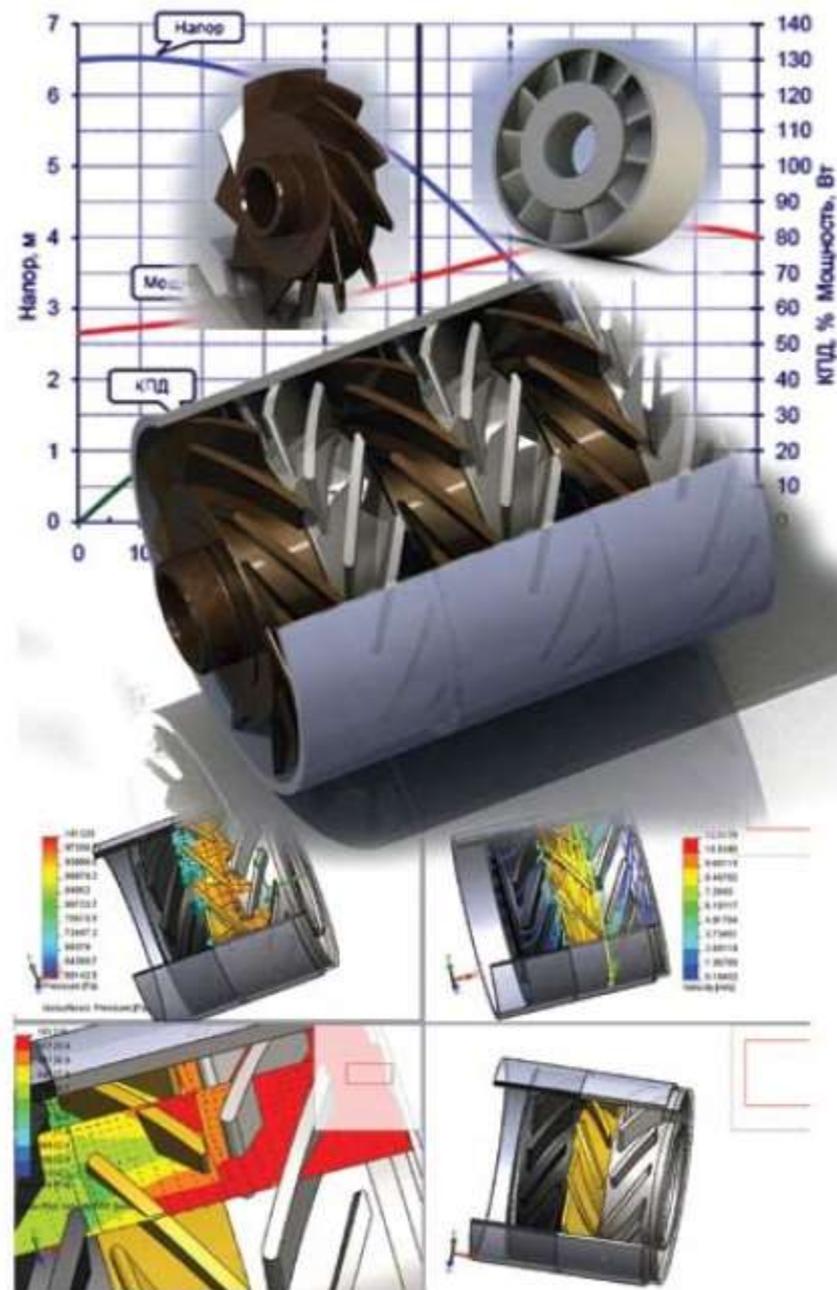
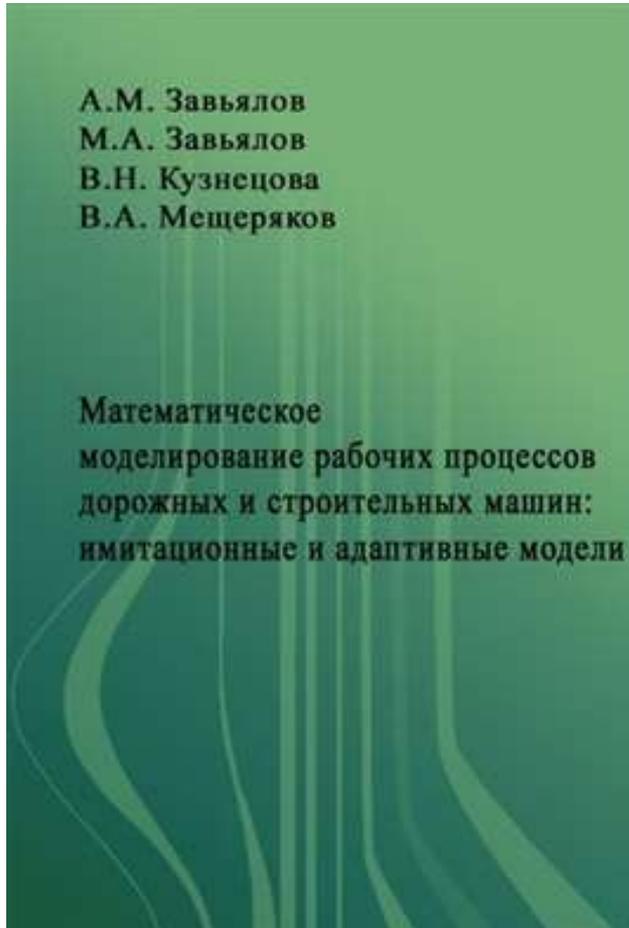


СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ СДМ



- Вычислительная техника резко сократила временные и денежные расходы на получение и обработку научной информации. В результате этого современные методы исследования характеризуются более активным применением методов математического моделирования рабочих процессов машин. Поэтому особое внимание уделяется проблеме создания математических моделей и использования вычислительной техники для оценки эффективности дорожных машин и исследованию путей их улучшения.
- Современные методики скорее ориентированы на поиск новых вариантов решения задач с другими целевыми установками и иными критериальными функциями, на создание более совершенных алгоритмов расчета и программного обеспечения.
- Использование вычислительной техники должно быть основано на применении инвариантных к объекту проектирования постановок задач, расчетных схем и современных пакетов автоматизированного инженерного анализа.
- Методы анализа, опирающиеся на мультифизичность подхода, матричную форму записи уравнений, многокритериальность в принятии решений, иерархичность математических моделей, применение своеобразного математического аппарата в экспертных системах, являющиеся обычными элементами современных методологий исследования и проектирования, потребуют определенных усилий со стороны читателя для усвоения материала. Эти элементы методологии должны быть адекватными усложняющимся задачам и методам машинного анализа.

Информационные ресурсы по дисциплине



Пути повышения эффективности и конкурентоспособности дорожно-строительных машин

- улучшение традиционных и создание новых видов рабочего оборудования и органов ДСМ;
- создание электро- и гидроприводов управления, сенсорного управления рабочими органами;
- применение ЭВМ, новейших средств расчета и проектирования, мобильных средств связи для передачи информации о разрабатываемых объектах, сроках, характере выполнения дорожно-строительных работ;
- разработка новых энергосберегающих и экологически чистых технологий на основе последних достижений фундаментальных наук;
- создание новых приводов движителей, систем управления движением ДСМ, тормозов;
- полная компьютеризация производств, создание локальных сетей внутри предприятия, повышение качества работ и достижение системой качества уровня стандартов серии ИСО 9000.

Основные направления совершенствования конструкции ДСМ

- Улучшение традиционных и создание новых видов рабочего оборудования и органов ДСМ
- Создание электро- и гидроприводов управления, сенсорного управления рабочими органами
- Применение ЭВМ, новейших средств расчета и проектирования, мобильных средств связи для передачи информации о разрабатываемых объектах, сроках, характере выполнения дорожно-строительных работ
- Разработка новых энергосберегающих и экологически чистых технологий на основе последних достижений фундаментальных наук
- Создание новых приводов
- Полная компьютеризация производств, создание локальных сетей внутри предприятия, повышение качества работ и достижение системой качества уровня стандартов серии ИСО

Целью *технического совершенствования* строительных, дорожных и коммунальных машин

- *Повышение комфорта и безопасности*
- *Повышение надежности*
- *Интенсификация использования*
- *Ускорение рабочих процессов*
- *Повышение экологической безопасности*
- *Адаптация к низким температурам*

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Параметр - величина, отражающая существенную характеристику системы, технического устройства, явления или процесса. Вопрос определения параметров конструкции технического средства считается принципиальным для процесса проектирования перспективных образцов технических средств, правильное решение которого обуславливает в будущем эффект их применения.

