

# БЕЛОРУССКАЯ ШКОЛА МЕХАНИКИ И КОМПЛЕКСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Высоцкий М.С.

## *Продукция предприятий белорусского машиностроения*

Автомобиле- и тракторостроение – предмет национальной гордости белорусов. На бескрайних просторах бывшего СССР, наверное, нет человека, который не знал бы автомобилей МАЗ, самосвалов БелАЗ, скреперов МоАЗ, военных «сороконожек» Минского завода колесных тягачей и тракторов «Беларус». Белорусские машины работают более чем в 80 государствах Европы, Азии, Африки, Америки и являются свидетельством высокотехнологичной и высококачественной продукции из Республики Беларусь.

Кроме имиджа высокоразвитого государства, производимые отечественными предприятиями машины вносят существенный вклад в формирование внутреннего валового продукта республики. В 2003 году удельный вес автотракторо- и сельхозмашиностроения в общем объеме производства продукции организациями Министерства промышленности в 5261,6 миллиардов рублей составил 46,7 % (рис. 1).

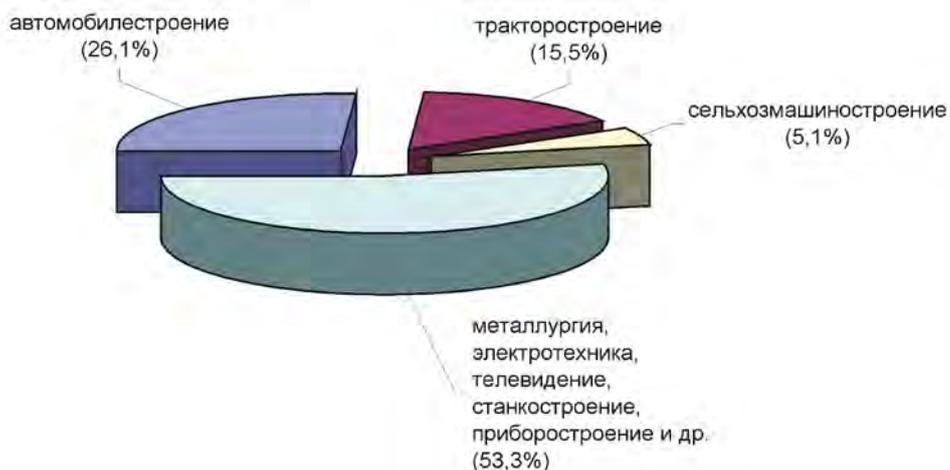


Рис. 1. Удельный вес автотракторо- и сельхозмашиностроения в общем объеме производства продукции организациями Министерства промышленности в 2003 году

По итогам 9 месяцев 2004 года объем производства продукции ПО «БелавтоМАЗ» и ПО «МТЗ» составляет соответственно 127 % и 127,5 % к аналогичному периоду 2003 года. Магистральные автопоезда Минского автозавода и карьерные самосвалы Белорусского автозавода занимают соответственно 70 и 90% рынка стран СНГ, при этом продукция ПО «БелАЗ» составляет 30% мирового рынка карьерной техники.

### **1. Становление национальной школы механиков машиностроения**

Одна из действующих и активно развивающихся не только в Беларуси, но и в бывшем СССР научных школ по проектированию большегрузных автомобилей – функционирующая в Национальной академии наук Беларуси научная школа механики и комплексного проектирования мобильных машин. История ее создания берет начало с 60-х годов прошлого столетия, в эпоху начала проведения в Белоруссии фундаментальных исследований в области большегрузного автомобилестроения.

Первое организационное оформление многолетних научных связей предприятий ПО «БелавтоМАЗ» и Академии наук БССР при поддержке первого секретаря ЦК КПБ П.М. Машерова состоялось ровно 30 лет назад, в 1974 году. Совместным Постановлением Президиума Академии наук и генеральной дирекции ПО «БелавтоМАЗ» был образован Академический отдел проблемных исследований грузовых автомобилей (ОГрА).

Особенность его состояла в том, что впервые в истории академической науки ОГрА имел двойное подчинение — Академии наук и «БелавтоМАЗу» — и обеспечивал прямую связь науки и производства. В образованный отдел вошли наиболее опытные конструкторы и исследователи автозавода и ученые Академии наук БССР.

В это же время на Минском автозаводе на базе управления главного конструктора была создана кафедра «Большегрузные автомобили» Белорусского политехнического института, которая действует при НИРУП «Белавтотракторостроение» и до сих пор и 30-летний юбилей которой мы будем отмечать в следующем году. В 1975 году также создано научно-производственное объединение «Автофизтех».

В научном плане ОГрА определил новые научные направления в теории, расчете и испытаниях мобильных машин, создав, тем самым, отечественную школу конструирования и исследований большегрузного автомобилестроения.

В практическом плане основным направлением деятельности ОГрА являлись разработка и выполнение комплексной научно-технической программы по созданию унифицированного семейства грузовых автомобилей и автопоездов большой и особо большой грузоподъемности.

В организационном плане — более полно реализовать принципы программно-целевого планирования научно-технического прогресса, чем была обеспечена возможность не только быстрее внедрять в производство законченные научные разработки, но и планировать на перспективу развитие фундаментальных и прикладных исследований, нацеленных на решение важнейших народно-хозяйственных задач.

В 1977 году с ходом внедрения научных разработок в производство с ОГрА ознакомились президент Академии наук СССР, трижды Герой Социалистического Труда А.П. Александров, первый секретарь ЦК КПБ П.М. Машеров и Президент Академии наук БССР Н.А. Борисевич во время их визита на ПО «БелавтоМАЗ». О результатах этого визита А.П. Александров с трибуны сессии Верховного Совета СССР сказал: «Это явление будет распространяться всюду, потому что именно оно, как показал опыт Белоруссии, чрезвычайно сильно содействует тому, чтобы научные разработки прямо из лабораторий, еще в горячем виде, «пересаживались» на промышленные предприятия» (рис.2).



