

Е.И. Яцун, к.т.н., доц., А.И. Ремнев, д.т.н., проф., В. В. Пономарев, ст. преподаватель (Юго-Западный государственный университет, г. Курск), Д.А. Погонин, студент (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород), Россия

Стратегия автоматизации технологической подготовки производства изделий

В статье рассматриваются вопросы автоматизации и синтеза технологической подготовки производства по изготовлению опытно-промышленных изделий в условиях серийного производства. Рассмотрена методология проектирования и синтеза компоновочного решения при проектировании технологических процессов изготовления деталей.

Ключевые слова: автоматизация и синтез технологической подготовки производства, PDM-системы, технологический процесс.

У статті розглядаються питання автоматизації і синтезу технологічної підготовки виробництва по виготовленню дослідно-промислових виробів в умовах серійного виробництва. Розглянута методологія проектування і синтезу компоувального рішення при проектуванні технологічних процесів виготовлення деталей.

Ключові слова: автоматизація та синтез технологічної підготовки виробництва, PDM-системи, технологічний процес.

In the article the questions of automation and synthesis of technological preproduction are examined on making of pre-production model wares in the conditions of mass production. Methodology of planning and synthesis of layout decision is considered at planning of technological processes of making of details.

Keywords: automation and synthesis of technological preparation of manufacture, PDM-system, technological process.

В современных условиях промышленность России и других стран развивается при постоянно меняющейся ситуации по выпуску нового ассортимента продукции. Предприятия для оперативного выпуска продукции и сохранения рыночного спроса вынуждены решать проблему рациональной организации процесса конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). Одним из путей решения этой задачи является новая стратегия эффективной технологической подготовки производства (ТПП). Автоматизированная разработка технологического процесса и подготовка технологической документации [1-4] является ответственным и наиболее трудоемким процессом при комплексной автоматизации ТПП.

На многих предприятиях благодаря накопленному опыту по КТПП при серийном его типе для технически сложных изделий предварительно выпускают опытно-промыш-

ленный образец изделия для оценки соответствия его служебному назначению. При таком подходе порядок формирования полного комплекта технологической документации заменяют ее упрощенным документированием. Здесь рациональную оперативную разработку технологической документации ограничивают маршрутно-операционной технологией с указанием только той технологической информации, которая необходима и достаточна для выпуска опытно-промышленного образца для конкретного изделия. При организации серийного выпуска предлагаемого изделия данная информация перерабатывается и дополняется до формирования полного пакета технологической документации.

Данный порядок ТПП достигается за счет последовательного решения следующих задач:

1. Внедрение принципов оперативной ТПП и переход к формированию маршрутной или маршрутно-операционной документации по

сокращенной форме записи технологического процесса для выпуска опытно-промышленного образца.

2. Создание архива электронной документации, обеспечивающей учет и хранение электронной технической документации и баз данных рабочих и сборочных чертежей, справочников, единиц измерений, маршрутов изготовления и технологических процессов для быстрого поиска, разграничения прав доступа, учета версий, исключения потери данных.

3. Создание системы управления конструкторско-технологическими базами данных.

4. Создание единого электронного информационного пространства и банка данных, содержащих все сведения о выпускаемых изделиях на предприятии.

При серийном типе производства для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) требуется оперативно предпринимать шаги по применению автоматизирован-

ных систем. В журнале «САПР и графика» указывается на некоторую закономерность, характерную для большинства средних предприятий, а именно: КТПП выполняется с использованием современных CAD-систем среднего уровня, обеспечивающих подготовку конструкторской документации в электронном виде. Значительно меньше предприятий с серийным типом производства использует автоматизированные системы более высокого уровня для технологической подготовки производства.

Современные автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП), новые подпрограммы и модули, работающие на его основе, позволяют осуществлять подготовку всего комплекта технологической документации, включая модули технологических расчетов, формирования отчетов, нормирования труда, расхода материалов и т.д.

Важнейшими составляющими АСТПП являются, как известно, системы управления данными об изделии - PDM-системы. Они используются в качестве инструмента управления инженерными данными, а также для хранения виртуальных версий имеющихся и вновь разрабатываемых изделий.

Использование предприятием трех основных инструментов автоматизации КТПП - PDM-систем, CAD-систем и АСТПП, позволяют оперативно и качественно формировать комплексы технологической документации.

