

Рычагова О. А

Моделирование технологического процесса изготовления и контроля изделий механообработки с помощью специализированных программ обеспечения.

*Уральский федеральный университет  
Имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
Россия, Екатеринбург, Мира 19, 620002*

*Magistrate Rychagova O. A*

*Ural federal university after first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Russia, Ekaterinburg, Mira 19, 620002*

На примере создания детали (вал) рассматривается Моделирование технологического процесса изготовления и контроля изделий механообработки с помощью специализированных программ обеспечения.

*Аннотация. Целью работы является моделирование технологического процесса изготовления и контроля изделий механообработки с помощью специализированных программ обеспечения, на примере создания детали вал. Исследована технология изготовления (маршруты) и технологическое оборудование механообрабатывающего участка (цеха). Определен уровень автоматизации механообрабатывающего производства. Установлено, что моделирование тех нужно создавать так, чтобы была возможность программ обеспечения интегрировать между всеми этапами производства, имело возможность моделирования других деталей, сходных по технологическому процессу, с возможностью совмещаться с основным и дополнительным технологическим оборудованием. Основным решением в поставленной задаче является моделирование технологического процесса изготовления и контроля изделий механообработки с помощью специализированных программ обеспечения при помощи*

*выбора подходящего средства автоматизации, которое позволяет описывать концептуальные схемы предметной связи исходя из проектирования каждого этапа технологической подготовки производства.*

*Ключевые слова: моделирование, специализированное программное обеспечение, механообрабатывающее производство, вал, автоматизация ГПС.*

Вступление.

Современные этапы производства уже невозможно представить без повсеместного применения систем автоматизированного проектирования (САПР) на всех этапах изготовления изделий методом моделирования технологического процесса изготовления и контроля изделий механообработки с помощью специализированных программ обеспечения.

В общем случае можно выделить следующие этапы:

Получение технического задания на изделие.

Конструкторская подготовка производства (КПП), включающая в себя:

- создание 3 D - модели и чертежей изделия;
- инженерный анализ.

Технологическая подготовка производства (ТПП), включающая в себя:

- разработку технологического процесса;
- выбор технологического оборудования;
- расчет ГПС и ее элементов;
- создание системы инструментообеспечения;
- создание управляющих программ для станков с ЧПУ.

Изготовление.

Методология моделирования позволяет для каждого из этапов наглядно выбрать подходящее средство автоматизации и позволяет описывать концептуальные схемы предметной связи исходя из проектирования каждого этапа модернизации производства.

Литературный обзор.

Движущей силой развития промышленности в современных условиях является стремление предприятий повысить конкурентоспособность и качество выпускаемой продукции как обязательное условие ее реализации на рынке. Конкурентоспособность предприятия, среди всего прочего зависит от качества, его продукции. Качество продукции в свою очередь, зависит от качества процессов её проектирования, подготовки к производству, производства и эксплуатации.

Таким образом любая современная техническая система, такая как машиностроительное и другие производства, развивается в условиях жесткой конкуренции, развитие ее можно представить в нескольких направлениях: существенное повышение качества продукции; сокращение времени обработки на новейшем оборудовании с числовым программным управлением на основе технических усовершенствований деталей и узлов; повышение интеллектуальной оснащенности производства с использованием высокоэффективных процессорных систем и др. Многолетние наблюдения позволяют полагать, что период освоения, например, новых технологических процессов в механических, сборочных, механосборочных и подобных названным производствах составляет значительный период от пяти и более лет, а эффективность, например, комплексных агрегатно-сборочных технологических процессов, растет и того медленнее, тогда вытекает вывод, что главным резервом повышения показателей экономической эффективности названных производств остается повышение степени автоматизации производственно-технологического и сборочных процессов, совершенствование и повышение качества разработки технологических процессов в виде управляющего программного обеспечения технологических процессов и станков с ЧПУ с использованием процессорной техники, а также совершенствование управления технологическими, производственными и организационными процессами высокотехнологичного производства промышленных предприятий. Поэтому современная стратегия развития промышленного производства во всем промышленном мире предполагает создание принципиально новых методов и приемов современного управления производством с использованием новых технических средств и новейших материалов; существенным повышением уровня автоматизации непосредственно технологических процессов, управления этими процессами на основе моделирования системы обработки информации, экономико-математического моделирования вышеуказанных процессов с целью обеспечения выпуска высококачественной надежной продукции машиностроительного производства промышленных предприятий в заданные сроки при минимальных затратах.

