

Практическое применение «Системы анализа технологичности»

при проведении технологического контроля

изделия авиационной техники

Говорков А.С.*, Жилиев А.С..**

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, НИ ИрГТУ, ул. Лермонтова, 83, Иркутск, 664074, Россия

**e-mail: govorkov_as@istu.edu*

***e-mail: anton-z-s@ya.ru*

Аннотация

Исследование относится к области автоматизации технологической подготовки производства при проведении технологического контроля изделия. Предложен алгоритм формирования информационного образа проектируемого изделия на основе САД модели изделия, выполненного в системе NX. Описана общая функциональная структура разработанной Системы, необходимая для проведения технологического контроля на основе технологических рекомендаций, структурированных в базе знаний. Описание объектов производственной среды и их взаимосвязи реализованы в модуле база данных.

Ключевые слова: образ изделия, технологический контроль, технологический процесс, база знаний, база данных.

Автоматизированная система анализа ТКИ является обратной связью от технологических модулей к конструкторским, т.е. дает возможность проектировщику обнаруживать нетехнологические сочетания конструктивных форм в детали и изменять её конструкцию в соответствии с технологическими

рекомендациями в диалоговом режиме, а технологу – представлять рекомендации, направленные на обеспечение ТКИ, в формализованном виде.

Применение системы анализа ТКИ на ранних этапах проектирования изделий машиностроения позволяет преобразовывать модели изделий в условиях изменяющегося словаря технологического представления при значительном постоянстве словаря конструкторского представления. Словарь конструкторского представления изменяется во времени (в рамках одного предприятия) и пространстве (в рамках нескольких предприятий). Временное изменение обусловлено развитием технологий и методов технологического проектирования.

В настоящее время обеспечение технологичности принято относить к наиболее трудноформализуемым задачам технологической подготовки производства. Для их решения нет достаточно разработанного математического аппарата, строгих формальных методик. Результат решения в значительной мере зависит от опыта, знаний и творческой интуиции формирующих его специалистов.

Отработка изделия на технологичность – сложная задача, при решении которой конструктор должен не только обеспечить высокий технический уровень и эксплуатационные качества создаваемого изделия, но и в полной мере учесть требования производства, то есть обеспечить его производственную технологичность [1, 2].

На практике процессы обеспечения технологичности конструкции изделия (ТКИ) могут быть решены с использованием систем геометрического моделирования. Применение этих систем неразрывно связано с современными информационными технологиями для интеграции процессов, выполняющихся в

ходе всего жизненного цикла продукции и её компонентов. Поэтому очевидно, что обеспечение ТКИ, являясь одной из задач подготовки производства, должно также рассматриваться в контексте применения CALS технологий [5, 6].

Разработка формализованных алгоритмов принятий решений на этапах конструкторско-технологического проектирования (анализ возможности применения высокопроизводительных процессов обработки и типовых технологических процессов (ТП), рациональный выбор вида заготовок, разработка маршрутных и операционных ТП и др.) посвящены работы С.П. Митрофанова, Н.М. Капустина, В.Л. Михельсон-Ткача, и др.

В традиционной конструкторской практике анализ и отработка изделия на технологичность ведется квалифицированными технологами на основе большого опыта, с привлечением информации из различных нормативных документов, справочников, рекомендаций и других источников. Такая практика использования субъективных знаний высококвалифицированных специалистов имеет свои недостатки: носителями знаний являются индивидуальные субъекты, что не позволяет тиражировать такие знания на широкий круг специалистов. За предыдущие десятилетия наметился «разрыв поколений», который во многом нарушил преемственность передачи опыта и знаний от старших поколений младшим [3].

В целом, несмотря на достаточно большое количество научных работ, рассматривающих различные подходы к формализации и автоматизации решения различных задач обеспечения ТКИ, до настоящего момента не разработано методик, математических моделей и алгоритмов, позволяющих поддерживать

автоматизированный процесс обеспечения ТКИ на всех этапах подготовки производства [4].

Научная новизна.

