

УДК 519.816:004.421.4

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ БУДУЩЕГО НЕСТАНДАРТНОГО ИЗДЕЛИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**С. С. Кочергина**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: s230389@rambler.ru

Разработан алгоритм формирования структуры будущего нестандартного изделия с учетом приоритетности критериев отбора, выполняемом на стадии проработки контракта и технического задания. Заказчик определяет свои требования к будущей конструкции изделия, которые потом декомпозируются по основным компонентам изделия и составляют будущую структуру изделия, на основании которой конструктор подбирает необходимый вариант состава из многообразия номенклатурной базы предприятия. Таким образом, алгоритм позволяет сформировать и утвердить структуру будущего изделия с учетом выбора наилучшего варианта конструкции по индивидуальным требованиям заказчика и согласовать оценки приоритетов между заказчиком и изготовителем. На основании данного алгоритма выполнена программная реализация на машиностроительном предприятии ПАО «Кредмаш» с использованием технологии NET Framework 4.5 и Windows Presentation Foundation (WPF). В качестве среды разработки использовался Microsoft Visual Studio 2013. Языком программирования был выбран C#.net.

Ключевые слова: структура нестандартного изделия, приоритетность критериев отбора.

АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ МАЙБУТНЬОЇ НЕСТАНДАРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ**С. С. Кочергина**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: s230389@rambler.ru

Розроблено алгоритм формування структури майбутньої нестандартної продукції з урахуванням пріоритетності критеріїв відбору, що виконується на стадії опрацювання контракту та технічного завдання. Замовник визначає свої вимоги до майбутньої конструкції продукції, які потім декомпазуються за основними компонентами і складають майбутню структуру продукції, на підставі якої конструктор підбирає необхідний варіант конструкції з різноманіття номенклатурної бази підприємства. Таким чином, алгоритм дозволяє сформувати і затвердити структуру майбутньої продукції з урахуванням вибору найкращого варіанту конструкції за індивідуальними вимогами замовника та узгодити оцінки пріоритетів між замовником і виробником і виробником. На підставі даного алгоритму виконана програмна реалізація на машинобудівному підприємстві ПАТ «Кредмаш» з використанням технології NET Framework 4.5 і Windows Presentation Foundation (WPF). Середовищем розробки було обрано Microsoft Visual Studio 2013. Мовою програмування – C#.net.

Ключові слова: структура нестандартної продукції, пріоритетність критеріїв відбору.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В условиях жесткой конкуренции перед машиностроительными предприятиями, возникла задача перехода к выпуску нестандартной продукции, ориентированной на потребности конкретного заказчика. Конечно же, в каждом варианте конструкции предприятия стремятся использовать максимальное количество готовых узлов из имеющейся номенклатурной базы. Это дает возможность ускорить процесс подготовки и выпуска продукции, а также снизить ее стоимость при учете всех требований заказчика.

Формирование структуры будущего нестандартного изделия выполняется на стадии проработки контракта и технического задания (ТЗ), когда заказчик определяет свои требования к будущей конструкции изделия. Сформированные в итоге требования декомпозируются по основным компонентам изделия и составляют будущую структуру изделия, на основании которой конструктор подбирает необходимый вариант состава из многообразия номенклатурной базы предприятия. Конструктивных вариантов решений на всех уровнях детализации в виде различных агрегатов, функциональных узлов и деталей бывает достаточно много. Зачастую конструктор выбирает тот или иной вариант, интуитивно не

учитывая многие производственные факторы и общую направленность предпочтений заказчика, т.к. в стандартных ТЗ это не учитывается. Поэтому в зависимости от того, насколько правильно предприятием составлен перечень возможных характеристик и критериев, которые заказчик хотел бы указать, зависит точность и глубина выполнения всех требований заказчика. Следовательно, данные научные исследования являются актуальными.

