

МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Б. С. Дмитриевский, И. О. Савцова, А. Е. Филина

*Кафедра «Информационные процессы и управление»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; filina_ae@mail.ru*

Ключевые слова: деталь; инновационное машиностроительное изделие; математическая модель; материал; подузел; техническая подготовка производства; узел; функционально-информационная модель.

Аннотация: Рассмотрена задача построения математических моделей технической подготовки производства машиностроительных процессов. Сформирована функционально-информационная модель технической подготовки производства, представленная в виде сложного единого процесса выполнения замкнутого цикла работ в определенной последовательности и взаимосвязи: спланировать техническую подготовку производства, спроектировать инновационное машиностроительное изделие, произвести нормирование, выбор и сконструировать оснастку инновационного машиностроительного изделия.

Введение

Автоматизированному управлению производственными процессами посвящены многие работы [1 – 3]. Наибольшую актуальность эти вопросы приобретают при управлении технической подготовкой производства [4, 5], особенно при мелкосерийном производстве инновационных машиностроительных изделий [6], где отсутствие соответствующих технологических компетенций не позволяет эффективно осваивать производство новой продукции.

Единичный или мелкосерийный выпуск продукции обоснован тем, что инновационное изделие изготавливается под конкретный заказ. Эта задача, требует глубокой проработки конструктивных особенностей изделий, исчерпывающего знания возможностей оборудования и высокой квалификации научных и инженерно-технических работников.

Использование функционально-информационных и математических моделей позволяет по-новому решать традиционные задачи технической подготовки производства, значительно повышая ее качество. Целью работы является формирование модели инновационного машиностроительного изделия, позволяющей ускорить и повысить качество технической подготовки производства. Прежде чем формировать математическую модель инновационного машиностроительного изделия, необходимо разобраться в самом процессе технической подготовки производства. Для достижения интеграции управления выпуском инновационной продукции необходима функционально-информационная модель, представляющая собой структурированное изображение функций технической подготовки производства и информации, связывающих эти функции. Функционально-информационная модель служит основой для разработки автоматизированной системы управления.

Формирование функционально-информационной модели технической подготовки производства инновационного машиностроительного изделия

Функционально-информационную модель производственной деятельности предприятия можно рассматривать как отображение реальности в целях получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала. Выбор методов построения моделей и необходимая детализация зависят от этапа разработки автоматизированной системы управления.

Используем структурный подход построения модели, включающий в себя два этапа: выявление состава модели и установление взаимосвязи между составляющими. Представим объект исследования как совокупность бизнес-процессов, тогда разрабатываемая функционально-информационная модель будет отображением процессов технической подготовки производства и ее управляющей системы. При создании функционально-информационной модели формируется единое представление о том, что и каким образом должна делать система управления.

Функционально-информационная модель позволяет графически и описательно представлять в рамках динамической компьютерной модели действия людей и применение технологий, используемых в исследуемых процессах технической подготовки производства.

Разрабатываемая модель рассматривается как произвольное подмножество окружающей среды. Произвольное потому, что мы сами решаем, будет ли некий объект компонентом модели или он будет рассматриваться как внешнее воздействие. Модель имеет границу, которая отделяет ее от остальной окружающей среды.

Описание области как системы в целом, так и ее компонентов является основой построения модели. При формулировании области учитывается два компонента – широта и глубина. Широта подразумевает определение границ модели – что будет рассматриваться внутри системы, а что снаружи. Глубина определяет, на каком уровне детализации модель является завершенной. Глубина модели ограничивается формированием отдельного отчета или документа.

Учитывая особенности инновационного производства, будем осуществлять построение функционально-информационной модели технической подготовки производства, используя следующую методологию:

1) описание технической подготовки производства в целом и ее взаимодействие с внешней средой:

- выбор направления развития модели и ее границ;
- обоснование необходимого уровня детализации;
- выбор объектов, функций, входных и выходных величин, управления, механизма;

2) описание подсистем;

3) обоснование следующей декомпозиции;

4) построение диаграмм на основе методологии структурного анализа и проектирования – SADT;

5) выбор в качестве базового стандарта для описания и рассмотрения построенной модели информационной системы стандарта IDEF0, как основного для настоящего моделирования, из-за соответствия его инструментария параметрам моделирования (применение IDEF0 позволяет отобразить как функциональную и логическую взаимозависимость процессов, так и отследить связующие информационные потоки и исполнителей процессов);

6) выбор стандарта IDEF3 в качестве вспомогательного стандарта для описания методологии и характеристик документирования некоторых бизнес-процессов.

