

УДК 621-000

Е.А. Джур, А.Е. Проволоцкий, А.Г. Фесенко, И.И. Бондаренко,
О.В. Бондаренко

ПОИСК И РАЗРЕШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Наиболее общей целью разработки интегрированной технологии является создание конкурентоспособной продукции [1-3]. Конкурентоспособность в значительной мере определяется тремя факторами: качеством, сроками создания продукции и величиной затрат на ее изготовление и реализацию. Приоритет того или иного фактора зависит от конкретных рыночных и производственных условий.

В работе [1] выделяются следующие направления создания интегрированных технологий:

- генеративные методы изготовления;
- усовершенствованные традиционные методы изготовления;
- комбинированные методы.

В работе [2] на основании литературных данных приведены такие подходы к определению понятия «интегрированная технология»:

использование CAD-CAM-CAE – систем для поддержки разработки всего жизненного цикла изделия или как минимум всего цикла его разработки и производства;

комбинированные методы, сочетающие в себе различные физические и химические эффекты;

«интеграция технологий это наука о решении задачи или разработке проекта в контексте всего предприятия и повышении эффективности путем реализации полезной взаимосвязи полезных его компонентов» [4].

При анализе этих направлений явно заметен уклон в сторону формообразования деталей и получения заданных свойств конструкционных материалов, а также в сторону изменения формы представления данных о форме, размерах детали и свойствах материала. В определении, данном в работе [4], указывается на необходимость «оптимального взаимодействия» всех структурных составляющих предприятия, но не детализируется в каких формах должно происходить это взаимодействие. В работе [2] на основании анализа структуры

технологического решения и его взаимосвязи с управленческим, конструкторским и организационным выделены направления разработки интегрированных технологий:

интеграция конструкторских и технологических решений;

интеграция основных составляющих технологических решений;

интеграция основных и вспомогательных технологических решений;

интеграция управленческих с конструкторскими, технологическими и организационными;

интеграция технологических и организационных решений.

Таким образом, при достаточно четком выделении отдельных направлений разработки интегрированных технологий и наличии определенных практических результатов, отсутствует общий методологический подход к их разработке, что серьезно осложняет и сдерживает распространение имеющегося опыта для повышения эффективности деятельности отечественных предприятий. Целью данной работы является разработка такого подхода и оценка его влияния на использование интегрированных технологий в деятельности промышленных предприятий, научных и проектно-конструкторских организаций.

Сам термин «интеграция» означает, что между интегрируемыми решениями, точнее между факторами, влияющими на их принятие, имеется определенное несоответствие, которое выражается в следующем противоречии – положительный эффект, достигнутый за счет принятия и реализации одного решения, уменьшается либо сводится на нет неэффективностью других. Для создания работоспособного, тем более конкурентоспособного изделия, необходимо либо сгладить имеющиеся противоречия до приемлемых значений либо разрешить их. Традиционные конвенциональные технологии построены именно на сглаживании противоречий, чего в современных условиях уже недостаточно. Следовательно, интегрированная технология должна разрешать противоречие.

Таким образом, интегрированная технология – это технология, разрешающая противоречия между факторами, влияющими на принятие управленческих, конструкторских, технологических и организационных решений в процессе создания продукции.

В большинстве случаев такие противоречия являются техническими, потому что преградой на пути реализации управленческих и

организационных решений, как правило, оказывается техническая и технологическая неподготовленность предприятия к их выполнению. Методика же выявления и разрешения технических противоречий наиболее полно разработана в рамках теории решения изобретательских задач [5]. Следовательно, разработка интегрированной технологии может быть как инженерным, так и изобретательским решением.

Отдельного рассмотрения заслуживают ситуации, когда устаревшие подходы к принятию управленческих и организационных решений препятствуют принятию и реализации эффективных конструкторских и технологических решений. Имеющиеся в этом случае противоречия уже не являются техническими, и их разрешение зависит от эффективности системы управления предприятием, соответствующей достигнутому уровню развития науки, техники и технологии. Отсутствие такой системы управления приводит к снижению конкурентоспособности продукции предприятия и, в наиболее неблагоприятном для него случае, уходу с рынка. Так как интегрированная технология в любом случае это инновация, то на рынке остаются наиболее открытые для проведения и внедрения новых разработок предприятия, способствующие научно-техническому прогрессу, невозможному в настоящее время без всестороннего развития человека как личности и гуманизации общественного устройства. Следовательно, разработка и внедрение интегрированных технологий способствует социальному прогрессу и организации социотехнического производства.