*Рис. 2. В составе делегации на минском автозаводе: первый секретарь ЦК КПБ П.М. Машеров, президент АН БССР академик Н.А. Борисевич, президент Академии наук СССР академик А.П. Александров, главный конструктор ПО «БелавтоМАЗ» М.С. Высоцкий, генеральный директор ПО «БелавтоМАЗ» И.М. Демин*

Это выступление оказало большую моральную и научную поддержку заводчанам и ученым в деле создания новых поколений автомобилей и автопоездов, значительного расширения научно-исследовательских работ, среди которых в те годы выросли и свои заводские ученые. Это доктора технических наук главный конструктор СКБ МАЗ Б.Л.

Шапошник и его заместитель А.А. Шимков, главный конструктор БелАЗ З.Л. Сироткин и его преемники на этом посту — кандидаты технических наук А.В. Зотов и Л.И. Добрых, главный конструктор МоАЗ Н.А. Сидоров, зам. главного конструктора объединения Л.Х. Гилелес. Наряду со своими старшими коллегами активно работали и защитили кандидатские диссертации молодое поколение заводских ученых: заместители главного конструктора объединения А.Г. Выгонный, М.И. Горбацевич, Л.И. Кадолко, а также А.Б. Азбель, Ю.Ю. Беленький, О.Я. Заславский, И.А. Горецкий, Д.Э.Кацнельсон, М.Я. Рудня и многие другие.

Крупнейшим практическим достижением коллектива школы было создание впервые в СССР магистральных автопоездов, специально предназначенных для междугородных и международных перевозок и экспорта. Также первыми в СССР они успешно прошли омологационные испытания по безопасности в международном центре института ЮТАК в Париже и были удостоены в 1978 году золотой медали на Пловдивской ярмарке.

Особенно плодотворные результаты были получены в совместных работах с Институтом математики, Физико-техническим институтом и Институтом технической кибернетики АН БССР. Так, качественно преобразило процесс конструирования использование электронно-вычислительных машин с привлечением Института математики с достаточно мощной для того времени базой ЭВМ. С помощью ЭВМ у конструктора появилась возможность «проиграть» разнообразные эксплуатационные ситуации, выявить слабые звенья машины и внести необходимые изменения в ее конструкцию. В этот период в ОГрА сформировалось, получило развитие и всеобщее признание направление по моделированию на ЭВМ динамических систем, прежде всего по моделированию движения автомобилей в реальных дорожных условиях, расчету показателей скоростных свойств и топливной экономичности, а также в других инженерных задачах, что позволило изучить ряд эксплуатационных свойств автомобилей на стадии проектирования, еще до создания и испытания опытных образцов.

Крупным достижением научной школы и ярким результатом плодотворного сотрудничества академической науки и производства явилось присуждение в 1986 году авторскому коллективу ОГрА во главе с его руководителем членом-корреспондентом АН БССР д.т.н. М.С. Высоцким Государственной премии БССР в области науки и техники за разработку научно-методических основ компьютерного моделирования эксплуатационных характеристик, создание и внедрение на Минском автозаводе гибкой автоматизированной системы ускоренных испытаний конструкций на базе управляющих вычислительных комплексов с целью интенсификации проектно-исследовательских работ и повышения качества выпускаемых машин. Лауреатами Государственной премии стали известные и авторитетные ученые МАЗа и Академии наук д.т.н. П.М. Чеголин, д.т.н. Е.К. Почтенный, к.т.н., А.К. Бернацкий, к.т.н. М.И. Горбацевич, к.т.н. В.Е. Куконин, к.т.н. В.И. Петько, к.т.н. А.А. Ракицкий, Ю.Ф. Илькевич, С.Н. Мисилевич.

Выдающимся достижением и значимым событием в жизни научной школы стало создание модульной конструкции автопоезда МАЗ-2000 «Перестройка». Этот экспериментальный автомобиль принципиально новой компоновки был признан автомобилем XXI века, получил золотую медаль на Парижском Большом салоне автомобилестроения в 1988 году, запатентован в пяти ведущих странах и не имеет аналогов в мировом автомобилестроении (рис.3).

В результате к 90-м годам в республике удалось создать научно-технический комплекс, объединивший академическую, вузовскую и заводскую науку, деятельность которого была направлена на научное обеспечение ведущих предприятий белорусского машиностроения.

Важной вехой в истории белорусской научной школы стало создание в декабре 1992 года на базе ОГрА с включением ряда лабораторий институтов Академии наук Научного центра проблем механики машин (НЦ ПММ) на правах академического института, в последующем — Института механики машин НАН Беларуси, а в январе 2000 года – Научно-инженерного республиканского унитарного предприятия (НИРУП) «Белавтотракторостроение».



*Рис. 3. Модульный автопоезд МАЗ-2000 «Перестройка»*

## **2. Государственные программы научных исследований и научно-технических разработок**

В сложный период формирования новых институтов управления молодого суверенного государства остро назрела необходимость выработки государственной научно-технической политики, направленной на повышение уровня конкурентоспособности продукции автотракторостроения. Для реализации программно-целевого принципа финансирования научных исследований в 1995 году при поддержке Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко Научным центром проблем механики машин была разработана и одобрена государственным заказчиком, Министерством промышленности Республики Беларусь, государственная научно-техническая программа (ГНТП) «Создание новых моделей конкурентоспособных автомобилей, тракторов, дизельных двигателей, выпускаемых ведущими предприятиями машиностроительного комплекса для нужд республики и экспорта» (шифр «Белавтотракторостроение»).

Вместе с научно-технической программой «Белавтотракторостроение» в качестве ее научного обеспечения в Научном центре была разработана первая в республике Государственная программа фундаментальных исследований «Механика» на 1996-2000 годы и на период до 2005 года. Ибо фундаментальная и прикладная наука – единое целое, особенно когда речь идет об одном из важнейших национальных приоритетов – машиностроительной отрасли. Задачи, выдвигаемые производством, требуют и теоретических разработок, и практической реализации одновременно.

В число исполнителей указанных программ вошли все ведущие предприятия автотракторосельхозмашиностроения, 12 академических институтов, Белорусский национальный технический университет, 5 государственных университетов, ряд вузов, отраслевых НИИ и КБ. Всего – более 80 организаций.