Новые решения структурного синтеза рациональных компоновочных решений [5-8] технологических процессов изготовления (ТПИ) деталей или технологических процессов сборки (ТПС) позволяют осуществлять подбор компонентов технологических процессов, рациональных по себестоимости и производительности.

Обобщенная схема последовательности выполнения ТПИ и ТПС изделий представлена на рис. 1.

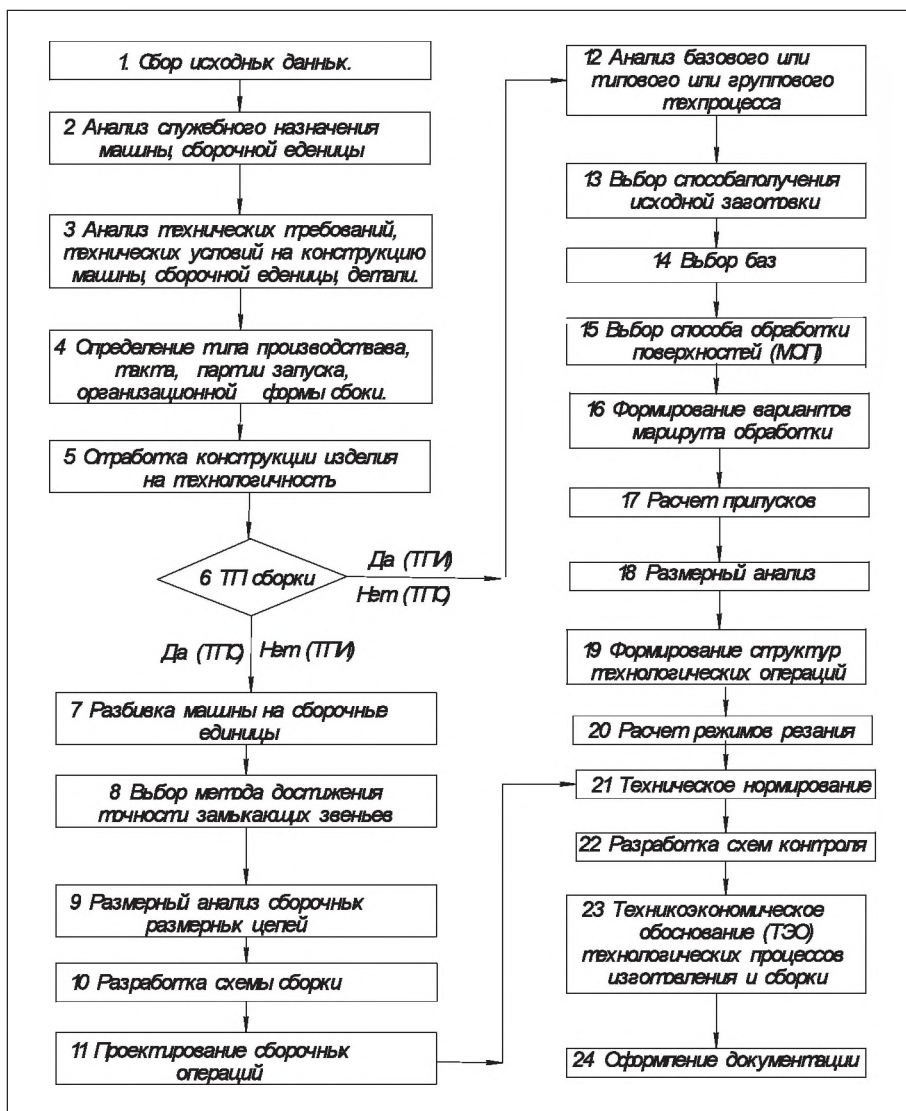


Рис. 1. Структурная схема технологической системы проектирования технологических процессов изготовления и сборки изделий

Такой подход к АСТПП позволяет организовывать по полностью подготовленному комплексу технологической документации комплексную КТПП при проектировании ТПИ и ТПС изделий.

Однако, несмотря на оперативность подготовки процесса КТПП за счет комплексной автоматизации на всех этапах проектирования, процесс подготовки технологической документации остается одним из самых важных и трудоемких. Поэтому предприятия, работающие по серийному типу производства, допускают применение только маршрутной технологической документации, на основе которой производят в сжатые сроки предварительную оценку трудоемкости изготовления

изделий, подготовку данных для заказа материалов, оснастки.