Для моделирования используем стандарты IDEF. Каждый уровень иерархической модели технической подготовки производства детализируется до требуемых значений. С помощью графического языка показывается, что, кем и как делается в рамках функционирования системы, какая для этого необходима информация.

Функционально-информационная модель технической подготовки производства инновационного машиностроительного изделия, отображающая структуру и функции процесса, а также потоки информации и материальных объектов, связывающие эти функции, представлена на рис. 1 в виде диаграммы IDEF0. С левой стороны указана вся входная информация, сверху все управляющие документы, определяющие условия, необходимые для выполнения технической подготовки производства, на выходе все результаты.

Техническую подготовку производства инновационного машиностроительного изделия разделим на 4 этапа. На рисунке 2, а представлена детализация процесса технической подготовки производства инновационного машиностроительного изделия. На основании данных о заказе на производство инновационного изделия составляется график технической подготовки производства, содержащий информацию о сроках сдачи конструкторской и технологической документации по заказам. Далее идет стадия проектирования инновационного машиностроительного изделия, состоящая из разработки конструкторской документации, инновационного изделия осуществления технического контроля чертежей инновационного изделия и технологической подготовки (рис. 2, б).

На основании эскиза заказа и нормативных требований разрабатываются чертежи, спецификация на изделие, а также спецификации на упаковку и погрузку. Затем осуществляется технический контроль чертежей, составляются карты технологического процесса изготовления изделий, карты раскроя, а также перечень необходимых вспомогательных материалов и инструмента. Этап нормирования представлен на рис. 2, в.

На основании нормативной документации и специфицированных норм расхода материалов в конструкторской спецификации на инновационное машиностроительное изделие прописываются поддетально-специфицированные нормы расхода материалов. Аналогично расписываются нормы расхода в спецификации на упаковку и погрузку. Используя поддетально-специфицированные нормы, составляется ведомость материалов, представляющая собой список всех материалов, необходимых для изготовления заказа, с указанием общего требуемого количества. Затем рассчитывается расход основных и вспомогательных материалов на сварку и подготавливаются карты технологического процесса сварки.

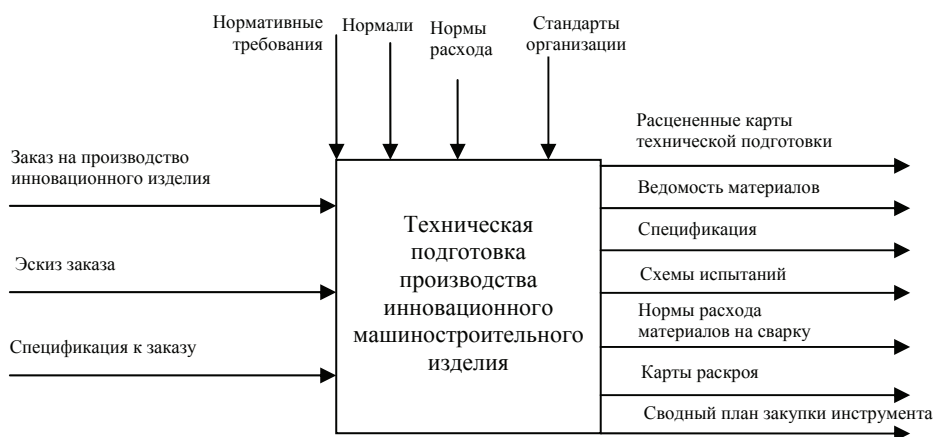


Рис. 1. Функциональная модель технической подготовки производства инновационного машиностроительного изделия