В соответствии с установками Комитета по науке и технологиям при Совете Министров Республики Беларусь, ГНТП «Белавтотракторостроение» стала одной из первых программ, ориентированных на создание конкретных видов новой конкурентоспособной техники. Обязательным условием при формировании этой программы было распределение объема финансирования между участниками выполнения задания: 30-50% за счет госбюджета и 50-70% — собственные средства предприятий-разработчиков продукции (рис.4).

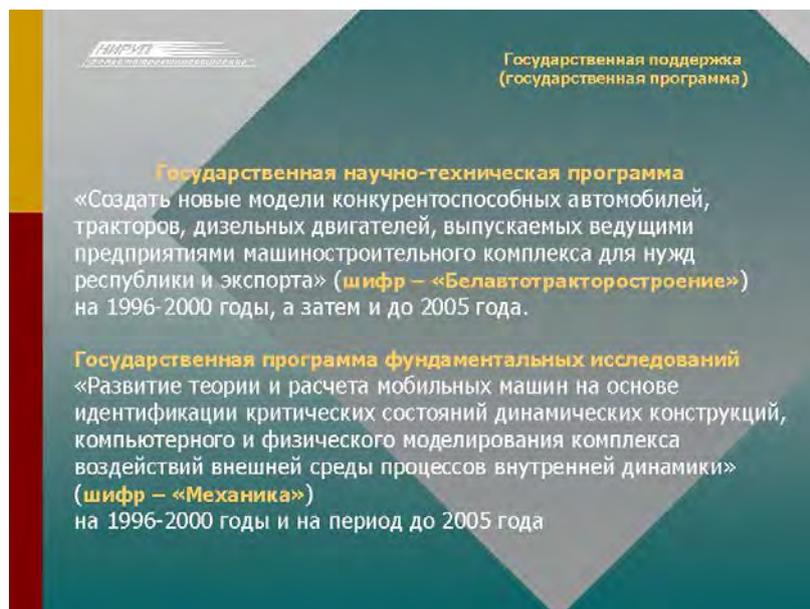


Рис. 4. Государственные программы в области машиностроения

В итоге выполнения первого пятилетнего цикла работ получены весомые результаты:

- Разработано новое направление теории мобильных машин, заключающееся в управлении их эксплуатационными свойствами на базе системного подхода и обеспечивающее соответствие машин заданным показателям. В рамках данного направления на основе обратной задачи динамики и предложенной последовательности в оптимизации характеристик и параметров мобильных машин в их управляемом движении формализованы и решены задачи многокритериального синтеза оптимальных характеристик систем и узлов машин с учетом их взаимодействия и взаимного влияния. В итоге разработаны концепция создания и методология исследования перспективных мобильных транспортных машин на основе системного подхода, которые являются новым направлением в теории мобильных машин, основанном на управлении их эксплуатационными свойствами. Данная теория, в отличие от известных, позволяет уже на стадии проектирования управлять эксплуатационными свойствами машин, обеспечивая тем самым максимальную их эффективность в процессе движения, тогда как традиционная теория только анализировала такие свойства.
- Разработаны методология аэродинамического проектирования магистральных автопоездов и численные методы определения их аэродинамического сопротивления.
- Отработано программное обеспечение образца мехатронной системы управления в составе гидромеханической трансмиссии большой мощности. Отработаны адаптеры сопряжения базовых электронных модулей с физической средой CAN по унифицированному сетевому интерфейсу типа CAN. Проведен комплекс работ по обеспечению натурных испытаний технических средств интерфейса «оператор-мехатронная система». Проведены обработка и анализ характеристик переключения передач, блокировки гидротрансформаторов и включения тормоза-замедлителя опытного образца мехатронной системы управления трансмиссией в составе большегрузного автомобиля.
- Разработана методология вероятностного расчета ресурса механических систем, основанная на макроскопическом описании связей компонентов и учете основных эксплуатационных воздействий как общих организующих системных факторов.
- Созданы теоретические основы анализа нагружения и суммирования усталостных повреждений элементов конструкций мобильных машин в условиях многочастотного эксплуатационного нагружения, методики конечно-элементного моделирования несущих систем мобильных машин и их структурно-динамического анализа.

- Разработана гипотеза предельного состояния силовых систем с учетом действия циклических и контактных напряжений, а также температуры в зоне трения при регулярном и блочном нагружении на основе энергетического критерия. Предложена энергетическая модель накопления износоусталостных повреждений.

- Обоснованы алгоритмы построения оптимальных регуляторов по интенсивности, энергии, расходу топлива, смешанным критериям для динамических объектов разной природы. Разработаны алгоритмы стабилизации линейных динамических систем, основанные на реализации в режиме реального времени позиционных решений вспомогательных задач оптимального управления. Разработан метод идентификации параметров неизвестных возмущений в динамической системе и обоснованы алгоритмы работы оптимальных идентификаторов.

- Исследовано квазистатическое взаимодействие твердых тел, с целью решения новых контактных задач для деформируемых тел анизотропных материалов с неоднородной структурой, определения их напряженно-деформированного состояния (НДС). Созданы математические модели расчета НДС композиционных покрытий из композитов с учетом граничных условий. Предложены методы решения смешанных задач с учетом явлений анизотропии, вязкоупругости.

За эти годы в школе выросли талантливые ученики и последователи: доктора наук — В.Б. Альгин, П.А. Амельченко, В.В. Ванцевич, Л.Г. Красневский, кандидаты наук — М.М. Белоус, Н.А. Докукова, Д.А. Дубовик, Ан.М. Захарик, Ал.М. Захарик, В.Г. Иванов, В.А. Коробкин, В.А. Куцеголов, С.П. Мохов, С.Н. Поддубко, Е.П. Рыжков, В.Н. Стукачев, С.В. Харитончик и специалисты высокой квалификации – Е.А.Багаев, С.С. Баулин, В.Г. Бутылин, В.М. Фишман, приходит и начинающее поколение ученых (свыше 30 аспирантов и соискателей).