Очевидно, что возникает потребность в новом инструменте проектирования, позволяющим решить задачи оперативной АСТПП при проектировании ТПИ или ТПС с помощью реализации функции данного инструмента, представленной в виде IDEF0 диаграммы (рис. 2).

Входными данными для синтеза технологического процесса являются трехмерная параметрическая модель детали, выполненная в конструкторской CAD-системе, конструкторская документация и сведения о материале. Все эти данные хранятся в PDM-системе.

Выходными данными являются сведения о заготовке, маршрутная



Рис. 2. Общий вид IDEF0 диаграммы проектирования технологических процессов изготовления опытно-промышленного образца

технология, цеховой маршрут и предварительные схемы обработки деталей. Средствами исполнения процесса являются программные среды для проектирования технологических процессов, PDM-система и специализированный программный модуль для проектирования ТПИ - выпуск опытно-промышленного образца.

Управляющими документами при осуществлении процесса являются как общие конструкторские, технологические стандарты (ЕСКД и ЕСТД), так и стандарты предприятия (СТП), имеющие отношение к КТПП.

Процесс подразделяется на ряд согласованных подпроцессов, которые приведены на рис. 3.

На первом этапе происходит выбор параметров заготовки, причем из нескольких вариантов определяют возможность применения одного из них.

На втором этапе формируется маршрут обработки по операциям и цехам с указанием оборудования, оснастки и режущего инструмента.

На третьем этапе определяют рациональные схемы обработки и предварительные межоперационные припуски.

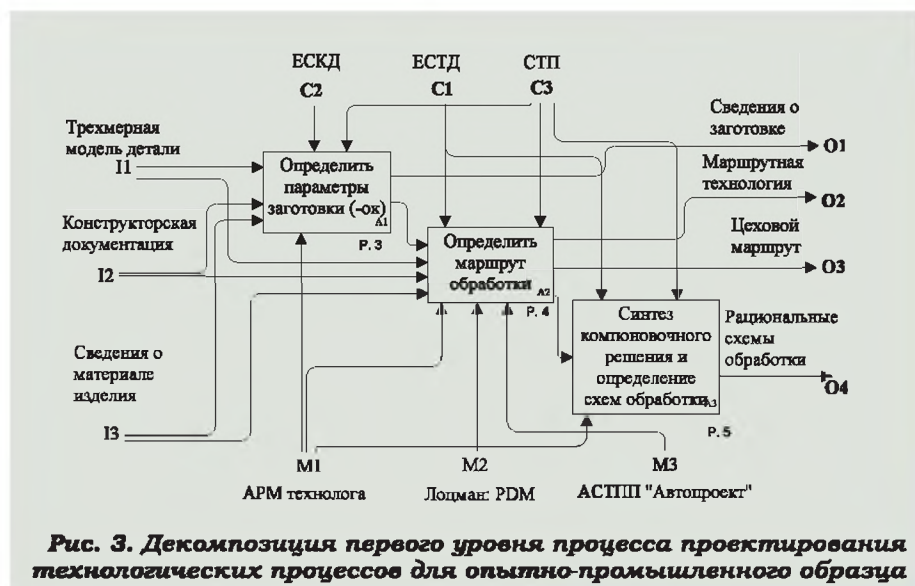


Рис. 3. Декомпозиция первого уровня процесса проектирования технологических процессов для опытно-промышленного образца

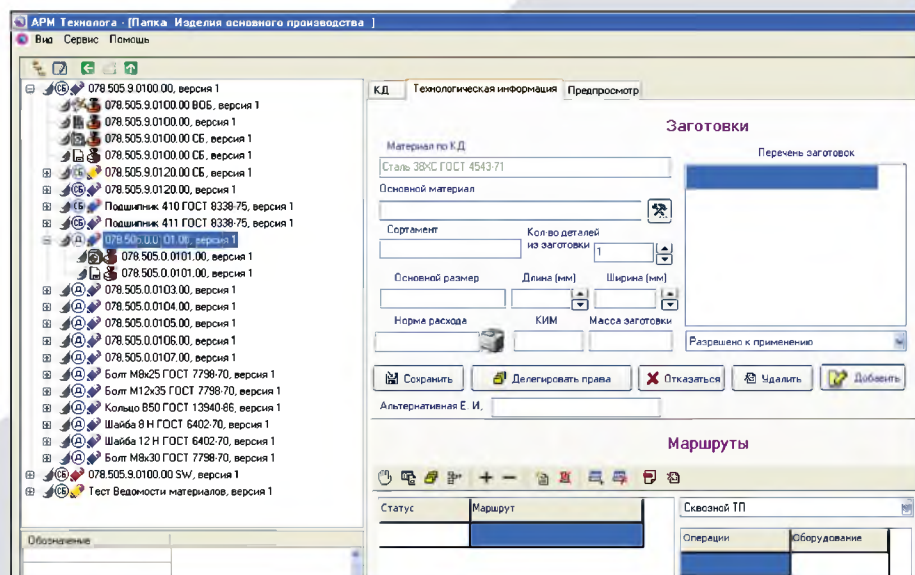


Рис. 4. Фрагмент окна программного модуля «АРМ-технолог»