В основу проекта положена идея формализации знаний технолога и построения на их основе системы поддержки принятия решений, что позволит снизить количество ошибок при проведении технологического контроля изделия при запуске в производство, и уменьшить издержки при производстве за счет анализа нескольких проектных решений и выбора оптимального по составу конструктивных элементов с учетом заданного уровня технологичности и заданной стоимости. Проект обладает гибкостью в настройке, возможно применение на различных машиностроительных предприятиях [3].

При реализации данной идеи создана информационная модель изделия на основе метода представления и анализа деталей с учетом заданных показателей технологичности. Для поиска и математического описания минимального состава значимых параметров конструктивных элементов предложена дискретная структурно-реляционная модель изделия, названная информационной моделью (рис. 1). Она отражает необходимые конструктивно-технологические характеристики изделия, используя минимальный объем данных [4].



Рис. 1. Структура и состав данных информационной модели

Информационная модель строится на основе данных электронной модели (ЭМ) изделия (рис. 2) с помощью программных средств САД-системы и связанной с ней системой управления данными об интегрированных параметрах производственной среды. Выбор и анализ состава конструктивных элементов осуществляется по формальным критериям, заложенным в информационной модели. Это позволяет автоматизировать процесс подготовки модели, что способствует повышению объективности принятия решений, качества и производительности подготовки модели.

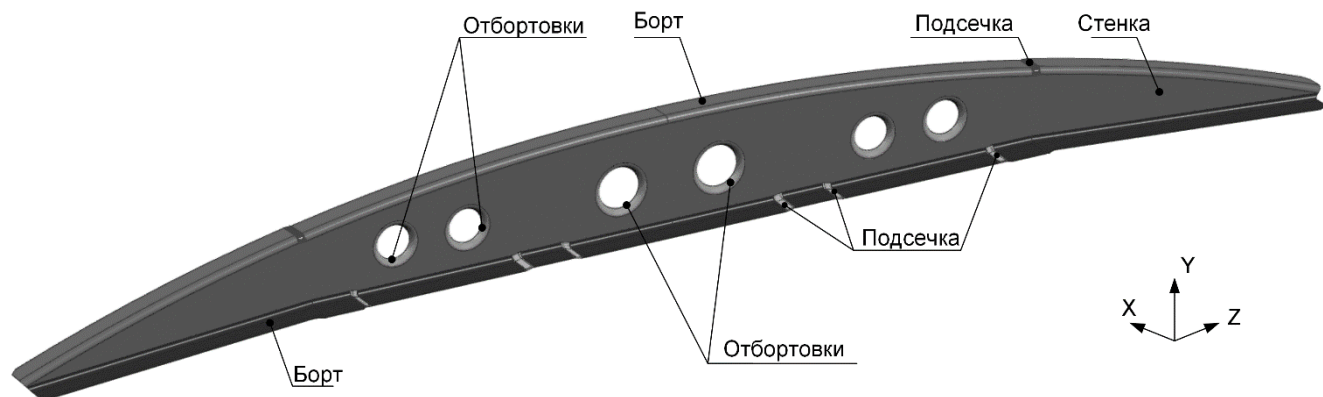


Рис. 2. Электронная модель изделия «диафрагма»

Основу информационной модели составляет множество конструктивных элементов (КЭ) в составе ЭМ изделия. КЭ информационной модели есть подмножество всего множества КЭ детали, в котором для каждого значимого КЭ определены соответствующие конструктивно-технологические параметры изделия и отношения с другими объектами производственной среды (технологические операции, средства технологического оснащения (СТО), оборудование). Обозначим множеством $F_{ИЗ}$ все КЭ проектируемого изделия и подмножество $F_{ЗН}$ значимых элементов её информационной модели. Тогда для каждого значимого элемента, как элемента $f_{ЗНi}$ подмножества $F_{ЗН}$, справедливо выражение:

$$f_{ЗНi} \in F_{ЗН} \subset F_{ИЗ},$$

где $f_{ЗНi}$ – значимый элемент проектируемого изделия;

$F_{ЗН}$ – множество значимых элементов в изделии;

$F_{ИЗ}$ – множество всех конструктивных элементов в изделии.