В течение 5 последних лет защищено 3 докторских диссертации (Шуринов В.А. – генеральный конструктор по кормо- и зерноуборочной технике Республики Беларусь, Мариев П.Л. – генеральный директор ПО «БелАЗ», Евграфов А.Н. – профессор Московского государственного индустриального университета) и 5 кандидатских диссертаций.

В ближайшее время необходимо сконцентрировать усилия ученых-механиков республики (а это свыше 130 докторов и кандидатов наук, работающих по программе), чтобы результаты их слаженной работы через государственные программы прикладных научных исследований и государственные научно-технические программы смогли быть эффективно использованы при создании новых образцов техники и моделей машин при решении следующих важнейших проблем:

развитие вопросов теории управления эксплуатационными свойствами, оптимизации параметров мобильных машин и создание новых компьютерных технологий для их инженерного анализа;

исследование физических процессов в мехатронных системах, уточнение их структуры и алгоритмов функционирования с применением принципов интеграции электронных систем, оптической голографии, нечеткой логики, спутниковой навигации, элементов искусственного интеллекта, создание на этой основе образцов мехатронных систем управления для мобильных машин и их экспериментальное исследование;

разработка фундаментальных основ создания транспортных средств с интеллектуальными системами активной безопасности, методологических принципов расчета их компонентов, динамических моделей структурных элементов интеллектуальных систем, программных средств для моделирования и расчета интеллектуальных систем управления и их элементов;

разработка методологии и методов расчета ресурса многоэлементных механических систем с учетом динамического поведения на макро- и микроуровнях, ресурсных связей

составляющих и предельных состояний при вероятностных входных данных по условиям эксплуатации и несущей способности конструктивных элементов;

разработка новых методов анализа статистической и динамической нагруженности, исследования процессов повреждений и расчета на прочность машин на протяжении проектного срока службы;

разработка вопросов повреждения и динамики разрушения силовых систем, управления износоусталыми повреждениями конструкционных материалов и деталей машин; создание методик и оборудования для диагностирования износоусталых повреждений, определение воздействий конструкционных и технологических факторов на долговечность элементов силовых систем;

разработка методов исследования механических свойств полимерных композитов в условиях статического и квазистатического силовых воздействий с учетом температуры и экспериментальное определение упруго-прочностных характеристик полимерных сплавов на основе термо- и эластопластов.

Таковыми направлениями на ближайшую перспективу должна идти наука «Механика», чтобы достичь реального слияния с проблемами современного машиностроения и народного хозяйства в целом.

### **3. Итоги реализации государственной научно-технической программы «Белавтотракторостроение»**

В рамках реализации работ по ГНТП «Белавтотракторостроение» (рис.5) с 1996 года полностью выполнено 78 основных заданий по созданию новых моделей, автомобилей автобусов, карьерных самосвалов, многоосных автомобилей, тракторов и кормоуборочных комплексов.



*Рис. 5. Организационная структура ГНТП «Белавтотракторостроение» на 2001-2005 годы*

Среди новой техники создано 18 автомобилей, 3 автобуса, 8 тракторов, 2 модификации малотоксичных дизельных двигателей, малогабаритный дизель для мотоблоков и минитракторов, целый ряд специальной автотракторной и сельскохозяйственной техники, модернизировано 5 автомобилей и 4 трактора. Кроме

образцов автотракторной техники создан ряд агрегатов, узлов и систем для ее функционирования.

К ним можно отнести семейство автоматических трансмиссий нового поколения для автомобилей и автобусов МАЗ и самосвалов БелАЗ, синхронный карданный привод, модуль для уборки картофеля и редуктор конечной передачи к тракторам «Беларус».

Во многом характерен опыт МАЗа. Флагман автомобилестроения республики показывает пример совершенствования выпускаемой, разработки и освоения новой техники. С конца 2002 года предприятие полностью перешло на выпуск автомобилей, отвечающих требованиям Евро-1 и Евро-2. Созданы образцы техники, соответствующие нормам Евро-3. Дальнейшие планы МАЗа по-прежнему во многом связаны с выполнением программы «Белавтотракторостроение», блок заданий на 2001-2005 гг. которой в русле прогрессивных тенденций мирового автотракторостроения предусматривает создание уже целых семейств машин, а не только их отдельных моделей как ранее.

В рамках ГНТП разработано новое для МАЗа семейство среднетоннажных автомобилей МАЗ-4370 (рис.6).



*Рис. 6. Среднетоннажный автомобиль МАЗ-4370*

Сотрудниками НИРУП «Белавтотракторостроение» создана динамическая модель автомобиля-самосвала МАЗ-4570 этого семейства, а также определены условия поперечной устойчивости и показатели нагруженности рамы для основных режимов выгрузки груза (рис.7).



*Рис. 7. Исследование поперечной устойчивости среднетоннажного автомобиля-самосвала МАЗ*

По программе создано также семейство городских, пригородных и междугородных автобусов (рис.8), за разработку и постановку которых на производство группа ОК специалистов Минского автозавода выдвинута на соискание Государственной премии Республики Беларусь.



*Рис. 8. Городской сочлененный автобус МАЗ-105*

Перспективной задачей МАЗа является дальнейшее расширение в соответствии с ГНТП «Белавтотракторостроение» номенклатуры автомобильной техники под конкретные заказы потребителей из стран СНГ и дальнего зарубежья, создание базовых моделей и выпуск принципиально нового поколения машин семейства МАЗ-6430 (рис.9), соответствующих требованиям Евро-3, а в дальнейшем, к 2007-2008 годам, — и Евро-4.



*Рис. 9. Базовая модель магистрального автопоезда нового поколения МАЗ-6430*

По тракторному разделу программы проведена серия работ по модернизации серийно выпускаемых базовых моделей колесных тракторов МТЗ с двигателем мощностью от 60 до 130 л.с. (рис.10), в ходе которых повышена их надежность, работоспособность, производительность, улучшены потребительские свойства. Выполнен комплекс работ по агрегатированию и повышению ресурса трактора мощностью 150 л.с. Создан энергонасыщенный трактор мощностью 180 л.с., а также разработана конструкция высокоэнергонасыщенного трактора мощностью 250 л.с. (рис.11). Ведется интенсивная работа по созданию базовой модели колесного трактора общего назначения тягового класса 5 мощностью до 350 л.с., предназначенного для выполнения энергоемких работ в сельском хозяйстве, промышленности, строительстве и других отраслях.



