

Оценка вариантов техпроцесса осуществляется по величине технологической себестоимости C_m , которая определяется по формуле

$$C_m = aN + b, \quad (10)$$

где N – программа выпуска;

a – величина переменных (пропорциональных) затрат на единицу (деталь, узел) по данному варианту;

b – постоянные (единовременные) затраты, связанные с осуществлением данного варианта техпроцесса.

При этом эффективность вариантов оценивается по величине критической программы $N_{кр}$, определяемой по формуле

$$N_{кр} = \frac{b_2 - b_1}{a_1 - a_2}, \quad (11)$$

где a_1 и a_2 – величина переменных затрат по первому и второму варианту (соответственно);

b_1 и b_2 – постоянные затраты.

При этом если фактическая программа выпуска N меньше $N_{кр}$, то эффективным оказывается первый вариант, если больше, то второй.

УДК 621.002.003.13

**И.С. Гаухштейн, В.В. Корсаков,
А.Г. Выгонный, Я.Д. Яковский**

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ «МАЗ»

*РУП "Минский автомобильный завод"
Минск, Беларусь*

Экспозиции на Московском международном автосалоне MIMS-2002 подтвердили тот факт, что предприятия автопрома СНГ включились в гонку за лучшие конструкторские разработки, лучшие технологии и лучшие автомобили. Автозаводы наращивают применение в своей деятельности конструкторско-технологических достижений грузового автомобилестроения. Это касается и использования современных компьютерных технологий для создания новых конкурентоспособных моделей автомобильной техники.

Минский автозавод сделал компьютерное проектирование инструментом своей маркетинговой политики и средством ускоренного создания автомобильной техники. В настоящей публикации рассмотрены экономические аспекты внедрения на предприятии компьютерных технологий для разработки новых автомобилей и выполнена оценка экономической эффективности применения специализированного программного продукта для прочностных расчетов на примере создания среднетоннажных автомобилей семейства МАЗ-4370.

При проведении исследовательских и опытно-конструкторских работ по модернизации выпускаемой автомобильной техники и разработке новых моделей автопроизводители руководствуются двумя аксиомами. Во-первых, технический уровень техники должен повышаться. Во-вторых, выполнение возрастающих технических требований

должно согласовываться с критериями экономической целесообразности новых конструкций и основных узлов. Развиваясь от поколения к поколению, автомобильная техника становится сложнее и дороже. Будут ли более совершенные автомобиль или прицеп по цене и технико-эксплуатационным показателям отвечать экономическим интересам потребителя? Маркетинговые исследования показывают, что на российском рынке грузовой автотехники в ближайшей перспективе важнейшим будет оставаться ценовой фактор. В этой связи приоритетным направлением повышения конкурентоспособности продукции автозаводов является поиск путей удешевления новой техники, в том числе и за счет сокращения затрат на ее разработку.

На начальном этапе – зарубежная практика, а сейчас – уже собственный опыт убеждают, что такую возможность предоставляют компьютерные технологии в виде специализированных программных продуктов и, как следующая ступень, создаваемая на их базе автоматизированная система разработки конструкций автомобильной техники. Решение о создании на предприятии такой системы является долговременной стратегией. Ведь затраты на приобретение высокопроизводительной компьютерной техники и лицензий на право пользования программными продуктами не являются разовыми. С целью обеспечения расширения возможностей автоматизированной системы требуется периодическое обновление ее компонентов и присоединение к ней дополнительных модулей.

Для Минского автозавода автоматизированная система сделала возможным то, что раньше было недоступно. Она не просто стала эффективным инструментом решения задач конструктора. Автоматизированная система разработки конструкций автомобильной техники «МАЗ» вышла за рамки «функции обслуживания» и стала важным звеном в системе маркетинга. Это находит свое воплощение в том, что предприятие занимает энергичную линию поведения при обеспечении конкурентоспособного положения (позиционировании) своей продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Стратегическое преимущество автоматизированной системы – многократное сокращение затрат ресурсов и времени на разработку новой автомобильной техники – позволяет непрерывно расширять номенклатуру выпуска. Удастся позиционировать продукцию для большего числа сегментов рынка. Сегодня потребителю предлагается более 150 моделей, модификаций и комплектаций автомобилей, а с учетом прицепного состава и автобусов – свыше 200 наименований автотехники с товарным знаком «МАЗ». В короткие сроки возможна разработка конструкторской документации на модификацию или комплектацию серийной продукции, доработанной с учетом пожеланий заказчика.