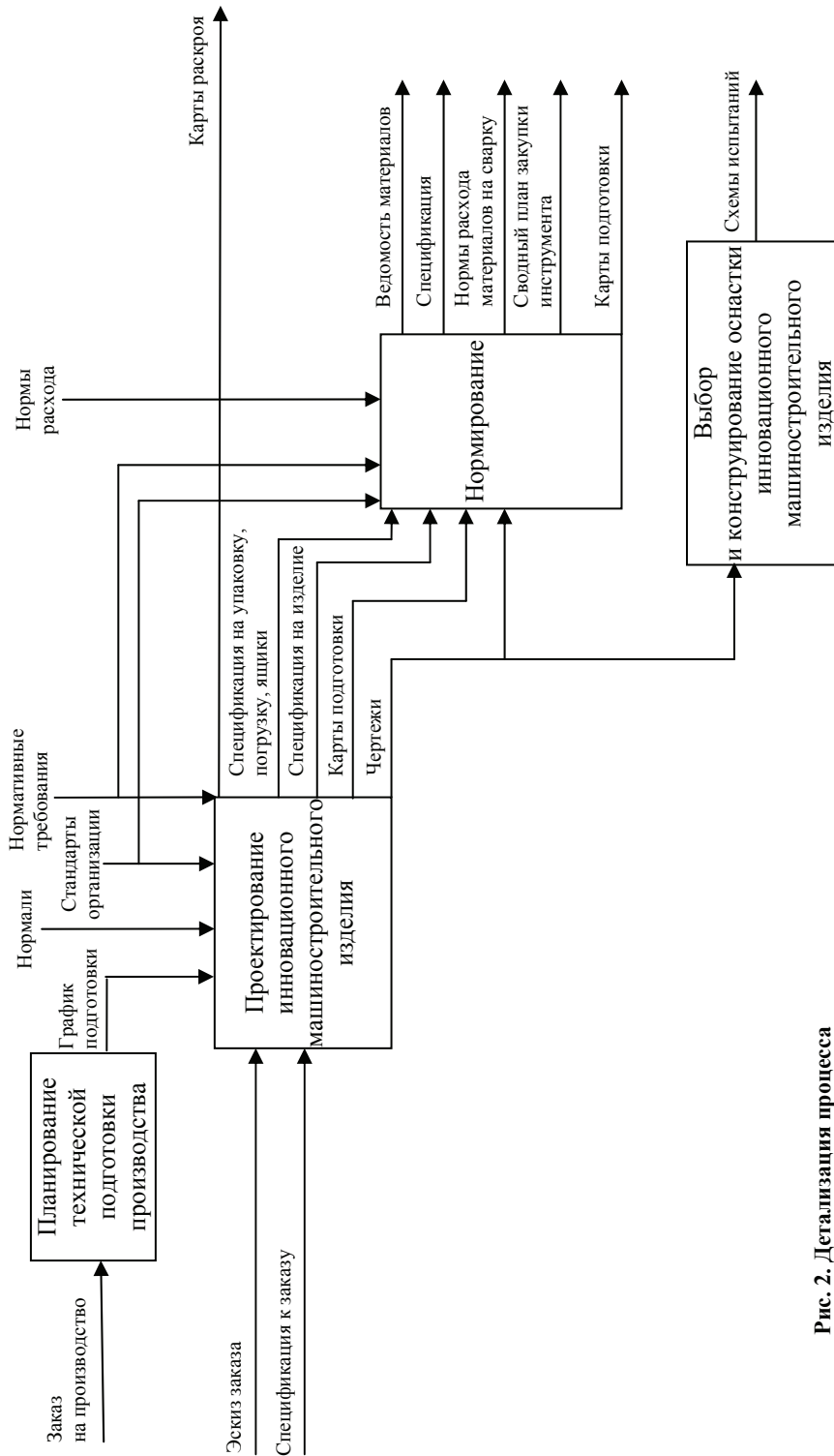