*Рис. 10. Трактор «Беларус-1222»*



*Рис. 11. Высокоэнергонасыщенный трактор общего назначения «Беларус-2522»*

Для народного хозяйства в рамках ГНТП «Белавотракторостроение» по направлению специальной техники создается семейство лесозаготовительных машин, включающее трелевочную (рис.12), погрузочно-разгрузочную и погрузочно-транспортную машину повышенной мощности, а также базовое энергонасыщенное шасси для семейства дорожных машин по содержанию и ремонту дорог.



*Рис. 12. Машина трелевочная «Беларус МЛ-127»*

В текущем году тракторным заводом завершается создание опытного образца гусеничного трактора тягового класса 4 с металлической гусеницей с резинометаллическим шарниром (РМШ) мощностью 212 л.с. для работы в сельском хозяйстве с навесными и полунавесными и прицепными машинами в диапазоне тяговых сопротивлений от 30 до 50

кН, в том числе для работ общего назначения на переувлажненных почвах (рис. 13). На его базе запланирована разработка тракторов для промышленного, лесохозяйственного и мелиоративного назначения.



*Рис. 13. Гусеничный трактор с РМШ «Беларус-2102»*

Активная работа над уникальными образцами автомобильной техники ведется на БелАЗе. Это единственное в СНГ предприятие, выпускающее карьерные самосвалы грузоподъемностью от 30 до 240 и более тонн, широко используемые в металлургической, угольной, горнодобывающей, строительной отраслях (рис.14). В целях дальнейшего их совершенствования в соответствии с планами ГНТП «Белавтотракторостроение» решается задача повышения ресурса серийных моделей самосвалов БелАЗ до 700-800 тыс. км — уровня зарубежных аналогов. С 2001 года ведутся работы по созданию карьерного самосвала грузоподъемностью 135 тонн с гидромеханической трансмиссией, карьерного самосвала грузоподъемностью 300-320 тонн с электромеханической трансмиссией переменного тока, самоходного шахтного вагона грузоподъемностью 15 тонн с системой электродвижения переменного тока и частотным регулированием скорости движения вагона и производительности.



*Рис. 14. Карьерный самосвал «БелАЗ-75131»*

Для этих машин специалистами школы разработана динамическая модель опрокидывающего механизма, проведены расчеты и оптимизация параметров установки опор самосвальной платформы и гидроцилиндров с целью уменьшения нагрузок на раму и элементы опрокидывающего механизма (рис.15). В дизайнерских решениях экстерьера

кабины самосвалов БелАЗ нового поколения предложено нетрадиционное решение с более выразительной схемой. При этом, силовой каркас кабины остался неизменным, а оригинальная вертикальная установка лобового стекла с двухцветным решением позволила получить образ кабины-фонаря, которая наиболее полно отвечает функциям управляющего центра сложного карьерного самосвала.



*Рис. 15. Компьютерная модель для оптимизации установки цилиндров опрокидывающего механизма самосвала БелАЗ грузоподъемностью 300-320 тонн*

Работа по созданию новой конкурентоспособной техники в рамках ГНТП «Белавтотракторостроение» ведется совместно с Минским заводом колесных тягачей — ведущим в СНГ предприятием по разработке и производству многоосных автомобилей, целенаправленно расширяющим типаж выпускаемой автомобильной техники. В частности, совместно с заводскими специалистами разработаны специальное шасси МЗКТ-652712 с колесной формулой 8х8 грузоподъемностью 30 тонн из нового семейства полноприводных машин повышенной проходимости под монтаж агрегата РАНТ-20 для быстрого (в течение суток) ремонта скважин (рис.16), опытные образцы автоматических ГМП для автомобилей высокой проходимости. В настоящее время ведутся работы по созданию четырехосного полноприводного самосвала грузоподъемностью 27 тонн.



*Рис. 16. Агрегат ремонтно-технологический М-20 на базе шасси «МЗКТ-65271»*

Пользуется спросом как в странах СНГ, так и в дальнем зарубежье техника МоАЗа. По разработкам, проведенным в соответствии ГНТП «Белавтотракторостроение», завод осваивает выпуск нового ряда образцов автомобильной, строительно-дорожной, коммунальной и специальной техники: тракторов, самосвалов, бульдозеров в северном исполнении, машин для подземных работ, погрузчиков. Все модели машин отвечают международным стандартам серии ИСО-9000.

В настоящее время в рамках программы создается внедорожный полноприводный самосвал высокой проходимости МоАЗ-75032 грузоподъемностью 50 тонн с колесной формулой 6х6 (рис.17). Машина разрабатывается для эксплуатации в тяжелых условиях бездорожья и требует выполнения значительных объемов научно-исследовательских и

опытно-конструкторских работ.



*Рис. 17. Внедорожный самосвал повышенной проходимости «МАЗ-75032»*

ГНТП «Белавтотракторостроение» активно способствует реализации на практике наиболее перспективных тенденций в современном сельхозмашиностроении и созданию на ПО «Гомсельмаш» мощных универсальных энергетических средств, способных к агрегатированию с уборочными и почвообрабатывающими машинами с целью минимизации трудозатрат на проведение сельскохозяйственных работ.

С участием специалистов НИРУП «Белавтотракторостроение» разрабатывается гамма кормоуборочной, зерноуборочной, картофелеуборочной и свеклоуборочной техники, соответствующей мировому уровню. Создаваемое универсально-энергетическое средство «Полесье-350» с двигателем мощностью 200, 250 и 350 л.с. представляет возможность агрегатирования с различными сельскохозяйственными машинами (рис.18), в том числе и разрабатываемыми по программе:

- навесным кормоуборочным комбайном «Полесье-4500» производительностью 135 т/ч с жаткой шестирядковой роторной для уборки грубостебельных культур шириной захвата 4,5 м, жаткой для заготовки зерносенажа захватом 6 м, жаткой для уборки трав шириной захвата 5 м, а также с подборщиком подвяленной травы шириной от 3 до 4,2 м;
- полунавесным четырехрядным картофелеуборочным комбайном КПК-4 производительностью до 1,4 га/ч;
- полунавесным шестирядным комплексом для уборки сахарной и кормовой свеклы КСН-6-5 производительностью до 1,92 га/ч.



