

Е.А. Джур, д-р техн. наук, А.Е. Проволоцкий, д-р техн. наук,
А.Г. Фесенко, канд. техн. наук, И.И. Бондаренко, канд. техн. наук,
О.В. Бондаренко, канд. техн. наук, Днепропетровск, Украина

КОМПЛЕКСНЫЕ, КОМБИНИРОВАННЫЕ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ И СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

У статті наведені визначення комплексних, комбінованих, інтегрованих і синергетичних технологій. Визначено розробників та сфери їх переважного застосування.

В статье приведенные определения комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий. Определены разработчики и сферы их преобладающего применения.

Determinations for complex, combine, integrated and sinergic technologies are represented in this article. Spheres of best using for complex, combine, integrated and sinergic technologies are looked.

Актуальность проблемы.

Интенсивное развитие техники на протяжении XX и в начале XXI столетия привело к тому, что технологии, новые и достаточно эффективные для одного поколения производителей и потребителей продукции, становились для последующих традиционными и не всегда удовлетворяли возросшим потребностям времени и рынка. В конце 70-х – в начале 80-х годов XX столетия появился и получил широкое распространение термин «высокие технологии», обозначающий принципиально новые, передовые, наукоемкие технологии, обеспечивающие использующим их предприятиям лидирующие позиции на рынке. Использование высоких технологий показало, что дело не только в технической стороне производства, но и в его организации, мотивации людей к деятельности и множестве других факторов[1]. Уже в 90-е годы XX столетия оказалось, что ряд высоких технологий утратили передовые позиции и заменены другими. Следует отметить, что машиностроение характеризуется широкой номенклатурой выпускаемой продукции, отличающейся по конструктивным и технологическим признакам, таким как размеры, масса, точность формы и размеров, предъявляемым к ней техническим, экономическим и другим требованиям, условиям эксплуатации и производства, серийности выпуска. Соответственно различаются и технологии производства продукции. Кроме того, имеет место заимствование технологий из одной отрасли

машиностроения в другие. Все это обусловило потребность не столько в разработке новых технологий, сколько в выработке новых подходов к их разработке.

Такие подходы были выработаны. Некоторые из них получили название комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий. Как правило, эти подходы применялись и применяются при разработке технологий изготовления наиболее сложной и наукоемкой машиностроительной продукции.

Анализ последних научных достижений.

В настоящее время в технической литературе приводится большое количество определений таких понятий как комплексные, комбинированные, интегрированные и синергетические технологии. Эти определения постоянно дополняются, уточняются и совершенствуются, так как появляются новые технологии, учитывающие и использующие взаимодействие все большего количества факторов. Иногда эти понятия используются как синонимы, что указывает на наличие у них общих признаков.

Комплексные технологии предусматривают увязку основных и вспомогательных технологических процессов в единый технологический процесс [2,3]. В данном случае превалирует организационный аспект. Данная группа технологий может не влиять непосредственно на качество выпускаемой продукции, но влияет на величину затрат времени и средств на ее производство, а следовательно, на экономическую эффективность деятельности предприятия.

Комбинированные технологии предполагают использование сочетания различных физических и химических эффектов, а также способов обработки для изготовления продукции [4]. Данная группа технологий непосредственно предназначена для обеспечения необходимых технических характеристик продукции, производительности труда и принципиальной возможности изготовить изделие, которое невозможно обработать с использованием какого-либо одного эффекта или процесса обработки.

Синергетические технологии – основаны на инициировании и использовании самоорганизационных явлений при осуществлении технологического процесса. Характер этих явлений, а также механизмы самоорганизации могут быть различными. Само слово «самоорганизация» предполагает наличие двух и более явлений или эффектов, имеющих место при осуществлении технологического процесса. Выделены также характеристики технических систем, процессов, протекающих в этих

системах и условий их протекания, способствующие возникновению синергетических эффектов [5].

К определению понятия *интегрированные технологии* имеется несколько подходов. В работе [6] выделяются следующие направления создания интегрированных технологий: генеративные методы изготовления; усовершенствованные традиционные методы изготовления; комбинированные методы. Кроме того, понятие интегрированные технологии трактуется следующим образом:

- использование CAD-CAM-CAE – систем для поддержки разработки всего жизненного цикла изделия или как минимум всего цикла его разработки и производства [7];

- «интеграция технологий это наука о решении задачи или разработке проекта в контексте всего предприятия и повышении эффективности путем реализации полезной взаимосвязи полезных его компонентов» [8].