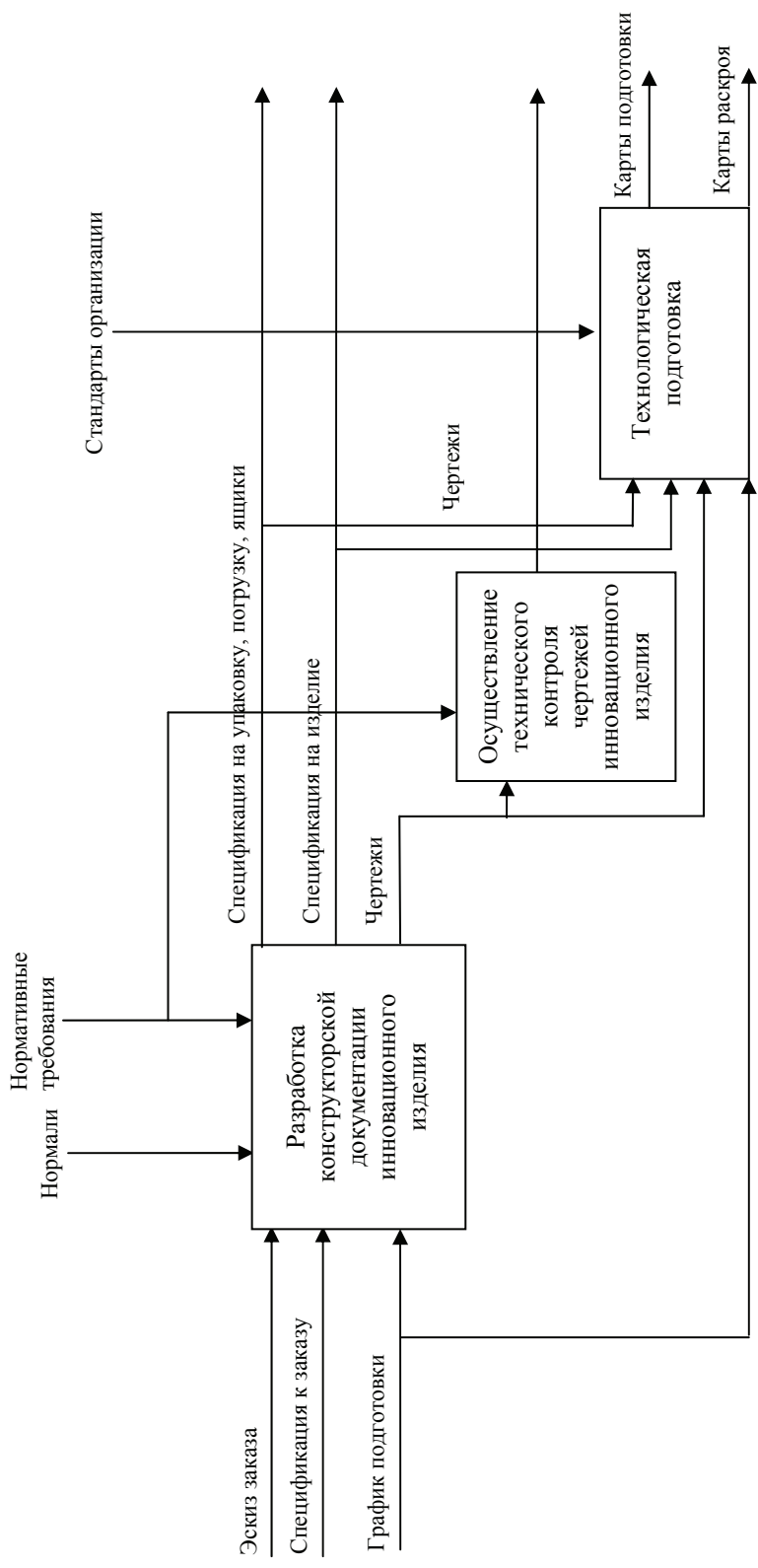
