

УДК 004:681.518

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НЕСТАНДАРТИЗИРОВАННОГО
СОСТАВА ИЗДЕЛИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ****С. С. Кочергина**

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

Предложена информационная технология, которая решает задачи оптимизации процесса постановки на производство нестандартизированной продукции и включает комплекс математических моделей и методов, систему взаимосвязанных информационных процессов и комплекс технических и программных средств. Модель подсистемы формирования оптимального состава изделия позволяет повысить коэффициент выполнения всех требований заказчика. Модель решения задачи оптимизации состава изделия содержит адаптивный интегральный критерий, включающий несколько взвешенных локальных критериев и множество ограничений. Метод, используемый в предложенной информационной технологии, позволяет из имеющейся номенклатурной базы предприятия предложить наиболее эффективное решение для конструктора, формирующего техническое предложение потенциальному заказчику по его требованиям. В целом информационная технология позволяет оптимальным образом сформировать состав нестандартизированного изделия для каждого заказчика и повысить эффективность работы предприятия.

Ключевые слова: нестандартизированное изделие, оптимальный вариант конструкции, требования заказчика.

**РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ НЕСТАНДАРТИЗОВАНОГО СКЛАДУ ВИРОБУ
ПРИ ПОСТАНОВЦІ НА ВИРОБНИЦТВО В МАШИНОБУДУВАННІ****С. С. Кочергіна**

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

Запропоновано інформаційна технологія, яка вирішує задачі оптимізації процесу постановки на виробництво не стандартизованої продукції і включає комплекс математичних моделей і методів, систему взаємопов'язаних інформаційних процесів і комплекс технічних і програмних засобів. Модель підсистеми формування оптимального складу виробу дозволяє підвищити коефіцієнт виконання всіх вимог замовника. Модель вирішення задачі оптимізації складу виробу містить адаптивний інтегральний критерій, що включає кілька зважених локальних критеріїв і безліч обмежень. Метод, що використовується в запропонованій інформаційній технології, дозволяє з наявної номенклатурної бази підприємства запропонувати найбільш ефективне рішення для конструктора, що формує технічну пропозицію потенційному замовнику за його вимогами. В цілому, дана інформаційна технологія дозволяє оптимальним чином сформулювати склад нестандартизованного виробу для кожного замовника та підвищити ефективність роботи підприємства.

Ключові слова: нестандартизована продукція, оптимальний варіант конструкції, вимоги замовника.

АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ. Современное машиностроительное производство характеризуется широкой компьютеризацией всех производственных процессов. В условиях рыночной экономики конкурентную борьбу успешно выдерживают только те предприятия, которые применяют в своей деятельности современные компьютерные и информационные технологии. На мировом рынке наукоемкой продукции развивается тенденции полного перехода на безбумажную электронную технологию проектирования, изготовления и сбыта изделий. По прогнозам зарубежных специалистов, в ближайшем будущем на внешнем рынке невозможно будет продать продукцию машиностроения без соответствующей международным стандартам безбумажной электронной документации [1–3].

Однако внедрение информационных технологий в бизнес-процессы постановки на производство

нестандартизированных изделий практически не проводится [4–6]. Редко принимается во внимание полезный эффект повышения конкурентоспособности предприятия за счет качественно составленной конструкции изделия из имеющейся номенклатурной базы деталей и сборочных единиц (ДСЕ) предприятия, что тормозит процесс компьютеризации на данном этапе работ.

Составление будущего изделия из имеющейся многообразной номенклатурной базы ДСЕ с учетом текущего состояния загруженности производства, критериев и ограничений от заказчиков делает данный вид работ достаточно трудоемким и не эффективным без применения информационных технологий. В этой связи актуальным является разработка информационной технологии автоматизированного формирования нестандартного состава изделия при постановке на производство.

