

5. Хмара Л.А. Интенсификация рабочих процессов машин для земляных работ. Днепрпетровск: ДИСИ, 1989. – 329 с.
6. Дворковой В.Я. Система показателей оценки эффективности использования ДСМ. Механизация строительства №11, 2005. – С. 18-21.
7. Пенчук В.А. Мобильность и эффективность эксплуатации машин. Механизация строительства, 2001. – С. 17-18.
8. Пенчук В.А. Уточнение концепции эффективности эксплуатации строительных машин. Строительные и дорожные машины. 2009 - №7, С. 11-14
9. Назаренко И.И., Хмара Л.А., Пенчук В.А. Основы модернизации строительных машин. – К.: «МП Леся», 2003. – 164 с.
10. Функционально-стоимостный анализ/ Н.Г. Чумаченко, В.М. Дегтярева, Ю.С. Игумков.- К.: Вища школа. Головное изд-во, 1985.- 223 с.
11. Функционально-стоимостный анализ/ В.С. Василенок, В.А. Глезер под ред. М.Г. Карпунина. М.: Энергоатомиздат, 1984.- 287 с.
12. Панков В.А., Ковалевский С.В., Бывшев А.П. Функционально-стоимостный анализ технических и организационно-экономических систем (ФСА/ФСУ). Учебное пособие.- Д.: Новый мир, 2005.- 257 с.
13. Пенчук В.А., Линник И.И., Гладкая Е.Д. Функционально-стоимостный анализ при эксплуатации машин// Современные проблемы строительства. Ежегодный науч.-техн. сб.- Донецк: Донецкий ПромстройНИИпроект, том II , ООО «Лебедь», 2002.-, С. 171-175.

УДК 621.869.98

И.Г. КИРИЧЕНКО, канд. техн. наук.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Постановка проблемы. Современному этапу проектирования и постановки на производство машин присущи следующие особенности:

- время проектирования машины ограничено;
- комплектация проектируемой машины по кооперативным постановкам носит неустойчивый характер;
- конструкторские ресурсы проектировщика сведены до минимума;

- технологические возможности предприятия изготовителя в ряде случаев не соответствуют специфике проектируемых машин;
- преимущество технических решений по узлам, агрегатам и блокам, как правило, отсутствует;
- априорные сведения о конкурирующих производителях недостоверные.

Анализ основных достижений и публикаций. Создание новой машины, как правило, сопровождается серией последовательных принятий решений по частным вопросам технического оформления проектируемого объекта в целом и его составных частей [1, 2, 3]. Принятие решений может осуществляться коллегиально всеми участниками процесса создания новой машины или индивидуально заказчиком продукции, но на основе соответствующих консультаций и обсуждений. В теории управления принят термин ЛПР – лицо, принимающее решения. Основная задача представленных исследований заключается в разработке компьютерной системы, базирующейся на функциональном анализе проектируемого объекта, а также в широком спектре моделирования его технологических возможностей, включающих исследования режимов нагружения, производственной эффективности, себестоимости самого изделия и его продукции. В более узком смысле слово «задача» сводят к построению системы, обеспечивающей эффективную работу ЛПР в качестве главного конструктора проекта.

Основная часть. Структурная схема одного из возможных алгоритмов выполнения операций функционально-технологического анализа (ФТА) с использованием компьютерных технологий показана на рис. 1. Концепция модульного построения средств механизации и более сложных систем, состоящих из совокупности машин, позволяет расчленить сложную техническую задачу на ряд более простых, решение которых не вызывает особых затруднений.

Расчленение машины как сложной технической системы на ряд более простых подсистем упрощает процесс формализованного описания объектов, называемых модулем. Речь идет о разработке системы компьютерного сопровождения модульного проектирования строительных, дорожных и коммунальных машин, представляющей собой информационное поле, на котором могут быть выделены несколько участков, из них в качестве основных отметим три.