Подходами и возможными вариантами формирования структуры будущего изделия занимаются такие ученые как: Левин А.И., Судов Е.В., Карасев Д.С., Коновалов Н.А., Стародубов В. и другие [1–7]. Однако в этих разработках не учитываются предпочтения заказчика в плане общих концепций изготовления будущего нестандартного изделия, таких как важность сроков изготовления изделия, предпочтения включения инновационных разработок, соотношение цена–качество и т.д.

Учитывая все вышесказанное, целью работы является разработка алгоритма формирования структуры будущего нестандартного изделия с учетом приоритетностей критериев отбора и его программная реализация.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.
Перечень предложенных критериев отбора, многокомпонентное дерево требований, необходимое для решения данной задачи, были освещены в работах [8, 9]. На основании данных работ и учитывая, что структура изделия это набор требований, предъявляемых заказчиком к изделию [10], алгоритм ее формирования состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Анализ заказчиком предъявленных сведений, общих характеристик базовых изделий и их разновидностей.

Началом процесса формирования требований является анализ полученных данных от производителя

(менеджера по продажам) в виде каталогов с вариантами готовых изделий и их модификаций, компонентами и запасными частями, к которым описаны все необходимые технические характеристики. Данную информацию потенциальный заказчик также может просмотреть в программе «Формирование ТЗ» (рис. 1, 2) предоставляемую из разделов архива ОБДИ. Данное программное обеспечение было выполнено с использованием технологии NET Framework 4.5 и Windows Presentation Foundation (WPF). В качестве среды разработки использовался Microsoft Visual Studio 2013. Языком программирования был выбран C#.net.



Рисунок 1 – Главное окно программы «Формирование ТЗ»

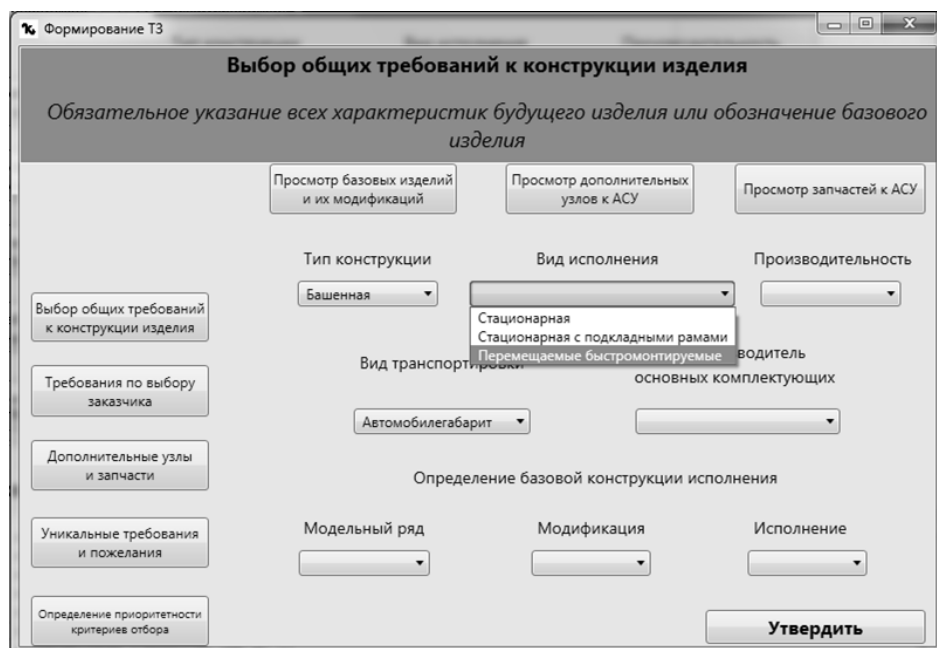


Рисунок 2 – Окно выбора общих требований при формировании ТЗ

Шаг 2. Выбор общих требований к конструкции изделия (рис. 2).