Авторами данной статьи интегрированные технологии понимаются как технологии, разрешающие противоречия между факторами, влияющими на принятие управленческих, конструкторских, технологических и организационных решений. Понятие «интегрированные технологии» объединяет в себе: комбинированные технологии, комплексные технологии, генеративные технологии и технологии одновременного изготовления материала и изделия из него, технологии, непосредственно влияющие на эксплуатационные характеристики изделия, усовершенствованные традиционные технологии [9, 10]. Таким образом, по мнению авторов, термин «интегрированные технологии» включает в себя комплексные и комбинированные технологии.

Проведенный анализ показывает, что общими признаками комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий является их ориентация не просто на изготовление продукции, а на обеспечение ее работоспособности в предельно жестких условиях эксплуатации и конкурентоспособности на рынке за счет всестороннего подхода к обеспечению необходимого уровня ее потребительских и эксплуатационных свойств. Различия состоят в области применения, используемой терминологии и толковании терминов, имеющемся, доступном и применяемом разработчиками математическом аппарате, а также процедуре разработки. Процессы разработки и внедрения таких технологий до настоящего времени не стандартизированы именно в силу необходимости учета большого числа разнообразных факторов, на первый взгляд мало связанных между собой. Кроме того, не определено, кто должен

разрабатывать такие технологии, на основании чего следует принимать решение об их внедрении, и кто имеет право санкционировать их внедрение. В результате эффект от разработки технологий снижается, так как их разработчики не всегда в состоянии определить все источники повышения эффективности деятельности предприятия и, соответственно, конкурентоспособности продукции.

Таким образом, необходимо конкретизировать являющиеся важными общие признаки и различия между ними, а также оптимальные сферы их применения. Также необходимо разработать методологические основы разработки и применения комплексных, комбинированных, интегрированных, синергетических технологий и обучения этому специалистов различных отраслей машиностроения и различных служб машиностроительных предприятий.

Основной материал исследований.

Основной особенностью комплексных, комбинированных, интегрированных, синергетических технологий и их общей чертой является поиск, создание и использование *синергетического взаимодействия (синергии)* между факторами, в общем случае влияющими на принятие и выполнение управленческих, конструкторских, технологических, организационных решений и действующими на всех этапах жизненного цикла изделия. Под синергией понимается взаимное усиление или ослабление эффектов, а также проявление новых эффектов от взаимодействия таких факторов. Выявляется такое взаимодействие на этапе проведения научно-исследовательских работ, а также на этапах проектирования и подготовки производства и собственно изготовления конкретного изделия. Различие между комплексными, комбинированными, интегрированными, синергетическими технологиями состоит в том, между какими факторами обнаруживается или создается синергия и что является целевой функцией разработки технологии, иными словами, на непосредственное получение какого эффекта рассчитана та или иная технология.

Для обеспечения конкурентоспособности продукции высокие технологии должны сопровождать весь ее жизненный цикл от научно-исследовательской работы до утилизации. Следует отметить, что процесс утилизации одного изделия машиностроения в свою очередь представляет собой этап изготовления другого с использованием высоких технологий, ориентированных на его создание, например, конструкционных материалов и полуфабрикатов из них, химических продуктов, изделий машиностроения различного назначения [11]. Поэтому технологии утилизации каждого изделия должны разрабатываться одновременно с технологиями его создания

и использования, и рассматривать их необходимо не только и не столько как «нагрузку» на создание этого изделия, а как этап в изготовлении другой продукции. На примере двух условных изделий «А» и «Б» это показано на рисунке 1.

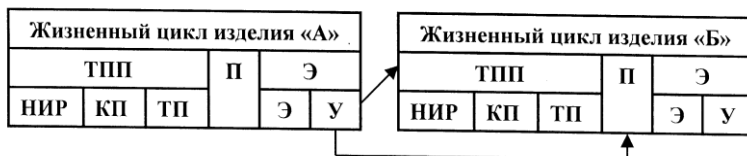


Рисунок 1 – Жизненный цикл изделия:

ТПП – техническая подготовка производства, НИР – научно-исследовательская работа, КП – конструкторская подготовка, ТП – технологическая подготовка, П – производство, Э – эксплуатация, У – утилизация