Первый – это «Библиотека», в которой содержится вся необходимая конструктору информация с обеспечением быстрого доступа к любым источникам, с одной стороны, а с другой, каждый информационный модуль не должен быть перегруженным и ориентирование в этом объеме информации не должно вызывать у пользователя каких-либо затруднений. Именно поэтому каждая сформированная и научно-обоснованная система должна быть адаптирована к определенным условиям эксплуатации и к конкретному пользователю.



Рис. 1. Структурная схема одного из возможных алгоритмов выполнения операций ФТА с использованием компьютерных технологий.

компоновочных схем машин может сопровождаться упрощенными тяговыми расчетами, дающими возможность грубой оценки сравниваемых вариантов машин. В дальнейшем в эти расчеты могут быть включены дополнительные факторы, оказывающие влияние на изменение тягово-сцепных свойств машины. Когда будут известны все параметры двига-

Кроме этого, система должна обеспечивать возможность пополнения информации, но при этом производить ее тщательный анализ (иначе наступит момент, когда система станет настолько громоздкой, что эффективность ее использования будет резко снижена).

Вторым участком информационного поля является участок «Расчеты». На этом участке собраны различные по своему содержанию, методике, целям и задачам расчетные модули. Расчетные модули должны дать возможность конструктору последовательно выполнять расчеты с возрастанием сложности и точности, использовать различные методы и методики, а также сравнивать полученные результаты. Так, например, выполнение

теля, трансмиссии и ходового оборудования, программный модуль «Тяговый расчет» определит тяговые возможности машины при любых режимах ее эксплуатации с учетом буксования двигателей.

Третий участок информационного поля носит название «Графика» и состоит из ряда модулей, обеспечивающих различные по своим возможностям и функциональным свойствам графические процедуры. Здесь имеются в виду не только возможности вычерчивания плоских геометрических фигур и объемных тел, но и выполнение сложных графических построений, связанных с компоновкой узлов, агрегатов и машины в целом с одновременной проверкой их отдельных свойств и параметров. Все графические операции выполняются непосредственно на мониторе компьютера, что не только позволяет обходиться без бумажных носителей информации, но и обеспечивает быстрый просмотр нескольких, предлагаемых конструктору вариантов, их сравнительный анализ и выбор оптимального для данной ситуации технического решения.

Для каждого участка подобрана одна или несколько сред пользователя. Так для модулей, формирующих участок «Библиотека», наиболее удачным являются программные продукты типа Oracle, MySQL, для расчетных модулей – MathCad, MathLAB и Simulink, а для графических процедур – Autodesk Inventor, SolidWorks и др. [4, 5, 6, 7]. Известны и другие комплексные системы, обеспечивающие автоматизацию проектирования. Одной из наиболее совершенных является система Cimatron. Эта система имеет модульную структуру, в которой базовые комплекты могут быть расширены и дополнены. Система адаптируется к условиям конкретного машиностроительного предприятия. Данная система не только поддерживает автоматизированное конструирование, но и принципиально расширяет возможности пользователя. Сочетание методов каркасного, поверхностного и твердотельного проектирования делают систему мощным аппаратом, позволяющим быстро и удобно конструировать сборочные единицы и детали любой сложности. Аппарат параметрического твердотельного моделирования позволяет автоматизировать труд конструктора уже на этапе эскизного концептуального проектирования.

При проектировании машин конструктор опирается на имеющийся опыт создания подобных по своим техническим параметрам и свойствам объектов. Наиболее удачными, как правило, являются те конструкции, в которых учтены все достижения и ошибки предшествующих разработчиков. Именно поэтому блоки «Библиотека...» и «Архив...» имеют важное значение в начальной стадии проектирования. Отсутствие достаточно надежных и эффективных систем хранения и обработки информации лишает возможности проектирования машин на высоком техническом уровне. Очень часто в практике создания принципиально новых машин или машин с известными конструктивными решениями, но проектируемыми специалистами, не обладающими достаточным объемом информации об особенностях их эксплуатации и функциональных свойств, допускаются ошибки, которые

проявляются только в самой конечной стадии разработки или что хуже, уже в готовой машине на этапе конструкторско-доводочных испытаний.