Основой **вероятностно-статистического анализа параметров** конструкции машины считаются условия и ограничения, определяемые свойствами стохастичности явлений природы [2].

Методы
определения
параметров
конструкций
машин



Вероятностно-статистический метод определения взаимосвязей параметров конструкции машин реализуется по следующей схеме:

- 1 Сбор информации данных на основе технических характеристик машин, указанных в проспектах, каталогах, проектных документациях отечественных и зарубежных фирм, а также в других каких-либо литературных источниках.
- 2 Анализ статистической информации с целью установления (определения) функции, аппроксимирующей корреляционные поля взаимосвязей параметров конструкции машин.

Вероятностно-статистический метод

Выбор формы аппроксимирующего уравнения, связывающего параметры машины, может быть до некоторой степени произвольным в виде уравнений

$$y = a + bx^m,$$

$$y = a + b \ln x,$$

$$y = a + be^x,$$

$$y = a + b(x + c)^m.$$

Чтобы определить вид аппроксимирующей функции, необходимо в алгоритме машинной обработки информации предусмотреть расчет по всем видам уравнений с последующим вычислением корреляционных отношений.

Установление связей между параметрами конструкции машин можно осуществлять также, используя **принцип подобия**.

При прогнозировании параметров используют математические операции **интерполяции и экстраполяции**. Под **интерполяцией** понимают вычисление значений параметров, отсутствующих в динамических рядах, на основе найденной корреляции членов ряда. **Экстраполяция** - логическая процедура перенесения выводов, полученных в пределах параметров наблюдения, на прогнозирование будущих явлений, находящихся вне отрезка наблюдений.

Вероятностно-статистический метод определения параметров машины позволяет создать конструкцию машины, работоспособность которой подтверждена опытом эксплуатации аналогичной машины в условиях производства.

К недостаткам вероятностно-статистического метода определения параметров конструкции машины относятся:

- наличие разброса значений рекомендуемых параметров относительно математического ожидания (свойство статистической информации), что создает условия неопределенности по их взаимному выбору;
- отсутствие возможности оценки эффективности использования рекомендуемой конструкции машины в конкретных условиях эксплуатации без проведения специальных дорогостоящих экспериментов;
- отсутствие рекомендаций на определение ряда важнейших параметров машин, которые не рекламируются предприятиями-изготовителями и которые необходимы для проектирования машины.

Критериальный метод

Экспертный метод оценки перспективы изменения параметров конструкций ДСМ - процедура «мозговой атаки» на основе статистической обработки мнений экспертов.

Критериальный метод определения параметров конструкций машин широко применяется в практике проектирования машин. Основой этого метода является целенаправленность процесса создания машины. Любое действие в этом процессе считается эффективным, если приводит к желаемым изменениям объекта.

Критерий - признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо, мера оценки. При проектировании технического средства в качестве критерия используют обычно **какой-либо показатель**.

Показатель - величина, характеризующая какой-либо эффект изучаемого объекта, явления или процесса. В отличие от параметра показатель - производная величина от параметров изучаемого объекта, явления или процесса.

В процессе **многокритериальной оптимизации** используются различные способы сведения совокупности критериев, определяющих технико-экономическую характеристику системы, к единичному критерию оптимизации.

Таковыми способами являются:

- формирование комплексного критерия оптимизации из частных критериев в виде аддитивной или мультипликативной функции;
- перевод критериев в ограничения при оптимизации системы по наиболее важному, по мнению разработчика, критерию;
- метод ранжирования и последовательных уступок, при котором осуществляется выбор доминирующего показателя для конкретных условий оптимизации системы.

В качестве **основных критериев оценки качества** систем во многих случаях выбирают следующие:

- стоимость разработки, изготовления, внедрения и эксплуатации системы (С);
- качество функционирования (К) (точность работы системы или уровень достигаемых показателей функционирования);
- надежность (Н);
- производительность (П);
- удельные показатели: материалоемкость, энергоемкость, трудоемкость ... (У);
- геофизические и другие условия нормального функционирования (Ф).