С учетом сказанного выше, целью данной работы является разработка информационной технологии постановки на производство нестандартной продукции, которая позволит оптимизировать данный бизнес-процесс производства при минимуме затрат, как временных, так и интеллектуальных.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСЛЕДОВАНИЙ.
Модель информационной технологии. Разрабатывая информационную технологию необходимо определить её статическую часть – структуру данных (*DS*) и комплекс математических методов и моделей (*CMM*), а также описать динамическую составляющую информационной технологии – информационные процессы (*IP*) и их взаимодействие между собой (*IP*). Исходя из этого модель информационной технологии должна быть представлена кортежем

$$IT = \langle DS, CMM, IP, IPI \rangle. \quad (1)$$

Разработанная информационная технология решения задачи автоматизированного формирования нестандартизированной продукции при постановке на производство включает в себя:

1. Комплекс математических моделей и методов, в том числе:

- модель подсистемы формирования оптимального состава нестандартизированного изделия (M1) [7];

- многокомпонентная модель дерева требований при формировании заказа (M2);

- математической модели задачи формирования оптимального варианта предварительного состава изделия с учетом ранжирования критериев отбора (M3) [8];

- метод решения задачи автоматизированного формирования оптимального варианта состава изделия (M4).

2. Система взаимосвязанных информационных процессов.

3. Программный модуль, реализующий процедуру оптимизации.

4. ЭВМ, осуществляющая процесс ввода первичных данных от заказчика, расчета промежуточных данных и процедура оптимизации состава нестандартизированного изделия.

Ниже представлен перечень исходных, первичных, промежуточных и конечных данных, необходимых для обеспечения функционирования подсистемы формирования оптимального состава нестандартизированного изделия.

1. Исходные данные:

- варианты критериев отбора, предлагаемые предприятием;

- БД базовых изделий и их модификаций;

- БД готовых проектных решений по узлам и в целом;

- БД дополнительных и взаимозаменяемых узлов (ДВУ) и запасных частей;

- комплект нормативных документов, ЕСКД, ЕСТД, методики и стандарты предприятия, регламентирующие создаваемые документы при экспертизе возможности изготовления и формировании нестандартизированного изделия для заказчика;

- информация о структурных, коммерческих, операционных, функциональных и внешних факторах каждого поставщика;

- классификатор оборудования по степени использования, классификатор технологического оборудования, классификатор материалов и комплектующих изделий, классификатор ресурсов, профессий, структурных подразделений предприятия;

- классификатор видов заготовок, классификатор операций складского учета, классификатор видов потребности материалов и покупных изделий, информация о количестве заготовок на складах и цехах, о количестве материалов и комплектующих на складах;

- классификатор тарифных ставок, классификатор статей калькуляций, информационная база материальных нормативов.

2. Первичные данные:

- сформированные потребителем основные и дополнительные характеристики, характеристики по выбору заказчика, уникальные требования (при необходимости), список дополнительных компонентов и запасных частей, приоритетности критериев отбора и ограничения, как со стороны заказчика, так и со стороны предприятия;

- БД о текущем состоянии и готовности производства, о планируемых поставках материалов и комплектующих, их сроки, о полной технической характеристике и стоимости всех составляющих изделия, достаточно полно отражающих их сущность использования.

3. Промежуточные данные, полученные в результате расчетов:

- весовые коэффициенты локальных критериев отбора.

4. Конечные данные:

- интегральный критерий оптимальности на каждом уровне детализации;

- перечень возможных вариантов конструкции с учетом ранжирования критериев отбора на каждой этапе раскрытия дерева конструкции;

- советы и рекомендации для конструктора.

Состав, взаимодействие информационных процессов в информационной технологии.

На рис. 1 приведена общая схема информационной технологии задачи автоматизированного формирования нестандартизированного состава изделия при постановке на производство. Рассмотрим процессы сбора, обработки и передачи информации, показанные на рис. 1.

ІІІ. Определение требований и приоритетности критериев отбора к будущему изделию. Данный информационный процесс производится при сотрудничестве заказчика (дилера) и менеджеров по продажам предприятия состоит из следующих этапов:

1.1 Анализ заказчиком предъявленных сведений, общих характеристик о базовых изделия и их разновидностях.

1.2 Определение общих требований к конструкции изделия (основных и дополнительных).

1.3 Если необходимо, уточнение конструкции некоторых узлов будущего изделия, путем определения требований по выбору заказчика.

1.4 Анализ предъявленных сведений о дополнительных компонентах и запасных частях, которые могут устанавливаться на все или некоторые разновидности изделия по заказу потребителя.