*Рис. 18. Универсальное энергетическое средство «Полесье-350»*

Выпускаемые на Минском моторном заводе дизели являются лучшими в своем классе в СНГ и обладают высокой конкурентоспособностью на международном рынке. Оснащенная ими сельскохозяйственная техника хорошо зарекомендовала себя в США, Канаде, Англии, Швеции, Германии и других странах. Заводские конструкторы разработали дизели и для среднетоннажных автомобилей и автобусов МАЗ и АМО ЗИЛ.

Опытные образцы 4- и 6-х цилиндровых малотоксичных дизелей тракторных и автомобильных модификаций минских моторостроителей (прошли сертификационные испытания в Чехии), как и вся вышеназванная техника, воплотили в себе новейшие научные и конструкторские разработки.

Таким образом, плод совместных усилий ученых и производителей — техника, выпускаемая сегодня автомобильными, тракторными и комбайновыми заводами республики, обладающая значительно большей конкурентоспособностью и имеющая устойчивый спрос на наших традиционных рынках, в первую очередь российском.

Очень важно, что за счет средств программы финансируется значительная доля прикладных научных исследований академических институтов и вузов по тематике заводов автотракторной промышленности, участвующих в ней. Вкладом академической и вузовской науки в создание названной техники является значительный комплекс расчетно-исследовательских работ, выполненный учеными совместно с заводскими специалистами, с укрупненным охватом их тематики, начиная от технических заданий, обоснования структуры типажей, художественно-конструкторских решений, расчетного исследования эксплуатационных свойств, нагруженности, прочности, долговечности несущих систем, кабин, трансмиссий, тормозных систем, систем отбора мощности, глушения выпуска и заканчивая разработкой методик, проведением ускоренных испытаний. Названные разработки позволяют работать над расширением типоразмерных и параметрических рядов мобильных машин и их агрегатов, созданием структуры и типажей единого унифицированного ряда автотракторной техники с учетом потребностей народного хозяйства, обороны и экспорта.

Белорусская научная школа является одной из ведущих в Беларуси по исследованию вопросов теории и принципов реализации бортовых электронных систем управления агрегатами и узлами мобильных машин. Специалистами школы разработаны научные основы анализа и синтеза таких систем, базирующиеся на представлении триады «система управления — исполнительный механизм — трансмиссия» как композиции трех конечных автоматов. Это направление относится к наиболее прогрессивным, поскольку, как известно из опыта передовых автомобильных фирм, позволяет, в частности, уменьшить общий вес системы управления в два раза и более.

К важнейшим разработкам бортовых электронных систем управления по ГНТП «Белавтотракторостроение» относятся:

- оригинальная импортозамещающая антиблокировочная система тормозов для автомобилей и автопоездов МАЗ, которая освоена в производстве на НПРУП «Экран» (г. Борисов). При этом система имеет, впервые в мировой практике, так называемый «черный ящик», как и у самолетов, который записывает процессы в тормозной системе в течение 40 секунд, предшествующих остановке. Следует отметить, что антиблокировочная система тормозов для автомобилей и автопоездов успешно прошла сертификационные испытания на автополигоне в России и показала результаты, не уступающие аналогам - системам известных фирм «Вабко» и «Бош». Система адаптирована на тягачи и автобусы Минского автомобильного завода, автомобили «КамАЗ» (Россия), автобусы «ПАЗ» и «ЛиАЗ» (Россия).

- интегрированная система АБС/ПБС (рис.19), которая выполняет функции индивидуального регулирования и предотвращения блокировки (юза) колес автомобиля при торможении (функция АБС, требования Правил 13 ЕЭК ООН), автоматическое ограничение максимальной скорости движения автопоезда (Директива ЕЭС 92/24), предотвращение буксования колес автомобиля-тягача в режимах разгона и движения на скользкой дороге (функция ПБС), диагностики, хранение и вывод информации об отказах системы.

- комплекс диагностических средств предназначен для диагностики бортовых электронных систем автомобилей, автобусов и прицепного состава, оснащенных средствами

встроенной диагностики и передачи диагностической информации об отказах системы, режимах работы, в том числе об эффективности торможения.

- комплекс аппаратно-программных средств («компьютерный полигон») для моделирования, лабораторных испытаний и отладки антиблокировочных и противобуксовочных систем (АБС/ПБС) автомобилей семейства МАЗ, позволяющий сократить сроки и стоимость дорожных испытаний тормозных систем.

- опытные образцы электронных систем управления пневмоподвеской автопоездов, бортовых маршрутных компьютеров для автомобилей и тракторов, систем управления и защиты гидромеханических трансмиссий автомобилей МАЗ, БелАЗ, МоАЗ и системы спутниковой навигации для большегрузных автомобилей.



*Рис. 19. Интегрированная система АБС/ПБС*

Перечисленные разработки отвечают критериям принадлежности к новым и высоким технологиям и легли в основу программы Союзного государства Беларуси и России «Создание и освоение производства бортовых электронных систем и комплексов, повышение конкурентоспособности магистральных автомобилей МАЗ и КАМАЗ».

Реализация проектов, выполненных по ГНТП «Белавтотракторостроение», позволила повысить конкурентоспособность, расширить типаж создаваемой в республике автотракторной техники и усилить участие в программе региональных предприятий (БелАЗ, МоАЗ, ПО «Гомсельмаш»), увеличить производство и сбыт продукции автотракторостроения как внутри республики, так и за ее пределы, полнее использовать трудовые ресурсы автотракторной отрасли и смежных предприятий шинной, резинотехнической, электротехнической, электронной промышленности.