Проверенный десятилетиями и десятками тысяч зарубежных фирм путь к выживанию и развитию предприятия на рынке в условиях обостряющейся конкурентной борьбы состоит в создании на предприятии эффективно действующей системы моделирования этапов технологической подготовки производства.

Значительный вклад в развитие данного направления внесли отечественные ученые: . Жолобов А. А. [1], Проников А. С. [2,3] Соломенцев Ю. М. [4], Косилова А. Г. [5,6], Мещеряков Р. К. [5,6 ], и др.

Проведенные опыты на предприятиях показали, что даже при наличии современного оборудования на ряде предприятий, а данное условие считается основной предпосылкой для выпуска качественной продукции, такие предприятия далеко не всегда, а иногда совсем не всегда, способны произвести качественную продукцию. Причиной, как выяснилось, является несовершенство организации процессов жизненного цикла продукции на данных предприятиях.

Как правило, разработка информационной модели организации осуществляется «сверху вниз», начиная с формирования миссии компании, корпоративных целей, выработки стратегии, которая определяет необходимый набор функций для достижения поставленных целей. Полная информационная модель становится для предприятия системой его управления.

Моделирование технологического процесса изготовления и контроля изделий механообработки с помощью специализированных программ обеспечения, на примере создания детали вал на предприятиях начинается с связующего автоматизированного электронного документооборота между всеми этапами изготовления изделия.

Все создаваемые в рамках одного проекта электронные документы связаны с конструкторской и технологической документацией в подразделениях, обеспечивающих разработку, применение и обращение всей документации. Это создает для каждого проекта единую структуру изделий и всей сопровождающей его документации. Также благодаря глубокой интеграции документооборота с моделирующими системами возможна автоматическая двунаправленная синхронизация между электронными документами в архиве. Это означает, что в случае внесения изменения в один из документов, например в 3D – модель, все взаимосвязанные с ним документы также автоматически будут изменены. Это позволяет очень гибко реагировать на изменения, вносимые в проект.

Моделированием технологической подготовки производства является продолжением работ по проектированию изделия. На этой стадии устанавливается, при помощи каких технических методов моделирования и средств, способов организации производства должно изготавливаться данное изделие, окончательно определяется его себестоимость и эффективность производства. Такая технология разрабатывается как для каждого нового изделия, так и для традиционной продукции в целях повышения технического уровня и снижения издержек производства, улучшения условий труда, охраны окружающей среды.

Под технологическим процессом понимается совокупность методов изготовления продукции путем изменения состояния,

свойств, форм и габаритов исходных материалов, сырья и полуфабрикатов.

В процессе технологической подготовки производства разрабатываются способы механизации и автоматизации производственных процессов, а также решаются некоторые вопросы организации производства, а именно: внедрение поточных методов, организация и оснащение рабочих мест и участков, выбор транспортных средств и средств хранения сырья, полуфабрикатов и продукции и т.п.

Изначательное моделирование всех процессов производства изделия позволяет наиболее быстро и эффективно совершать обмен информации и документаоборота внутри предприятия, исключает возможность бесполезного дублирования информации и увеличивает гибкость производства.

### **Исходные данные.**

Как и любой процесс, модернизация производства имеет свои этапы. Первые три этапа напрямую связаны с анализом всей доступной информации и статистических данных. Принятие решения о модернизации происходило от следующих условий:

1. Получено задания на изготовление детали вал, регламентируемое документально.
2. Выявлена необходимость увеличить производительность за счет увеличения доли гражданской продукции;
3. Планируемое разделение производства на участки изготовления по номенклатуре изделий.

В процессе анализа определяются сильные и слабые стороны деятельности компании. Устанавливается объем свободных ресурсов. Исходя из этого можно выбрать возможные направления развития производства.