В работе [1] отмечено, что «интегрирующая идея, разработки и реализации интегрированной технологии становятся возможными тогда, когда в каждой из интегрируемых областей науки, техники, технологии, материаловедения и т.д.. достигнут новый необходимый уровень развития», то есть разработка интегрированной технологии является результатом научно-технического прогресса. Такой подход имеет много общего с предложенным в работе [5], в которой научно-технический прогресс предстает в виде последовательности, приведенной на рисунке 1.

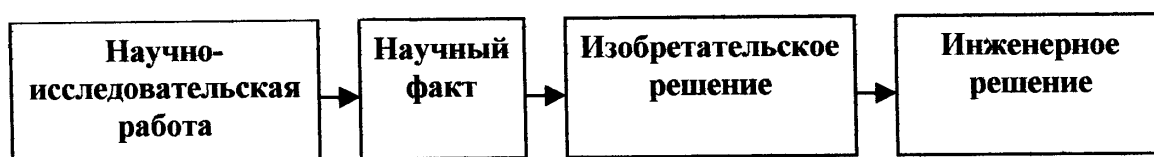


Рисунок 1 – Структура научно-технического прогресса

Следует отметить, что изобретательское и инженерное решения далеко не всегда следуют за научной разработкой на уровне установленного факта. Данное утверждение подтверждается тем, что практическое использование нового изделия, технологии начинается значительно раньше, чем эффекты, на основании которых разработано это изделие либо технология, будут достоверно изучены и получат полное объяснение с научной точки зрения. Кривые жизненного цикла изделия, показывающие соотношение «изученности» эффектов, на основании которых разработано изделие либо технология, с масштабами использования, приведены на рисунке 2 [5].

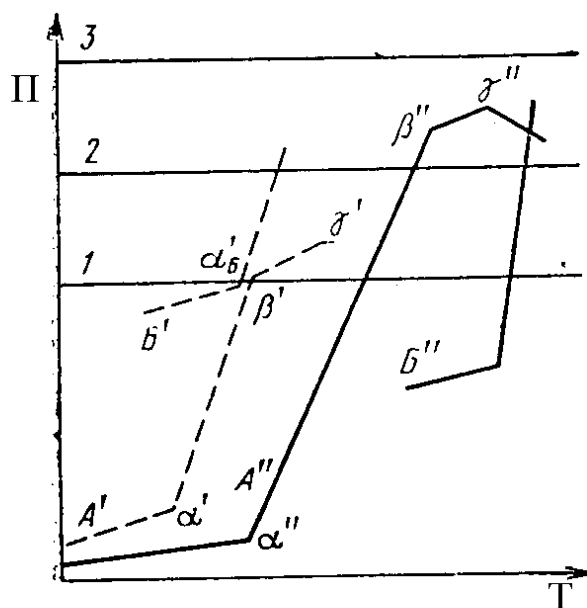


Рисунок 2 – Теоретическая и реальная кривые жизненного цикла технической системы (изделия или технологии)

На рисунке: 1 – уровень, до которого целесообразно быстрое развитие технической системы А, 2 – уровень, до которого система А может интенсивно развиваться при условии причинения вреда внешней среде либо при каких-либо благоприятных обстоятельствах, 3 – физический предел развития системы А, А', А'' – теоретическая и ре-

альная кривые жизненного цикла системы А, Б', Б'' – теоретическая и реальная кривые жизненного цикла системы Б, α' , α'' – соответственно теоретическая и реальная точки перехода к широкому использованию технической системы А, $\alpha_{Б'}$ – теоретическая точка начала широкого использования системы Б, β' , β'' – соответственно теоретическая и реальная точки окончания интенсивного развития системы А, γ' , γ'' – соответственно теоретическая и реальная точки начала деградации системы А, и ее замены системой Б, либо перехода системы А в стабильное состояние с сохранением достигнутых характеристик на длительное время.