Первым этапом формирования ТЗ будущего нестандартного изделия является определение общей концепции и функциональных характеристик изделия, которые указываются обязательно. Данный вид требований фиксируется как «требования 1.1».

На машиностроительном предприятии ПАО «Кредмаш» к данным требованиям были отнесены: «Тип конструкции», «Вид исполнения», «Производительность номинальная», «Вид транспортировки», «Страна производитель основных комплектующих».

Если заказчик уже определил базовую конструкцию изделия и намерен изменить в ней только незначительные конструктивные решения, то в окне определения общих требований к конструкции изделия (рис. 2) указывается только последний пункт «Определение модельного ряда конструкции», «Модификация», «Изделие».

Каждый вид требований формулируется заказчиком на основании существующих характеристик изделий, выпускаемых на предприятии. По нажатию кнопки «Утвердить» выбранные данные проверяются на логическую совместимость и непротиворечивость. Если в результате анализа требований заказчика определились невыполнимые и/или противоречивые требования, то на дисплей выдается соответствующее сообщение, и указываются те пункты, которые противоречат друг другу. В данном случае заказчику необходимо внести изменения в выбранные требования.

Если же все указанные требования не противоречат друг другу, выполняется переход на главную страничку, где заказчик может выбрать следующий вид требований (*шаг 3, 4, 5*) и продолжить уточнение конструкции или указать только приоритетность критериев отбора (*шаг 6*) и сформировать общее ТЗ и его утвердить (*шаг 7*) нестандартного изделия

Шаг 3. Определения требований по выбору заказчика, если необходимо уточнение конструкции и характеристик некоторых узлов будущего изделия.

Эти требования могут не указываться заказчиком или указываться частично. Данный вид требований фиксируется как «требования 1.2» и на предприятии ПАО «Кредмаш» к ним были отнесены: «Вид топлива», «Тип пылеулавливающего устройства», «Система управления», «Установленная мощность», «Количество фракций дозируемого каменного материала», «Способ загрузки готовой смеси», «Вместимость бункера агрегата питания», «Общая вместимость бункеров агрегата минерального порошка», «Общая вместимость цистерн для битума», «Региональные требования» и т.д.

После указания всех необходимых пунктов данного окна «Формирования ТЗ» и нажатия кнопки «Утвердить» производится проверка на логическую совместимость и непротиворечивость. При отсутствии противоречий, производится переход на

главное окно и последующие действия, аналогичные *шагу 2*.

Шаг 4. Выбор дополнительных компонентов и запасных частей, которые могут устанавливаться на все или некоторые разновидности изделия по заказу потребителя.

Большинство предприятий, помимо каталога разновидностей выпускаемых изделий, предлагает дополнительные компоненты к выпускаемым конструкциям изделий, позволяющие улучшить качество, технологичность, надежность, производительность и т.д. Эти компоненты и другие составные части конструкции заказчик также может приобрести как запасные части дополнительно. Для этого сгруппирован отдельный вид требований, который может указываться потребителем по желанию, и фиксируется как «требования 1.3».

На предприятия ПАО «Кредмаш» к дополнительным компонентам конструкции были отнесены: «Агрегат целлюлозной добавки», «Агрегат модифицированного битума», «Агрегат минерального порошка», «Агрегат пыли» и т.д., к комплексу запасных частей – «Стандартный комплекс запасных частей», «Расширенный комплекс запасных частей», «По выбору заказчика». Состав комплекса запасных частей формируется уже на последнем этапе подбора конструкции, на основании определенного варианта состава изделия.

Шаг 5. Назначение уникальных требований и пожеланий к будущему изделию (при необходимости).

Если с перечня предложенных выше требований, заказчику необходимо уточнить еще дополнительные, то во вкладке «Уникальные требования и пожелания» (рис. 1) он может записать все необходимые характеристики будущих ДСЕ для конструктора, формирующего техническое предложение. Данный вид требований фиксируется как «требования 1.4». Данный вид требований замедлит процесс формирования технического предложения, подготовки производства и выпуска продукции. К тому же стоимость данного изделия возрастет на порядок, поэтому заполнение данного пункта ТЗ требует дополнительных согласований.