№ п/п	Наименование критерия	Обозначение, вид функционала	Условие оптимизации	Автор, источник
1. Экономические показатели				
1	Приведенные удельные затраты	$Z_{пр}$	min	[1, 3, 5]
2	Прибыль	PR	max	[6]
3	Рентабельность	R	max	[6]
4	Срок окупаемость	T	min	[1, 6]
2. Техничко-экономические показатели, измеряемые в единицах стоимости				
5	Эксплуатационные затраты на всю систему	$C_{уд} = C_N + C_m + C_n + C_0$	min	В.И. Баловнев [1]
6	Затраты на подсистемы: энергетическую C_N технологическую C_m трудовые ресурсы C_n жизнеобеспечение C_0	$C_N = a_N N_{уд},$ $C_m = a_m m_{уд},$ $C_n = a_n \frac{n_p}{\Pi}, C_0 = \frac{a_0}{\Pi}$	min	В.И. Баловнев [1], Г.Н. Карасев [10], Е.М. Кудрявцев
7	Стоимость потерь мощности Π_{CN}	$\Pi_{CN} = \frac{C(N - N_p)}{N \cdot N_p}$	min	В.П. Павлов, В.В. Минин
8	Стоимость потерь полезной работы Π_{CA}	$\Pi_{CA} = A_{уд}^p - A_{уд}^y$	min	В.П. Павлов, В.В. Минин
3. Техничко-эксплуатационные показатели				
9	Производительность	Π	max	[1, 10]
10	Время цикловой операции	t_i	min	[10]
11	Удельная энергоемкость	$N_{уд} = N/\Pi$	min	В.И. Баловнев [1]
12	Удельная материалоемкость	$m_{уд} = m/\Pi$	min	В.И. Баловнев [1]
13	Удельная производительность	$\Pi_{уд} = \Pi/m$	max	В.И. Баловнев [1]
14	КПД	η	max	
15	Удельное сопротивление на рабочем органе	$k_{уд}$	min	[1, 3, 10]
16	Рабочие сопротивления	P	min	[1, 3, 10]
4. Технические параметры				
17	Мощность	N	min	[9]
18	Сила копания	P_k	min	[1, 3, 9]
19	Масса элемента	m	min	[9, 10]

Система критериальных функций для оценки эффективности и оптимальности решений при проектировании ДСМ

При **формировании комплексного критерия в виде аддитивной функции** каждому критерию придают весовой коэффициент, который тем выше, чем важнее данный критерий для разработчика:

$$Ц = a_1 C + a_2 K - a_3 H - a_4 \Pi + \dots \rightarrow \min.$$

где a_1, a_2, \dots – коэффициенты, значения которых находятся в диапазоне $0 \leq a_i \leq 1, \sum a_i = 1$.

Метод ранжирования и последовательных уступок характеризуется поиском критерия, который является наиболее чувствительным к изменению оптимизируемого параметра.

Исключить из неформального анализа те варианты решений, которые заведомо будут плохи. (Парето в 1904 г.) В теории принятия решения существует термин **«принцип Парето»**, заключающийся в том, что выбирать в качестве решения следует только тот вектор X , который принадлежит множеству Парето.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ

Решение проблемы оценки и выбора параметров перспективных образцов ДСМ необходимо организовать по следующей схеме:

1. Определить метод (средство) оценки и выбора параметров технического средства (какого-либо образца ДСМ) как систему.
2. Определить внутреннюю структуру средства оценки параметров технического средства (ДСМ).
3. Определить внешнюю среду формирования метода оценки параметров машин.
4. Установить функцию системы оценки параметров машин и ее роль среди других систем.
5. Произвести анализ внутренних связей системы оценки параметров машин.
6. На основе установленных закономерностей системы оценки параметров машин разработать метод выбора параметров перспективных образцов ДСМ.

Показатель приведенных затрат, отнесенный к единице продукции, выработанной в единицу времени, является показателем, который по своей структуре отражает затраты общественного труда на единицу продукции, и концептуальной системой оценки параметров конструкции машины. Показателю **приведенные удельные затраты** присущи все необходимые атрибуты системного подхода.