При проведении исследований по внедрению АСТПП на ОАО «Геомаш» (г. Цигры, Курской области) по техническому заданию предприятия были реализованы этапы определения параметров заготовки и формирования маршрутов обработки.

Для оперативной ТПП на данном предприятии, выпускающим серийно буровые установки, используют разработанный совместно с сотрудниками ООО «АСКОН-ЦЕНТР» (г. Тула) по заказу ОАО «Геомаш» программный модуль «АРМ-технолог».

Программный модуль «АРМ-технолог» (рис. 4) работает совместно с PDM-системой «ЛОЦМАН», который

предназначен для решения следующих задач при проектировании технологических процессов:

1. Формирование данных по заготовкам для деталей, входящих в состав проектируемого изделия.

2. Формирование маршрутов обработки с автоматизированным указанием цехов и участков предприятия.

3. Создание типовых маршрутов с перечнем технологических операций, оборудования и оснастки.

4. Формирование подпрограмм технологических процессов изготовления или сборки для структурного синтеза выбора рациональных компоновочных решений. Получение на основе синтеза рационального варианта компоновочного решения ТПИ или ТПС.

5. Разработка технологического процесса с использованием базового функционала системы АСТПП, например, «КОМПАС-Автопроект».

6. Перевод всего состава разработанной технологической документации в PDM-систему.

7. Автоматическая передача из PDM-системы в соответствующие поля базы данных АСТПП при запуске или создании нового технологического процесса данных об операциях, оборудовании, оснастке, заготовке и материалах, а также расчёты при нормировании.

Таким образом, технолог формирует маршрутный технологический процесс и заказ на приобретение или изготовление оснастки, который затем сохраняется в PDM-системе «ЛОЦМАН».

Для АСТПП одной из задач структурного синтеза ТПИ деталей или ТПС является подбор компонентов процессов технологической системы рациональных по цене и производительности.

Методология такого подхода поиска решений позволяет автоматизировать технологические процессы изготовления или сборки [5] для формирования структурного синтеза выбора рациональных

компоновочных решений, которые содержит несколько этапов.

Схема синтеза рационального варианта компоновочного решения ТПИ представлена на рис. 5. Для управления АСТПП и реализации методологии проектирования маршрутного технологического процесса опытно-промышленного изделия в условиях серийного производства разработан алгоритм управления технологическим процессом (рис. 6).

Из совокупности технологических процессов изготовления или сборки формируется множество вариантов: $T = \bigcap_{\eta \in L} t_{\eta}$, где $L = \{1, 2, \dots, \alpha\}$.

Тогда множество вариантов технологических процессов изготовления и сборки содержит совокупность технологических процессов, которые определяет $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{\alpha}\}$.

По каждому варианту технологического процесса изготовления или сборки формируется множество соответствующих видов инструментов и технологической оснастки

$$S = \bigcap_{\rho \in N} s_{\rho}, \text{ где } N = \{1, 2, \dots, \beta\}.$$

Множество вариантов совокупности инструментов и технологической оснастки формируют $S = \{S_1, S_2, \dots, S_{\beta}\}$

По каждому варианту множество режимов резания формируют

$$F = \bigcap_{\rho \in D} f_{\lambda}, \text{ где } D = \{1, 2, \dots, \lambda\}.$$

Тогда множество вариантов совокупности режимов резания примет вид

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_{\lambda}\}.$$

Поиск вариантов реализации совокупности технологического оборудования и приспособлений с учетом его множества запишем

$$R = \bigcap_{\theta \in M} r_{\theta}, \text{ где } M = \{1, 2, \dots, \gamma\}.$$

Здесь множество технологического оборудования и приспособлений определяют $R = \{r_1, r_2, \dots, r_{\gamma}\}$.