Для исследования было взято механообрабатывающее автоматизированное производство. Известно, что в производстве имеется поточный участок обработки деталей тел вращения и корпусных деталей, линейного принципа, строго определенной последовательностью выполнения операций технологического процесса в каждый момент времени. С целью совершенствования системы организации производства используется комплексная автоматизированная система интерактивного управления и согласования (LanDocs). Данная система на предприятии создает электронный архив, который используется как для хранения уже готовых проектов, так и для работы с текущими, входящую в ERP систему. Это, прежде всего, информационная система, которая позволяет хранить и обрабатывать большинство критически важных для работы предприятия данных. В данной системе проводится

анализ существующих производственных процессов. В процессе анализа определяются сильные и слабые стороны деятельности компании. Устанавливается объем свободных ресурсов. Исходя из этого можно выбрать возможные направления развития производства. Создаются и хранятся вся организационная бизнес проектная и задания на создание формирование изготовления детали вал.

Здесь, информационный тезаурус, внесенный в общую базу данных промышленного предприятия, позволяет быстро и качественно сориентировать интегрированную автоматизированную систему управления предприятием (АСУП) на нужный процесс и наряду с «конструктивом» по функции как полезному действию выбрать ту проектно-технологическую или производственно-технологическую процедуру, которая необходима для производства того или иного объекта (вала).

Моделирование детализации получения технического задания на изготовление детали вал удобно делать при помощи VPwin системы Модели бизнес-процессов в масштабах всего предприятия могут оказаться очень сложными. VPwin предоставляет возможности, призванные облегчить инкрементальную разработку моделей и разграничение процессов. Средства объединения дают возможность нескольким проектным группам проводить анализ различных фрагментов деятельности, а затем создать глобальное представление. Иногда бывает необходимо более детально изучить определенную часть общей модели. VPwin позволяет разбить модель на фрагменты, поработать с ними, а затем вновь объединить их в одно целое.

Все создаваемые в рамках одного проекта электронные документы взаимосвязаны с системой Teamcenter Engineering, в подразделениях, обеспечивающих разработку, применение и обращение конструкторской документации. Это создает для проекта изготовления детали вал единую структуру изделия и всей сопровождающей его документации. Также благодаря глубокой интеграции системы Teamcenter Engineering с современными CAD – системами возможна автоматическая двунаправленная синхронизация между электронными документами в архиве. Это означает, что в случае внесения изменения в один из документов, например, 3D – модель вала, все взаимосвязанные с ним документы также автоматически будут изменены. В ходе создания 3D – модели вала на этапе КПП конструкторским отделом используется система Solid Edge, это современная CAD – система, помогающая решать широкий спектр задач трехмерного проектирования. Для создания чертежей используется возможность системы Solid Edge автоматически создавать набор чертежей на основе имеющейся 3D – модели.

Далее на основе 3D – модели создается управляющая программа для станков с ЧПУ обработки вала. 3D – модель интегрируется с NX CAD системой. Набор приложений, входящий в пакет NX CAD, позволяет решать задачи разработки полного электронного макета всего изделия и его составных частей для последующего использования в процессах технологической подготовки производства, механической обработки.

Программа для станка с ЧПУ представляет собой последовательность кодов, в результате трансляции которых станок формирует траектории движения инструмента, задает параметры работы (подача, скорость и направление вращения шпинделя и т.д.) и выполняет вспомогательные функции (смена инструмента, подача СОЖ и т.д.). традиционная последовательность действий, необходимых для создания программы обработки детали для станка с ЧПУ в CAD системе выглядит следующим образом:

1. Выбор типа обработки и кинематической схемы станка.
2. Определение управляющей геометрии.
3. Выбор стратегии и параметров обработки.
4. Вычисление траектории движения инструмента.
5. Визуальный контроль траекторий (бэкплот) и их симуляция.
6. Постпроцессирование (перевод траектории движения и вспомогательных движений и вспомогательных операций в коды станка).

Отработка конструкции детали вал на технологичность должна производиться как конструкторами, так и технологами, а также производственниками, в процессе подготовки производства к выпуску изделия.

Оценка технологичности изделия на первых этапах проектирования автоматизированного участка ведется в следующей последовательности:

производится разбивка всей номенклатуры изделий на группы с учетом общности оборудования, оснастки и технологического процесса изготовления;

при формировании группы принимают во внимание габаритные размеры и материал изделий; их геометрическую форму; общность, подлежащих обработке поверхностей; точность и шероховатость поверхности; однородность заготовок и серийность выпуска;

в каждой группе выбирают изделие – представитель группы (обычно это изделие, имеющее максимальное число обрабатываемых поверхностей).