Оптимальными сферами применения *комбинированных и синергетических* технологий является в первую очередь производство продукции, а целью их разработки является обеспечение максимально высоких технических характеристик изделия, то есть технический эффект, достижение которого призвано повысить конкурентоспособность изделий. Естественно, что наличие либо отсутствие, а также необходимость разработки и возможность использования таких технологий учитывается на стадии проектирования изделий и технологической подготовки их производства. Следовательно, рассматривается синергия только технических эффектов. Причем термин «синергетические технологии» предполагает разработку единого технологического процесса, в ходе которого проявляются несколько усиливающих либо ослабляющих друг друга эффектов, а комбинированные технологии – двух и более отдельных технологических процессов, каждый из которых может применяться и самостоятельно, но по отдельности не обеспечивает необходимого качества изделия либо требует неприемлемых затрат времени и средств на изготовление продукции. Для синергетических технологий характерно взаимодействие факторов, выявляемых и действующих не только на стадиях конструкторского и технологического решений, но и на стадии научно-исследовательской работы. Комбинированные технологии, как правило, учитывают

взаимодействие факторов на стадии реализации технологического решения, иногда в его взаимосвязи с конструкторским. Как правило, синергетические технологии разрабатываются на стадии проектирования изделия либо проведения научно-исследовательских работ, комбинированные – на стадии освоения изделия в производстве.

Разработка *комплексных* технологий направлена в первую очередь на обеспечение экономической эффективности деятельности предприятия, не затрагивая напрямую технические характеристики выпускаемой продукции, то есть целью их внедрения является получение непосредственного экономического эффекта. При этом имеет место синергетическое взаимодействие факторов на стадии разработки и выполнения технологического и организационного решений. Комплексные технологии, как правило, разрабатываются на стадии производства либо подготовки производства изделия.

Интегрированные технологии основаны на выявлении синергетического взаимодействия между факторами, действующими на стадиях принятия управленческих, конструкторских, технологических и организационных решений, то есть может достигаться технический, экономический, экологический и социальный эффекты. Проявляется такое взаимодействие на всех стадиях жизненного цикла изделия. Характерной для создания интегрированных технологий является ориентация на потребности рынка и работа в условиях одновременного проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также разработки изобретательских решений. Зачастую разработка интегрированных технологий может происходить в условиях неполной изученности применяемых эффектов, как это показано на рисунке 2. В этом случае выдвигается гипотеза, которая при подтверждении в ходе научно-исследовательских и опытно-конструкторских (технологических) работ становится научным фактом и воплощается в изобретательские, а следом и в инженерные решения. Возможна и ситуация, когда в начале принимается изобретательское или инженерное решение, а для проверки их правильности проводятся научно-исследовательские работы. Следовательно, имеет место одновременное, параллельное использование методов научной, изобретательской и инженерной деятельности на всех стадиях создания продукции.