Результатом поиска является совокупность рациональных компоновочных решений: $K = \bigcap_{\xi \in I} k_{\xi}$, где $I = \{1, 2, \dots, \delta\}$.

Формирование множества рациональных компоновочных решений выполняют согласно условию: $K = T \cap S \cap R \cap F$.

Условие существования рациональных компоновочных решений

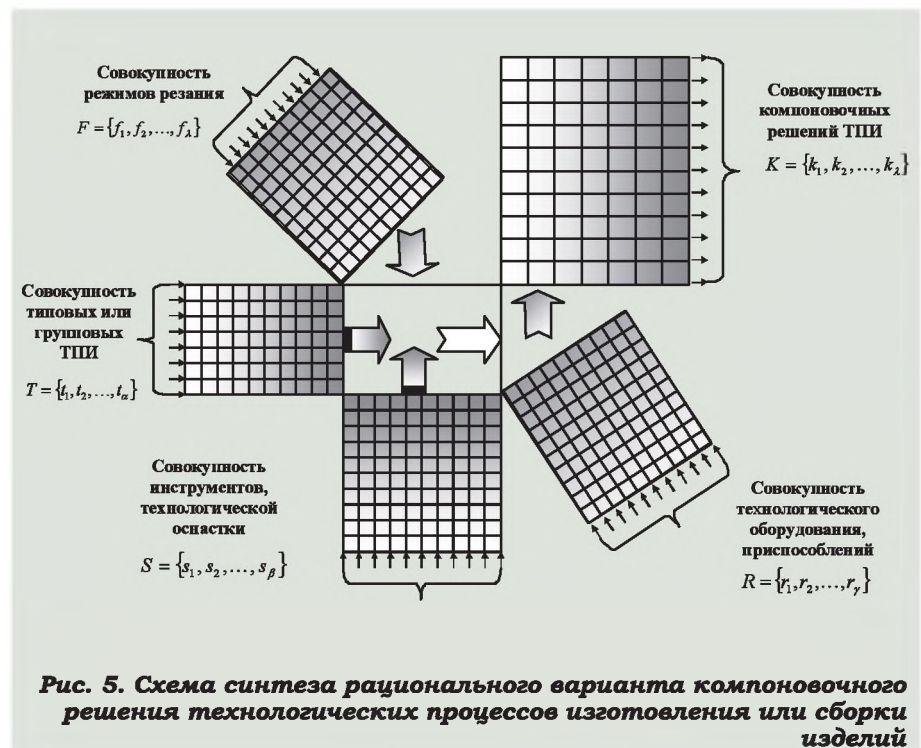


Рис. 5. Схема синтеза рационального варианта компоновочного решения технологических процессов изготовления или сборки изделий

изготовления или сборки изделия описывается выражением:

$$\exists k_{\xi} = \left[\bigcap_{\eta \in L} t_{\eta} \right] \cup \left[\bigcap_{\rho \in N} s_{\rho} \right] \cup \left[\bigcap_{\theta \in M} r_{\theta} \right] \cup \left[\bigcap_{\lambda \in D} f_{\lambda} \right].$$

В качестве критерия выбора рационального варианта компоновочного решения используют технологическую себестоимость изготовления или сборки изделия:

$$k^{opt} = \bigcap_{\xi \in I} k_{\xi} \implies C^{min}. \text{ При этом в}$$

качестве рационального варианта компоновочного решения изготовления или сборки изделия принимают тот вариант, который отвечает всем требованиям к изделию и имеет минимальную технологическую себестоимость.

Выводы

Модули системы АСТПП и синтез выбора компоновочного решения технологических процессов изготовления и сборки позволяют оперативно формировать процесс подготовки маршрутной технологии и создают основу для последующей подготовки подробного технологического процесса для организации серийного выпуска предлагаемых изделий.