Не вдаваясь подробно в описание приведенных на рисунке кривых, необходимо отметить, что широкое использование изделия или технологии начинается на более низком техническом уровне, чем следует из теоретической кривой – это как раз и указывает на отсутствие достаточно полного, научно обоснованного представления об эффектах, действующих в рассматриваемой системе.

Для современной техники характерно, что изобретательские и инженерные решения могут приниматься на основании гипотезы, в том числе и с целью ее проверки. С учетом этого целесообразно представить схему научно-технического прогресса так, как это показано на рисунке 3.

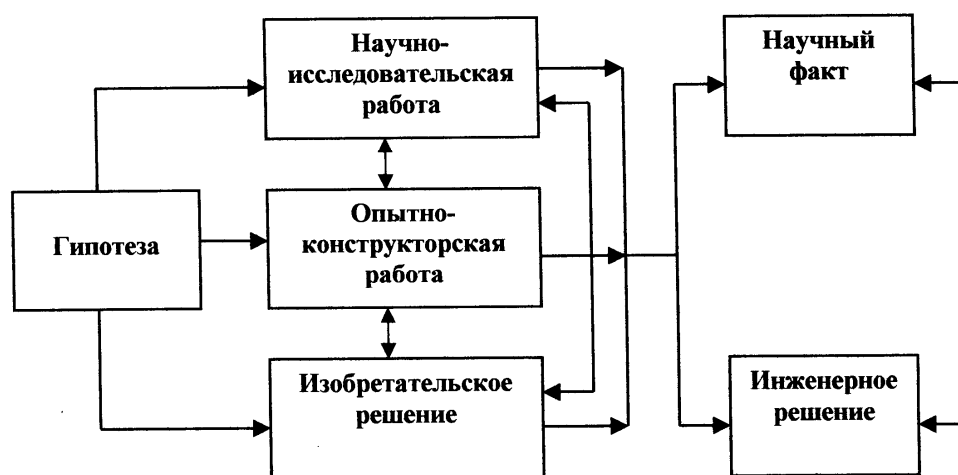


Рисунок 3 – Структура научно-технического прогресса при работе в условиях неполной изученности эффектов, на которых основаны принимаемые изобретательские и инженерные решения

Однако даже если принятые изобретательские или инженерные решения приносят желаемый эффект далеко не сразу и не всегда удастся установить, благодаря чему этот эффект получен. Это обусловлено большим количеством факторов, влияющих на работоспособность технических систем, их зачастую одновременным и разнонаправленным воздействием. В этом случае, даже после принятия инженерного решения, требуется интенсивная научная обработка получаемых результатов и оценка степени влияния каждого из известных факторов на работоспособность той или иной технической системы.

На рисунке 4 показаны направления разработки интегрированных технологий и тот вклад, который каждое из этих направлений вносит в достижение конечной цели деятельности предприятия, то есть в производство и реализацию конкурентоспособной продукции.