1.5 В результате проведенного анализа – выбор дополнительных компонентов, которые должны быть применены в конструкции нового изделия и запасных частей, если это необходимо заказчику.

1.6 Назначение уникальных требований к новому изделию (при необходимости).

1.7 Определение приоритетности критериев отбора путем их ранжирования или заполнения таблицы весовых коэффициентов на основе суждений о предпочтениях заказчика.

Определение приоритетности критериев отбора

необходимо для оптимизации процесса постановки на производство нестандартизированной продукции. Такими критериями могут быть, например, максимизация показателей качества изделия, минимизация стоимости нового изделия, минимизация сроков изготовления, максимальная реализация региональных требований, максимальное использование инноваций в конструкции нового изделия. В зависимости от предпочтений заказчика, его требований к точности учета того или иного критерия отбора, он либо ранжирует критерии отбора, 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.

Данный информационный процесс начинается с анализа введенных данных на непротиворечивость и поиск аналогичных заказов в архиве базовых изделий и их модификаций, архиве готовых проектов. Если данные противоречат друг другу, выполняется корректировка заказчиком требований и дальнейший поиск идентичных заказов. Если найдены заказ с такими же требованиями – проводится только оптимизация конструкции изделия на основании текущей производственной ситуации (*ІІІ4*).

Заканчивается процесс формированием предварительного технического задания от потребителя.