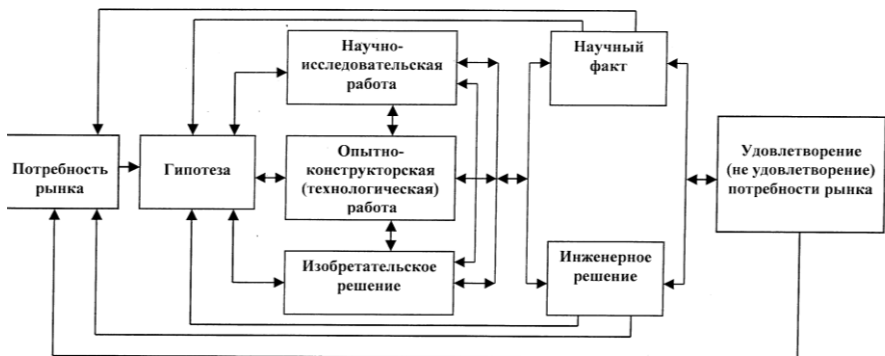


Рисунок 2 – Работа в условиях неполной изученности применяемых эффектов

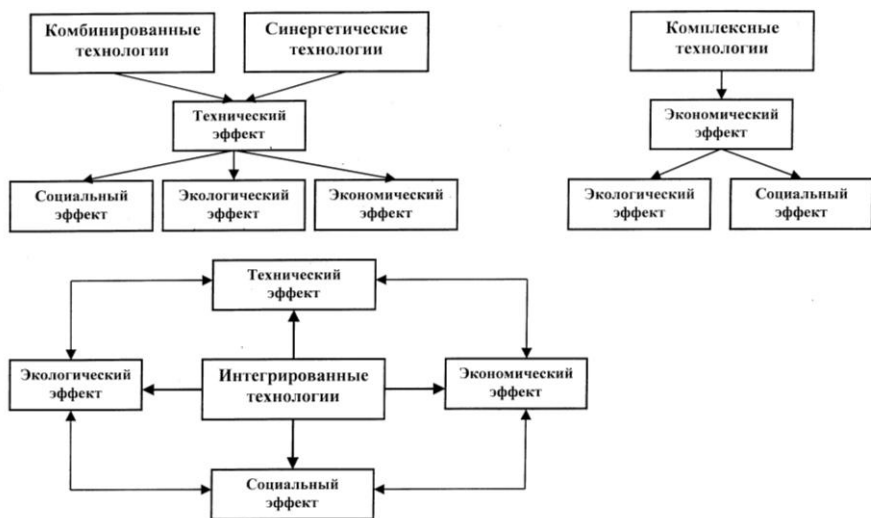


Рисунок 3 – Эффекты и технологии

Естественно, что целью деятельности любого предприятия является получение прибыли, то есть экономический эффект. При использовании комплексных технологий экономический эффект достигается непосредственно. Внедрение комбинированных и синергетических

технологий обеспечивает получение экономического эффекта посредством достижения технического. В ряде случаев, особенно для государств с развитым природоохранным законодательством и социальными гарантиями, экономический эффект может достигаться путем обеспечения экологического и социального эффектов. Таким образом, непосредственным фактором обеспечения конкурентоспособности продукции может служить любой из перечисленных эффектов, а остальные обеспечиваются через его достижение, что характерно для интегрированных технологий. Взаимосвязь между технологиями и ожидаемыми эффектами от их разработки и внедрения показана на рисунке 3.

Таким образом, четко разделить сферы применения комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий не представляется возможным – они перекрываются. В самом общем виде можно сделать вывод, что основа комбинированной технологии – инженерное решение, как правило, технологическое, комплексной – управленческое и организационное, интегрированной – как правило, научно-исследовательская работа, изобретательское и инженерное решения, синергетической – научно-исследовательская работа, как это показано на рисунке 4.

Преимущественное использование методов научной, изобретательской и инженерной деятельности для разработки и собственно разработка комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий зависит от того, каким способом предполагается повышать или обеспечивать конкурентоспособность продукции. Кроме того, значительное влияние на выбор комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий оказывает соответствующая потребностям рынка стадия совершенствования продукции, для создания которой они предназначены: оптимизация по принципу действия, по конструкции или по параметрам (рисунок 5).



Рисунок 4 – Этапы и стадии жизненного цикла изделия и технологии его создания



Рисунок 5 – Стадии совершенствования продукции, технологии и цели их разработки

При совершенствовании продукции путем оптимизации принципа действия фактически речь идет не о конкретном изделии, а о способах удовлетворения потребностей рынка. При создании продукции на новых принципах действия, как правило, приходится разрабатывать новый комплекс материалов и технологий, а также кардинально обновлять парк оборудования для ее изготовления. При этом подразумевается, что технические характеристики продукции обеспечивают наиболее эффективное удовлетворение потребности рынка. Вопрос об уменьшении затрат средств в большинстве случаев не является главным, основное внимание уделяется сокращению затрат времени, так как считается, что лидерство в выводе на рынок новой продукции априорно обеспечит ее конкурентоспособность и, соответственно, высокую прибыль предприятию. В этом случае затраты на создание продукции весьма значительны, так как велика доля научно-исследовательских и опытно-конструкторских (технологических) работ. Изобретательские решения, как правило, направлены на разработку принципов функционирования продукции и ее принципиальных схем. Одни из разработанных схем отбраковываются, другие принимаются в дальнейшую разработку. Как правило, проблема выбора среди нескольких примерно равноценных технологий на данном этапе не стоит, так как имеется необходимость разработать хотя бы одну технологию, обеспечивающую работоспособность продукции. В данном случае следует ожидать разработки и внедрения синергетических, комбинированных и интегрированных технологий. Противоречия, возникающие между факторами, влияющими на принятие управленческих, конструкторских, технологических и организационных решений, как правило, обусловлены инертностью мышления, необходимостью отказаться от привычных стереотипов, форм и методов деятельности, нехваткой финансовых, материальных и других ресурсов, в том числе и времени. Для разработки комплексных технологий на данном этапе еще не разработана структура основных технологических процессов.