За рубежом уже давно сложилась тенденция к сокращению жизненного цикла грузового автомобиля. Жизненный цикл продукции – это время, затрачиваемое на ее разработку, подготовку и освоение производства плюс время ее выпуска до снятия с производства. Грузовой автомобиль начинает быстрее устаревать морально. Это объясняется высокими темпами научно-технического развития и наличием жесткой конкуренции, что выражается в появлении на рынке новой, более эффективной техники. Коммерческий успех автомобильной компании во многом определяется ее конструкторским и технологическим потенциалом – способностью создавать такую технику и предлагать ее потребителям раньше конкурентов. Автоматизированная система разработки конструкций автомобильной техники позволяет влиять на структуру жизненного цикла автомобиля: благодаря сокращению затрат времени на его разработку и быстрому поступлению на рынок увеличивается время выпуска (рис. 1). Для предприятия это означает больший, по сравнению с конкурентами, объем продаж, увеличение массы прибыли и лучшие показатели окупаемости инвестиций в разработку автомобиля и постановку его на производство.

По опыту Минского автозавода известно, что затраты на разработку новой модели автомобиля могут достигать до 1,3 млн. долларов США (USD). При этом затраты на изготовление и проведение испытаний опытных образцов узлов, агрегатов и самих автомобилей составляют третью часть. В 1999 г. на заводе было начато создание модели среднетоннажного автомобиля МАЗ-4370 грузоподъемностью 4,5-5 т. В кратчайшие сроки, благодаря широкому использованию на всех стадиях проектирования современной компьютерной техники и специализированных программных продуктов, а также значительному потенциалу конструкторской службы, удалось разработать конструкторскую документацию и изготовить опытные образцы автомобилей. Полный комплекс исследовательских и опытно-конструкторских работ выполнен менее чем за два года, в том числе проведена сертификация автомобиля в Российской Федерации и получено «Одобрение типа транспортного средства». Уже в 2000 г. первые автомобили нового для Минского автозавода класса заняли свое место в городском транспортном потоке, включились в региональные грузоперевозки, показав себя надежными автомобилями средней грузоподъемности. В 2001 г. для расширения типажа среднетоннажных автомобилей начата разработка автомобиля-самосвала МАЗ-4570. На примере разработки среднетоннажных автомобилей семейства МАЗ-4370 была предпринята попытка оценить эффективность применения компьютерных технологий, в частности программного продукта MSC/FEA System (Patran + Nastran) в структуре автоматизированной системы разработки конструкций автомобильной техники «МАЗ» (рис. 2).

Программный продукт MSC/FEA System (Patran + Nastran) используется в управлении главного конструктора РУП «МАЗ» для прочностных расчетов методом конечных элементов узлов и деталей несущих и ходовых систем грузовых автомобилей и прицепной техники «МАЗ». Метод конечных элементов – наиболее универсальный и надежный при решении задач с элементами нерегулярной формы – является ядром специализированных пакетов программных продуктов, применяемых для прочностных расчетов. Предпосылкой для внедрения программ MSC было внедрение программы трехмерного моделирования Unigraphics. Затем были внедрены Patran и Nastran для конечно-элементного анализа конструкций. Выбор этих программ был обоснован следующими основными положениями:

- интегрированность программ MSC FEA System с программой трехмерного моделирования Unigraphics;
- соответствие стандартам ISO;
- быстрое освоение программ специалистами с техническим образованием автомобилестроительного профиля;
- возможность использования на персональных компьютерах и сетевой режим работы;
- удобные интерфейсы для анализа и визуализации результатов;
- динамичное совершенствование программ для расширения области их использования.

Проведение прочностных расчетных исследований с помощью MSC/FEA System включает пять этапов:

- разработка трехмерной электронной модели детали или узла;
- адаптация трехмерной электронной модели для получения на ее основе конечно-элементной сетки;
- создание расчетной конечно-элементной модели;
- расчет конечно-элементной модели;
- анализ результатов расчета.