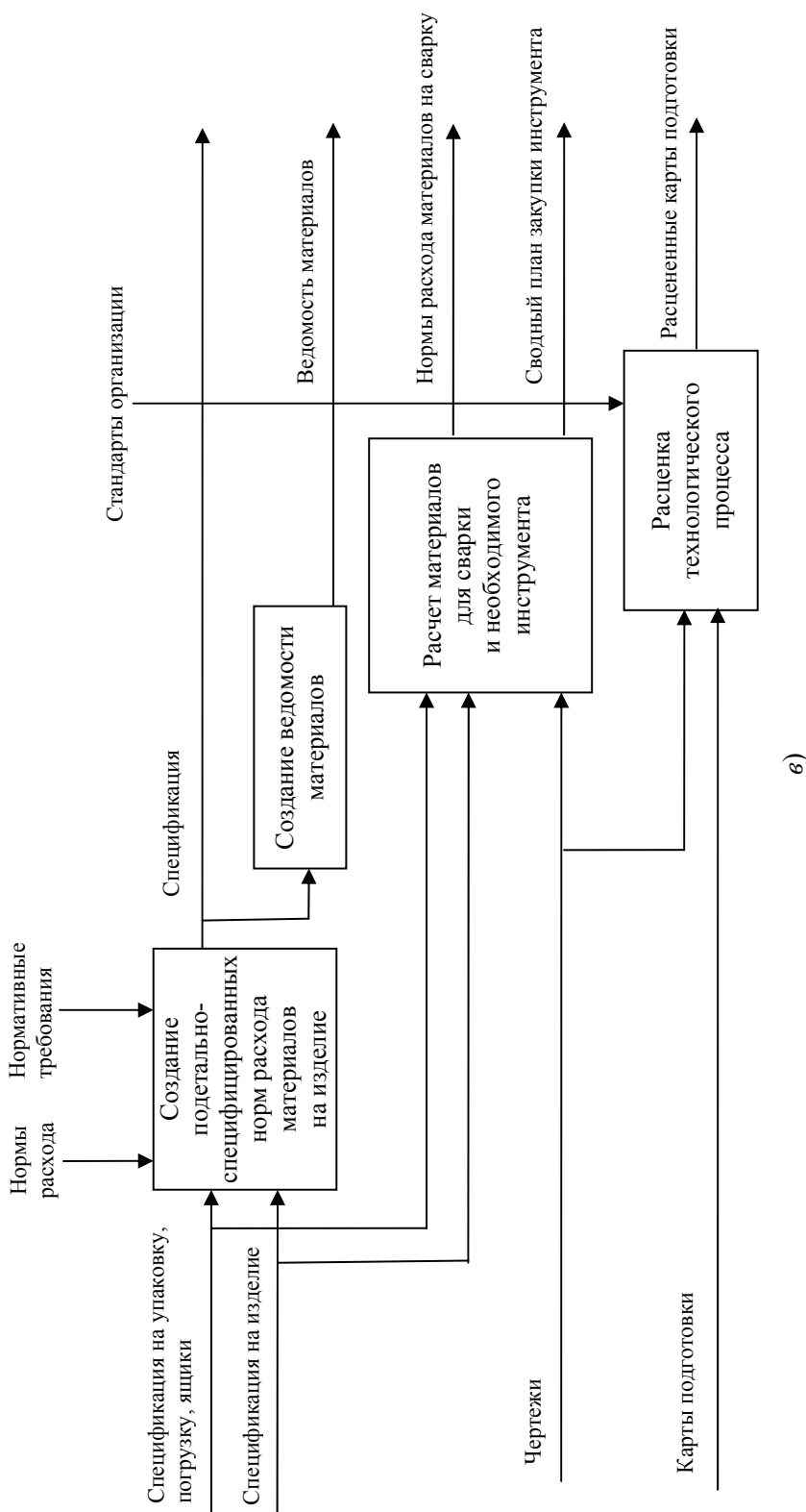