Расположение и количество конструктивных элементов определяется конструкцией изделия, а также зависит от поставленной задачи. В частности, при решении задач, связанных с выбором и анализом состава конструктивных элементов, КЭ располагаются на поверхностях детали, с привязкой к базовым плоскостям изделия, теоретическому контуру (для бортов и поясов), точкам приложения технологических нагрузок и т.д. В этом случае подмножество конструктивных элементов $F_{ЗН}$ входит во множество всего изделия. Координаты конструктивных элементов определяются из ЭМ изделия, построенного в САД-системе. При необходимости, в ходе решения поставленной задачи состав

конструктивных элементов может изменяться, при этом новые координаты конструктивных элементов берутся на основе данных ЭМ изделия.

В каждом конструктивном элементе информационной модели заданы параметры, описывающие существенные для решаемой задачи характеристики изделия или его элементов. Эти параметры могут быть представлены в скалярном, логическом или ином виде. Состав заданных параметров зависит от решаемой задачи.

Для автоматизированного проведения технологического контроля изделий разработан алгоритм комплексной оценки технологичности с использованием информационной модели изделия. При этом, для качественного проектирования и разработки «Системы анализа ТКИ» авторами были созданы математические модели объектов производственной среды на основе продукционно-фреймовой структуры, применимые в системе анализа оценки технологичности изделия для выбора наиболее оптимального по совокупности условий конструктивного решения.

В качестве основы разрабатываемой концепции приводятся методы, основанные на использовании теоретико-множественных моделей объектов технологической системы. Отношения между рассматриваемыми объектами при изготовлении изделия можно представить в виде следующей иерархии классов «технологическая система» (рис. 3).

На схеме показаны все характерные для каждого класса объектов отношения: для ТП – агрегирование (в данном случае включение) технологических операций и деталей; для технологических операций – отношения использования по ссылкам на изготавливаемые детали и используемые СТО.

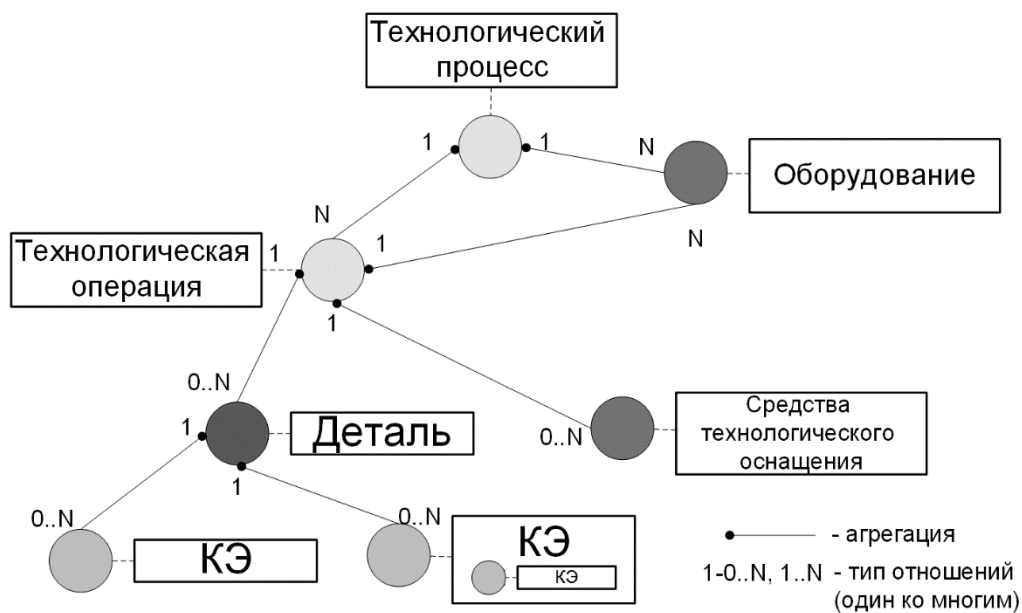


Рис. 3. Иерархия классов «технологическая система»

При построении системы анализа ТКИ, базирующейся на предлагаемой в данной работе методике, характер поведения проектируемых объектов внутри системы также удобно представить в терминах объектно-ориентированного анализа.

Также используется совокупность сравнительной качественной и количественной оценок технологичности, предусматривающих сравнение существующих вариантов конструктивных исполнений элементов конструкции изделия и выбора наиболее технологичного в заданных производственных условиях (рис. 4).