Шаг 6. Определение приоритетности критериев отбора.

Для решения многокритериальной задачи выбора наилучшего варианта конструкции нестандартного изделия, по индивидуальным требованиям заказчика и для согласования оценок приоритетов между заказчиком и изготовителем, предложено при формировании ТЗ также определять приоритетности критериев отбора (рис. 3).

В зависимости от предпочтений заказчика, его требований к точности учета того или иного критерия отбора, он либо ранжирует критерии отбора, нажимая соответствующую кнопку (рис. 4), либо заполняет таблицу весовых коэффициентов на основе суждений о его предпочтениях. Последний вариант является более трудоемким, однако при его использовании рассчитывается некоторая обобщенная оценка. В ней учитываются вес значения

каждого критерия.

При ранжировании критериев отбора достаточно только фиксировать очередность убывания предпочтения критериев. При данном способе отбора все критерии изначально считаются равноценными и уменьшение важности признаков, предполагается также равномерным, в то время как на практике этого не бывает. Поэтому точнее указать предпочтения заказчика может, заполнив таблицу попарных сравнений.

Заполнение таблицы производится при переходе в соответствующее окно программы. Чтобы потребителю было удобнее проводить сравнения, критерии заносятся в таблицу и по горизонтали, и по вертикали. Он заполняет клетки такой таблицы по вертикали, начиная со сравнения критерия качества со всеми последующими критериями, далее производится сравнение критерия стоимости с последующими и т.д. Оценка сравнения вводится с клавиатуры от 0 до 1, с шагом выбора – 0,1.

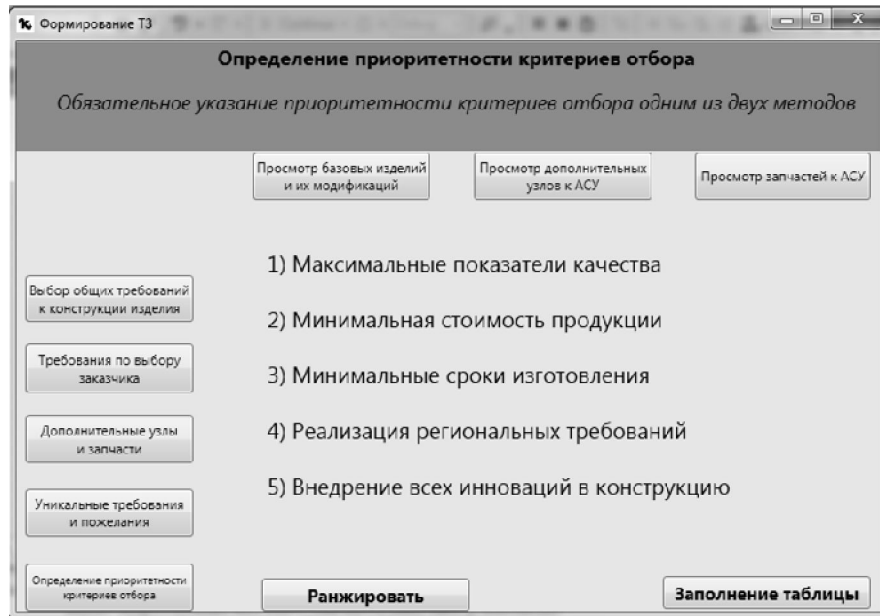


Рисунок 3 – Окно определения приоритетности критериев отбора при формировании ТЗ нестандартного изделия

