

*Пленарное заседание*

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ  
СОЗДАНИЯ  
МАШИН**

---

*11 декабря 2002 г., 10.00 – 13.00  
1-й учебный корпус БНТУ  
аудитория 204*

***Руководители секции:***

**Высоцкий М.С.** – академик НАН Беларуси, д.т.н., профессор

**Филонов И.П.** – д.т.н., профессор

**Скойбеда А.Т.** – д.т.н., профессор

Секретарь: **Капуста П.П.** – к.т.н., доцент

УДК 621.7:621.8:621.9+536.7

**П.А. Витязь, А.В. Степаненко, А.П. Ракомсин, М.И. Сидоренко,  
И.П. Филонов, Л.А. Исаевич, В.А. Король, Л.М. Кожуро**

**ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАШИН  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ  
(НА ПРИМЕРЕ АВТОМОБИЛЕЙ СЕМЕЙСТВА МАЗ)**

*Национальная академия наук Беларуси,  
РУП “Минский автомобильный завод”,  
Белорусский национальный технический университет,  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
Минск, Беларусь*

Тенденции развития технологии машиностроения сводятся к уменьшению припусков и допусков на изготовление деталей, усложнению кинематики технологического оборудования, увеличению скоростей рабочих органов, а также к автоматизации основных и вспомогательных операций, контролю и управлению всем производственным процессом с использованием ЭВМ. В современных технологических машинах кроме традиционных электрогидропневматических связей используется искусственный интеллект, предусматривающий наличие в системе управления преобразователей зрительной, слуховой (звуковой), тактильной и др. информации. Развитие микро- и наноэлектроники позволяет уже перейти к использованию в машиностроении интегральных сенсорных и процессорных устройств. Такая «интеллектуализация» машин и произ-

водств обеспечивает не только восприятие информации, ее хранение и передачу, но и переработку в сигналы, управляющие работой машины и технологическими системами в целом. Другими словами, в основу проектирования технологических процессов, изготовления деталей машин и приборов ложится кибернетический подход. Темпы развития программного обеспечения и аппаратных средств в последние пять-десять лет указывают на то, что такие технологии могут быть реализованы уже в ближайшем будущем.

Оптимизацию таких технологических процессов следует проводить не только с учетом технических и экономических критериев, но и учитывать параметры системы «человек-среда-машина», а также безопасности и сохранения окружающей среды. Такой подход возможен только при наличии соответствующего программного, технического и кадрового обеспечения.

Структура наукоемких, интеллектуальных (высоких) технологий представлена на рис. 1.

Автоматизация проектирования и производства в этом случае выводит на качественно новый уровень сам технологический процесс: он становится насыщен взаимосвязанными задачами, которые могут быть решены только с использованием ЭВМ и соответствующего программного обеспечения. Работа инженера требует более современной технологии передачи и усвоения знаний. Индивидуальное и групповое решение должно быть ориентировано на многовариантные численные исследования инженерных задач с использованием ЭВМ в диалоговом режиме с выводом промежуточной информации на дисплей. Программно-методическое обеспечение и технические средства для организации такой работы по некоторым направлениям разработаны сотрудниками кафедры "Технология машиностроения" БНТУ. Есть также некоторый опыт создания электронных справочников и учебников, во многом расширяющих возможности инженерной практики. Для решения этих проблем используется традиционный бумажный вариант справочника, сформированный на CD с соответствующим интерфейсом. Разработанный алгоритм проектирования технологических процессов предусматривает автоматический поиск и формирование требуемой информации в определенной последовательности. Спроектированный технологический процесс может быть также проанализирован в автоматическом режиме на предмет сравнения его эффективности с базовым (традиционным) вариантом. Для этого разработана программа, обеспечивающая необходимый уровень снижения показателей энергопотребления, себестоимости и трудозатрат, и введена дополнительная информация о новых технических методах, не описанных в справочной литературе, обеспечивающих выполнение операций, снижающих трудозатраты, энергопотребление или себестоимость традиционных технических решений на основе открытых новых физических явлений.