При оптимизации по конструкции и по параметрам речь идет уже о совершенствовании продукции, принцип действия которой известен. В зависимости от ее конструкции и параметров начинают применяться различные комплексы материалов и технологий. Разрабатывается перечень и структура основных технологических процессов. Изобретательские решения направлены на разработку и совершенствование отдельных элементов продукции, а также технологий ее изготовления с необходимым качеством. Возникает проблема выбора одного из нескольких соизмеримых по технической эффективности комплексов материалов и технологий и соответствующего им оборудования. Решающим фактором выбора здесь уже

может стать наличие комплексной технологии, которая позволяет при одинаковых технических характеристиках изделия значительно снизить затраты времени и средств на его изготовление. Вопрос о сокращении затрат на создание продукции зачастую становится решающим, причем требования заказчика к ее техническим характеристикам и срокам создания остаются столь же жесткими. Фактически речь может идти уже не столько об исключительно высоких технических характеристиках продукции, сколько о ее доступности для потребителя и максимально полном удовлетворении его запросов. В какой-то момент конструктивные схемы, основанные на первоначально используемых комплексах материалов и технологий, исчерпывают возможности своего совершенствования. В то же время ограниченность ресурсов заказчиков, производителей и разработчиков продукции не позволяют производить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с целью разработки принципиально новых способов удовлетворения имеющейся потребности. Противоречие между факторами, влияющими на принятие управленческих, конструкторских, технологических и организационных решений как раз и выражаются в том, что заказчик стремится к улучшению технических характеристик продукции при минимальных затратах времени и средств. Частные улучшения, постепенное совершенствование могут помочь далеко не всегда, так как внесение любых, даже небольших, изменений в сложные изделия требует проведения их комплексных испытаний, что может свести на нет весь экономический эффект от нововведения. Для достаточно радикальной модернизации существующей или разработки новой продукции, основанной на тех же принципах и имеющей схожую конструкцию, возникает необходимость в разработке новых комплексов материалов и технологий. Это позволяет на какое-то время обеспечить ее соответствие потребностям рынка. Для выявления всех ранее скрытых резервов совершенствования продукции наибольшее применение, по-видимому, должны найти синергетические и интегрированные технологии.

Особый интерес вызывают технологии, непосредственно влияющие на технические характеристики продукции. Не имеет существенного значения как они называются – комбинированные, интегрированные или синергетические. Так как все названные технологии могут в той или иной мере применяться на всех стадиях создания продукции, то их разработчиками могут быть и научные работники и конструкторы и технологи, особенно если предлагаемое решение является изобретательским. Задачей разработчика такой технологии вне зависимости от основной сферы его занятий является определение в первом приближении технического и экономического эффекта

от ее внедрения и внесения обусловленных ею изменений в конструкцию продукции. Окончательное решение о целесообразности или нецелесообразности внедрения технологии и обусловленных ею конструктивных изменений может принять только конструктор, так как только он владеет полной информацией о требованиях к продукции и размере допустимых затрат времени и средств на ее создание. Серьезное расхождение в величине эффекта, определенного разработчиком технологии и конструктором, от внедрения новой разработки часто свидетельствует либо о грубой ошибке, как правило, разработчика либо о не учете каких-либо серьезных факторов, как правило, конструктором. Во многих случаях, особенно при реализации международных проектов, решение о внедрении тех или иных технологий и соответствующем им изменении конструкции продукции, принимает заказчик.

По мнению авторов на вопрос о том, кому надлежит разрабатывать комплексные, комбинированные, интегрированные и синергетические технологии, можно ответить следующим образом:

- разработка и внедрение комплексных технологий находятся в компетенции руководителей и технологов (управленческих и технологических подразделений предприятий);

- разработка и внедрение интегрированных, комбинированных и синергетических технологий в случаях, когда в конструкторской документации не указан способ получения продукции – в компетенции технологов или технологических подразделений;

- разработка технологий, влияющих на технические характеристики продукции может производиться научными работниками, конструкторами, технологами (или соответствующими подразделениями предприятий), а принятие решения об их внедрении находится в компетенции конструкторов (конструкторских подразделений) либо заказчика.

Разработка комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий является проявлением инновационного мышления на разных стадиях создания продукции. В настоящее время речь идет о необходимости формировании инновационного мышления у каждого специалиста-машиностроителя.

Перечисленные выше особенности рассмотренных технологий требуют, по мнению авторов, усиления некоторых аспектов подготовки инженеров и выработки у них следующих навыков, в первую очередь таких как:

- умение выявлять цели, для достижения которых предназначена выпускаемая продукция, а также альтернативные пути достижения этих целей;

- умение обосновать техническую, экономическую, экологическую, социальную, эстетическую значимость предлагаемых решений;
- умение использовать одновременно методы научной, изобретательской и инженерной деятельности, причем в условиях неполной информации о природе эффектов, действующих при реализации предлагаемых решений;
- готовность к поиску, анализу, исследованию и обоснованию внедрения всего нового для достижения поставленных целей.