Объем реализованной продукции, созданной по ГНТП «Белавтотракторостроение» с 1996 года по 2000 год, составил 409,3 млн.у.е. при затратах бюджета на ее разработку в объеме 9,4 млн.у.е. Коэффициент эффективности бюджетного финансирования составил 43,5 а платежи в бюджет превышают в 11 раз затраты бюджета. К этому следует добавить, что освоение в производстве научно-технической продукции, разрабатываемой в рамках программы с 2001 по 2005 годы, позволит в дальнейшем это соотношение значительно увеличить.

В создании новой автотракторной и сельскохозяйственной техники, востребованной сегодня и успешно реализуемой на внутреннем и внешнем рынке, заслуга не только научных и заводских коллективов, хотя их усилия, несомненно, являются определяющими. Трудно переоценить значение государственной поддержки, оказываемой ведущим предприятиям отрасли в виде льготных кредитов, целевого финансирования, в том числе через государственные научно-технические программы и отдельные проекты, реализуемые за счет госбюджета.

Важным достижением в научно-организационном плане является то, что удалось в значительной степени консолидировать фундаментальные и прикладные исследования в интересах машиностроительного комплекса. В этих работах НИРУП как головная

организация по ГНТП «Белавтотракторостроение» впервые в республике объединила автотракторную и моторостроительную тематику исследований с позиций единого методологического подхода. Исследования выстраиваются по программно-целевому принципу: каждое задание по созданию конкретной машины включает как работы заводов, так и необходимые исследования научных организаций.

Важно, что в процессе выполнения работ по ГНТП «Белавтотракторостроение» фактически сложились дееспособные творческие коллективы специалистов промышленности, ученых академии и вузов, специализирующихся на разработках определенных видов конкурентоспособной техники. При этом в рамках программы все они участвуют в создании конкретных машин.

Создание конкурентоспособной техники позволило обеспечить загрузку производственных мощностей машиностроительного комплекса, найти новых потребителей в условиях насыщения рынка и ограниченного платежеспособного спроса на традиционные типы машин, увеличить число рабочих мест, расширить экспортные возможности, сократить импорт аналогичной техники, а также увеличить поступления в республиканский бюджет.

При этом, опыт выполнения первых блоков заданий ГНТП «Белавтотракторостроение» 1996-2000 гг. показал острую необходимость значительного увеличения объемов работ, а также усиления роли головной организации по дальнейшему сопровождению и внедрению новых разработок на автотракторных предприятиях. Задача НИРУП «Белавтотракторостроение» как головной организации заключается в координации и выполнении работ по ГНТП «Белавтотракторостроение» на 2001-2005 гг., а с 2003 до 2010 гг. и Государственной целевой программы (ГЦП) «Автотракторокомбайностроение», направленной уже не только на создание, но и освоение производства новых поколений автомобилей, тракторов, автобусов, двигателей, кормо- и зерноуборочной техники.

Одна из стратегических целей ГЦП «Автотракторокомбайностроение» заключается в интенсивном развитии действующих и создании новых унифицированных производств высокотехнологичных компонентов автотракторной техники. В их числе — двигатели, трансмиссии, тормозные системы, рулевое управление, элементы подвески, бортовая электроника, нейтрализаторы отработавших газов, новые поколения шин, прогрессивные виды металлопродукции, пластмасс и лакокрасочных материалов, а также моторных топлив, смазок и рабочих жидкостей. Всего в рамках целевой программы будет освоен выпуск около 100 видов новой техники, в том числе: 13 дорожных автомобилей и автобусов, 3 самосвала и карьерной техники, 23 тракторов и специальной автотракторной техники, 16 самоходных комбайнов и другой сельхозтехники, 20 специальной строительно-дорожной и коммунальной техники, 6 двигателей.

Многие машины, запланированные к созданию в рамках государственной целевой программы, являются новыми для нашей промышленности. Среди них семейство среднетоннажных автомобилей и автобусов МАЗ, новые энергонасыщенные тракторы МТЗ мощностью 250-300 л.с., новые дизельные двигатели мощностью до 350 л.с., высокопроизводительные сельскохозяйственные машины с набором быстросъемных адаптеров ПО «Гомсельмаш» и многие другие.

В 2003 году разработана и с 2004 года выполняется *Государственная программа прикладных научных исследований по созданию новых компонентов* (рис.5) машин и оборудования, в частности, двигатели: работающие на водородной энергетике, наноматериалы, нанотехнологии для машиностроительного комплекса республики. Пока эти работы ведутся в основном в академических институтах.

О компонентах разговор особый. Именно они обеспечивают до 70-80 % конкурентоспособности сложных изделий машиностроения.

В республике создана мощная промышленность по производству компонентов. Это, прежде всего, двигатели Минского моторного завода. Многие важнейшие компоненты

изготавливают сами заводы автотракторного и сельхозмашиностроения. Десятки мощных агрегатных заводов работают с разной степенью успеха. Но все мы знаем, что все чаще приходится многие высокотехнологичные компоненты импортировать со всеми вытекающими из этого проблемами.

В принципе это нормальная мировая практика, и не может быть и речи о собственном производстве всей ее гаммы наукоемких компонентов. Средний мировой уровень собственной переработки продукции предприятиями машиностроения обычно составляет около 40 %. Это результат глобальной специализации. Но постепенное «вымывание» ключевых компонентов из продукции отечественных предприятий – это путь в «компанию» стран третьего мира.

Поэтому представляется необходимым определить ключевые для нашего научно-производственного комплекса компоненты и на них сосредоточить все кадровые и финансовые ресурсы. Развивать экспериментально-исследовательскую базу как научных, так и промышленных организаций. Одним словом – сформировать единую стратегию в области создания и производства компонентов.

### ***3. Роль информационных технологий в проектировании конкурентоспособной техники***

Выход на современный уровень научных исследований в области автотракторостроения стал возможен благодаря созданию в НИРУП «Белавтотракторостроение» Компьютерного центра машиностроительного профиля по разработкам дизайна, расчету, проектированию и виртуальным испытаниям мобильных машин (рис.20).