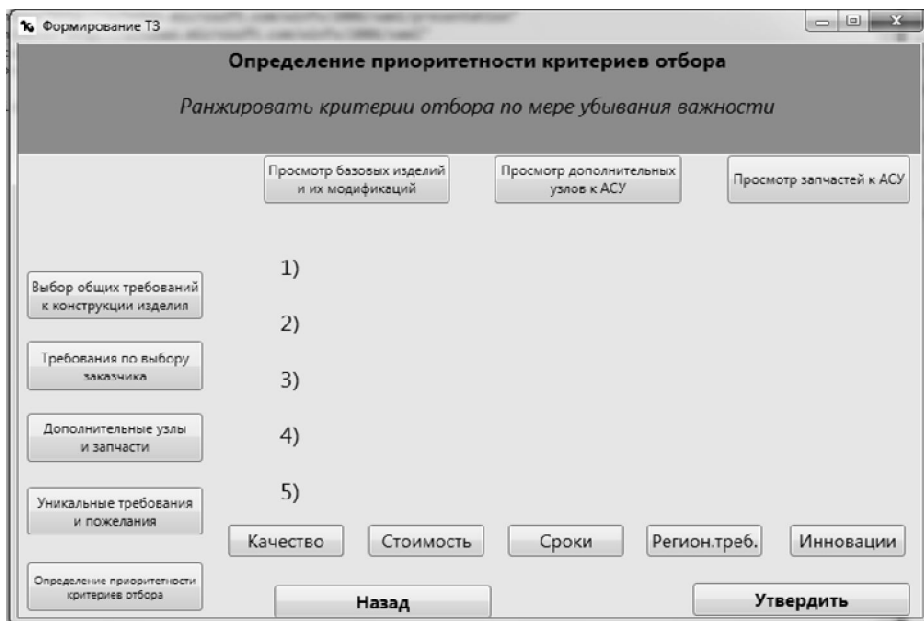


Рисунок 4 – Окно определения приоритетности критериев отбора методом ранжирования критериев

Половина таблицы, расположенная выше диагонали, служит отражением нижней половины. Чтобы не вносить путаницу, не провоцировать заказчика вычислять одну половину таблицы по

другой, чтобы уменьшить число операций, заполняется только одна половина таблицы ниже главной диагонали.

Данный вид требований обязательный и фиксируется как «требования 1.5».

Шаг 7. Формирование структуры будущего изделия и утверждение ТЗ.

После того как заказчик обязательно заполнил такие требования как «Обязательные требования к конструкции изделия» и «Приоритетность критериев отбора» и (по желанию) все остальные пункты требований, производится общая проверка на логическую совместимость и непротиворечивость, декомпозиция требований и формирование общего документа ТЗ. Данные действия происходят при нажатии кнопки «Формирование общего ТЗ».

При декомпозиции требований производится прикрепление требований к отдельным компонентам конструкции на определенных уровнях раскрытия конструкции изделия.

После того как все требования, предъявленные заказчиком к конечному изделию, проработаны на возможность выполнения, предприятие принимает решение о том, что проект может быть выполнен. Происходит утверждение ТЗ.

На этом этапе каждый вид требований (рис. 5) заносится в определенный подраздел «БД требований заказчика и ограничений предприятия» (рис. 6) и сохранение структуры изделия в «БД текущего проекта».