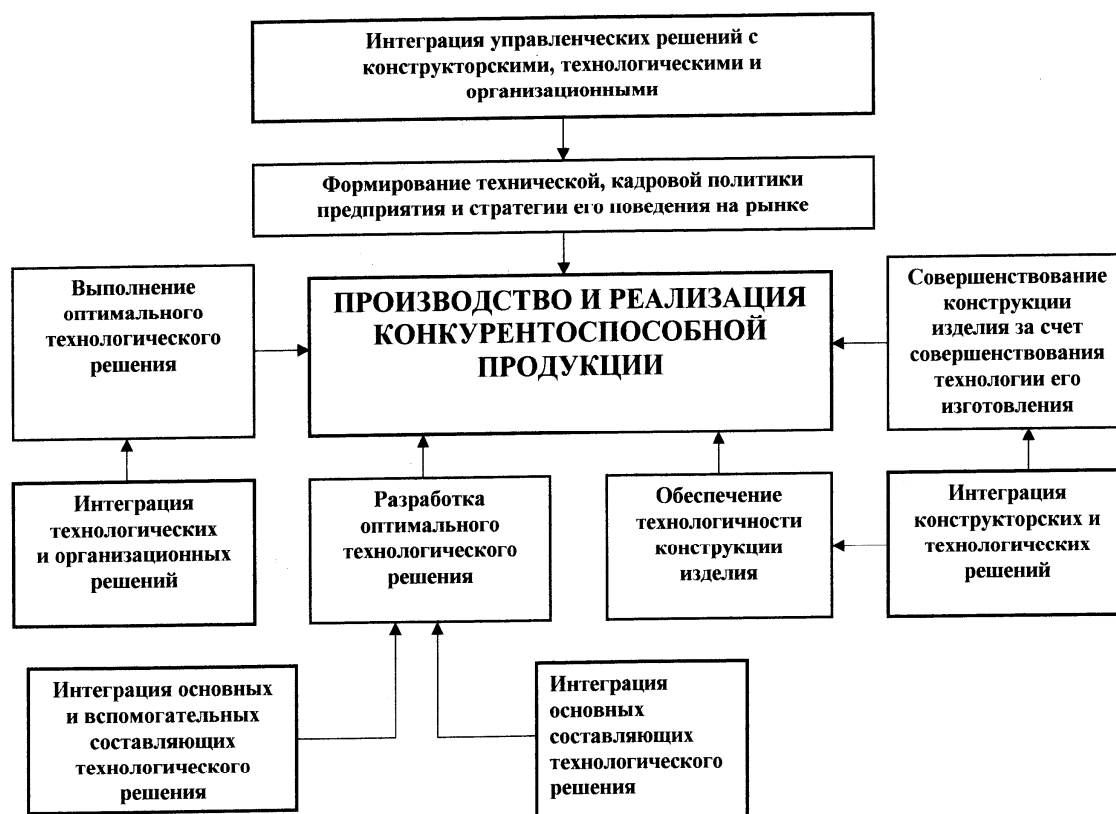


Рисунок 4 – Направления разработки интегрированных технологий и их вклад в производство и реализацию конкурентоспособной продукции

Разрешением технических противоречий в наиболее явном виде приходится заниматься в основном в процессе интеграции конструкторского и технологического решений, а также основных составляю-

щих технологического решения между собой и со вспомогательными. В рамках остальных направлений значительно большее значение имеют уже организационные, экономические, социальные противоречия и их разрешение. Если же имеющиеся противоречия все же могут быть разрешены техническими средствами, то эта задача решается, как правило, на уровне конструкторского и технологического решений и только затем переносится на уровень организационного и управленческого. Таким образом, при рассмотрении процесса разработки интегрированной технологии с позиций разрешения технических противоречий, наибольший интерес представляют интеграция основных составляющих технологического решения между собой и со вспомогательными, а также конструкторских решений с техническими.

Разработка оптимального технологического решения сводится к анализу известного множества технологических решений N по степени обеспечения качества продукции, сроков ее изготовления и величине затрат на ее производство и реализацию в зависимости от приоритетности каждого из перечисленных факторов в конкретных рыночных и производственных условиях. Пример последовательности такого анализа приведен на рисунке 5.