Также конструктор вынужден многократно обращаться к справочным данным, руководствоваться соответствующими инструкциями и правилами оформления технической документации. Поэтому блоки «Нормативная документация...», «Справочные данные...» и «Патенты...» играют не менее важную роль в структуре системы.

Графическое моделирование колесной или гусеничной машины начинается с разработки компоновочной схемы. Разрабатываются, как правило, несколько конкурирующих вариантов и параллельно с этим производится расчет статических нагрузок ходового оборудования, определяются габариты машины, ее маневренность, проходимость и другие характеристики.

После принятия компоновочных решений разрабатываются механизмы приводов управления, узлы, агрегаты и функциональные модули. Вместе с конструкторскими работами выполняются расчеты на прочность и долговечность. При этом приходится оценивать достоинства технических решений по нескольким не всегда равнозначным критериям. Наличие типовых программных модулей позволяет существенно облегчить выполняемые расчеты и учитывать значимость критериев.

Концепция модульного построения средств механизации и более сложных систем, состоящих из совокупности машин, позволяет расчленивать сложную техническую задачу на ряд более простых, решение которых не вызывает особых затруднений. Расчленение машины как сложной технической системы на ряд более простых подсистем упрощает процесс формализованного описания объектов, называемых модулем.

В рамках данной работы были созданы программные модули: «Компоновка»; «Тяговый расчет»; «Электронный каталог» и некоторые другие, позволившие решать исследовательские и оптимизационные задачи в процессе проектирования колесных и гусеничных землеройно-транспортных машин.

Трехмерное геометрическое моделирование открыло совершенно иные горизонты для проектировщиков и исследователей. Объемное моделирование развивается в двух направлениях – поверхностное и твердотельное. К представителям поверхностного моделирования относят такие программные продукты как Cimatron, а из твердотельных SolidWorks и др. Каждый из этих методов имеет достоинства и недостатки. Autodesk Inventor наиболее удобный программный продукт для конструкторов, владеющих AutoCAD. Благодаря поддержке формата DWG, Autodesk Inventor позволяет повысить производительность 3D проектирования и гарантирует полную совместимость с 2D моделями. Inventor позволяет выполнить анимированную визуализацию 3D моделей, что обеспечивает возможности оптимизации рабочих процессов строительных и дорожных машин и достижения максимальной производительности. Цифровые результаты моделирования экспортируются в элект-

ронные таблицы Microsoft Excel, что позволяет достаточно легко выполнить дополнительные вычисления, формировать отчеты и создавать презентации.

Модуль «Компоновка». В качестве первоочередных задач при проектировании машин следует выделить построение компоновочной схемы. Оптимальное размещение навесных орудий требует существенных изменений в конструктивном исполнении базовой машины. Таким образом, для принятия правильного решения при выборе компоновочной схемы машины необходимо рассмотреть достаточно большое количество конкурирующих вариантов. При традиционных методах конструирования машины конструктору (или чаще всего группе конструкторов) приходится самостоятельно генерировать варианты этих компоновочных схем и выполнять их сравнительный анализ. Поскольку этот процесс очень трудоемок и требует значительных затрат времени, количество рассматриваемых вариантов, как правило, ограничивается 3-5 компоновочными схемами. Использование программного модуля "Компоновка" позволяет рассмотреть до 100 вариантов исполнения базовой машины в течение одного рабочего дня.

При работе с системой компьютерной поддержки процесса проектирования машин конструктор выступает в роли ЛПП. Программный модуль "Компоновка" позволяет в предельно сжатое время выполнить компоновочные схемы базовых машин самых различных назначений. Монтаж машины из функциональных модулей ведется непосредственно на мониторе и при этом визуально контролируется положение центра масс собранной части машины. По окончании построения компоновочной схемы машины, кроме координат центра масс ЛПП может быть получен чертеж с указанием габаритных размеров и других геометрических характеристик.