Примером научно-производственного подхода к решению инженерных задач может служить создание наукоемких технологий, оборудования и внедрение их в производство конкурентоспособных автомобилей семейства МАЗ. Эта работа была выполнена РУП "МАЗ" совместно с НИИ НАН Беларуси и техническими университетами Беларуси. Она посвящена повышению конкурентоспособности автомобилей семейства МАЗ технологическими методами. Предлагаемые наукоемкие технологии позволяют повысить долговечность деталей и узлов, улучшить комфортабельность автомобилей, снизить их себестоимость и привести их в соответствие с требованиями международных стандартов.

Разработанное направление повышения конкурентоспособности автомобилей семейства МАЗ технологическими методами основано на решении следующих взаимосвязанных проблем:

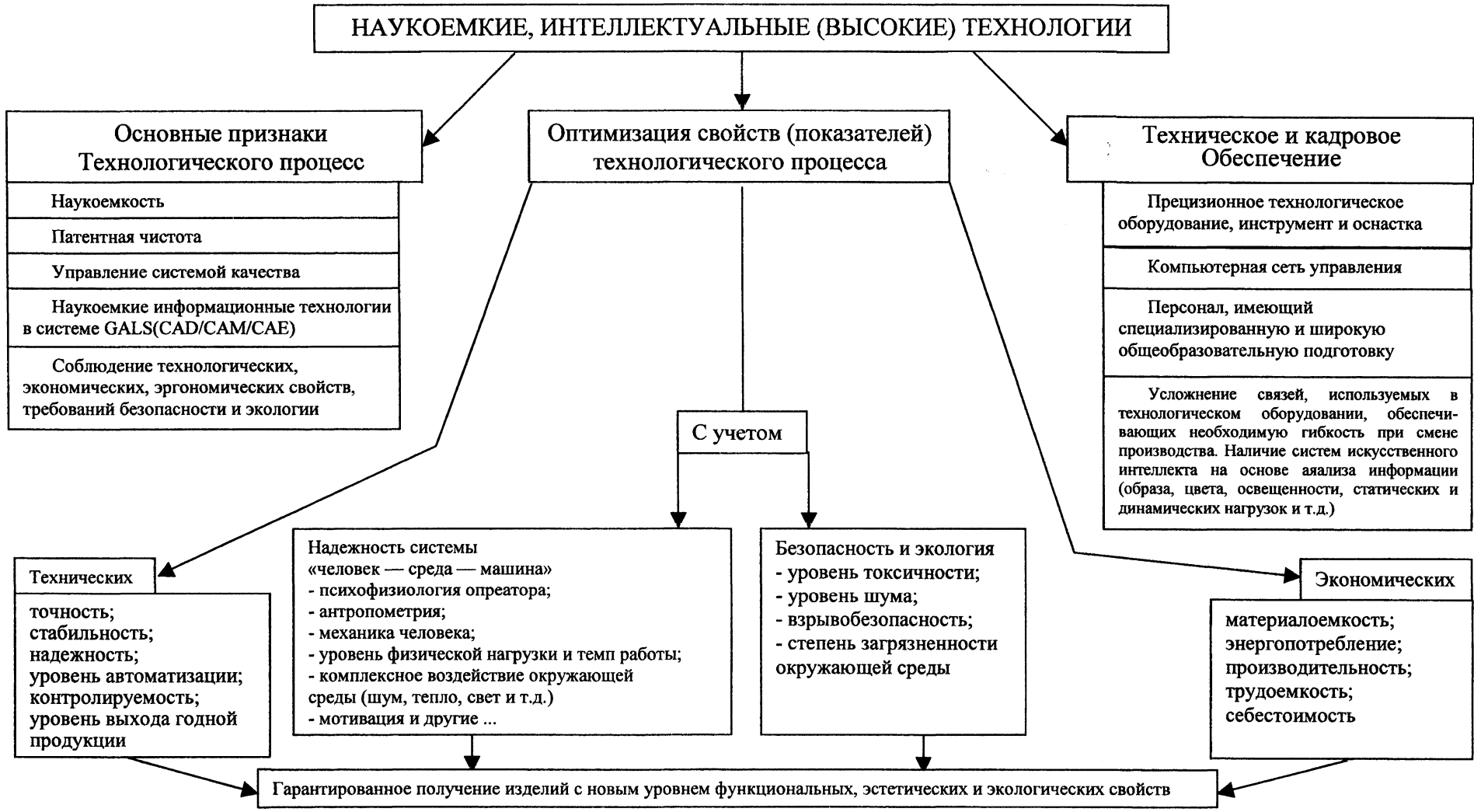


Рис.1 Структурная схема наукоемких технологий высокого уровня

- совершенствование технологии и оборудования заготовительного производства;
- упрочнение и (или) восстановление деталей машин;
- улучшение параметров качества рабочих поверхностей деталей машин финишными методами;
- компьютерное обеспечение поисков вариантов снижения энергопотребления, себестоимости и трудозатрат процессов изготовления деталей машин.

Такой подход к решению проблемы повышения конкурентоспособности машин соответствует признакам наукоемких технологий и обеспечивает существенное улучшение технических и экономических показателей процессов изготовления деталей и узлов машин. Наряду с этими технологическими решениями проведена работа по техническому и кадровому обеспечению. Изготовлено, апробировано и внедрено соответствующее оборудование, инструмент и технологическая оснастка. Подготовлен инженерно-технический персонал. Научная новизна подкреплена докторскими и кандидатскими диссертациями, выполненными сотрудниками РУП «МАЗ» и вузов по данной тематике, а также студентами-дипломниками.