Наряду с управляющей программой для станка с ЧПУ важнейший этап этого процесса является подбор технологической оснастки. Оба этапа тесно взаимосвязаны между собой: любой технолог знает, что без учета инструментального

обеспечения невозможно построить операционный технологический процесс. Отсюда вытекают задачи построения эффективной системы инструментообеспечения и ее связи с системами автоматизированной подготовки технологических процессов. Наиболее эффективно задачи взаимосвязи процедур подготовки производства решаются с применением систем управления жизненным циклом изделия Teamcenter Engineering. В системе Teamcenter Engineering активно применяется MRL библиотека (пользовательская база инструментов). Для полного функционирования продукта на предприятии необходима предварительная его настройка, заключающаяся в классификации инструментов (фрезерные, токарные и др.) для использования их в технологических процессах.

Технологическая подготовка производства изготовления детали вал.

С повышением номенклатуры изготавливаемых изделий типа тел вращения (валов) целесообразным использовать общность технологических маршрутов и формировать производственные участки по предметному признаку (участок, ячейки изготовления обработки корпусных деталей, участок валов, участок шестерен).

Гибкая производственная ячейка (ГПЯ) — комплекс, состоящий из станков с ЧПУ, выбранных и установленных в соответствии с выполняемыми заданиями и соединенных средствами транспорта. В состав ГПЯ могут входить станки и машины, обслуживаемые вручную, а также дополняющие рабочие места — для мойки, сушки, контроля размеров после обработки. Ячейки, обслуживаемые с помощью промышленного робота, называются роботизированными.

Одним из приоритетных вариантов металлообработки выбран вариант изготовления на автоматической ячейке изготовления детали «Вал».

В ходе математического расчета детали операций необходимых для металлообработки детали вал, трудоемкости, количества гибких производственных модулей, столов накопителей, размеры склада и коэффициент загрузки производственной системы и ее элементов получили вариант ГПС.

Деталь (вал) изготавливается на обрабатывающем центре с токарной и фрезерной обработкой и шлифовальный станок с ЧПУ. Обрабатывающий центр и шлифовальный станок с ЧПУ выбран из состава оборудования находящийся в составе действующего механообрабатывающего производства. Автоматизированное перемещение изделия до годной детали осуществляется роботом. Для промежуточного контроля используется цифровой шаблон для измерения.



Описательная часть автоматизированного процесса изготовления детали:

1. Заготовка с помощью робота устанавливается в патрон обрабатывающего центра.
2. Идет токарная обработка детали.
3. Деталь с помощью робота снимается с обрабатывающего центра и перемещается в рабочую зону цифрового шаблона для измерения.
4. На цифровом шаблоне проводится измерение ответственных размеров детали. После измерения в случае отклонения размеров от поля допуска в автоматизированном режиме вводятся поправки на корректор инструмента в стойке обрабатывающего центра.
5. Если деталь годная, то она с помощью робота перемещается из рабочей зоны цифрового шаблона в обрабатывающий центр для фрезерной обработки.
6. Идет фрезерная обработка детали.
7. Деталь с помощью робота снимается с обрабатывающего центра и перемещается в рабочую зону цифрового шаблона для измерения.
8. На цифровом шаблоне проводится измерение ответственных размеров детали. После измерения в случае отклонения размеров от поля допуска в автоматизированном режиме вводятся поправки на корректор инструмента в стойке обрабатывающего центра.
9. Если деталь годная, то она с помощью робота перемещается из рабочей зоны цифрового шаблона в шлифовальный станок для шлифовальной обработки.
10. Деталь с помощью робота снимается с шлифовального станка с ЧПУ и перемещается в рабочую зону цифрового шаблона для измерения.
11. Если деталь годная, то она с помощью робота перемещается из рабочей зоны цифрового шаблона в зону годных деталей. Если деталь бракованная, то она отправляется в зону брака.
12. Цикл продолжается.