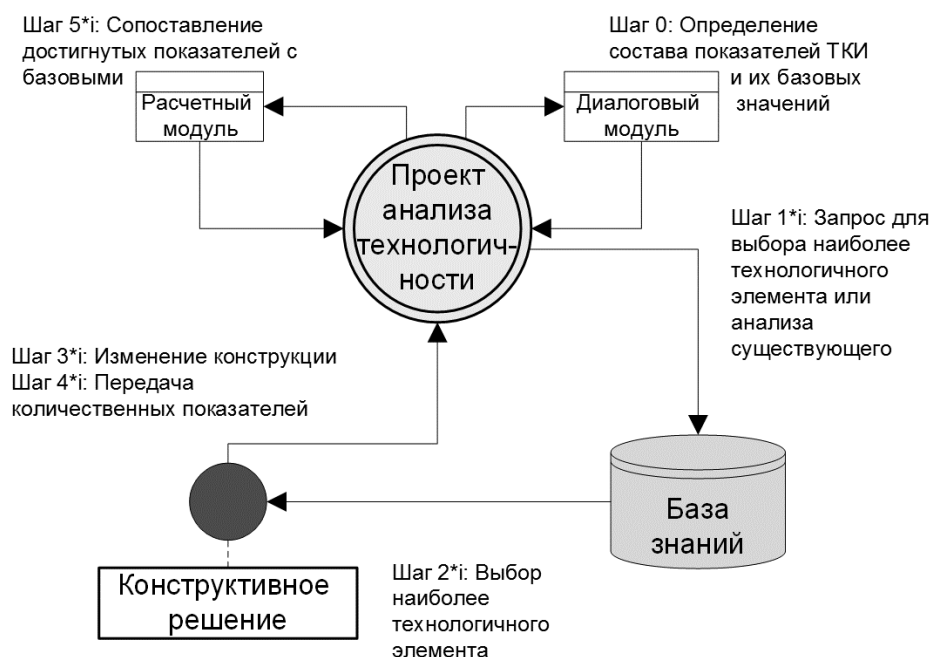


Рис. 4. Схема объектов системы анализа ТКИ

В качестве общей методологической основы использован системный подход, заключающийся в анализе закономерностей выбора методов изготовления отдельных конструктивных элементов изделия с учетом структуры этого изделия и состава объектов технологической системы. При выполнении работы использовались положения оценки технологичности изделий в машиностроении и самолётостроении, теории множеств, алгебры логики и аналитической геометрии, а также методов статистической оценки эмпирических данных об оценке технологичности конструкции изделий в машиностроении. При разработке указанных моделей и методов использовались средства CAD-системы Siemens PLM Software NX 7.5, система управления баз данных MySQL и среда программирования Java [3].

Инновационная новизна.

Созданы математические модели объектов производственной среды на основе продукционно-фреймовой структуры представления знаний и данных в предметной области, применимые в системе анализа оценки технологичности изделия для выбора наиболее оптимального по совокупности условий конструктивного решения и рационального метода изготовления изделия на заданном предприятии (на примере Иркутского авиационного завода).

Новизна данной гипотезы, реализованной в системе, заключается в комплексном анализе ТКИ изделия на основе её трехмерного представления на этапе конструкторско-технологической подготовки производства, но с учетом производственного базиса и технологических возможностей предприятия-изготовителя данного изделия.

Практическая значимость.

Результатом выполнения проекта является система поддержки принятия решений для технолога, внедрение которой позволяет увеличить прибыль предприятия за счет привлечения к работе технологов с меньшим опытом, и обеспечения более технологичного и экономичного производства изделий авиационной техники. Гибкая архитектура приложения делает возможным внедрение системы на различных предприятиях машиностроительной отрасли. Логическая и функциональная структура разработанной Системы показана на рисунке 5. Интеграция с системой автоматизированного проектирования Siemens NX позволяет импортировать структуры проектируемых моделей изделия в программу и производить анализ технологичности конструкции изделия в полуавтоматическом режиме. Модуль “База данных” предоставляет возможность

вносить информацию об оборудовании, деталях, сборочных единицах и типовых технологических процессах, которые используются на конкретном предприятии. Модуль «База знаний» позволяет каждому специалисту добавлять правила оценки технологичности конструкции изделия, а также формализовать типовые технологические операции изготовления отдельных КЭ детали. Результатом работы системы является сравнительная таблица различных способов изготовления проектируемого изделия, с оценкой времени, стоимости с учетом заданного уровня технологичности конструкции изделия.

