

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ МАШИН****Высоцкий М.С., Харитончик С.В.**

*The paper is devoted to the improvement of quality in designing of machines on basis of the advanced computer technologies. The scheme of the high technology system of virtual prototyping for machines is considered on the example of the Machine Engineering Computer Center at the SERUE "Belavtotraktorostroenie". The center realizes a development and a settling of modern high technologies in virtual designing, modelling and tests for all kinds of machines. They allow to solve questions from an idea and concepts up to the conclusion about an estimation of running ability and competitiveness of machines.*

Сегодня белорусские предприятия прочно удерживают свои позиции на рынках ближнего и дальнего зарубежья в острой конкурентной борьбе с крупнейшими компаниями. Автомобили, автопоезда, автобусы, самосвалы, тракторы, военные машины с маркой «Сделано в Беларуси» являются гарантом высокого качества. Мы способны выпускать конкурентоспособную технику благодаря наличию крепкого научно-технического потенциала, сохранению и развитию ведущих научных и конструкторских школ.

Повышение конкурентоспособности промышленной продукции на современном этапе развития научно-технического прогресса находится в прямой зависимости от уровня информационного обеспечения процессов ее создания, производства, эксплуатации и утилизации. Сегодня настало время, когда быстрый и экономичный вывод на рынок новых машин фактически на наших глазах сводится к соревнованию в области освоения и применения компьютерных технологий. Автомобильные производители ставят задачу сократить время вывода на рынок очередной модели до 1,5 лет.

Выход на качественно новый уровень научного обеспечения процесса проектирования автотракторной и сельскохозяйственной техники стал возможен благодаря созданию в НИРУП «Белавтотракторостроение» Компьютерного центра машиностроительного профиля (КЦМП) и компьютерных подразделений на промышленных предприятиях, которые совместно решают комплекс вопросов создания взаимосвязанных компьютерных технологий по обоснованию концепции машин, дизайну, моделированию и оптимизации основных свойств и проектированию.

Деятельность академического КЦМП направлена на создание, освоение и внедрение наукоемких компьютерных технологий в машиностроительном комплексе Республики Беларусь. Среди первоочередных задач центра выделены: координация работ компьютерных служб организаций машиностроительного профиля Республики Беларусь; освоение и развитие программного обеспечения мирового уровня; создание собственного программного обеспечения и продвижение его на мировые рынки; отслеживание мировых тенденций развития наукоемких компьютерных технологий; подготовка кадров в области компьютерных технологий машиностроения.

Помимо применения в процессах проектирования новой техники предприятий Беларуси созданные в КЦМП программные продукты и модули образуют самостоятельную цепочку компьютерного проектирования из наукоемких технологий. В нее привлекаются данные о результатах САД-проработки агрегатов и узлов машин, как исходная внешняя информация. В данном случае КЦМП обеспечивает решение наиболее ответственных задач по выбору принципиальных решений на ранних стадиях разработки машины и наукоемкую поддержку при параллельной САД&САЕ&САМ схеме разработки техники в духе САЛС-идеологии.

В основе указанных технологий лежат современные методы математического моделирования, комбинаторики, теории вероятностей, теории колебаний, теории движения машин, теории надежности, теории систем и оптимизации. Эти технологии требуют длительного освоения и углубленной специальной подготовки (уровень кандидата и доктора наук). Поэтому широкое их присутствие на машиностроительных производствах едва ли возможно. Однако без их применения нельзя обеспечить высокое качество проектирования и создание конкурентоспособной техники.

Упомянутая технологическая цепь образует систему виртуального проектирования НИРУП «Белавтотракторостроение» и состоит следующих основных стадий (рис.1):