Рис. 2. Детализация процесса инновационного машиностроительного изделия:
a – техническая подготовка производства



б)



б)

Рис. 2. Продолжение:

б – проектирование; в – нормирование

Карты технологического процесса изготовления инновационного машиностроительного изделия и чертежи передаются в бюро нормирования труда и заработной платы для расценки технологических процессов. Затем разрабатывается оснастка, составляется перечень необходимых к закупке материалов для ее изготовления, разрабатываются схемы испытаний и инструкции на испытания, карты контроля изготовления, технологический паспорт и технологические процессы изготовления изделий.

На основании конструкторской документации и расцененного технологического процесса подготавливается номенклатурный план производства, из которого формируется график изготовления инновационного машиностроительного изделия.

Формирование математической модели инновационного машиностроительного изделия

Инновационное машиностроительное изделие будем представлять в виде комбинации материалов, деталей и иных компонент, готовых к использованию по назначению. Компоненты конечного изделия в свою очередь являются изделиями. Описание отношений между компонентами изделия, задаваемое в виде древовидного графа, представляет собой структуру изделия. Состав изделия состоит из иерархически организованного списка компонент изделия с указанием его атрибутов.

Основопологающей характеристикой машиностроительного изделия является его спецификация. Спецификация представляет собой структуру, состоящую из сущностей объекта, связанных между собой отношениями. Иными словами, структура отражает состав изделия в терминах естественной иерархии: изделие – узел – подузел – деталь – материал.

В качестве примера рассмотрим теплообменник.

Теплообменник представляет собой аппарат, в котором осуществляется теплообмен между двумя теплоносителями, имеющими различные температуры. Сложность процессов, происходящих в теплообменниках, обусловлена совокупным влиянием большого количества факторов, определяющих эффективность и надежность его работы.

Теплообменник можно представить в виде системы

$$I = (S, E, R, F),$$

где S – исходные данные для проектирования, изложенные в спецификации; E – все узлы, входящие в теплообменник; R – связи между ними; F – функции теплообменника.

Каждый отдельный аппарат обладает индивидуальными техническими характеристиками, а также условиями его эксплуатации. Тогда исходные данные примут вид

$$S = \{T_s, M_s, D_s, T_{\min}, T_{\max}, S_s, R_s, G_s, P_s\},$$

где T_s – тип теплообменника; M_s – материал, из которого требуется изготовить аппарат; D_s – рабочее давление; T_{\min} – минимальная рабочая температура; T_{\max} – максимальная рабочая температура; S_s – условия взаимодействия с рабочей средой; R_s – масса теплообменника; G_s – стандарты, которым должен соответствовать теплообменник; P_s – требования покупателей, которым должно соответствовать инновационное изделие.

Процесс проектирования теплообменника базируется на всех вышеизложенных характеристиках и соответствии стандартам оборудования указанного типа.

В процессе подготовки чертежей машиностроительного изделия происходит деление его на условные составляющие – узлы E . Набор узлов теплообменника

зависит от его типа. Например, теплообменник с плавающей головкой состоит из следующих узлов: крышка камеры распределительной; камера распределительная; кожух; труба теплообменная; полукольцо; решетка трубная подвижная; прокладка плавающей головки; крышка плавающей головки; крышка кожуха; опора подвижная; опора неподвижная.

Каждый узел состоит из деталей D . Например, опора подвижная включает в свой состав: ребро, плиту опорную, лист подкладной, болты, фланцы, пробки, прокладки. Детали могут приобретаться как у сторонних поставщиков, так и изготавливаться предприятием на собственном оборудовании. Для изготовления (равно как и для покупки) необходима информация о материале M , из которого должна быть изготовлена деталь (например, углеродистая сталь, нержавеющая сталь, алюминий и т.п.). Часть деталей легче изготовить из заготовок. В машиностроении распространенными заготовками являются поковки, меньше распространены отливки. Из поковок изготавливают фланцы, решетки и пр.

Узлы теплообменника представим в следующем виде

$$E = (D_{1\dots d}, C_{1\dots c}),$$

где $D_{1\dots d}$ – все детали узла; $C_{1\dots c}$ – соединительные элементы деталей. Детали узла изготавливаются из определенного материала, то есть

$$D_{1\dots d} = \{M_{1\dots m}, N_{1\dots n}\},$$

где $M_{1\dots m}$ – все материалы, из которых могут быть изготовлены детали; $N_{1\dots n}$ – наименование всех заготовок.

Между элементами системы можно указать два основных вида связи:

– связи позиционирования R^p , которые однозначно определяют взаимное расположение элементов друг относительно друга, например, при позиционировании обечайки и днища ось днища должна совпадать с осью обечайки;

– связи R^f , определяющие зависимость значений свойств элементов друг от друга, например, диаметр днища должен быть равен диаметру обечайки.

