

УДК 621.01

КАКИМ БЫТЬ ЗАВТРАШНЕМУ МАШИНОСТРОЕНИЮ ОТРАСЛИ?

М. В. КОНДАКОВ, А. Г. ПИЛЮТИК

Московский лесотехнический институт

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года» сказано: «В первоочередном порядке обеспечить коренную реконструкцию и опережающее развитие машиностроительного комплекса, прежде всего станкостроения... Сократить в 3—4 раза сроки разработки и освоения новой техники. Обеспечить, чтобы все вновь осваиваемые виды техники по производительности и надежности превосходили не менее чем в 1,5—2 раза выпускаемую аналогичную продукцию».

Эти проблемы в машиностроении для лесной, деревообрабатывающей промышленности и лесного хозяйства имеют особую остроту. Многие машины и механизмы лесопромышленных и деревообрабатывающих предприятий обладают повышенной металлоемкостью и невысокой надежностью. Более того, техническое несовершенство лесозаготовительных машин ставит и серьезные экологические проблемы. Это справедливо отмечал акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов в своей статье «Лесоводство в преддверии XXI века», опубликованной в журнале «Лесное хозяйство» (1986, № 8): «Современная лесозаготовительная техника наносит существенный ущерб, довольно чувствительный для лесного хозяйства, и к тому же далеко не идеально решает свои непосредственные задачи».

Причины низкой надежности машин можно разделить на три категории, примерно равные по количеству отказов: 1) брак конструкторский; 2) брак чисто производственный; 3) ошибки эксплуатационного характера.

Здесь мы коснемся главным образом брака первой категории, который относится к этапу проектирования машин. С нашей точки зрения, это наиболее острая, комплексная проблема, включающая в себя и организацию проектирования машин различных классов и назначений, и обеспеченность необходимыми материалами, и подготовку в вузах высококвалифицированных научных и конструкторских кадров.

Предлагаемые нами пути решения вопросов, быть может, в чем-то спорны, но опираются на практический опыт работы в передовых отраслях машиностроения.

Как и кто будет определять уровень завтрашнего машиностроения — вот вопросы, рассматриваемые в этой статье.

Механика и современное машиностроение. «Золотое правило» создания машин и разработки технологических процессов четко сформулировал директор Института машиноведения АН СССР, вице-президент АН СССР акад. К. В. Фролов. В одном из своих выступлений он отмечал, что разработка машин и технологических процессов должна содержать три составные части: механику, т. е. определение нагрузок, включая и динамические, выбор расчетных случаев и расчеты на прочность, и, наконец, технологию.

Механику — эту естественную и в то же время самую инженерную науку «модные» научные течения оттеснили сегодня на задний план. Особенно остро это ощущается в робототехнике, т. е. именно той развивающейся области машиностроения, которая во многом определяет уровень завтрашнего производства. Первоначальное смещение центра тяжести научных усилий в сторону задач систем управления привело к тому, что на сегодня созданы оптимальные, в том или ином смысле, системы управления роботами, но практически нет самих объектов управления — манипуляторов с необходимыми для лесной, деревообрабатывающей и мебельной промышленности техническими параметрами. В лесном деревообрабатывающем машиностроении дело серьезно осложняется тем, что манипуляторы должны обладать большой грузоподъемностью. Возможности использования разработок из других областей машиностроения практически отсутствуют, и отрасль стоит перед необходимостью проведения самостоятельных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Создать оптимальный по металлоемкости и надежности механизм манипулятора можно только на основе серьезного анализа механического поведения конструкции. К сожалению, уже есть печальные примеры неудачных разработок манипуляторов. Ошибки проектирования здесь зачастую обусловлены пренебрежением законами механики.

Слово механика греческого происхождения означает искусство построения машин. Как же инженер может обойтись без механики, да еще в первоочередном порядке обеспечить коренную реконструкцию и опережающее развитие машиностроительного комплекса?

В статье председателя Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике акад. И. Ф. Образцова «Механика на службе прогресса», опубликованной в «Правде» 28 сентября 1986 г., с предельной ясностью и убедительностью показана роль и значение механики в развитии современной техники, ее достижения и недоработки, отмечены главнейшие проблемы и направления в ее развитии. В авиационной и ракетно-космической промышленности, судостроении и других отраслях машиностроения, где механика «работает», создаются образцы техники, стоящие на грани технических и технологических возможностей современной промышленности.

Отличия лесных и деревообрабатывающих машин от лучших образцов отечественной и мировой техники во многом обусловлены неиспользованием такого мощного инструмента проектирования, каким являются современные методы механики. Это тем более недопустимо, что именно отечественные достижения в фундаментальных областях механики, на которых базируется современное машиностроение, традиционно занимают ведущее положение в мировой науке.