Центр оснащен рабочими станциями и персональными компьютерами высокой производительности, которые объединены в локальную вычислительную сеть, и обладает современным программным обеспечением Элиас Вэйв/Фронт (Alias Wave/Front), АЙСЕМ/Сурф (ICEM/Surf), АДАМС (ADAMS), ЛС-ДАЙНА (LS-DYNA) и др.

В настоящее время на основе модульных принципов научной школой механики и комплексного проектирования, впервые апробированных на автомобиле МАЗ-2000 «Перестройка», с использованием оригинальных компоновочных решений, современных подходов в области дизайна и эргономики при проектировании внешнего облика и интерьера кабины, разрабатываются концепция и технический проект автопоезда совершенно нового типа, предназначенного для скоростных трансконтинентальных транспортных перевозок (рис.21).

В настоящее время белорусские предприятия-изготовители автомобилей, тракторов и моторов вынуждены проводить испытания и сертификацию их за рубежом (в России, Чехии, Германии, Франции, Англии, США), затрачивают на это значительные средства, в том числе и валютные. Для сокращения расходов на разработку и сертификацию разрабатываемой и выпускаемой машиностроительными предприятиями техники в НАН Беларуси ведутся работы по созданию Республиканского экспериментально-исследовательского центра испытаний и сертификации.

Важное значение для республики имеет международное сотрудничество, в котором самым близким и главным партнером была и остается Россия. Причем это партнерство непрерывно развивается и крепнет. Характерный тому пример – совместная белорусско-российская подпрограмма «Наукоемкие компоненты общемашиностроительного применения» на 1998-2000 годы и программа «БелРусАвто» «Развитие дизельного автомобилестроения на период до 2008 г».

Таким образом, деятельность белорусской школы механики и комплексного проектирования мобильных машин направлена на научное обеспечение создания новой конкурентоспособной автомобильной, тракторной и комбайновой техники. Ключевая роль в консолидации усилий ученых академии наук и вузов и заводских специалистов, их

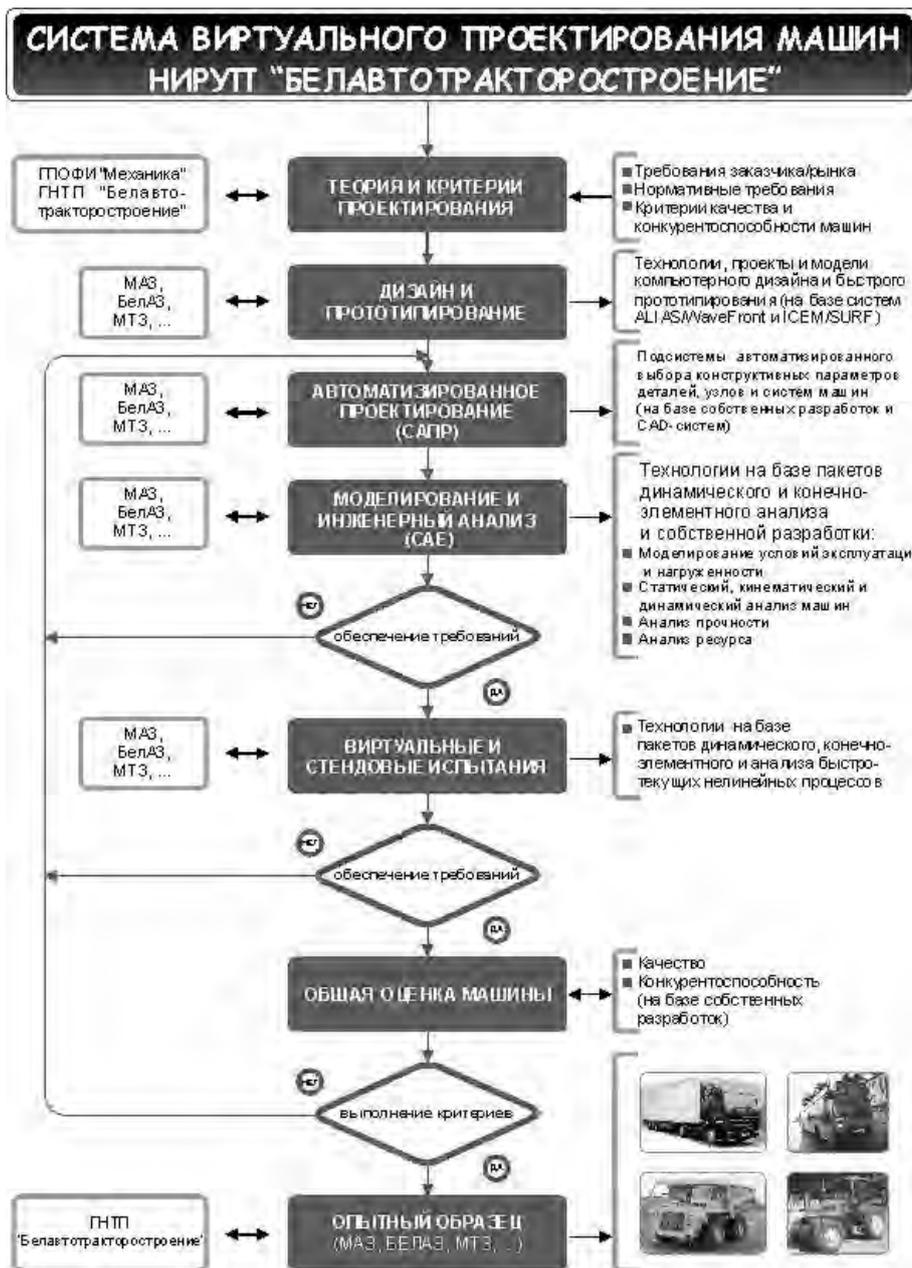


Рис. 20. Схема виртуального проектирования



Рис. 21. Виртуальная модель автопоезда нового типа для трансконтинентальных перевозок

концентрации на решении наиболее актуальных задач, стоящих перед машиностроительным комплексом республики принадлежит государственной программе ориентированных фундаментальных исследований «Механика» и государственной научно-технической программе «Белавтотракторостроение».