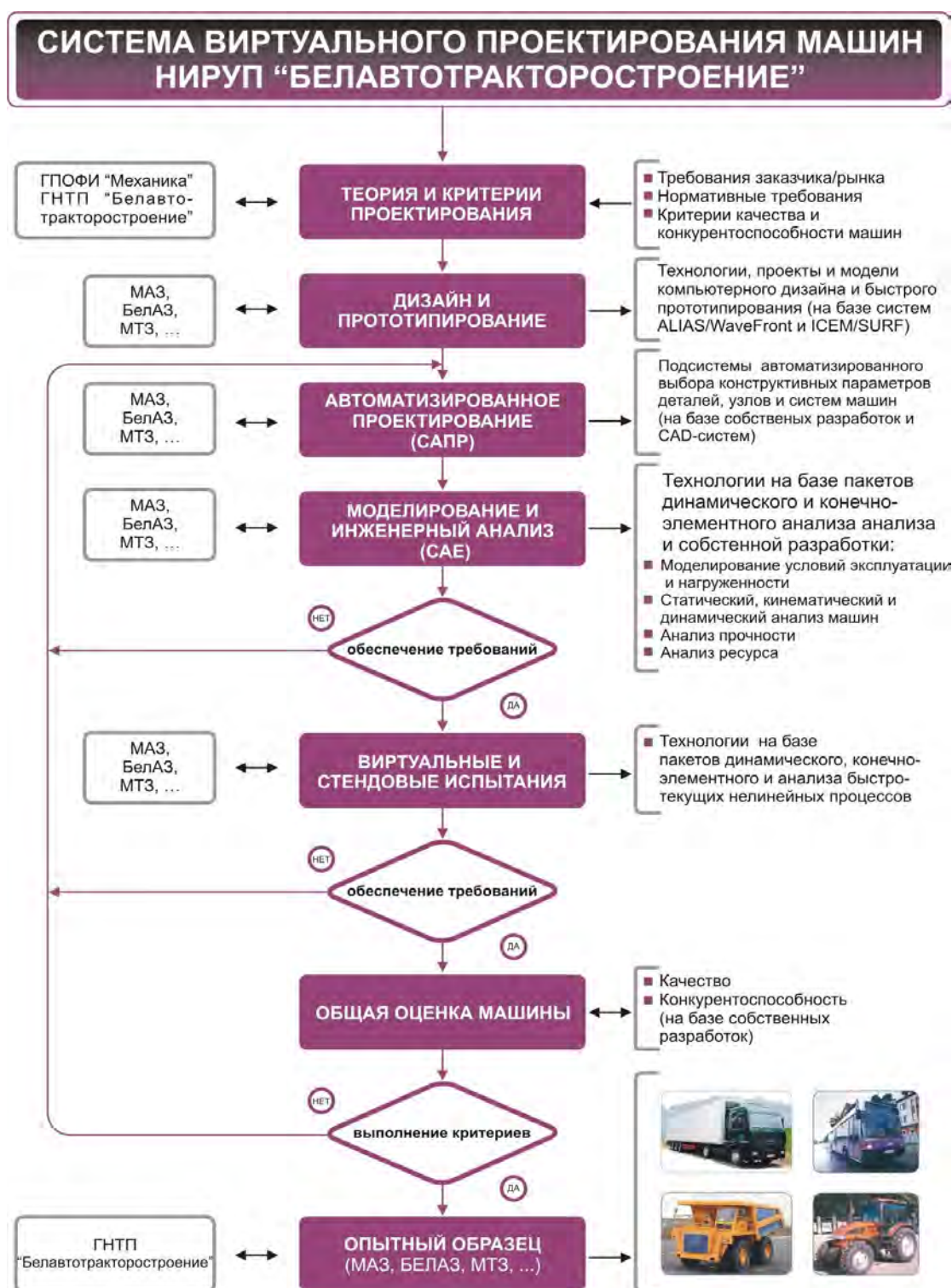


Рис.1. Система виртуального проектирования машин НИРУП «Белавтотракторостроение»

- Решение проблем дизайна заключается в отработке внешних форм машин, интерьера кабин, эргономики рабочего места водителя (рис.2). Оно проводится с использованием профессиональных пакетов программ для концептуального и промышленного дизайна Icem/Surf, Alias/WaveFront, а также пакета Pro/Engineer. Этот блок работ можно отнести к разряду важнейших, поскольку оценка таких технически сложных изделий как автомо-

бель или трактор делается покупателем, зачастую, на основе критериев оформления внешнего строения машины, интерьера, комфорта, эргономики рабочего места водителя, современных стилевых решений. При этом покупатель на второе место по значимости относит технические характеристики машины, полагая, что эти вопросы уже решены производителем.



Рис.2.1.Многозвенный автопоезд

Рис.2.2. Концептуальный трактор

Рис.2.3.Многоцелевое средство

- Автоматизированное проектирование по выбору конструктивных параметров, определяющих эксплуатационные свойства машин, проводится с использованием программного обеспечения собственной разработки. На основе этих параметров осуществляется компоновка узлов, агрегатов и машин в целом.
- На этапе моделирования и инженерного анализа с использованием зарубежных (MSC.ADAMS) и созданных на предприятии пакетов программ проводится динамический анализ конструкций машин, который является исходным для определения действующих нагрузок и проведения расчета характеристик прочности.
- Проведение виртуальных испытаний отдельных конструкций и машин в целом позволяет еще до изготовления опытных образцов дать заключение об их соответствии действующим стандартам и нормам. В случае отклонения от норм конструкция дорабатывается. Используемое программное оборудование – MSC.ADAMS, LS-DYNA.
- Завершающей стадией является оценка машин или отдельных узлов по заданным комплексным критериям, включая оценку ресурса. Данный блок работ выполняется с использованием собственных расчетных модулей, интегрируемых с зарубежным программным обеспечением.