Современным машинам — современную систему проектирования. Общая тенденция развития современных средств производства направлена на автоматизацию и роботизацию трудоемких производственных процессов. Эта тенденция не обошла стороной лесное и деревообрабатывающее машиностроение, поставив его перед необходимостью создания техники нового поколения, отвечающей современным требованиям. Поэтому сейчас наиболее актуальны вопросы: как проектировать машины нового поколения и робототехнические средства; оправдывают ли себя сами принципы проектирования, существующие в лесном машиностроении?

Формирование принципов проектирования и отработки новой техники в передовых отраслях машиностроения потребовало колоссального напряжения и привлечения огромного научного потенциала. Ошибки на пути создания принципов проектирования стоили дорого. Государство уже оплатило этот опыт и эти ошибки. Так надо ли тот же дорогой

путь проделывать каждой из наших многочисленных отраслей машиностроения, обладающих, как правило, к тому же меньшими научными и техническими возможностями?

Конечно, каждая отрасль машиностроения имеет свою специфику, различные уровни научных и конструкторских кадров, разные по оснащенности экспериментальные базы и т. д. Но вместе с тем основные принципы создания нового изделия носят общий характер. На них базируются передовые отрасли как отечественного, так и зарубежного машиностроения. Опыт проектирования той же авиационной и космической техники широко отражен в современной научно-технической литературе. Однако конструкторский опыт передовых отраслей воспринимается с большим трудом, очень медленно и нерешительно.

Выделим здесь три основные черты создания нового изделия:

- 1) глубокая теоретическая проработка проекта;
- 2) компетентное обсуждение и защита проекта в сторонней (для обеспечения объективности) организации с обязательным привлечением ведущих вузов страны, в которых сосредоточен большой научный потенциал;
- 3) тесное сочетание теоретических и экспериментальных методов при отработке новых образцов.

Преобладание в лесном и деревообрабатывающем машиностроении экспериментальных методов отработки приводит к таким примерам, входящим в актив многих проектных организаций, когда бездумное усиление и без того перетяжеленных опытных образцов вызывало не повышение, а снижение их прочности. Такие примеры — плата за непонимание процессов, протекающих в конструкции, неумение провести глубокий теоретический анализ механического поведения изделия.

Возрастание роли теоретического анализа поведения конструкции — отличительная черта современных методов проектирования и отработки машин.

Современный проектный расчет базируется на переходе от реальных условий функционирования и реальной конструкции к их математическим моделям — расчетным случаям и расчетным схемам.

Расчетные случаи охватывают наиболее опасные варианты функционирования системы в целом и ее отдельных частей. Выбор расчетных случаев основан на всестороннем анализе работы будущей машины и является крайне ответственным этапом. Поэтому в практике машиностроения расчетные случаи типового ряда машин закрепляются в отраслевых стандартах. В лесном машиностроении этого пока нет.

Конкретные расчетные случаи тесно связаны с такими понятиями организации проектирования, как расчетные схемы и нормы прочности.

Расчетная схема является механической моделью реальной конструкции. Она должна по возможности полно учитывать факторы, определяющие поведение реальной конструкции, и быть ориентирована на конкретные методы расчета, что и определяет полноту и сложность математического описания задачи.

Привлечение к проектным расчетам ЭВМ позволяет использовать сложные расчетные схемы, на которых можно проследить такие особенности поведения будущей конструкции, которые раньше оставались не доступными для проектировщиков.

Вместе с тем, насколько бы ни были детальны расчетные случаи и расчетные схемы, реальное функционирование будущей конструкции может отличаться от расчетного. Это отличие обусловлено и недостатком информации на этапе проектирования, и технологическими допусками, сопровождающими изготовление машин. В связи с этим вводятся нормы прочности, содержащие коэффициенты запаса.

Таким образом, расчетные случаи, расчетные схемы и нормы прочности — вот те три кита, на которых опираются современные методы проектных расчетов.

ЭВМ — глазами проектировщика. Теоретические методы играют сегодня ведущую роль в передовых отраслях машиностроения как на этапе проектирования, так и на этапе отработки экспериментальных образцов. Это явление новое и обусловлено приходом ЭВМ в расчетную практику. Внедрение вычислительной техники как бы разграничивает методы проектирования на два уровня. Первый из них можно назвать статистическим, второй — системным.