Список литературы:

1. Аверченков В.И. Оптимизация технологических процессов механической обработки [Текст] / В.И. Аверченков, Э.В. Рыжов // Киев.: Наукова думка, 1989. – 192 с.
2. Аверченков В.И. Оптимизация технологических процессов в САПР ТП [Текст] / В.И. Аверченков // – Брянск: БИТМ, 1987. – 108 с.
3. Зарубин В.М. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства [Текст] / В.М.Зарубин, Н.М. Капустин, В.В. Павлов, Г.П. Старовойтов, В.Д. Цветков // – М.: Машиностроение, 1979. – 297 с.
4. Пономарев В.В. Применение объектной модели технологическо-

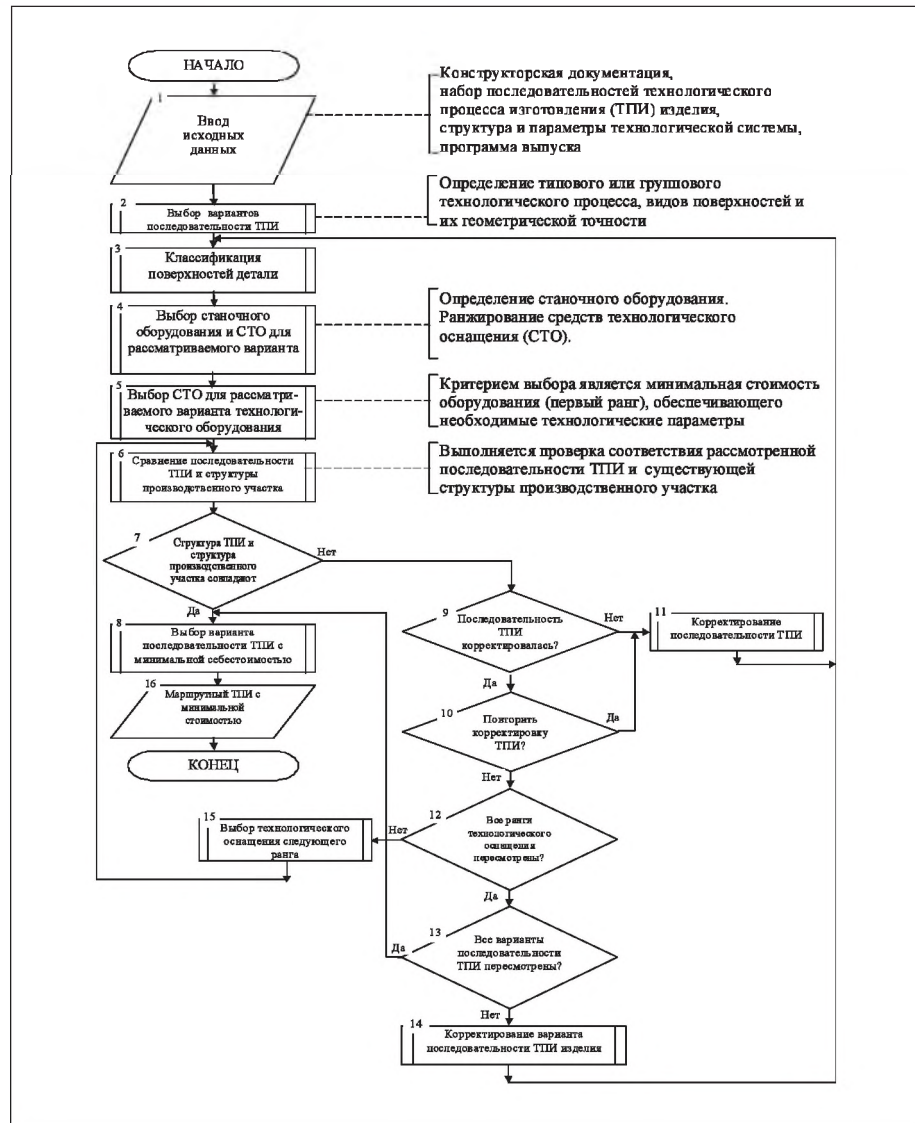


Рис. 6. Алгоритм управления технологическим процессом АСТПП

- го проектирования в современных автоматизированных системах технологической подготовки производства [Текст] / В.В. Пономарев // Материалы III Международной научно-технической конференции: ч. 1: Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2005. – 288 с.
5. Ремнев А.И. Разработка рационального варианта компоновочного решения сборки соединений труб с тонкой трубной решеткой для систем теплообмена [Текст] / А.И. Ремнев, Н.Д. Тутов // Компрессорное и энергетическое машиностроение, 2006. – № 2 (4). – С.60 - 65.

6. Соломенцев Ю.М. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении [Текст] / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, А.Ф. Прохоров и др. // – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
7. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. [Текст] / В.Д. Цветков // – Мн.: Наука и техника, 1979. – 264 с.
8. Коваленко И.Н. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / И.Н. Коваленко, А.А. Филиппова // – М.: Высшая школа, 1973. – 368 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации проект научной школы НШ-4423.2012.8.