В описанных технологиях используются пакеты программ как всемирно известных зарубежных фирм, так и собственной разработки. Последние во многих случаях имеют преимущества перед зарубежными пакетами, поскольку являются специализированными и вопросы расчета решены в них на высоком научном уровне. Ряд пакетов разработан по уникальным наукоемким методикам.

Среди последних разработок Компьютерного центра можно выделить:

- **для Белорусского автомобильного завода:** создание и отработка элементов системы виртуального проектирования автомобильной техники БелАЗ на базе новейших информационных технологий, включая виртуальные трехмерные геометрические модели узлов, агрегатов, систем и автомобиля в целом, а также виртуальные модели режимов нагружения, имитирующие их стендовые испытания; инженерные методики для оценки на виртуальных моделях тягово-динамических и топливных характеристик, нагруженности узлов, устойчивости (рис.3), плавности хода и вибрационных характеристик, разработка концептуальной дизайн-модели перспективного автомобиля БелАЗ с преемственностью классических стилевых решений;



Рис.3. Виртуальные испытания поперечной устойчивости автомобиля БелАЗ.

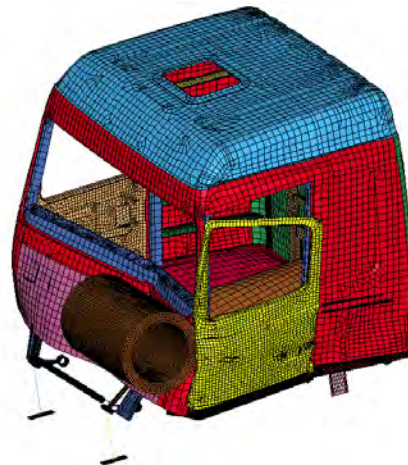


Рис.4. Виртуальный краш-тест кабины МАЗ-6430.

- для **Минского автомобильного завода**: методика расчета долговечности и ресурса деталей и узлов трансмиссии; виртуальные испытания кабины МАЗ-6430 в отношении безопасности лиц, находящихся в кабине (рис.4); оценка поперечной устойчивости и маневренности среднетоннажного автомобиля в составе автопоезда; методика моделирования тягово-динамических свойств и топливной экономичности автобуса в пакете ADAMS с учетом частичных характеристик работы двигателя на примере двигателя ЯМЗ-7601 и коробки передач ЯМЗ-238М5; интегрированная система и методики оценки усталостной долговечности несущих конструкций автомобиля на базе программного модуля «Resurs» и многоканального цифрового усилителя MGC+; программное обеспечение системы автоматизированного проектирования зубчатых передач трансмиссии (ведущие мосты, раздаточные коробки) с учетом показателей прочности и надежности; телеметрическая система для управления передачей данных при проведении испытаний;
- для **Минского тракторного завода**: виртуальная трехмерная модель трактора, программное обеспечение для моделирования эксплуатационных испытаний системы “двигатель - бесступенчатая трансмиссия”, компьютерная программа по расчету кинематической и силовой нагруженности и оценке работоспособности основных деталей и узлов многоступенчатых трансмиссий тракторов с целью их проектирования и испытаний, расчет и обоснование конструктивной схемы подвески переднего моста трактора (рис.5); программное обеспечение по определению параметров гидросистемы трансмиссии трактора; программа-методика расчета частотных характеристик узлов трансмиссии трактора и программа моделирования процесса переключения фрикционов коробки передач; оценка прочностных (методом конечных элементов) и эргономических показателей виртуальной модели трактора (рис.6); оценка нагруженности трактора при работе с агрегатируемым рабочим оборудованием; расчеты и корректировка компоновочной схемы гидростатической трансмиссии для МЛПТ-364 с отдельным расположением гидромоторов на ведущих мостах.
- для **ГСКБ «Гомсельмаш»**: в пакете ADAMS проведены оценка поперечной устойчивости универсального энергосредства УЭС-350 с косилкой КПП-9, динамики привода питателя существующей конструкции и с упруго-демпфирующей связью для комбайна «Полесье-4500», динамики привода виброкопача, динамики копирования поверхности поля КПП-9 (рис.7); оптимизация параметров механизма вывешивания секций КПП-9.