Основна статистического уровня проектирования — использование множества эмпирических коэффициентов, учитывающих опыт создания предыдущих машин. Расчеты при этом ведутся, как правило, только для отдельных узлов и деталей, а поведение всей машины в целом, которое и определяет требования к отдельным деталям, остается вне поля зрения проектировщика.

Системный уровень базируется на корректном математическом описании физической (механической) стороны функционирования будущей машины. Использование ЭВМ позволило формулировать и решать совершенно новые, недоступные ранее, в силу своей сложности, задачи. Для многих классов машин и механизмов появилась возможность описания всей механической системы в целом. Во многих случаях удалось отказаться от эмпирических конструкторских коэффициентов и описывать физическую сторону явлений на основе глубоких теоретических положений, т. е. произошла фундаментализация расчетных методов.

Для большинства проектировщиков ясно, что ускорение научно-технического прогресса требует скорейшего перехода от статистического к системному уровню проектирования. Однако зачастую осуществить этот шаг мешает и консерватизм конструкторского мышления, ориентированного на привычные методы работы, и неопределенность современного статуса ЭВМ, погребенного под газетными мифами и домыслами о всеильности вычислительной техники. Это, естественно, дезориентирует и руководство, и конструкторов — потенциальных пользователей ЭВМ.

Многолетний опыт использования вычислительной техники в проектных расчетах позволяет смотреть на ЭВМ не более как на вычислительный инструмент в руках инженера-проектировщика, пришедший на смену логарифмической линейке и позволяющий ставить и решать более сложные математические задачи, расширяющий творческие возможности создателей новой техники.

Для применения современных методов расчета в практике работы проектных организаций мало иметь доступ к ЭВМ. Надо еще, чтобы эта ЭВМ была снабжена соответствующими «мозгами» — библиотекой прикладных программ для типичных расчетных случаев. Роль хорошей библиотеки прикладных программ для организации проектирования оптимальной конструкции трудно переоценить. Достаточно вспомнить, что одним из первых практических шагов по созданию сложнейшей американской космической системы «Спейс шаттл» было создание библиотеки программ расчета прочности.

Отсутствие хорошей библиотеки программ зачастую является основным препятствием эффективного использования ЭВМ в практике проектных расчетов. С одной стороны, программы расчета должны быть ориентированы на вполне конкретные расчетные случаи и расчетные схемы, что весьма ограничивает возможности их заимствования из других областей машиностроения. С другой стороны, создание качественных программ требует привлечения специалистов высокой квалификации и больших затрат машинного времени, а это может позволить себе не

каждая проектная организация. Поэтому передовые отрасли отечественного машиностроения особое внимание уделяют отбору, сохранению и распространению внутри отрасли лучших программ расчета, учитывающих специфику выпускаемой техники.

Для этой цели создаются отраслевые фонды алгоритмов и программ (ОФАП).

Увеличение выпуска средств вычислительной техники в 2...2,3 раза, намеченное XXVII съездом партии, сделает доступными мощные ЭВМ не только для ведущих, но и для рядовых проектных организаций. А это означает, что уже сегодня лесному и деревообрабатывающему машиностроению следует уделить особое внимание созданию фонда прикладных программ для нужд отрасли.

Задачи динамики — основные задачи проектного расчета. Уровень проектного расчета во многом определяется уровнем решения задач динамики конструкции.

В конечном итоге от глубины понимания динамического поведения конструкции зависит решение таких важных вопросов проектирования, как металлоемкость, прочность, надежность и долговечность, решение вопросов выбора параметров силового привода и системы управления и многих других задач, определяющих понятие проектирования оптимальной конструкции. Вместе с тем задачи динамического расчета достаточно сложны. Поэтому до недавнего времени динамический расчет при проектировании конструкции подменялся введением так называемого коэффициента динамичности. (Как и многие коэффициенты запаса, коэффициент динамичности отражает уровень нашего незнания реально протекающих в конструкции процессов). Использование ЭВМ позволяет отказаться от привлечения понятия коэффициента динамичности и корректно решать многие задачи динамики конструкций.

Для иллюстрации структуры динамических проектных расчетов обратимся к имеющемуся у нас опыту расчетов тяжело нагруженных манипуляторов, аналогичных применяемым в лесозаготовительной промышленности.

Манипуляционная система является прежде всего механической системой для переноса груза. С конструкторской точки зрения в ней можно выделить три взаимодействующие подсистемы: 1) манипулятор; 2) силовой привод; 3) систему управления (если манипулятор является программируемым, т. е. роботом). Расчетные случаи определения нагрузок в конструкции должны охватывать следующие вопросы статистического и динамического нагружения манипулятора:

1) расчет частот и форм свободных колебаний системы, определяющих требования к параметрам силового привода и системы управления;

2) расчет нагружения манипулятора под действием произвольно меняющихся внешних сил;

3) расчет механических переходных процессов в конструкции манипулятора, которые сопровождаются изменением режимов движения, в том числе начало и окончание движения.