Поскольку Минский автомобильный завод работает исключительно на импортном сырье и полуфабрикатах, то первостепенной задачей становится экономия материальных ресурсов, в частности металла. Это может быть осуществлено за счет сокращения потребления традиционных сортов проката черных и цветных металлов путем внедрения непосредственно на заводе деталепрокатного производства, позволяющего в условиях периодической прокатки максимально приблизить размеры и форму заготовки к размерам и форме готовой детали. Применение, например, периодических профилей позволяет сократить расход металла на 15...40% при одновременном увеличении производительности операций штамповки и обработки резанием в 1,5...2,0 раза. Практически все автомобильные заводы США, Англии, ФРГ, Франции, Японии, использующие рессорную подвеску, в промышленных масштабах производят и применяют периодические профили для изготовления малолистовых рессор. Масса обычной многолистовой рессорной подвески составляет до 6...12 % общей массы автомобиля, а стоимость металла при изготовлении рессор может достигать 60 % окончательной их стоимости. При этом срок службы рессор в несколько раз меньше, чем у двигателя, определяющего срок службы автомобиля в целом.

Не менее эффективно использование периодических профилей при штамповке такой металлоемкой поковки, как балка передней оси автомобиля. Так, по данным ГАЗ, экономия металла здесь достигает 13,6 %. При этом существенно повышается стойкость молотовых штампов за счет меньшего количества ударов на формирующей операции.

В случае использования заготовок для процессов холодного выдавливания, а также безоблойной штамповки в закрытых штампах требуется высокая геометрическая точность. Традиционные высокопроизводительные процессы разделения прутковых материалов в штампах не позволяют получать заготовки требуемого качества, в связи с чем усложняется процесс последующего их пластического деформирования и увеличиваются потери металла в отход. Это приводит к необходимости разработки более эффективных способов получения цилиндрических заготовок.