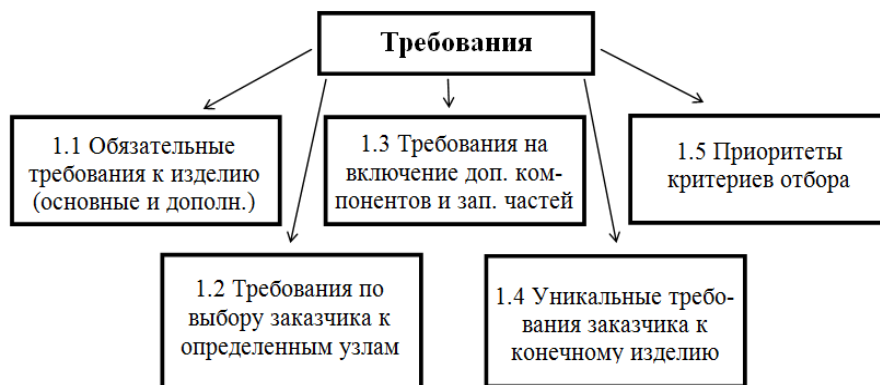


Рисунок 5 – Виды требований к будущему изделию, формируемые заказчиком

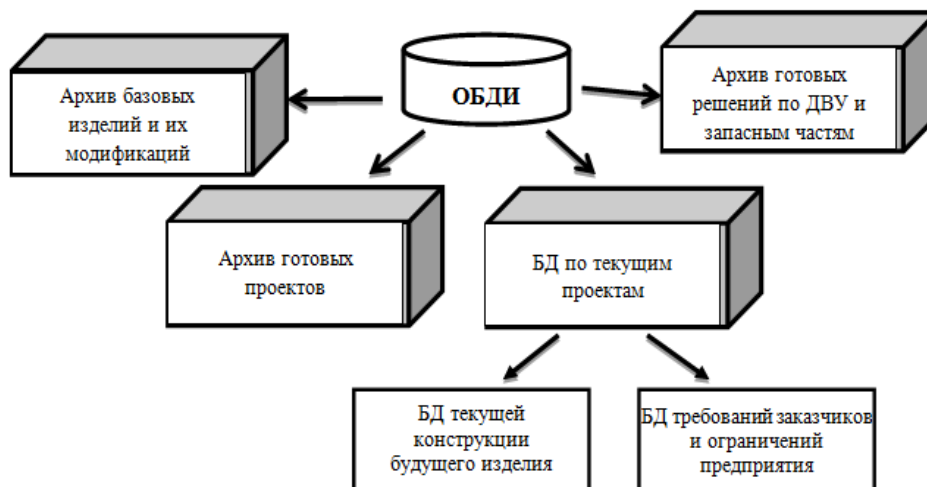


Рисунок 6 – Разделы ОБДИ подсистемы автоматизированного формирования нестандартного состава изделия

Если формализованные заказчиком требования к конечному изделию передаются в форме утвержденной копии бумажного документа, то в PDM-системе предприятия менеджеру по продажам необходимо сформировать (построить) дерево требований. А если требования заказчика передаются в форме обменного файла, то необходимо этот файл загрузить в PDM-систему.

ВЫВОДЫ. Разработан алгоритм предварительного формирования структуры нестандартного изделия позволяющий решить следующие задачи:

– формализация требований к изделию;

– декомпозиция требований по основным компонентам изделия;

– формирование и утверждение структуры будущего изделия с учетом выбора наилучшего варианта конструкции по индивидуальным требованиям заказчика и согласование оценок приоритетов между заказчиком и изготовителем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин А.И., Судов Е.В. Методы и технологии управления конфигурацией сложных изделий // Технологии приборостроения. – 2003. – № 4. – С. 12–17.

2. Карасев Д.С. Реализация технологии управления конфигурацией в PDM-системе // Информационные технологии в проектировании и производстве: науч.-техн. журнал ФГУП «ВИМИ». – 2006. – № 1. – С. 17–22.

3. Карасев Д.С. Реализация технологии управления конфигурацией в системе PDM STEP Suite // Актуальные вопросы станкостроения: сбор. науч. трудов ЭНИМС. – 2004. – С. 43–55.

4. Brown A. Large Scale. Component-Based Development. – Prentice Hall, 2000. – 300 p.

5. Bass L., Chastek G., Clements P., Northrop L., Smith D., Withey J. Second Product Line Practice Workshop Report. – Software Engineering Institute, Pittsburg, PA, CMU/SEI-98-TR-015, 1998. – 42 p.