В ходе разработки среднетоннажных автомобилей семейства МАЗ-4370 наиболее весомым вкладом расчетных исследований, выполнявшихся с помощью MSC/FEA

System, стало то, что они позволили заменить традиционный способ исследования узлов и деталей несущих и ходовых систем – статические и усталостные стендовые испытания. Известно, что стендовые испытания – это длительный, энергоемкий и трудоемкий процесс, который требует использования дорогостоящего испытательного оборудования (стендов, измерительных приборов, датчиков и др.) и предполагает изготовление не менее трех образцов испытываемого узла или детали. В свою очередь расчетные исследования требуют разработки методик и приемов воспроизведения в модели конструкции реального узла и его нагруженности. Например, в процессе создания расчетной конечно-элементной модели рамы автомобиля МАЗ-4370 были разработаны методики по имитации заклепочных и болтовых соединений, по осуществлению взаимодействия между составными частями рамы.

Оценка экономической эффективности применения расчетных исследований строилась на основе сравнения и анализа затрат на проведение комплекса из двадцати исследовательских работ по узлам и деталям несущих и ходовых систем среднетоннажных автомобилей МАЗ-4370 и МАЗ-4570. В крупном плане это такие работы как:

- исследование вариантов рамы с лонжеронами и усилителями разной толщины и конфигурации;
- исследование вариантов рамы с различными конструкциями передней поперечины, в том числе в режиме буксировки;
- исследование вариантов рамы с трубчатыми поперечинами разного сечения;
- исследование напряженно-деформированного состояния уточненного варианта конструкции рамы автомобиля МАЗ-4370;
- исследование на прочность рамы в сборе с надрамником и расчет собственных форм колебаний рамы автомобиля-самосвала МАЗ-4570;
- исследование напряженно-деформированного состояния ведущего моста и передней оси автомобиля МАЗ-4370;
- исследование напряженно-деформированного состояния кронштейнов передней и задней подвесок, крепления узлов и агрегатов.

Выполнен расчет затрат по двум альтернативным вариантам: стендовым испытаниям и расчетным исследованиям. Исходные данные (прогнозные затраты – по стендовым испытаниям и фактические – по расчетным исследованиям) были сгруппированы в зависимости от их экономического содержания по пяти элементам:

- расходы на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов и нематериальных активов;
- электроэнергия;
- сырье, материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты (затраты на изготовление объектов исследований).

В расчете учитывалось, что при стендовых испытаниях и расчетных исследований работы могут вестись параллельно, а часть работ может выполняться без участия исполнителей. Экономический эффект рассчитан как разность затрат на проведение стендовых испытаний и расчетных исследований. Результаты расчета отображены на диаграммах (рис. 3, 4).

Сравнение затрат в поэлементном разрезе показало, что при проведении расчетных исследований (рис. 3).

Во-первых, не требуется изготовление опытных образцов узлов и деталей. Это обеспечило экономический эффект по элементу «Сырье, материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты» в сумме 30622 USD.

Во-вторых, затраты по элементу «Электроэнергия» уменьшились в 252 раза. Для проведения расчетных исследований была задействована компьютерная техника мощ-

ностью около 1 кВт. Вместе с тем стендовые испытания потребовали бы использования стенда для испытания рам мощностью 60 кВт, многоканальной установки «Гидропульс» - 15 кВт, резонансного пульсатора «Schenck» - 2 кВт. Результат выразился в экономии почти 1 млн. кВт*ч электроэнергии. Экономический эффект составил 34645 USD.

В-третьих, получен экономический эффект по элементу «Расходы на оплату труда» в размере 20531 USD и элементу «Отчисления на социальные нужды» в размере 8212 USD. Общая трудоемкость исследований снизилась в 11 раз, а трудоемкость исследований, выполнявшихся с участием исполнителей – в 7 раз. При этом расходы на оплату труда уменьшились только в 5,6 раза. Можно заключить, что расчетные исследования потребовали привлечения специалистов в 1,25 раза выше оплачиваемых в сравнении со стендовыми испытаниями.