Соединение функциональных модулей между собой контролируется программой по условиям стыковки. Так, например, коробка передач не будет закреплена на экране, если оси муфты сцепления и первичного вала коробки передач не будут находиться на одной прямой, а зазор между стыковочными вертикальными плоскостями этих узлов не будет положительным или равным нулю. Перемещение функциональных модулей на экране происходит с помощью мыши, а фиксация модуля в том или ином месте – производится нажатием клавиш Enter, после чего данный функциональный модуль уже не может быть смещен в какую-либо сторону.

Применительно к колесным машинам система "Компоновка" производит расчет нормальных реакций на колесах, как самих базовых средств, так и в совокупности со всеми технологическими рабочими органами. В некоторых случаях эти системы могут быть дополнены имитатором перемещения рабочего органа, позволяющего определять нормальные реакции на ходовом оборудовании во всем диапазоне нагрузок, зависящих от положения подвижных элементов навесного оборудования. Взаимодействие рабочего органа с обрабатываемыми материалами программы "Компоновка" не учитывается, так как эти за-

дачи решаются другими программными модулями. На рис. 2 показана реализация программного модуля «Компоновка» с использованием узлов трактора Т-150.

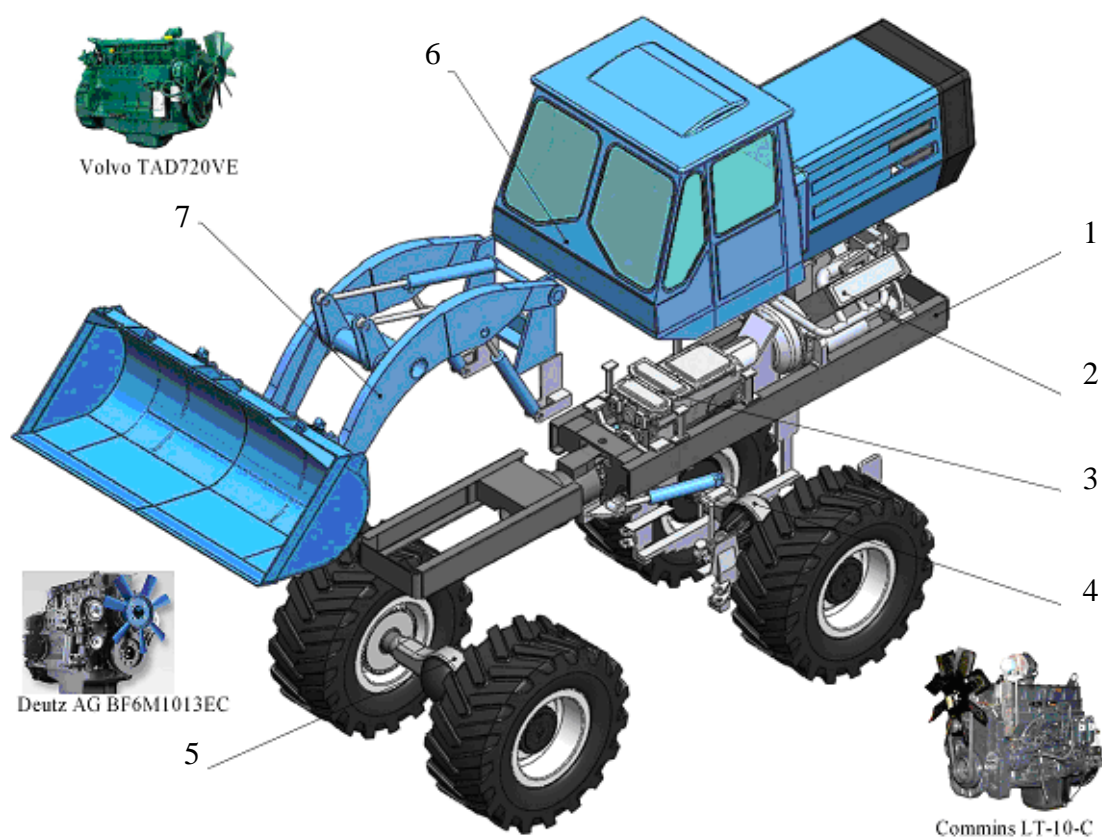


Рис. 2. Готовая компоновочная схема погрузчика на базе трактора Т-150:

- 1 - рама; 2 - двигатель; 3 - КПП; 4 и 5 - ведущие мосты;
6 - кабина; 7 - погрузочное рабочее оборудование.