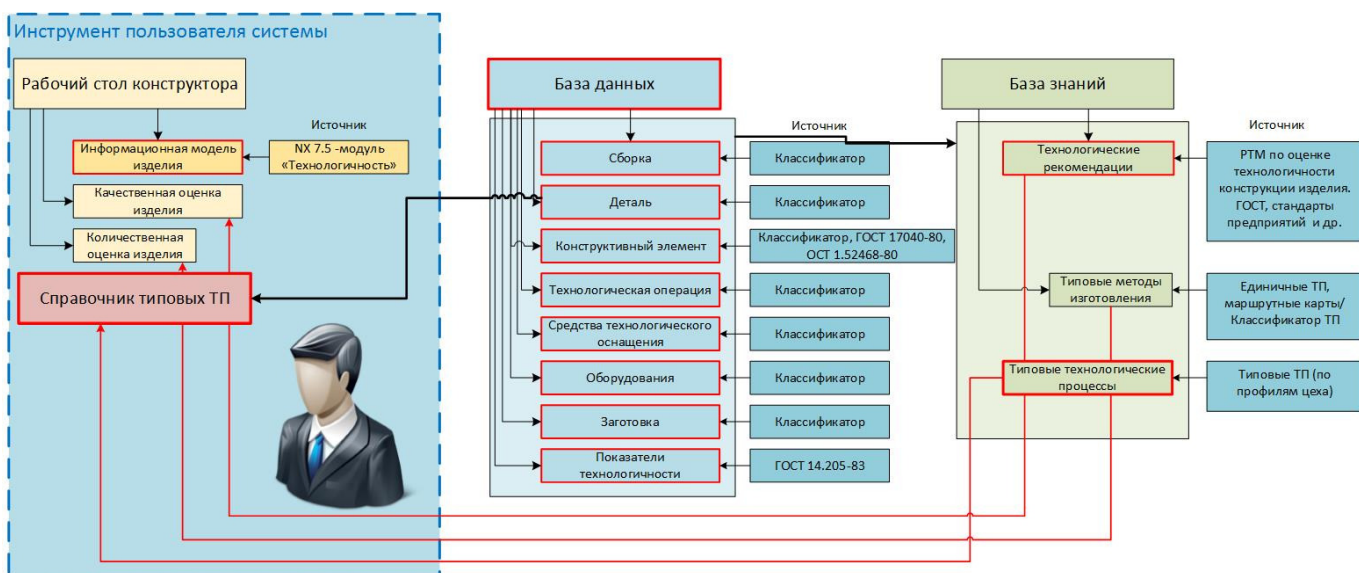


Рис.5. Логическая и функциональная структура разработанной «Системы анализа ТКИ»

Перспективы проекта

Внедрение разработанной системы поддержки принятия решений позволит сократить издержки при производстве, за счет анализа нескольких проектных решений и выбора оптимального по составу конструктивных элементов, и обеспечения более технологичного и экономичного производства изделий машиностроительной техники.

Дальнейшее развитие системы предполагает предоставление возможности производить оценку технологичности изделия непосредственно в среде проектирования, а также интеграцию с пакетом SiemensTeamcenter. Это позволит выполнять следующие задачи:

- решение задачи инженерного анализа конструкции изделия на технологичность непосредственно в среде системы NX с использованием баз данных и знаний «Системы анализа технологичности конструкции изделия»;
- снижение ошибок в ходе конструкторской и технологической подготовки производства изделия, благодаря отсеву экономически затратных и нерациональных вариантов проектных решений в конструкции изделия;
- снижение цикла запуска изделия в производство за счет уменьшения времени проведения технологического контроля, а именно выявления технологических противоречий на этапе проектирования изделия, а не на этапе запуска;
- подготовка технологических данных для разработки типовых технологических процессов изготовления изделия на основе модели в NX с учетом технологических возможностей предприятия и заданного уровня технологичности.