На рис 1. показана схема ГПЯ, состоящей из обрабатывающего центра 1 и шлифовального станка с ЧПУ 2. Ячейку обслуживает промышленный робот 4 с системой управления 12. Наряду со станками и роботом в состав ячейки входят дополнительные устройства и оборудование, в частности кантовать 3, моечная машина 5, паллета 7 с заготовками типов А и В, паллета 6 с обработанными деталями, цифрового шаблона для измерения деталей 9. Оператор находится перед центральным пультом управления 10 с монитором

11. Рабочая зона действия робота ограничена защитным устройством с системой фотоэлементов 8.

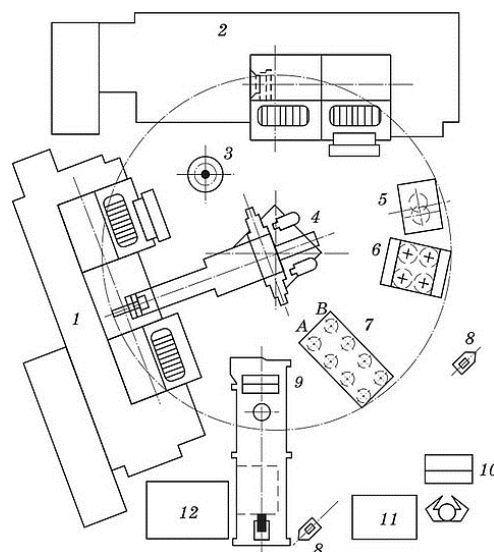


Рис 1.

Для автоматизированной системы удаления отходов (АСУО), обрабатывающее оборудование целесообразно расставлять таким образом, чтобы оно было в одну линию, или стояло рядом.

Исходя из расчетов и компоновки оборудования данная ГПЯ может применена в механообрабатывающем производстве на выпуск других деталей, сходных по технологическому процессу.

Имитационное моделирование системы обслуживания (основана на теории массового обслуживания), и также может моделировать потоки серийного обслуживания, представляет собой алгоритм, отражающий поведение системы обслуживания, то есть отражающий изменения состояния системы обслуживания во времени при заданных потоках заявок, поступающих на входы системы.

Параметры входных потоков заявок – внешние параметры системы обслуживания.

Примеры выходных параметров: среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени; коэффициенты загрузки оборудования – отношение времен обслуживания к общему времени в каждом обслуживающем аппарате (станке); среднее время обслуживания одной заявки.

Для описания моделей системы обслуживания при их исследовании на ЭВМ разработаны специальные языки имитационного моделирования. Примером общецелевых языков служит широко распространенный язык GPSS.

Для описания имитационной модели на языке GPSS полезно представить ее в виде схемы, на которой отображаются элементы системы обслуживания – устройства, накопители, узлы и источники.

Описание на языке GPSS есть совокупность операторов (блоков), характеризующих процессы обработки заявок.

Для изготовления детали вал непосредственно в цехе операторы станков с ЧПУ используют маршрутные карты и операционные эскизы, созданные в технологическом отделе. Стойки управления станков с ЧПУ имеют подключение к компьютерной сети предприятия, что позволяет загружать программы обработки ЧПУ напрямую из электронного архива.

Специфика выпускаемой продукции требует от предприятия максимального строгого контроля ее качества. Важную роль в обеспечении контроля качества играют контрольно измерительная машина (КИМ) (пример DuraMax и Global). В случае детали вал они применяются как для межоперационного, так и для финального контроля точности изготовления. Данные КИМ оснащены собственным программным обеспечением – системой Calypso для КИМ DuraMax и системой PC-DMIS для КИМ Global. Эти КИМ могут управляться вручную, но для наибольшей эффективности требуется использовать 3D – модель, по которой с помощью соответствующих программ создается маршрут «ощупывания» детали. Программное обеспечение КИМ позволяет создавать требуемую 3D – модель детали с нуля, но для максимального быстрого и точного контроля детали из электронного архива загружается ранее созданная конструкторами 3D – модель вала.

Моделирование диспетчеризации и сбор данных в работе ГПЯ на современных предприятиях возможно при помощи системы SCADA (аббр. от англ. Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных) — программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления ГПЯ по изготовлению детали вал. SCADA может являться частью АСУ ТП. SCADA-системы используются во всех отраслях хозяйства, где требуется обеспечивать операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени. Данное программное обеспечение устанавливается на компьютеры и, для связи с объектом, использует драйверы ввода-вывода или OPC/DDE серверы. Программный код может быть, как написан на одном из языков программирования, так и сгенерирован в среде проектирования.