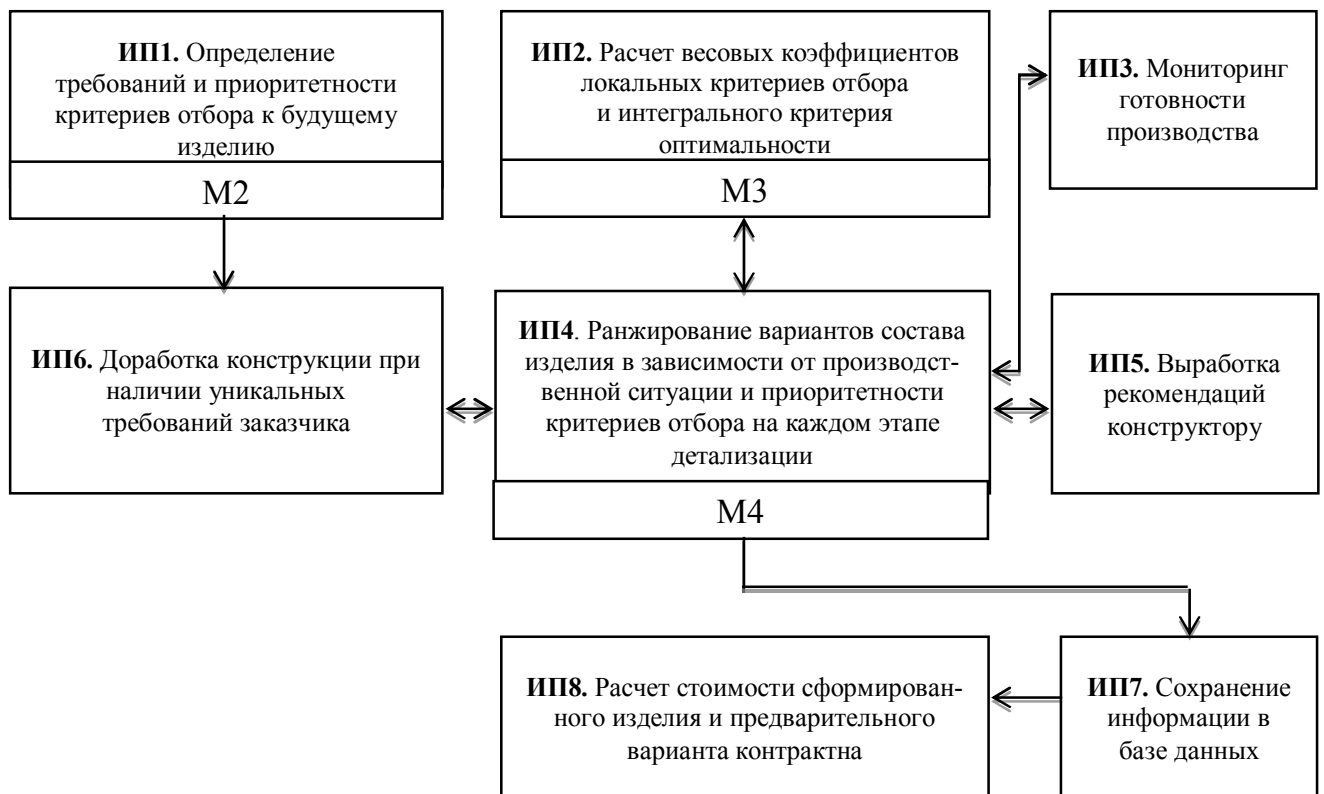


Рисунок 1 – Общая схема информационной технологии решения задачи автоматизированного формирования нестандартизированного состава изделия при постановке на производство

ІІІ2. Расчет весовых коэффициентов локальных критериев отбора и интегрального критерия оптимальности. Для определения весовых коэффициентов локальных критериев предлагается использовать метод парных сравнений (МПС) объектов [9]. Интегральный критерий оптимальности должен объединять все перечисленные локальные критерии оптимизации, но в зависимости от предпочтений заказчика каждый критерий должен иметь свой весовой коэффициент влияния на формирование нестандартизированного изделия.

Формирование интегрального критерия оптимальности производится по следующей зависимости:

$$F = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i^H, \quad (2)$$

где $K_i^H = \frac{K_i}{K_{i\max}}$, $K_{i\max}$ – экспертная оценка максимального значения данного критерия, а весовые коэффициенты должны удовлетворять условию:

$\sum_i \alpha_i = 1$.

Значения весовых коэффициентов локальных критериев высчитывается на основании введенных данных на этапе *ІІІ1* методом парных сравнений.

Определение весовых коэффициентов выполняется также заводскими специалистами. Оценки этих двух групп экспертов по ряду критериев будут согласованы, а по некоторым критериям будут расходиться. Этот факт должен быть учтен при реализации механизма балансировки значений коэффициентов. Изменяя соотношение коэффициентов можно управлять выбором альтернатив, перемещая альтернативы по полю полезности.

Для уточнения оценки весового коэффициента по мере обновления данных и для согласования оценки весового коэффициента критерия K^* , полученной от заказчика – α_{*Z} , с оценкой весового коэффициента, полученной от эксперта предприятия α_{*P} , предложено вычислять коэффициент α_* следующим образом:

$$\alpha_* = \gamma \alpha_{*Z} + (1 - \gamma) \alpha_{*P}, \quad (3)$$

где $\gamma = 0,56^{0,5\beta_*}$; β_* – нормированная оценка данного варианта изделия по критерию K^* :

$$\beta_* = \frac{K_*^{prog} - K_*^{baz}}{K_*^{baz}}, \quad (4)$$

где K_*^{prog} – прогнозируемая для данного варианта изделия оценка по критерию K^* ; K_*^{baz} – базовая (усредненная) оценка по критерию K^* для изделий данного класса.

Результатом данного процесса является рассчитанный интегральный критерий оптимальности для текущего уровня детализации.

ІІІ3. Мониторинг готовности производства. Данный информационный процесс позволит более эффективно, экономически выгодно заключать контракт для обеих сторон и выдавать результат текущего состояния на монитор конструктора в табличном и графическом виде. Информационный процесс контролирует:

- наличие необходимого оборудования, инструмента и квалифицированного персонала для изготовления необходимых узлов конструкции;
- загрузка производства;
- наличие материалов, комплектующих, запасных частей и заготовок;
- поставки материалов и комплектующих от каждого поставщика;
- расчет стоимости узлов на данный момент времени.

Данная информация обновляется ежедневно по окончании рабочего дня и учитывает сведения об использовании ресурсов для изготовления изделий ещё не запущенных в производство, но на которые уже заключены контракты. Информация поступает от подсистемы ERP предприятия.

ІІІ4. Ранжирование вариантов состава изделия в зависимости от производственной ситуации и приоритетности критериев отбора на каждом этапе детализации. Информационный процесс позволяет определить возможные варианты конструкции на каждом уровне детализации и состоит из следующих этапов:

4.1 На основании предъявленных основных требований (информация от *ІІІ1*) определяется модельный ряд конструкции изделия.