Разработанные сотрудниками кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» БНТУ и сотрудниками РУП «МАЗ» технологии и оборудование позволили решить ряд проблем в заготовительном производстве завода (рис.2). Так, предложенный способ периодической прокатки полос переменной толщины для малолистовых рессор выгодно отличается по производительности и экономичности от наиболее распространенного в мире способа фирмы «Даниэль Хойзер» (ФРГ), которым пользует-



Рис. 2. Структурная схема разработанных технологий и оборудования в заготовительном производстве

ются самые известные производители рессор, такие как «Krupp Faberfabrik» (ФРГ), «Ovako Stell» (Финляндия), «Митсубиси» (Япония), «Eaton Corporation» (США). Это достигается тем, что вместо обжатия в приводных валках каждого конца заготовки поочередно за несколько проходов при двукратном ее нагреве по известному способу в предложенном варианте прокатку осуществляют на профилированной оправке в не-приводных валках сразу всей заготовки с одного ее нагрева.

Для этого нагретую мерную полосу вначале изгибают посередине до прилегания ее концов к оправке при движении последней в сторону валков, которыми производят обжатие, а затем снимают заготовку с оправки и разгибают до обеспечения плоскостности одной ее стороны. Разработанные по этому способу технология и оборудование для ее реализации внедрены на Минском рессорном заводе. По данной разработке с фирмой «Eaton Corporation» США (г. Детройт) подписано лицензионное соглашение о передаче ей прав на использование у себя способа производства профилированных заготовок малолистовых рессор, что является первым случаем в отечественном автомобилестроении. В соответствии с данным соглашением названная фирма обязалась выплатить одноразовую подписную цену за передачу ей прав в размере 100 тыс. долларов США и после освоения ею новой технологии выплачивать ежегодно до 2008 года роялти в зависимости от объема выпускаемой продукции. За период с 1995 по 2002 год в Республику Беларусь по лицензионному соглашению переведено 519 119 долларов США.

Технология горячей вальцовки заготовки балки передней оси заключается в обжатии серединной ее части на определенную длину секторными палками, полуфабриката круглого сечения — на квадрат с меньшим поперечным сечением. Это приближает заготовку к самой поковке, обеспечивает экономию металла до 22 % и уменьшает количество ударов молота в 1,5 раза, что во столько же раз повышает стойкость штамповой оснастки. Созданный для реализации данной технологии стан и сама технология внедрены на Кузнечном заводе тяжелых штамповок (г. Жодино).

Для получения точных по размерам и форме заготовок из пруткового материала предложены принципиально новые способы, которые основаны на формировании поперечной прокаткой в прутке концентратора напряжений и последующем расклинивании прутка в зоне сформировавшегося концентратора клиновидными ребордами. Это позволяет получать заготовки с плоскими перпендикулярными торцами и обеспечивает экономию металла до 10 %. Данная технология внедрена на РУП «МАЗ».

Перечисленные выше направления решения проблем в заготовительном производстве в основном касаются снижения себестоимости выпускаемых автомобилей. Не менее важным является увеличение ресурса работы тяжело нагруженных деталей, что в целом повышает долговечность автомобиля. Достичь этого можно не только применяя высокопрочные и дорогие конструкционные материалы, но и за счет упрочняющей обработки традиционных, более дешевых марок сталей путем холодной поверхностной пластической деформации, электромагнитной наплавки порошковых материалов, совмещенной с поверхностным пластическим деформированием, объемной деформацией. Такие технологии позволяют формировать в поверхностных слоях деталей прогнозируемый уровень остаточных сжимающих напряжений, положительно влияющих на усталостную прочность.