На основе всех вышеизложенных этапов технологических процессов создана единая модель автоматизированного проектирования связующих звеньев между всеми занятыми в процессе моделирования специализированное программное обеспечение(рис.2).

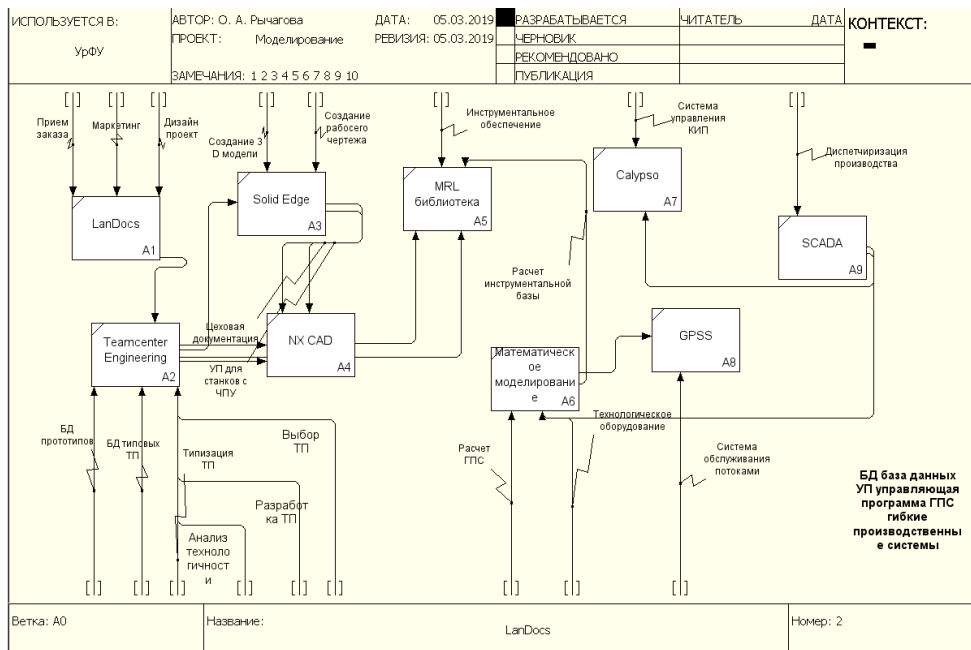


Рисунок 2.

## Заключение.

В представленном примере было рассмотрено моделирование технологического процесса изготовления и контроля изделий механообработки с помощью специализированных программ обеспечения для изготовления детали вал. Разработано моделирование и автоматизация всех этапов изготовления, начиная с первичного документооборота, 3D - модели на основе технического задания и заканчивая финальным контролем перед первой сдачей детали. В общем, эта роль сводится к роли связующего звена между всеми занятыми в изготовлении детали системами, т. е. к превращению отдельных САПР различных отделов предприятия в единую информационную систему. Это способствует наиболее быстрому и эффективному обмену информацией и документообороту внутри предприятия, исключает возможность бесполезного дублирования информации и увеличивает гибкость производства. В сумме же это заметно повышает производительность труда, а значит, и конкурентоспособность предприятия.

## Список литературы:

1. Жолобов А. А. технология автоматизированного производства. Учебник для ВУЗов. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 624 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : Справочник – учебник. В 3-х томах. Т.1: Проектирование станков / А.С.

Проников, О. И. Аверьянов, Ю. С. Апполонов и др.; Под общ. Ред. А. С. Проникова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1994. – 444 с.: ил.

3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : Справочник – учебник. В 3-х томах. Т.2:Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А.С. Проников, Е. И. Борисов, В. В. Бушуев и др.; Под общ. Ред. А. С. Проникова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1995. – 320 с.: ил.

4. Проектирование автоматизированных участков и цехов: П 79 Учеб. Для машиностроит. спец. Вузов / В. П. Вороненко, В. А. Егоров, М. Г. Косов и др.; Под ред. Ю. М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. Шк., 2000 – 272 с.: ил.

5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. –М. : Машиностроение, 1986. 656 с., ил.

6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. –М. : Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

7. Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекции. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. 66с

8. Юрий Абрамов.Журнал. Умное производство. Статья. Выпуск 43 от 09.18