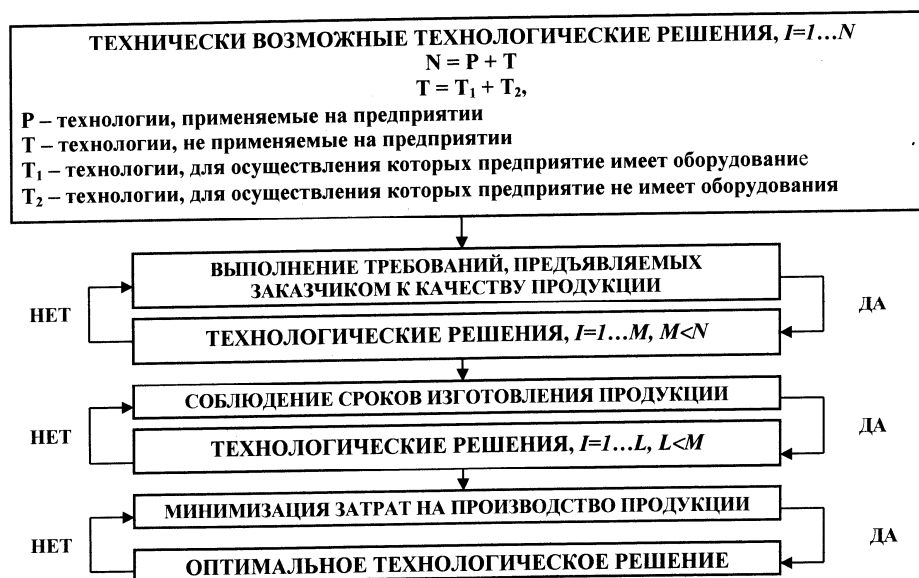


Рисунок 5 – Последовательность выбора оптимального технологического решения

Отработка конструкции изделия на технологичность предполагает изучение известных способов изготовления того или иного изделия. Этому направлению посвящена обширная специальная литература, а процедуры отработки изделия на технологичность стандартизированы, например, [6]. В настоящее время наиболее актуальными вопросами отработки изделия на технологичность является выбор наиболее эффективных по технико-экономическим показателям мероприятий по технологической подготовке производства, а также методов и средств контроля качества выпускаемой продукции. Множество технически возможных технологических решений N состоит из двух подмножеств P и T , где $P+T=N$ и P – технологии, применяемые на предприятии, T – известные технологии, но не применяемые на предприятии. В свою очередь подмножество T также состоит из двух подмножеств T_1 – технологии, для осуществления которых предприятие имеет необходимое оборудование хотя бы частично и T_2 – технологии, для осуществления которых предприятие не имеет оборудования. В зависимости от поставленной цели, а также конкретных рыночных и производственных условий, поиск оптимального технологического решения ведется либо сразу во всем множестве N , как это показано на рисунке 5, либо сначала в подмножестве P , затем в подмножествах T_1 и T_2 . Однако для современной техники характерна работа в очень жестких условиях, причем это нередко является единственной возможностью обеспечить работоспособность и конкурентоспособность разрабатываемого и изготавливаемого изделия. В этом случае традиционных, известных технологий множества N может оказаться недостаточно. В результате появляется необходимость в разработке новой, интегрированной технологии, при которой удастся разрешить возникающие при реализации традиционных технологий противоречия. Именно в этом случае может иметь место совершенствование конструкции изделия за счет совершенствования технологии его изготовления. Следовательно, отработка конструкции на технологичность и совершенствование конструкции изделия за счет совершенствования технологии его изготовления совпадают в том случае, когда выбранное или разработанное технологическое решение разрешает имеющиеся в других случаях противоречия. Интеграция происходит сначала в рамках технологического решения (возможно организационного), затем выходит на уровень конструкторского и, вполне

возможно, управленческого. Следует отметить, что в истории техники можно найти много примеров совершенствования конструкции изделия за счет совершенствования технологии его изготовления. Однако в большинстве случаев технология развивалась отдельно от конструкции и в привязке не к конкретному изделию, а к общему уровню развития науки и техники. Определение интегрированной технологии, как технологии, разрешающей противоречия, позволяет придать разработке новой технологии целевой характер, то есть более тесно увязать ее с разработкой конструкции изделия и даже способом решения задачи, для которой предназначено создаваемое изделие. Это позволяет интенсифицировать сам процесс генерирования интегрирующей идеи или идей, придать ему целевой характер, а не ждать появления такой идеи в связи с естественным развитием науки и техники. Таким образом, интегрированная технология, будучи сама результатом научно-технического прогресса, является одновременно одним из его двигателей.

Наиболее вероятно, что разработку интегрированных технологий придется вести в условиях неполной информации о природе используемых эффектов, а в ходе отработки технологии будут выявляться новые эффекты, как положительно, так и отрицательно влияющие на качество изделия, сроки его создания и себестоимость изготовления. Вполне вероятно также, что реализация наиболее плодотворных интегрирующих идей и наиболее производительных технологий на их базе, на современном этапе развития науки и техники либо в конкретных рыночных и производственных условиях окажется невозможной. Такой вариант развития нельзя считать неудачным, так как в ходе разработки интегрирующей идеи намечаются пути дальнейшего развития предприятия, отрасли, страны, мировой экономики в целом. К тому же вполне реализуемыми могут оказаться другие варианты создания продукции либо решения той задачи, для которой предназначена продукция, в той или иной мере испытавшие влияние разрабатывавшейся параллельно с ними интегрированной технологии и сами являющиеся таковыми, только с меньшей степенью интеграции. Таким образом, разработка и внедрение интегрированных технологий в любом случае требуют проведения научно-исследовательских работ и способствуют научно-техническому прогрессу.

