of complex product machining is developed with regard to particular structural characteristics. Code numbers are given to directions along the particular branches; afterwards these code numbers are used to form a code of a particular product. The process flow of the product under consideration is developed via selecting operations to treat plain surfaces (this product has them) from the flow, made for a standard product. The presented classifier makes the basis to improve efficiency of preproduction engineering, to widen the system of material and technical resources for the production process, and to further development of reference data and general improvement of production culture.

**Keywords:**

technological process, preproduction engineering, classifier of technological processes.

DOI: 10.17212/1994-6309-2015-3-23-30

**References**

1. Grigor'ev M.N., Uvarov S.A. *Logistika. Bazovyi kurs* [Logistics. Basic course]. Moscow, Yurait Publ., 2011. 782 p. ISBN: 978-5-9916-0755-1
2. Smakovsky M.S. Sovremennye tekhnologicheskie vozmozhnosti povysheniya rentabel'nosti proizvodstva sudovogo mashinostroeniya na primere mekhanooobratyvyushchego uchastka OAO "ARMALIT-1" [Modern technological opportunities to increase profitability of marine engineering on example of machining shop of the OJSC "Armalit-1"], *Morskoi vestnik – Morskoy vestnik*, 2012, no. 2 (42), pp. 39–42.
3. Aksenov V.V., Valter A.V. Spetsifika geokhoda kak predmeta proizvodstva [Specificity of a geo-tunneler as an object of production]. *Nauchnoe obozrenie – Science Review*, 2014, no. 8–3, pp. 945–949.
4. Bogodukhov S.I., Bondarenko E.V., Skhirtladze A.G., Suleimanov R.M., Proskurin A.D. *Tekhnologicheskie protsessy v mashinostroenii* [Manufacturing processes in mechanical engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2009. 640 p. ISBN: 978-5-217-03408-6
5. ElMaraghy W., ElMaraghy H., Tomiyama T., Monostori L. Complexity in engineering design and manufacturing. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 2012, vol. 61, iss. 2, pp. 793–814. doi: 10.1016/j.cirp.2012.05.001
6. Wahab M.I.M., Stoyan S.J. A dynamic approach to measure machine and routing flexibilities of manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, 2008, vol. 113, iss. 2, pp. 895–913. doi: 10.1016/j.ijpe.2007.12.001

7. Mitrofanov S.P. *Gruppovaya tekhnologiya mashinostroitel'nogo proizvodstva*. V 2 t. T. 1 [Group technology engineering production. In 2 vol. Vol. 1]. 3<sup>rd</sup> ed. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1983. 403 p.
8. Mitrofanov S.P. *Gruppovaya tekhnologiya mashinostroitel'nogo proizvodstva*. V 2 t. T. 2 [Group technology engineering production. In 2 vol. Vol. 2]. 3<sup>rd</sup> ed. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1983. 375 p.
9. Gallagher C.C., Knight W.A. Group technology production methods in manufacturing. Harlow, United Kingdom, Ellis Horwood Ltd., 1986. 190 p. ISBN-10: 0745800467, ISBN-13: 9780745800462
10. Uddin M.K., Shanker K. Grouping of parts and machines in presence of alternative process routes by genetic algorithm. *International Journal of Production Economics*, 2002, vol. 76, iss. 3, pp. 219–228. doi: 10.1016/S0925-5273(01)00164-5
11. Ciurana J., Garcia-Romeu M.L., Castro R., Alberti M. A system based on machined volumes to reduce the number of route sheets in process planning. *Computers in Industry*, 2003, vol. 51, iss. 1, pp. 41–50. doi: 10.1016/S0166-3615(03)00024-1
12. Lasukov A.A., Navrotskii S.S. [System classifier of routing manufacturing processes of parts such as “Shaft” in a LLC “Yurginsky machine engineering plant”]. *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii “Perspektivy razvitiya i bezopasnost' avtotransportnogo kompleksa”* [Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Prospects for development and safety of the transport complex”]. Novokuznetsk, 2013, pp. 348–351.
13. Lee Y.C., Han H., Zomaya A.Y., Yousif M. Resource-efficient workflow scheduling in clouds. *Knowledge-Based Systems*, 2015, vol. 80, pp. 153–162. doi: 10.1016/j.knosys.2015.02.012
14. Boyarsky V.G., Sikhimbayev M.R., Sherov K.T. Perenalazhivaemaya tekhnologicheskaya osnastka dlya gruppovoi obrabotki [Readjustable technological equipment for group treatment]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental research*, 2011, no. 12–3, pp. 542–547.
15. Aksenov V.V., Walter A.V., Beglyakov V.Yu. Obespechenie geometricheskoi tochnosti obolochki pri sborke sektsii geokhoda [Ensuring the geometric accuracy of shell during assembly of Geohod sections]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science*, 2014, no. 4 (65), pp. 19–28.
16. Andrichenko A.S. «Vertikal'» – novoe pokolenie tekhnologicheskikh SAPR: ob'ektnyi podkhod [“Vertical” – the new generation of CAD technology: the object orientation]. *SAPR i grafika – CAD and Graphics*, 2005, no. 6, pp. 8–10.

## Funding

The results achieved in the implementation of an integrated project funded by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Contract N 02.G25.31.0076.

## Article history:

Received 20 May 2015

Revised 20 June 2015

Accepted 17 July 2015