Эти аспекты относятся не только к специальной, но и к психологической подготовке будущих специалистов. Используемая формулировка «требуют усиления» означает, что все перечисленные аспекты подготовки специалистов не являются чем-то принципиально новым. Такие же качества проявлялись и проявляются, подчас неосознанно, учеными, изобретателями, инженерами в периоды наиболее интенсивного развития тех или иных отраслей науки, техники, технологии. С течением времени опыт накапливался, обобщался, систематизировался, в определенной мере формализовался.

Для разработки и внедрения комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий каждый специалист вне зависимости от уровня и сферы деятельности должен быть в достаточной мере информирован о целях, стоящих перед предприятием, и разделять эти цели. Кроме того, он должен быть разносторонне подготовлен как в своей узкой области, так и в смежных областях, а также обладать необходимыми экономическими знаниями. Разумеется, необходима система экспертной оценки предлагаемых инноваций, материально и морально стимулирующая к творческой работе. Таким образом, социальный аспект разработки комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий является столь же значимым, как технический и экономический.

Результаты исследований.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы.

Комплексные, комбинированные, интегрированные и синергетические технологии являются высокими на момент их разработки и остаются таковыми в течение некоторого периода времени. Термин «высокие технологии» обозначает их уровень, а термины «комплексные», «комбинированные», «интегрированные», «синергетические» технологии – способ достижения этого уровня.

Преимущественное использование комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий зависит от обусловленной потребностями рынка стадии совершенствования продукции.

Разработка и внедрение указанных технологий требуют участия специалистов всех уровней и профессий, представленных на предприятии и участвующих в создании продукции.

Разработка и внедрение комплексных, комбинированных, интегрированных и синергетических технологий является практическим проявлением элементов инновационного мышления и требует усиления соответствующих аспектов подготовки инженеров.

Список использованных источников: **1.** Бадковский Д. Общество инноваторов. Известия. № 33/517. 26.02.2008. – с. 7. **2.** Бондаренко И.И., Калмыкова И.Ю., Момот Н.С. Совершенствование организации транспортного обслуживания – важный резерв повышения эффективности производства в машиностроении. Республиканская научно-техническая конференция «Обеспечение технологичности и экономической эффективности изделий машино- и приборостроения» Тез. докл. – Днепропетровск: ДГУ. 1983 – 161 с. **3.** Бондаренко И.И., Малкович А.Р., Момот Н.С. Интенсификация транспортного обслуживания машиностроительного производства. – Л.: ЛДНТП, 1988. **4.** Проволоцкий А.Е. Развитие комбинированных методов обработки как база интегрированных технологий. Високі технології в машинобудуванні. Збірник наукових праць. Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, 1’2003 м. Харків – 2003. **5.** Переверзев Е.С. Модели накопления повреждений в задачах долговечности. – К.: Наукова думка, 1995. - 358 с. **6.** Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления. Под общей редакцией Товажнянского Л.Л., Грабченко А.И.– Харьков, 2002 – 140с. **7.** Морозов Ю.Д., Момот В.Е. Путь к организации производства мирового уровня. – Днепропетровск, “Наука і освіта”, 1999. – 144 с. **8.** Ретсина Т., Розиноу С. Примеры практического применения интеграции технологических процессов на целлюлозно-бумажных предприятиях // Интегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: НТУ “ХПР”, 2003. – №3. **9.** Джур Е.А. Проволоцкий А.Е., Фесенко А.Г. и др. Поиск и разрешение технических противоречий как методологическая основа разработки интегрированных технологий. // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – . – Дніпропетровськ, 2006. Випуск 1(42)– с. 39-50. **10.** Бондаренко О.В., Бондаренко И.И. Комплексные, комбинированные, интегрированные технологии и подготовка специалистов для ракетно-космической промышленности. Наукові читання “Дніпровська орбіта-2009”. – Дніпропетровськ: НЦАОМ, 2009. – С. 107-111. **11.** Кузнецов Н.П., Кургузкин М.Г., Николаев В.А. Утилизация ракет с ЖРД (на примере ракеты 8К14). Москва – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004, 288 с.: ил.

Поступила в редколлегию 26.01.2010.