Совокупность связей изделия будет выглядеть

$$R = (R^p, R^f).$$

Любое оборудование несет в себе определенный функционал. Функции теплообменника можно представить как

$$F = (DT, ST, CT),$$

где DT – все действия, производимые аппаратом; ST – наименование объектов, на которые направлено действие аппарата; CT – особые условия и ограничения, при которых возможна нормальная работа.

Анализируя полученную модель теплообменника, необходимо отметить, что параметры, входящие в состав исходных данных S , задаются заказчиком изделия.

Узлы изделия E , формируются на основании эскиза изделия, который может быть получен от заказчика, либо сформирован конструкторским отделом на основании исходных данных.

Одной из современных тенденций развития систем управления является предоставление специалистам возможности использования ранее накопленного производственного опыта при проектировании новых изделий. Данный подход позволяет проектировать изделия в минимально короткие сроки и с наименьшим количеством ошибок. В различных системах эта технология именуется по-разному, но можно выделить наиболее распространенное название – проектирование на основе баз знаний, которое позволяет находить и повторно использовать существующие наработки на каждом этапе создания изделия.

Перечень узлов $E_{1...e}$, а также их составляющие необходимо хранить в постоянной базе знаний, в связи с частым повторением одним и тех же узлов и деталей в разных теплообменниках. Каждый узел и деталь должны иметь свой уникальный номер (номер чертежа), по которому их можно идентифицировать. При наличии такой базы знаний время проектирования изделия становится минимальным.

Помимо узлов и деталей, в базе знаний должна быть информация по материалам, из которых изготавливаются конечные детали. Информация, вносимая по материалам, должна быть обязательно согласована со службой материально-технического снабжения, так как далеко не все материалы, перечисленные в стандартах, можно приобрести в требуемых количествах и в приемлемые сроки.

Взаимосвязи R внутри изделия определяются во время проектирования изделия. Процесс проектирования технологического оборудования состоит из следующих основных этапов:

- определение структуры (концептуальное проектирование);
- технологические расчеты;
- разработка конструкции;
- разработка технологии изготовления;
- внесение изменений.

Исходными данными для проектирования теплообменного аппарата является техническое задание (исходные данные S), в котором отражены условия взаимодействия с окружающей и рабочей средами, ограничения на его параметры.

Заключение

Согласно стандартам структурного моделирования IDEF построена функционально-информационная модель технической подготовки производства инновационного изделия на машиностроительном предприятии, представляющая собой сложный единый процесс выполнения замкнутого цикла работ в определенной последовательности и взаимосвязи, на основе информационных потоков, циркулирующих между объектами.

Разработана математическая модель инновационного машиностроительного изделия на примере теплообменника, представленная в виде системы исходных данных для проектирования, изложенных в спецификации, узлов, входящих в систему, связей между ними, функций оборудования.

Приведенные выше модели используются в разрабатываемой автоматизированной системе управления технической подготовкой производства в ООО «Моршанскхиммаш».

Список литературы

1. Битюков, В. К. Качественный анализ функционирования сетевой системы управления с конкурирующим методом доступа / В. К. Битюков, А. Е. Емельянов // Вестн. Тамб. гос. техн. университета. – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 38 – 46.
2. Битюков, В. К. Обобщенная математическая модель сетевой системы управления с конкурирующим методом доступа / В. К. Битюков, А. Е. Емельянов // Вестн. Тамб. гос. техн. университета. – 2012. – Т. 18, № 2. – С. 319 – 326.
3. Попов, Н. С. К методике конструирования экспертной системы оценки промышленной безопасности / Н. С. Попов, Н. В. Лузгачева, Чан Минь Тъинь // Вестн. Тамб. гос. техн. университета. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 43 – 51.
4. Литовка, Ю. В. Автоматизация технологической подготовки производства / Ю. В. Литовка. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 33 с.
5. Чижов, М. И. Разработка подхода к автоматизации технологической подготовки производства в PLM системе Teamcenter / М. И. Чижов, А. В. Бредихин // Вестн. Воронеж. гос. техн. университета. – 2011. – Т. 7, № 12-1. – С. 24 – 26.