4.2 На основании дополнительных требований и требований по выбору заказчика (от *ІІІ1*), производится сокращение допустимого множества вариантов исполнений будущей конструкции изделия, путем формирования множества Парето.

4.3 На основе рассчитанного интегрального критерия оптимальности или ранжирования критериев отбора (в зависимости от метода определения приоритетов заказчиком) (информация поступает от *ІІІ2*) и загрузки производства (от *ІІІ3*) проводится сравнение и упорядочение вариантов решений будущей конструкции изделия.

4.4 Выбор окончательного варианта элементов конструкции данного уровня детализации с учетом их ранжирования и рекомендаций (от *ІІІ5*).

4.5 Проверка наличия на данном уровне детализации необходимости введения дополнительных компонентов и уникальных требований (от *ІІІ1*), предъявленных заказчиком.

4.6 Выбор дополнительных компонентов с учетом интегрального критерия оптимальности и предъявленных требований (при необходимости).

4.7 Доработка конструкции при наличии уникальных требований заказчика (*ИП6*).

4.8 Переход на следующий уровень детализации (пункт 4.2).

Данный информационный процесс повторяется для следующего уровня детализации конструкции изделия вплоть до самого нижнего уровня. Для контроля выполнения требований заказчика к изделию, они декомпозируются и учитываются на всех уровнях детализации. После формирования окончательного состава нестандартизированного изделия, определяются запасные части (по заявке заказчика) конструкции.

Результатом данного процесса является полностью сформированный состав конструкции нестандартизированного изделия.

ИП5. Выработка рекомендаций конструктору. На каждом уровне детализации происходит выработка рекомендаций конструктору в виде статистических данных преимущественного использования элементов модельного ряда или исполнения существующих конструкций. Если лицо принимающее решение действует рационально, он должен выбрать вариант решения в соответствии с полученным упорядочением. Процесс выработки рекомендаций проходит на каждом уровне детализации.

ИП6. Доработка конструкции при наличии уникальных требований заказчика. В случае указания потребителем уникальных требований (от *ИП1*), не имеющих реализации в прошлом на предприятии, требуется доработка конструкции. Необходимо внесение изменений в конструкторскую документацию (КД). Входными данными при изменении является КД, требующая изменений, и требования, предъявляемые к конструкторскому решению. Исходя из информации о требованиях и текущей КД, выбираются и согласовываются технические решения для выполнения требований. Для этого в разрабатываемой подсистеме предусмотрена полная совместимость с САПР предприятия на уровне математического, технического, программного и информационного обеспечения.

На основании выработанных решений разрабатываются и утверждаются извещения об изменении КД. В данном документе описываются правила изменения: «что, на что», «по какой причине», «с какого момента (даты) необходимо заменить» и т.д. Процесс внесения изменений в КД регламентирован ГОСТ 2.503–90.

Далее на основании извещения об изменении дорабатывается конструкция (если необходимо, то с предварительной проработкой компоновки и согласованием со смежными отделами) и вносятся изменения в КД. Изменения, внесенные в КД, про-

веряются и проходят цикл согласования с различными службами предприятия.

Результатом данного процесса является согласованное и утвержденное извещение об изменении КД, КД с изменениями.

ИП7. Сохранение информации в базе данных. По окончании полного формирования оптимального состава изделия на *ИП4*, все данные по текущему проекту (ТЗ, расчеты, конструкторские решения, КД, доработки по индивидуальным требованиям, извещения об изменениях) сохраняются в определенных архивах БД. Данный процесс реализуется стандартными средствами языка программирования.

ИП8. Расчет стоимости сформированного изделия и формирование предварительного варианта контракта. Данный процесс также реализуется стандартными средствами языка программирования.