Для выполнения указанных работ специалистами КЦМП создана экспериментальная высокопроизводительная вычислительная система на основе локальной сети с гибкой структурой, адаптируемой под сложность и потребность в вычислительной мощности решаемых задач — сетевой суперкомпьютер “BATS. Такая технология позволяет значительно повысить производительность вычислений без дополнительных затрат.

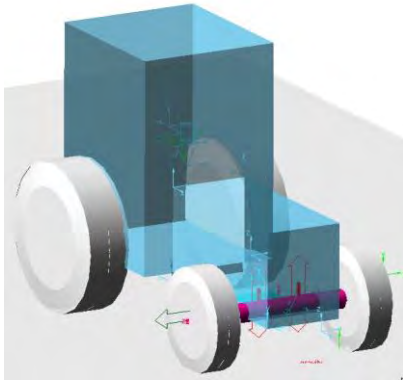


Рис.5. Динамическая модель трактора для выбора параметров подвески переднего моста

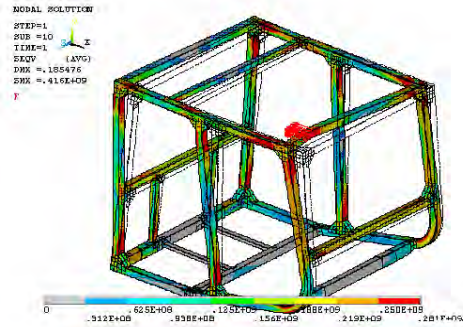


Рис.6. Эквивалентные напряжения в элементах силового каркаса кабины трактора под действием горизонтальных сил

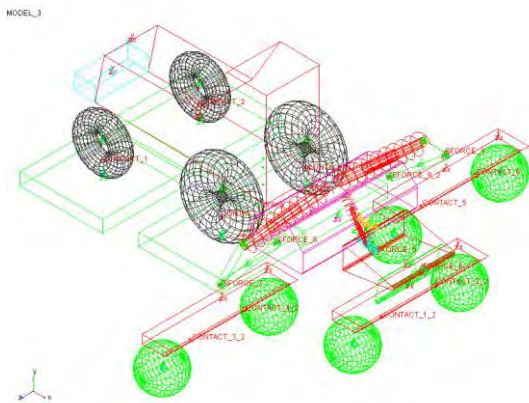


Рис.7. Динамическая модель УЭС-350 с косилкой КПР-9 для оценки копирования поверхности поля

Компьютерный центр НИРУП «Белавтотракторостроение» играет интегрирующую роль в практическом освоении результатов НИР ведущих академических лабораторий по автотракторной и сельскохозяйственной тематике, полученных по ориентированным фундаментальным и прикладным исследованиям, и в создании на этой основе собственных наукоемких компьютерных технологий и программного обеспечения. Наличие высококвалифицированных кадров позволяет решать сложные задачи. В Центре наряду с докторами и кандидатами наук

работают молодые специалисты, постоянно повышающие свою квалификацию. При этом из 66 сотрудников почти 70% коллектива находится в возрасте до 40 лет. Некоторые из них пришли в Центр еще, будучи студентами, а сегодня это – опытные специалисты, ведущие отдельные направления по расчету и виртуальным испытаниям машин.

С учетом создания в республике Парка высоких технологий Совет Министров Республики Беларусь своим постановлением от 03.06.05 г. и придал компьютерному центру НИРУП «Белавтотракторостроение» статус Республиканского компьютерного центра машиностроительного профиля и определил его координатором работ по использованию компьютерных технологий по машиностроительной тематике в рамках государственных и межгосударственных научно-технических программ и других проектов. В этом случае координация усилий многих специалистов и финансовая заинтересованность послужат катализатором при создании и освоении новых инструментов проектирования машин на основе современных информационных технологий.

В заключение следует добавить, что технологии компьютерного проектирования автотракторной и сельскохозяйственной техники, создаваемые и осваиваемые КЦМП, получили широкую поддержку и одобрение со стороны Первого заместителя Премьер-министра Республики Беларусь С.С. Сидорского (2003 год), Первого заместителя Премьер-министра Республики Беларусь В.И. Семашко (2004 год), помощника Президента Республики Беларусь В.В. Цепкало (2005 год), руководителей министерств и ведомств. Это доказывает, что мы на правильном пути и от имени ученых-механиков вносим свой вклад в создание новых конкурентоспособных отечественных машин.