6. Дмитриевский, Б. С. Моделирование технической подготовки производства в мелкосерийной инновационно-производственной системе / Б. С. Дмитриевский, И. О. Савцова // *Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2013. – № 2(46). – С. 54 – 59.

Model of Technical Preparation of Production in Mechanical Engineering

B. S. Dmitrievskiy, I. O. Savtsova, A. E. Filina

Department of Information Processes and Control, TSTU; filina_ae@mail.ru

Keywords: assembly; detail; functional and information model; innovative engineering product; material; mathematical model; technical preparation of production; subassembly.

Abstract: A problem of designing mathematical models for technical preparation in manufacturing engineering processes is considered in the article. We created a functional and information model of technical preparation of production. Technical preparation was represented as a single complex process of implementation of a closed cycle in a certain sequence and relationships united by a common goal and purpose: to plan a technical preparation of production, to design innovative engineering product, to do rationing, to make a choice and to design the equipment for innovative engineering product. The article provides a detailed description for each specified process. Innovative engineering product is defined as a combination of components. The relationships between the components are described as a tree-graph reflecting the composition of the product in terms of the natural hierarchy: the product – assembly – subassembly – detail – material. The article illustrates the system operation, with each function represented by a separate process.

References

1. Bitjukov V.K., Emel'yanov A.E. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2012, vol. 18, no. 1, pp. 38-46.
 2. Bitjukov V.K., Emel'yanov A.E. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2012, vol. 18, no. 2, pp. 319-326.
 3. Popov N.S., Luzgacheva N.V., Chan Minh Tin *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2013, vol. 19, no. 1, pp. 43-51.
 4. Litovka Yu.V. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva* (Automation of technological preparation of production), Tambov: Izdatel'stvo Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2003, 33 p.
 5. Chizhov M.I., Bredikhin A.V. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011, vol. 7, no. 12-1, pp. 24-26.
 6. Dmitrievskii B.S., Savtsova I.O. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet imeni V. I. Vernadskogo*, 2013, no. 2(46), pp. 54-59.
-

Modell der technischen Vorbereitung der Produktion im Maschinenbau

Zusammenfassung: Im Artikel wird die Aufgabe der Konstruktion der mathematischen Modelle in der technischen Vorbereitung der Produktion in den Maschinenbauprozessen betrachtet. Es ist das funktionale-informative Modell der technischen Vorbereitung der Produktion, vorgestellt in Form vom komplizierten

einheitlichen Prozess der Ausführung des geschlossenen Zyklus der Arbeiten in einer bestimmten Reihenfolge und der Wechselbeziehung gebildet: die technische Vorbereitung der Produktion zu planen, das innovative Maschinenbauerzeugnis zu entwerfen, die Normierung zu erzeugen, die Auswahl zu erzeugen und, die Auftakelung des innovativen Maschinenbauerzeugnisses zu konstruieren. Zu jedem angegebenen Prozess wird die ausführliche Beschreibung gegeben. Das innovative Maschinenbauerzeugnis ist in Form von der Kombination der Komponenten vorgestellt. Die Beschreibung der Beziehungen zwischen den Komponenten, protzt in Form vom baumartigen Grafen, der den Bestand des Erzeugnisses in den Termini der natürlichen Hierarchie widerspiegelt: das Erzeugnis – der Knoten – die Untergruppe – das Detail – das Material.

Modèle de la préparation technique de la production dans les constructions mécaniques

Résumé: Est examiné le problème de la construction des modèles mathématiques dans la préparation technique de la production dans les processus mécaniques. Est formulé le modèle fonctionnel de la préparation technique de la production en vue d'un unique processus complexe de l'exécution d'un cycle fermé des travaux dans une interaction et conséquence: planifier la préparation technique de la production, concevoir l'article technique d'innovation, effectuer la réglementation, choisir et construire l'équipement. Chaque processus est accompagné d'une description détaillée.

Авторы: *Дмитриевский Борис Сергеевич* – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Информационные процессы и управление»; *Савцова Ирина Олеговна* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление»; *Филина Александра Евгеньевна* – магистрант кафедры «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Чуриков Александр Алексеевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством и сертификация», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