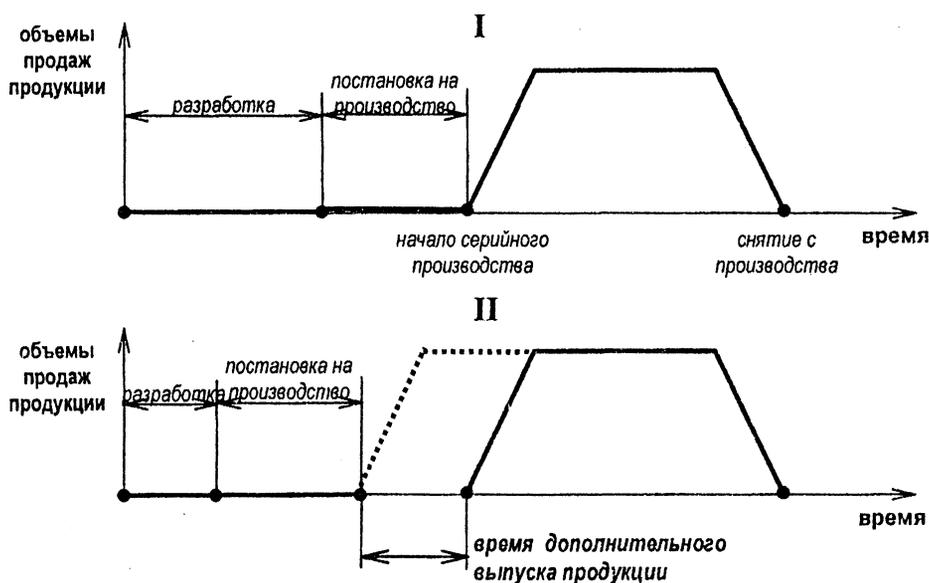
Однако отмечен перерасход затрат по элементу «Амортизация основных фондов и нематериальных активов». В сравнении со стендовыми испытаниями затраты выросли на 23%, или на 5415 USD. Данный факт объясняется принципиальным изменением характера выполнения исследований: увеличилась потребность в основном капитале – компьютерной технике и еще в большей степени в нематериальном, интеллектуальном капитале – программном продукте. При этом, стоимость применявшейся компьютерной техники и программного продукта соотносятся как 1:6.

Выводы об увеличении в абсолютном выражении потребности в основных фондах и нематериальных активах, снижении энергоемкости и материалоемкости по расчетным исследованиям подтверждаются анализом структуры затрат (рис. 4). Произошло перераспределение долей затрат всех элементов. Удельный вес амортизации дорогостоящих основных фондов (компьютерная техника) и нематериальных активов (программный продукт) по расчетным исследованиям составил 81,8%. У стендовых испытаний доля амортизации основных фондов составила 18,7%. Не велика у расчетных исследований доля электроэнергии (0,4%) и полностью отсутствуют затраты по элементу «Сырье и материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты». У стендовых испытаний их удельные веса составили соответственно 28,2% и 24,8%. Доля расходов на оплату труда по расчетным исследованиям уменьшилась с 20,2% до 12,7%.

Суммарные затраты на проведение всего комплекса работ по стендовым испытаниям составили 123400 USD. По расчетным исследованиям затраты сократились в 3,5 раза и составили 34805 USD. Экономический эффект, полученный в результате проведения расчетных исследований, только при разработке среднетоннажных автомобилей семейства MA3-4370 составил 88595 USD. Применение программного продукта MSC/FEA System (Patran + Nastran) в структуре автоматизированной системы разработки конструкций автомобильной техники «MA3» позволило уменьшить общую трудоемкость выполнения исследовательских работ в 11 раз. С учетом возможности одновременного выполнения работ затраты времени сократились в 7,8 раза. Например, проведение стендовых испытаний двенадцати исследованных вариантов рам (при том, что испытаниям подвергается не менее трех образцов каждого варианта) потребовало бы около 8 лет. В то время, как на выполнение прочностных расчетов с использованием компьютерных технологий потребовалось менее 1 года.

Прочностные расчеты широко применялись при исследовании узлов и деталей автомобилей серийного семейства MA3-64221 и нового семейства MA3-6430. Были исследованы балки передних осей автомобилей MA3-5336 и MA3-64221, ведущие мосты автомобилей MA3-6430 и MA3-5340, рамы седельных тягачей MA3-6430, MA3-5440 и самосвала MA3-5516, платформы, кронштейны подвесок, крепления узлов и агрегатов. Данные работы послужили фундаментом для перехода на качественно новые методы проектирования при разработке автомобильной техники.