Программные модули системы "Компоновка" повышают производительность труда конструктора в сотни раз, позволяя рассматривать на самом ответственном этапе проектирования достаточно большое количество конкурирующих вариантов, в результате чего существенным образом увеличивается вероятность принятия наиболее эффективного технического решения.

На участке информационного поля «Библиотека» одним из наиболее ответственных программных продуктов является программный модуль «Каталог». Опыт применения ЭВМ для построения прикладных систем обработки и хранения информации показывает, что самым эффективным инструментом при работе конструктора является система управления базами данных (СУБД). СУБД дает возможность пользователю не только хранить имеющуюся информацию, дополнять ее сведениями, поступающими из различных источников, но и постоянно ее обрабатывать, получая практические рекомендации по проектированию.

«Каталог» служит инструментом хранения информации о какой-либо машине и позволяет оперативно обрабатывать эту информацию по специально разработанным сервисным программам. Электронный каталог (ЭК) дает возможность конструктору принимать

ответственные технические решения, опираясь не только на интуицию или свой опыт, а и на результаты обработки статистических характеристик уже разработанных машин, хранящихся в базе данных. Электронный каталог состоит из двух частей. Первая – это база данных о деталях, из которых собираются сборочные единицы, узлы, агрегаты и функциональные модули. Вторая – сервисное программное обеспечение, позволяющее наиболее удобным для ЛПР образом извлекать эту информацию, обрабатывать ее и отображать на мониторе ПК.

Программный модуль создан с применением одной из наиболее совершенных систем управления базой данных Visual FoxPro и реализован на примере серийно выпускаемых машин Харьковскими тракторным заводом и заводом тракторных самоходных шасси. Процесс заполнения базы данных ЭК был начат по принципу формирования обычного каталога деталей по каждой серийно выпускаемой модели. В базу данных первоначально включались такие параметры деталей как наименование, обозначение, масса, количество деталей, установленных в машине. Затем объем информации был расширен. Были внесены данные о механической и термической обработке деталей, о трудоемкости производства, себестоимости и т.д. Кроме этого, каждой детали присваивался индекс, определяющий ее отношение к той или иной группе. Так, например, для анализа степени унификации семейства машин были выделены следующие группы деталей:

- оригинальные, изготовленные данным машиностроительным предприятием;
- покупные, приобретаемые у посторонних производителей или производителей, входящих в состав данного машиностроительного комплекса, но с которым необходимо вести финансовые расчеты;
- стандартные, которые могут быть как покупными, так и собственного производства, но конструктивное решение по которым регламентировано стандартами государственного, отраслевого или заводского уровня.

В дальнейшем в базу данных вводились модели каждой детали при помощи пакета AutoCad. Наличие в базе данных графического описания детали позволяет решать достаточно большой объем исследовательских задач, связанных с совершенствованием конструктивного исполнения деталей, узлов, агрегатов и машины в целом. Одно из основных достоинств ЭК заключается в возможностях оперативного изменения структуры файла или некоторых его параметров. При этом предыдущая информация может быть сохранена или удалена по желанию потребителя.

Процесс заполнения базы данных осуществляется по принципу формирования обычного каталога деталей по каждой серийно выпускаемой машине, затем вносятся дополнительные сведения о каждой из деталей. В базе содержится следующая информация: обозначение детали; наименование детали; материал, из которого изготовлена деталь; количество деталей в изделии, масса детали; индекс детали; себестоимость детали; адреса поставщиков комплектующих изделий; чертежи деталей и т.д.