Разработанный на кафедре «Технология металлов» БГАТУ совместно с РУП «МАЗ» комбинированный метод электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием позволил увеличить в 1,3...1,4 раза ресурс деталей типа тел вращения, работающих в условиях высоких нагрузок и интенсивного абразивного изнашивания. Такой результат получен за счет того, что новый метод упрочнения деталей сочетает нанесение, термообработку и упрочняющее деформирование покрытия, со-

кращая приработку поверхности за счет формирования структуры поверхностного слоя. Эксплуатационные характеристики комбинированного метода определяются электромагнитными и деформационными воздействиями на упрочняемую поверхность (рис.3). Электромагнитная наплавка с ППД, к достоинствам которой следует отнести высокую прочность соединения наплавляемого покрытия с основой, повышенную износостойкость и минимальное тепловыделение, исключая термическое деформирование обрабатываемых деталей. Этот процесс эффективен при упрочнении поверхностей трения и посадочных поверхностей под подшипники и зубчатые колеса.



Рис. 3. Структура метода электромагнитной наплавки с ППД

С учетом того, что валы, пальцы, оси лимитируют ресурс узлов автомобилей и составляют основную часть деталей, то повышение их износостойкости и усталостной прочности имеет большое значение для повышения их конкурентоспособности. Для решения этих проблем много сделано на РУП «МАЗ». Так, за последние три года внедрена гамма высокопроизводительного инструмента для обработки деталей поверхностной пластической и объемной деформацией. Особое место занимают комбинированные инструменты, позволяющие одновременно обрабатывать несколько поверхностей деталей и обеспечивающие повышение качества обработки рабочих поверхностей деталей, а также расширение технологических возможностей. На ряде деталей внедрен технологический процесс радиальной штамповки шлицев на валах, а также продольной накатки прямобочных шлицев.

Наряду с заготовительным производством большой процент трудозатрат, себестоимости и энергопотребления приходится на финишные операции обработки рабочих поверхностей деталей. Обеспечение требуемых макроп микрогеометрии и состояния поверхностного слоя на этих операциях отличается большим энергопотреблением технологического оборудования на единицу объема снимаемого припуска в сравнении с предварительной обработкой. Здесь качество поверхностного слоя формируется в более жестких температурных условиях, при более высоком давлении и усложненной кинематике инструмента. Для совершенствования процессов финишной обработки все чаще используются новые физические явления, обеспечивающие требуемые макро- и микрогеометрию, а также состояние поверхностного слоя.

В этом направлении за последние 15...20 лет большой вклад внесен коллективом кафедры «Технология машиностроения» БНТУ. На рис 4. пролета плена структура новых технических решений, обеспечивающих повышение качества обработанных поверхностей при снижении себестоимости, трудозатрат и энергопотребления отдельных операций.

По аналогии со структурной схемой наукоемких технологий высокого уровня, представленный на рис.1, результаты работ по созданию новых наукоемких технологий, оборудования и внедрению в производство конкурентоспособных автомобилей семейства МАЗ, можно представить схемой, приведенной на рис.5.

Таким образом, выполненные работы РУП «МАЗ» совместно с техническими университетами республики позволяют решать проблему повышения конкурентоспособности автомобилей семейства МАЗ технологическими методами за счет:

1. Создания новых наукоемких технологий и оборудования, обеспечивающих изготовление малолитровых рессор, отличающихся высокой производительностью и экономичностью.

2. Технологии горячей вальцовки заготовки балки передней оси МАЗа, дающей экономию металла на 22% и увеличивающей стойкость штампов в 1,5 раза

3. Технологии получения точных по размерам и форме заготовок из пруткового материала, которая позволяет получить экономию металла до 10%.

4. Технологии электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием, повышающей долговечность деталей автомобиля и увеличивающей ресурс их службы на 30-40%.

5. Разработки комбинированных инструментов, обрабатывающих одновременно несколько поверхностей с улучшением качества рабочих поверхностей деталей.

6. Создания компьютерного варианта формирования новых наукоемких технологий с записью информации на CD-ROM, что позволяет автоматизировать поиск путей совершенствования технологических процессов с точки зрения оптимизации основных технико-экономических показателей.