Оригинальность исследований несущих и ходовых систем при разработке среднетоннажных автомобилей семейства МАЗ-4370 заключается в их успешном осуществлении без проведения стендовых испытаний. За более чем двухлетний период эксплуатации автомобилей МАЗ-4370 не было выявлено случаев поломки рам, кронштейнов передней и задней подвесок, передней оси и заднего моста. Это указывает на высокое качество проведенных расчетных исследований. Открытость автоматизированной системы разработки конструкций автомобильной техники «МАЗ» позволит вести ее дальнейшее совершенствование с целью расширения сферы ее применения в процессе создания новых и совершенствования выпускаемых конструкций. Вместе с тем, разработка надежных и долговечных конструкций автомобильной техники базируется на взвешенном подходе к использованию компьютерных технологий и натурных испытаний. Практика была и остается критерием истины. Активное внедрение компьютерных технологий, в том числе и прочностных расчетных исследований, в проектировании делает их перспективной альтернативой стендовым испытаниям. Уже сейчас они дают хорошие результаты, являясь более дешевыми и выполняемыми в короткие сроки. Расчетные исследования, во-первых, позволяют выбрать из большого числа возможных конструктивных решений одно или несколько оптимальных и уже их воплощать в материально-вещественной форме для дальнейших натурных испытаний. Во-вторых, отдельные работы по которым получена сопоставимость результатов расчетных исследований и стендовых испытаний, в дальнейшем могут выполняться путем расчетных исследований. Таким образом, оптимизируя стендовые испытания, дополняя, а в отдельных случаях заменяя их, расчетные исследования являются для предприятия дополнительным инструментом по снижению затрат ресурсов и времени на разработку новой автомобильной техники.



I – до внедрения системы; II – после внедрения системы

Рис. 1. Изменения в структуре жизненного цикла продукции при внедрении автоматизированной системы разработки конструкций автомобильной техники

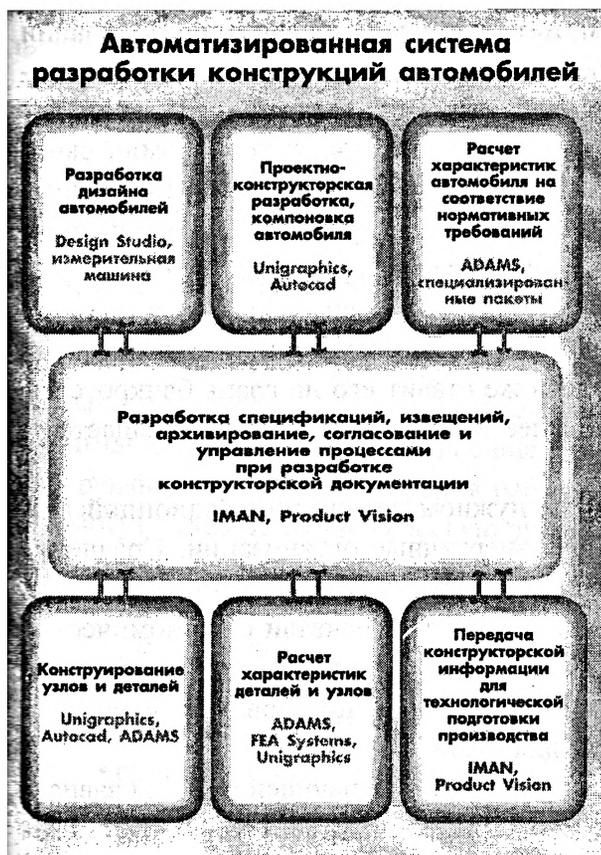


Рис. 2. Структура автоматизированной системы разработки конструкций автомобильной техники «МАЗ»

УДК 338.45

И.Н. Ридецкая

ЗАДАЧИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НОВОВВЕДЕНИЙ

*Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого
Гомель, Беларусь*

Единственный в своем роде процесс, объединяющий науку, технику, экономику, предпринимательство и управление,— это процесс научно-технического нововведения. В нем воплощаются те знания, которые компетентный руководитель, эффективно работающий ученый и просто образованный человек должны иметь завтра.

Техника была и остается главным источником изменений в обществе. Ведущие промышленные предприятия обязаны своим происхождением и существованием успешному применению технических решений при выпуске новых продуктов и внедрению более совершенных технологических процессов. Сегодня, когда к технике предъявляются претензии вследствие ее отрицательного воздействия на окружающую среду, тем не менее, нельзя недооценивать ее значения для качества жизни XXI века.

Своеобразие современного этапа развития нашей страны связано со становлением свободной экономической деятельности, основным движущим механизмом которой является рынок, мы заново открываем для себя рыночные отношения.