6. Стародубов В. Управление конфигурацией: задачи, стандарты и реализация // Машиностроение и смежные отрасли. CAD/CAM/CAE. – 2006. – № 4 (28). – С. 30–33.

7. Коновалов Н.А. Управление конфигурацией изделия, с использованием метода «Программиро-

вание в ограничениях» // Молодежный научно-технический вестник. – 2012. – № 9. – С. 169–175 [Электронный журнал]. – Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/478307.html>.

8. Шевченко И.В., Кочергина С.С. Модель подсистемы формирования оптимального состава изделия при индивидуальном заказе на машиностроительном предприятии // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2014. – Вип. 1/2014 (84). – С. 69–75.

9. Кочергина С.С., Шевченко И.В. Математическая модель задачи формирования оптимального варианта состава изделия с учетом ранжирования критериев отбора // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2014. – № 165. – С. 28–33.

10. Применение ИПИ-технологий в задачах обеспечения качества и конкурентоспособности продукции. Методические рекомендации. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2004. – 104 с.

ALGORITHM AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF FUTURE NONSTANDARD PRODUCT STRUCTURE FORMATION AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

S. Kochergina

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: s230389@rambler.ru

The algorithm of the future non-standard product structure formation is designed taking into consideration the priority of selection criteria that should be performed during the contract elaboration and requirements specification. The customer determines its own requirements for the design of future product structure which are then decomposed by the main components of the product and define the future structure of the product, on the basis of which the constructor selects the desired option from the variety of the enterprise nomenclature base. Thus, the algorithm allows to generate and approve the structure of the future product taking into account the selection of the best design variant according to the customer individual requirements and to coordinate the priorities assessments between the customer and the manufacturer. According to this algorithm it was carried out the software implementation at the machine-building enterprise PJSC "Kredmash" using the technology of NET Framework 4.5 and Windows Presentation Foundation (WPF). Microsoft Visual Studio 2013 was used as a development framework. C#.net was chosen as a programming language.

Key words: structure of non-standard product, priority of selection criteria.

REFERENCES

1. Levin, A.I., Sudov, E.V. (2003) "Methods and Technologies of Complex Products Configuration Control", *Technology of instrument engineering*, no. 4, pp. 12–17.

2. Karasev, D.S. (2006) "Realization of Technologies Configuration Control in PDM-system", *Information technologies in the design and production: Nauch. tehn. zhurn FSUE «VIMI»*, no. 1, pp. 17–22.

3. Karasev, D.S. (2004) "The Implementation of Technology in Configuration Control System in PDM STEP Suite", *Actual Issues of Machine Tools: Collected scient. articles ENIMS*, pp. 43–55.

4. Brown, A. (2000) *Large Scale. Component-Based Development*, Prentice Hall, USA.

5. Bass, L., Chastek, G., Clements, P., Northrop, L., Smith, D., Withey, J. (1998) *Second Product Line Practice Workshop Report*, Software Engineering Institute, Pittsburg, USA.

6. Starodubov, V. (2006) "Configuration Control: Tasks, Standards and Implementation", *Engineering and related industries. CAD/CAM/CAE*, no. 4 (28),

pp. 30–33.

7. Konovalov, N.A. (2011) "Product Configuration Control using the method of "Constraint Programming"", *Youth Scientific-Technical Bulletin*, Electronic journal, no. 9.

8. Shevchenko, I.V., Kochergina, S.S. (2014) "Model of subsystem of optimum product composition for individual order at engineering enterprise", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, no. 1 (84), pp. 69–75, Ukraine.

9. Kochergina, S.S., Shevchenko, I.V. (2014) "Mathematical model of formation problem of product optimal version by means of selection ranking criteria", *Automated Control Systems and Automation Devices*, no. 165, pp. 28–33, Ukraine.

10. Research Center of CALS-Technologies (2004) *Application of CALS-Technologies in Tasks for Quality Ensuring and Product Competitiveness. Workbook*, Nauka, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 10.11.2014.