Конечно, выделенные группы задач охватывают не все расчетные случаи. Для организации эффективных проектных расчетов требуется детализация расчетных случаев для конкретных классов манипуляторов лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Теоретические методы исследования динамических процессов на этапе проектирования не единственные. При создании новых машин, не имеющих прямых аналогов и прототипов, эффективны и экспериментальные методы анализа с использованием динамически и конструктивно подобных физических моделей. С помощью таких экспериментальных методов сложные динамические процессы в разрабатываемых машинах

могут быть детально и всесторонне изучены без значительных материальных затрат и времени на самом раннем этапе их проектирования.

Динамические процессы, происходящие в реальных условиях эксплуатации машин, представляют собой весьма сложные для изучения механико-математические задачи. Выбор и обоснование расчетной схемы, описывающей поведение механизма с учетом упругих колебаний элементов конструкций, температурных режимов, работы гидросистемы и др., сопряжен с существенной идеализацией механической модели, введением различного рода допущений. На этой стадии работ требуется глубокое понимание природы и взаимосвязи механических процессов, протекающих в конструкции. Никакая «всеобщая» компьютеризация помочь не может. Здесь требуется привлечение высококвалифицированных специалистов с хорошей механико-математической подготовкой.

Однако в практике проектирования машин для лесной и деревообрабатывающей промышленности сложные динамические расчеты зачастую пытаются обойти. В лучшем случае ограничиваются рассмотрением только статических режимов работы машин и механизмов, вводя иногда совершенно необоснованные коэффициенты динамичности.

Платой за подобное «упрощение» динамического проектного расчета является рост металлоемкости, снижение надежности и долговечности разрабатываемых машин.

Проблемы высшей школы. Как уже отмечалось, приход в расчетную практику ЭВМ позволяет вести проектные расчеты на более глубоком теоретическом уровне, делает их более фундаментальными. В этой связи нельзя не упомянуть о взаимоотношениях между вузовской и производственной наукой. Именно в вузах высока концентрация квалифицированных научных кадров, привлечение которых к реальным промышленным разработкам позволяет использовать результаты фундаментальных исследований непосредственно для решения прикладных задач. Несуразность положения, когда вузовской науке приходится подолгу (и часто бесплодно) «пробивать» дорогу для своих достижений в промышленность, сегодня непозволительна.

И, наконец, остановимся на очень важной проблеме подготовки кадров.

Проф. А. А. Космодемьянский в книге «Теоретическая механика и современная техника», изданной в 1969 г., писал по поводу подготовки специалистов: «Многие в наши дни начинают понимать, что чисто количественный подход к формированию научной смены без учета творческого потенциала будущих исследователей может привести в ближайшие два-три десятилетия к экономической неэффективности научных исследований в ряде областей научно-технического прогресса и для государства будет выгоднее покупать открытия, нежели кормить «дивизии» бесплодных личностей, безответственно включенных в несвойственную им сферу интеллектуального труда».

Решение задач проектирования машин на современном уровне требует серьезной механико-математической подготовки исполнителей. Инженеры-механики, которых выпускают лесотехнические вузы страны в рамках специальности 0519, не обладают достаточными механико-математическими знаниями для работы в проектных и исследовательских организациях. Необходимо некоторую часть наиболее способных студентов специальности 0519 готовить к проектной и научно-исследовательской деятельности по отдельной программе, включающей в себя хотя бы такие краткие курсы, как «Элементы теории упругости», «Теория колебаний», «Колебания упругих систем», «Динамика и прочность конструкций», «Уравнения математической физики», «Вариационные методы механики сплошной среды», «Численные методы механики» и некоторые другие.

В МЛТИ, как головном среди лесотехнических вузов, в АЛТИ, ЛТА и некоторых других вузах, имеющих необходимые профессорско-преподавательские кадры, такую программу реализовать можно. Пополнить кадры отраслевого машиностроения выпускниками других вузов, имеющих специальность «Динамика и прочность машин», практически невозможно, поскольку они «нарасхват» в самых престижных отраслях, таких как ракетно-космическая техника, авиационная промышленность, судостроение и др. Следовательно, необходимо готовить своих специалистов и чем быстрее, тем лучше. Без этого научно-технический прогресс пройдет мимо лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Механика должна работать, как работает она на благо человечества уже две тысячи лет.