Следует отметить, что разработка и внедрение интегрированной технологии и совершенствование на ее основе конструкции изделия не обязательно требует использования принципиально нового оборудования. Во многих случаях для реализации интегрированной технологии оказывается возможным использование имеющегося на предприятии оборудования. «Новая техника вовсе не означает новые станки, новое оборудование. Понятие «новая техника» шире – это прежде всего новая, более совершенная, более производительная и более простая технология» [7]. Такой путь совершенствования конструкций изделий за счет совершенствования технологии их изготовления позволяет получить положительный эффект с минимальными затратами времени и средств и в настоящее время. Разумеется, этот подход не отрицает модернизацию парка оборудования и его замену в случае необходимости и при наличии финансовых и технических возможностей для такой замены.

Еще одной характерной особенностью интеграции конструкторского и технологического решения является изменение расчетной методики проектирования, которое как раз и позволит обеспечить соответствие разрабатываемого изделия самым высоким требованиям и его работоспособность в жестких условиях. Речь идет не о технологии проектирования вообще, которая во многих случаях сводится к изменению формы представления данных: ручное проектирование с изготовлением чертежей на бумаге заменяется машинным с использованием методов начертательной, а далее аналитической геометрии – при этом методика расчета конструкций на прочность, жесткость и т.д. остается неизменной. Даже использование CAD-CAM-CAE систем для расчета конструкций само по себе в корне не изменяет методику расчета с точки зрения учета в ней разрешения противоречий между факторами, влияющими на принятие конструкторских и технологических решений – аналитические методы расчета заменяются численными, которые в свою очередь основаны на тех же дифференциальных либо линейных уравнениях. При этом физико-механические и другие свойства материалов, коэффициенты запаса прочности, нагрузки, действующие на изделие, критерии оптимизации и т.д. остаются неизменными. Именно расчетная методика, учитывающая разрешение противоречия при использовании интегрированной технологии, позволяет учесть, например, изменение расчетной схемы,

уменьшение результирующих напряжений в наиболее нагруженных местах конструкции в процессе эксплуатации и другие факторы, способствующие повышению качества изделия и получить максимальный эффект от использования интегрированной технологии создания продукции.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

понимание интегрированной технологии как технологии, разрешающей противоречия между факторами, влияющими на принятие технологических, конструкторских, организационных и управленческих решений, позволяет рассматривать ее не только как результат, но и как двигатель научно-технического прогресса, а также перейти от поиска к генерированию интегрирующей идеи методом поиска и разрешения технических противоречий;

разработка, внедрение и распространение интегрированной технологии на все стороны деятельности предприятия в общем случае способствует организации социотехнического производства;

разработка интегрированной технологии в направлении интеграции конструкторского и технологического решений позволяет усовершенствовать конструкцию изделия и повысить ее технологичность;

разработка и внедрение интегрированной технологии не обязательно предполагает использование нового оборудования;

использование интегрированной технологии позволяет выпускать изделия, соответствующие самым высоким требованиям, предъявляемым к ним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабченко А.И. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления/ Под общей редакцией Л.Л. Товажнянского. А.И. Грабченко. – Харьков. 2002 – 140 с.
2. Джур Е.А., Проволоцкий А.Е., Фесенко А.Г. и др. Цели и направления разработки интегрированных технологий производства машиностроительной продукции. Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ «ХПІ». – Харків, 2004. – Вип.1(8) – 208 с.
3. Джур Е.А., Проволоцкий А.Е., Фесенко А.Г. и др. Материаловедческое обеспечение интегрированных технологий создания машино-

- строительной продукции. Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ «ХПІ». – Харків, 2004. – Вип.2(9) – 275 с.
4. Т. Ретсина, С. Розиноу Примеры практического применения интеграции технологических процессов на целлюлозно-бумажных предприятиях // Інтегровані технології та енергозбереження// Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків; НТУ «ХПІ», 2003 – №3.
5. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Сов. радио, 1979. – Кібернетика.
6. Технологичность конструкций изделий: Справочник/ Т.К. Алферова, Ю.Д. Амиров, П.Н. Волков и др.; Под ред. Ю.ДЛ. Амирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с., ил. – (Б-ка конструктора)
7. Гудов И.И. Судьба рабочего. Изд. 2-е. испр. и доп. – М., Политиздат. 1974, 479 с.

Получено 26.12.2005 г.