Схема формирования системы оценки параметров конструкции машины



Задача определения параметров перспективных образцов дорожно-строительных машин является типичной прогнозной задачей определения возможных изменений параметров конструкции машины

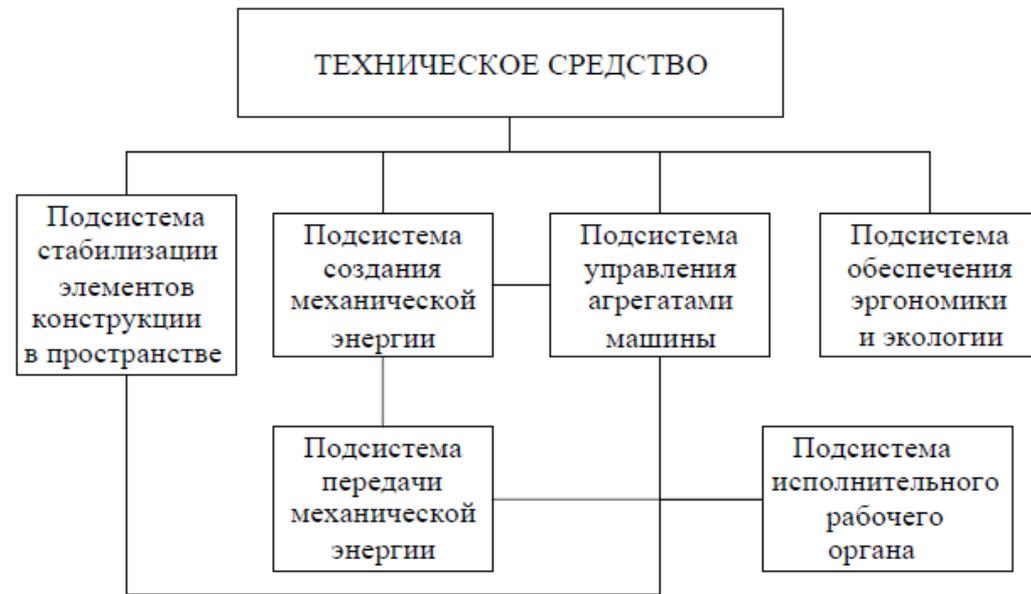
Эти показатели можно объединить в три группы:

1. **показатели объекта воздействия**, характеризующие условия функционирования и назначение технического средства;
2. **показатели затрат общественного труда** на изготовление технического средства, значение которых определяется сложностью конструкции и уровнем технологии машиностроительных предприятий;
3. **показатели затрат на эксплуатацию** технического средства, значение которых обуславливаются материальными, энергетическими и трудовыми затратами, необходимыми для обеспечения функционирования машины.



Связь основных параметров конструкции технического средства с показателями его назначения

Внутренняя структура технического средства как системы



Структурная схема
внутренних
взаимосвязей
технического средства,
определяющих его
основные параметры

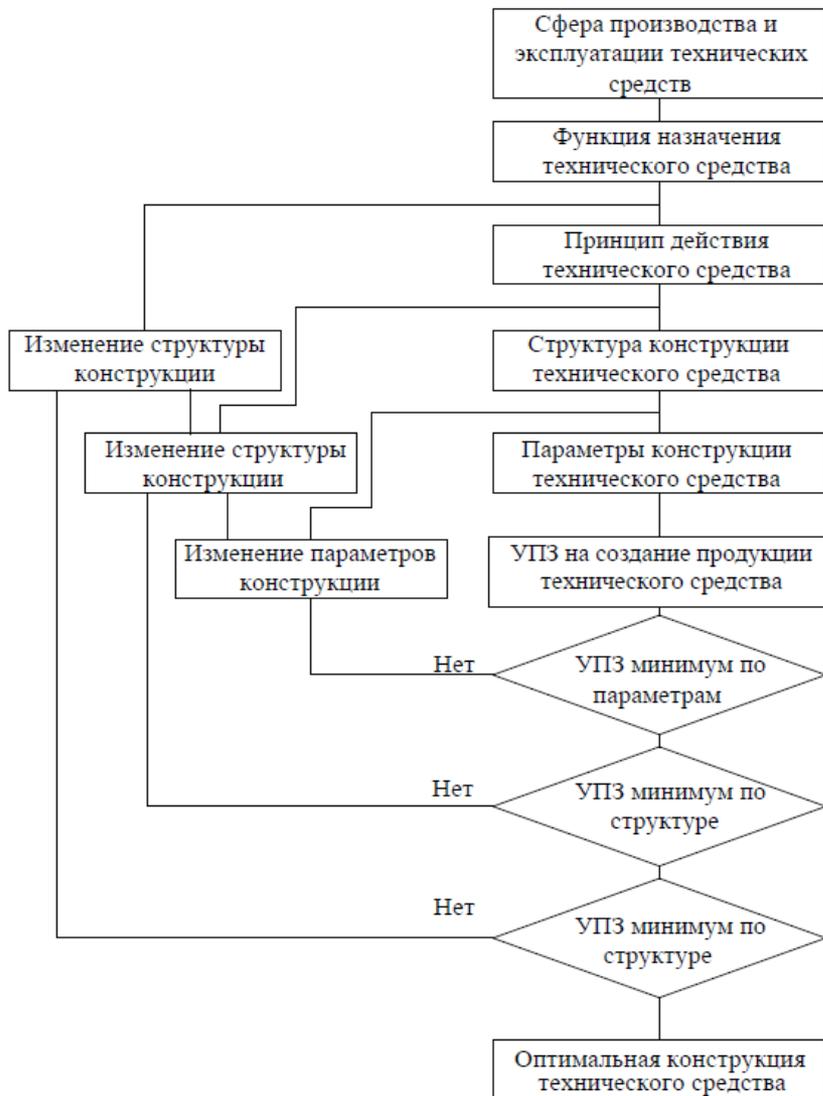
Схема к
прогнозированию
конструкции
технического средства