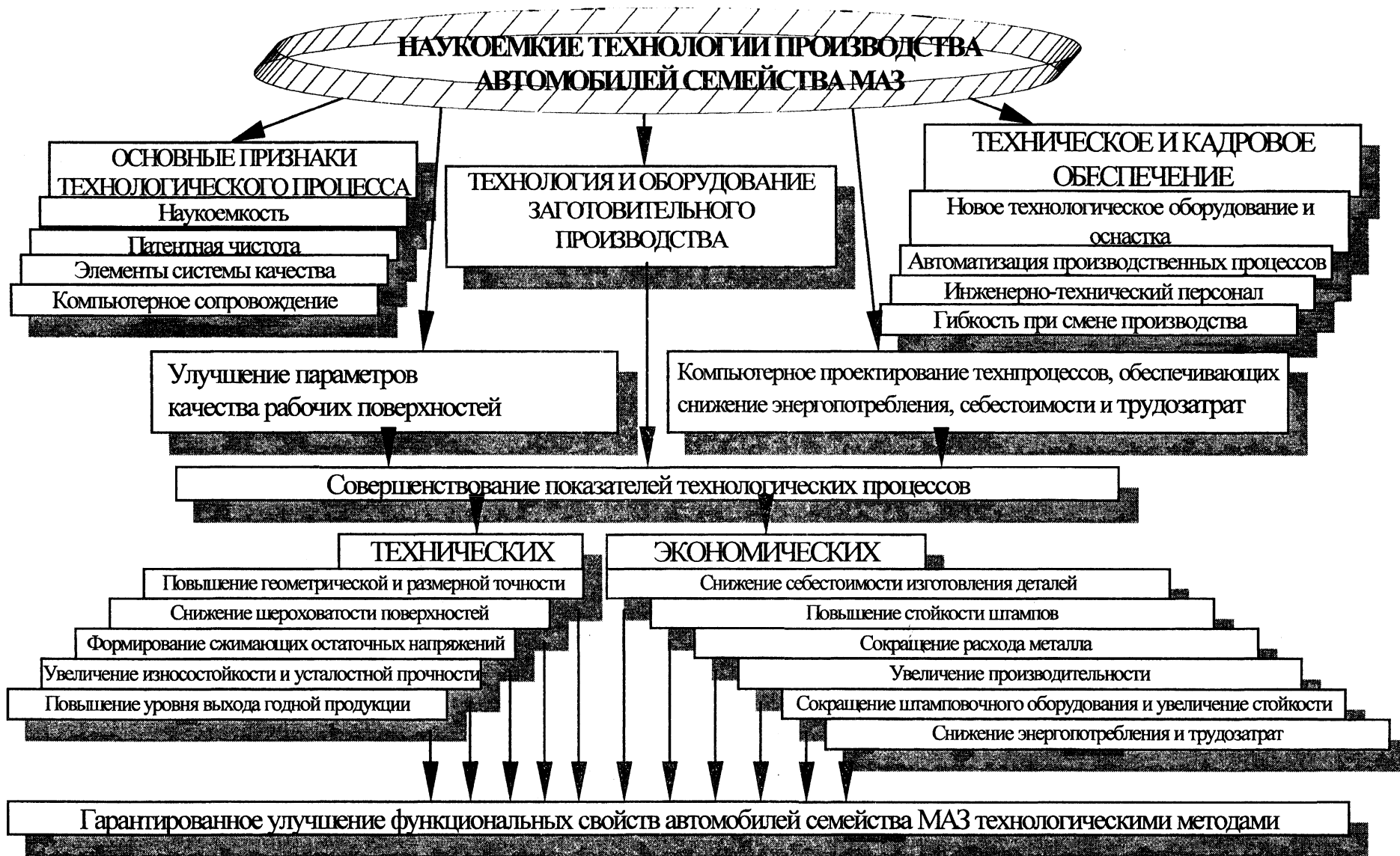


Рис. 5. Структура наукоёмких технологий, обеспечивающих конкурентоспособность автомобилей семейства МАЗ