Описание решения проблемы

Создана информационная модель изделия на основе метода представления и анализа трехмерной модели изделия (на примере системы NX), позволяющая произвести комплексный инженерный анализ будущего изделия с учетом заданных исходных показателей технологичности конструкции изделия (ТКИ) на этапе

конструкторской и технологической подготовки производства. Данный метод анализа изделия на технологичность является уникальным, поскольку оценивается его трехмерная модель на наличие коллизий и технологических противоречий между используемыми конструктивными элементами (КЭ) в общей структуре изделия, а также на основе состава КЭ и их значимых параметров анализируются возможные методы изготовления отдельных КЭ или изделия в целом с учетом заданных целевых показателей технологичности. Преимущества данной технологии проведения технологического анализа и контроля изделий является универсальность применяемых алгоритмов. Недостатком предлагаемой технологии является то, что все анализируемые изделия должны иметь компьютерное представление (модель, образ).

В конечном виде все алгоритмы реализованы в программе «Система анализа ТКИ», в которой все КЭ, применяемые в рассматриваемой отрасли (на примере авиастроение), описываются в базе данных системы, а технологические рекомендации и типовые тех. процессы изготовления КЭ описываются в базе знаний системы. Таким образом, разработанная система поддержки принятия решений, позволяет проводить анализ изделий на технологичность в зависимости от «прицепленной» базы данных и знаний конкретного предприятия.

Данный продукт предназначен для помощи при проектирование изделий для молодых конструкторов (подсказка оптимального применения КЭ), а также технологов – для проведения технологического контроля изделий при подготовки и запуска в производство изделий.

Значимость работы

В рамках проекта получены следующие результаты теоретической проработки потенциального эффекта от внедрения:

– снижение влияния субъективного фактора при принятии решений в ходе технологической подготовки производства изделия, благодаря использованию выявленных формальных критериев оценки технологичности изделия;

– разработка информационной модели изделия, которая содержит минимальный необходимый объём данных, в отличие от ЭМ изделия, вследствие чего требует меньшего объёма аппаратных ресурсов ПК;

– возможность использования предложенной информационной модели изделия, разработанных методов её построения, анализа и полученных с их помощью данные применимы для решения ряда задач конструкторско-технологической подготовки производства, а именно:

а. выбора конструктивной структуры изделия;

б. выбора состава объектов технологической системы (ТО, СТО, оборудования);

в. проведения комплексной оценки изделий на основе заданных критериев технологичности.

Целевая аудитория пользователей системы являются:

1) конструктор:

а. формирование модели изделия в системе NX с учетом разработанной базы данных типовых конструктивных элементов и формализованных технологических рекомендаций;

б. отработка технологичности конструкции изделия на этапе проектирования в системе NX при работе в разработанном модуле «Технологический контроль».

2) технолог:

а. проведение технологического контроля при запуске в производство изделий с использованием модуля «Технологический контроль»;

б. автоматизированная расцеховка изделия на основе её модели в NX;

в. формирование технологических рекомендаций при разработке технологических процессов для ДСЕ в базе знаний системы.

Таким образом, применение «Системы анализа ТКИ» уже на этапе концептуального проектирования можно добиться выпуска конкурентоспособного изделия с высокими, по сравнению с аналогами, целевыми показателями производственной и эксплуатационной технологичности конструкции изделия.

Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Библиографический список

1. Амиров Ю. Д. Технологичность конструкции изделия / Библиотека конструктора. М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
2. ГОСТ 14.201-83. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия. – М.: Издательство стандартов, 1983.
3. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия / А.С. Говорков, Р.Х. Ахатов // Научный журнал «Известия Самарского научного центра РАН» Т13(44). 2011. – С.285-292.
4. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. – Москва.: Инфра-Инженерия, 2010. – 192 с.
5. Колганов И. М. Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Часть 1: Учебное пособие / И.М. Колганов, П.В. Дубровский, А.Н. Архипов. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 148 с., ил.
6. Осетров В. Г. Технологический анализ машиностроительного производства / В.Г. Осетров, Ю.Д. Амиров. – М.: Машиностроение, 1980. – 205 с.