Структура данного каталога состоит из файлов, в которых хранится следующая информация о деталях:

- обозначение детали, например, «151.30.105» (151 - номер, указывающий на принадлежность детали к трактору Т-151К; 30 - номер группы, т.е. «Рама», к которой относится деталь или составная часть сборочной единицы; 105 - номер детали).

- наименование детали;
- количество деталей данного наименования, которые применяются в данной машине;
- материал, из которого изготовлена деталь;
- масса детали (в кг);
- индекс детали.

Детали и сборочные единицы данного класса машин разделены на три группы по индексам. «О» – оригинальная деталь (разработана впервые для одной конкретной машины); «З» – заимствованные детали (нестандартные детали с других машин); «С» – стандартные детали. Разбиение деталей по индексам было произведено для обозначения их принадлежности и для расчета коэффициентов унификации.

В процессе формирования ЭК был дополнен двумя новыми информационными полями «memo» - поле, предназначенное для хранения справочно-текстовой информации на каждую деталь, и «gen» - поле, позволяющее хранить чертежно-графическую информацию либо непосредственно в базе данных, либо хранить ее в любом из используемых графических редакторов, предварительно обеспечив связь. Импорт и хранение чертежно-графической информации осуществляется благодаря технологии OLE, которая поддерживается в FoxPro. Добавленные поля расширяют возможности использования ЭК, однако рациональность представления данных становится менее эффективной, так как на экране можно увидеть информацию не более чем для двух деталей. Для более наглядного представления информации, содержащейся в ЭК, был разработан пользовательский интерфейс и созданы экранные формы.

Выводы. Кроме удобства использования ЭК, разработанная информационная система позволяет производить анализ имеющегося массива данных. При проектировании ЗТМ необходимо решать различного рода задачи, связанные с применяемостью и использованием некоторых групп деталей и материалов, использованием различных материалов при изготовлении деталей, определением коэффициента унификации и ряд других. Используя созданную информационно-поисковую систему, решать вопросы анализа любого характера получается значительно оперативней. В частности, были построены распределения для анализа использованных материалов. По сути дела конструкция погрузчика была разделена по уровням возможного блочно-модульного принципа проектирования на модули, агрегаты, узлы и системы, и, в соответствии с этим распределением, был выполнен его полный статистический анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмара, Л.А. Анализ тенденций и перспектив развития на Украине подъемно-транспортных, дорожно-строительных и землеройных машин / Л.А. Хмара // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение; Вып. 46. – Днепропетровск : ПГА-СА, 2008, С. 5–8.
2. Кириченко, І.Г. Сучасні принципи створення засобів механізації дорожно-будівельних робіт / І.Г. Кириченко. – К. : УМК ВО, 1989. – 71 с.
3. Кириченко, І. Г. Наукові основи створення високоефективних землерійно-транспортних машин / І.Г. Кириченко, Л.В. Назаров, В.В. Нічке, В.Ф. Демішкан та ін. – Харків : ХНАДУ, 2003. – 585 с.
4. Дьяконов, В. Simulink 4 : Специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2002. – 528 с.
5. Дьяконов, В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем : Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2002. – 448 с.
6. Концевич, В. Г. Твердотельное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor / В.Г. Концевич. – К.–М. : ДиаСофтЮП, ДМК Пресс, 2007. – 672 с.
7. Бунаков, П. Ю. Технологии цифровых прототипов: Autodesk Inventor 2010 / П. Ю. Бунаков, А. В. Стариков. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 944 с.

УДК 622.23.24

Г.Н. КОВШОВ, докт. техн. наук, А.А. ЛУКАШУК, аспирант.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ

Постановка проблемы. Развитие направленного бурения, в частности большой объём строительства горизонтальных и наклонно-направленных скважин, обусловил увеличение количества и разнообразия используемых при проводке скважин телеметрических навигационных систем. В настоящее время бурение скважин используют в горной и нефтегазовой промышленности, строительстве, при прокладке коммуникаций [1].

При прокладке скважин с боковым стволом, важна оперативная геологическая и технологическая информация, получаемая непосредственно в процессе бурения. Одним из