ВЫВОДЫ. Разработана информационная технология решения задачи оптимизации процесса постановки на производство нестандартизированной продукции. Технология включает комплекс математических моделей и методов, систему взаимосвязанных информационных процессов и комплекс технических и программных средств. Модель подсистемы формирования оптимального состава изделия позволяет повысить коэффициент выполнения всех требований заказчика. Модель решения задачи оптимизации состава изделия содержит адаптивный интегральный критерий, включающий несколько взвешенных локальных критериев и множество ограничений. Метод, используемый в предложенной информационной технологии, позволяет из имеющейся номенклатурной базы предприятия предложить наиболее эффективное решение для конструктора, формирующего техническое предложение потенциальному заказчику по его требованиям. В целом информационная технология позволяет оптимальным образом сформировать состав нестандартизированного изделия для каждого заказчика и повысить эффективность работы предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабченко А.І. Сучасні технології у машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХП», 2006. – Т. 2. – 486 с.
2. Информационные технологии в проектировании и производстве / Л.И. Зильбербург, В.И. Молочник, Е.И. Яблочников. – СПб: Политехника, 2008. – 304 с.
3. Левин В.И. Информационные технологии в машиностроении: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 272 с.

4. OLAP-модель информационных потоков ERP-систем / С.А. Нестеренко, О.А. Усова // Труды Одес. политех. ун-та. 2007. – Вып. 2 (22). – С. 32–36.

5. Перспективные направления развития интеллектуальных технологий информационных систем в обеспечение создания наукоемкой продукции / Ю.И. Буряк, С.Ю. Желтов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2006. – № 3. – С. 2–13.

6. Разработка автоматизированной системы поддержки проектирования изделий машиностроения. / А.П. Листопад, Ю.А. Швецов, А.Ф. Тарасов, Л.Ю. Кочерова и др. // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. – 2000. – С. 515–518.

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

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

9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY SOLUTIONS FOR AUTOMATED GENERATION OF NON-STANDARDIZED PRODUCT COMPOSITION LAUNCHED IN ENGINEERING

S. Kochergina

KremenchukMykhailoOstrohradskyiNationalUniversity

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

We propose information technology, which solves the problem of optimizing the process of launching non-standardized products, and includes a set of mathematical models and methods, a system of interconnected information processes and complex of hardware and software. Subsystem model of an optimum composition of the product allows increasing the coefficient of performance for all customer's requirements. Model for solving the problem of optimizing the composition of product contains adaptive integral criterion, including several weighted local criteria and a set of restrictions. Method, used in the proposed information technology, makes it possible to offer the most effective solution for the designer forming a technical proposal to potential customers on their requirements according to your current enterprise nomenclature. In general, this information technology enables optimal forming of the non-standardized products composition for each customer and improves the efficiency of the enterprise.

Key words: non-standardized product, optimal design, requirements of the customer.

REFERENCES

1. Hrabchenko, A.I. (2006), *Modern technologies in engineering*, NTU «KhPI», Kharkiv, Ukraine.

2. Zilberburg, L.I., Molochnik, V.I., Yablochnikov, E.I. (2008), *Information technologies in design and production*, Politekhnik, St.P, Russia.

3. Levin, V.I. (2013) *Information technologies for engineering*, Publishing center «Akademia», Moscow, Russia.

4. Nesterenko S.A., Usova, O.A. (2007) “OLAP-model of information threads of ERP-systems“, *ONPU*, Issue 2(22), pp. 32–36, Ukraine.

5. Buryak, Y.I., Zheltov, S.Y. (2006) “Prospects for development of intelligent technologies in information systems to ensure a creation of high technology products“, *Computer and Information Technologies Reporter*, №3. pp. 2–13, Ukraine.

6. Listopad, A.P., Shvezov, Y.A., Tarasov, A.F., Kochrova, L.Y. (2000) “Development of an automated support system for engineering products design“, *Im-*

provement of processes and equipment fabrication in metallurgy and engineering, pp. 515–518, Ukraine.

7. Shevchenko, I.V., Kocherhina S.S. (2014) “Model of subsystem of an optimum composition of the product for special orders on machine-building enterprise“, *Transaction Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University Reporter*, iss. 1 (84), pp. 69–75, Ukraine.

8. Kocherhina, S.S., Shevchenko, I.V. (2014) “Mathematical model of the problem of creating the optimal variant of the product composition with the ranking of selection criteria“, *Automated control systems and automation devices*, № 165, pp. 28–33, Ukraine.

9. Saati, T. (1993), *Making decisions. Hierarchy analysis method*, Radio and Communications, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 25.09.2014.