Проектирование технического средства на
стадии разработки в такой последовательности:

1. определение условий создания и эксплуатации ТС;
2. определение требований функционального назначения ТС;
3. выбор принципа действия ТС, удовлетворяющего требованиям функционального назначения;
4. определение структурной схемы ТС;
5. определение требований функционального назначения для подсистем структурной схемы ТС;
6. определение взаимосвязи основных параметров подсистем ТС с показателями, характеризующими требования их функционального назначения;
7. формирование математических моделей, характеризующих взаимосвязь основных параметров конструкции ТС с основными параметрами подсистем его структурной схемы;
8. формирование математической модели критерия оценки выбора основных параметров ТС;
9. оптимизация параметров режима работы и основных параметров конструкции ТС;
10. оптимизация структурной схемы ТС;
11. оптимизация ТС по принципу действия.

Цель - создание перспективных технических средств СДМ, обеспечивающих повышение эффективности затраченного труда в производстве работ на создание и эксплуатацию СДМ.



Для достижения поставленной цели необходимо разработать методику оценки параметров что предопределяет решение следующих задач:

1. Разработать обобщенную детерминированную модель, имитирующую формирование показателя эффективности производства работ техническим средством.
2. На основе обобщенной имитационной модели разработать программу вычислений на ЭВМ показателя эффективности.
3. Провести анализ «поведения» имитационной модели в изменяющихся условиях с целью обоснования точности получаемых рекомендаций и определения условий целесообразности изменения параметров конструкции машины.
4. На основе заданной точности имитационной модели установить необходимую степень детализации математических моделей описания взаимосвязей параметров конструкции машины и показателей, характеризующих их работу.
5. Определить необходимую номенклатуру прогнозируемых показателей для обоснования выбора основных параметров конструкции технического средства.
6. Определить условия целесообразности изменения структурной схемы и принципа действия технического средства.
7. Рассчитать прогнозные значения показателей, формирующих условия целесообразности изменения конструкции технических средств.
8. Разработать рекомендации на создание СДМ в условиях заданных значений прогнозируемых показателей.

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕЙ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЕЕ ДЕКОМПОЗИЦИЯ



Процесс проектирования как элемент жизненного цикла машины:

X_0 - техническое задание на проект машины;

Z_0 - ограничения научно-производственного характера;

x - результат проектирования (обоснованный вариант проекта)

Итак, в формализованном виде задача формирования рационального проекта (П) дорожной машины может быть представлена в виде следующего кортежа:

$$\Pi = \langle X_0, Z_0, \Omega_0, V_0, D_x, Y, F_0, W_0, \bar{x} \rangle,$$

где X_0 - множество задач, возлагаемых на машину;

Z_0 - условия реализуемости проекта, учитывающие имеющуюся производственную базу и достигнутый научно-технический уровень;

D - множество рассматриваемых концепций проекта;

V_0 - формальное правило, выделяющее из множества рассматриваемых допустимые варианты;

D_x - множество допустимых вариантов проекта;

Y - вектор критериев, оценивающих предпочтительность допустимых вариантов проекта;

F_0 - правило, ставящее в соответствие каждому $\{x_0, z_0, x\}$ значения вектора критериев;

W_0 - правило выбора наиболее обоснованного варианта проекта из множества допустимых;

x - рациональный вариант проекта.

ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭО В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МАШИН

Выбор наилучшего варианта проектного решения в современных системах проектирования не может основываться только на здравом смысле проектировщика: слишком велико число вариантов, которые могут быть сгенерированы в автоматизированном режиме, и слишком многоаспектны и противоречивы требования к их эффективности и условия их оценки.

1. Все последующие действия в процессе выполнения проектных операций связаны с анализом сформированных разработчиком концепций проектных решений и выделением из них наиболее обоснованного варианта.
2. Причем анализ проектных решений различных концепций ведется отдельно, и его реализация является основой для определения формализуемых и рассматриваемых далее процедур функционирования САПР.
3. В процессе проектирования требуемые для выполнения каждой проектной операции расчетные модели могут изменяться в достаточно широком диапазоне.
4. Например, модель для расчета силы копания грунта специфицируется для конкретных условий взаимодействия рабочего органа со средой. Это делает предварительную «заготовку» таких моделей под каждую конкретную задачу в общем случае невозможной. В данных условиях необходимо обеспечить гибкое и оперативное формирование требуемых расчетных моделей из модулей пакета прикладных программ. Такие расчетные модели представляют собой некоторый агрегат, составленный из модулей пакета в определенных сочетаниях.

Анализ конструкций с использованием **метода конечных элементов (МКЭ)** является в настоящее время фактически мировым стандартом для прочностных и других видов расчетов конструкций.

В настоящее время на рынке программного обеспечения имеется большое количество комплексов МКЭ, в том числе **ANSYS, NASTRAN, COSMOS** и др.. Традиционно эти продукты относятся к категории CAE (Computer Aided Engineering) программного обеспечения.

*Основными компонентами программ, реализующих МКЭ, являются **библиотеки конечных элементов (КЭ), препроцессор, решатель и постпроцессор**. Библиотеки КЭ содержат модели КЭ - их матрицы жесткости.*

Полный цикл анализа конструкции
обычно включает следующие
основные этапы:

1. разработка геометрии конструкции;
2. задание характеристик материалов элементов конструкции;
3. выбор типов конечных элементов и ввод их параметров;
4. разбиение конструкции на конечные элементы;
5. задание граничных условий;
6. формирование системы нагрузок, задание их значений или функциональных зависимостей от параметров модели;
7. проверка корректности модели;
8. расчет конструкции;
9. анализ результатов расчета, форматирование их представления;
10. вывод результатов на принтер, запись в файл или копирование в отчетные документы.

Функциональные возможности, область применения пакетов	Пакеты компании	
	MCS Software Corp.	ANSYS Inc.
Комплексный нелинейный анализ конструкций, расчет сложных задач термopрочности, распространение тепла, механика жидкости, электромагнетизм	MSC.Abaqus, MSC.Advanced FEA	ANSYS/ Multiphysics
Анализ быстротекущих динамических процессов (проникание тел в различную среду, аварийные столкновения и удары при конечных деформациях, нелинейном поведении материала и контактном взаимодействии)	MSC.Dytran	ANSYS/ LSDYNA
Реализация основных возможностей МКЭ на ПК в среде Windows, прочностной экспресс-анализ (интеграция в пакеты Mechanical Desktop (AutoCAD), SolidWorks, SolidEdge). Для конструкторов и инженеров, не являющихся специалистами в области конечно-элементного анализа	MSC.InCheck, MSC.visualNASTRAN Desktop 4D	ANSYS Design Space

Современные средства компьютерного проектирования и расчета конструкций породили возможность **передачи информации, созданной в одной CAD/CAM-системе, в другие аналогичные системы**. В результате объекты, созданные, например, средствами CAD, могут в дальнейшем использоваться при подготовке производства (в CAM-системах), при расчете прочностных и других свойств (в CAE-системах) или учитываться при ведении корпоративного проекта (в PDM-системах).