

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ С.-Х. МАШИН

1.1. Специфика проектирования сельскохозяйственных машин

При проектировании, эксплуатации и техническом обслуживании **СХМ** необходимо учитывать следующие особенности:

- объектом воздействия данных машин являются: почва, растения, животные и другие материалы, которые являются их производными.
- условия и результаты воздействия машин зависят от природно-климатических факторов.

В растениеводстве и животноводстве применяются как стационарные, так и мобильные сельскохозяйственные машины.

Мобильные с.-х. машины (например, зерноуборочный комбайн) совершают технологический процесс с передвижением по неровному рельефу поля, на это затрачивается больше времени, чем больше их масса.

Почвообрабатывающие, посевные и другие машины работают в абразивной среде. Это приводит к быстрому износу рабочих органов.

Производство, связанное с живыми организмами, требует учета в конструкции машин анатомических и физиологических особенностей растений и животных.

Поэтому при разработке машин необходимо учитывать эти специфические условия, а также они должны выполнять почвозащитную и энергосберегающую технологии.

1.2 Основные термины и понятия

Проектирование (лат. projectus – брошенный вперед) – процесс создания проекта – прототипа, прообраза объекта или состояния.

Машина (фр. machine, лат. machina) – устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов, информации.

Изделие – любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на производстве. Виды изделий: детали; сборочные единицы; комплексы.

Комплекс – два или более специфических изделия, не соединенных на предприятии – изготовителе сборочными операциями.

Применительно к с.-х. производству, комплекс должен состоять из машин, способных в течение сезона выполнять все операции по производству с.-х. продукции.

Например зерновое производство

С.-х. агрегат – сочетание рабочих машин с источниками энергии, предназначенное для выполнения одной или нескольких с.-х. операций одновременно.

Конструирование – главная часть проектирования изделия, в процессе которого разрабатывают конструкцию, т.е. совокупность деталей, необходимую для выполнения изделием его функций.

Результат конструирования отражается в чертежах в виде формы, размеров, расположения деталей, технических требований и т.д.

Критерии проектирования – математическое выражение результата осуществления процесса проектирования.

При проектировании с.х. машин критериями должны являться качественные показатели требований технического задания.

1.3. Содержание, стадии и составные части процесса проектирования.

При проектировании на основе технического задания (ТЗ) производится оптимизация характеристик объекта и алгоритма его функционирования.

Выполняются технические и экономические расчеты, схемы, графики, пояснительная записка, макеты, составляются спецификации, сметы, калькуляции и описания.

Процесс реализуется по определенному плану в виде логической схемы построения проекта. Такая схема отображает очередность выполнения основных процедур и операций.

Проектная процедура соответствует совокупности действий, выполнение которых заканчивается принятием проектного решения.

Проектная процедура состоит из проектных операций.

Пример проектной процедуры:

- расчет параметров с.-х. машин;
- выбор кинематической схемы;
- оформление сборочного чертежа механизма или узла.

Проектная операция – действие или совокупность действий, алгоритм которых остается постоянным для ряда процедур.

Пример проектных операций:

- решение системы алгебраических уравнений, описывающих статическое состояние механизма, при определении средних нагрузок его элементов или статическое состояние машины при определении реакции поверхности на опоры;
- расчет показателей эффективности вариантов конструктивной схемы;
- вычерчивание типового графического изображения (зубчатого зацепления, шпоночного соединения и т.п.).

Проектное решение – промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования.

Алгоритм проектирования - это совокупность предписаний, необходимых для выполнения проектирования.

Маршрут проектирования - последовательность выполняемых проектных процедур.

Если эта последовательность сохраняется для многих объектов данного класса, что маршрут проектирования является типовым.

Внешнее проектирование - это учет современного состояния техники, возможностей технологии, прогноз их развития на период жизненного цикла машины.

Оно производится на основе изучения потребностей общества, достижений в машиностроении и в смежных отраслях промышленности, имеющихся ресурсов, обосновывается необходимость создания и формируется замысел машины.

Разрабатываются новые идеи и технические решения.

Эта стадия характеризуется умственной творческой деятельностью конструкторов и завершается синтезом концепции создаваемой машины.

Конечной целью внешнего проектирования является разработка технического задания (ТЗ) на проектирование машины.

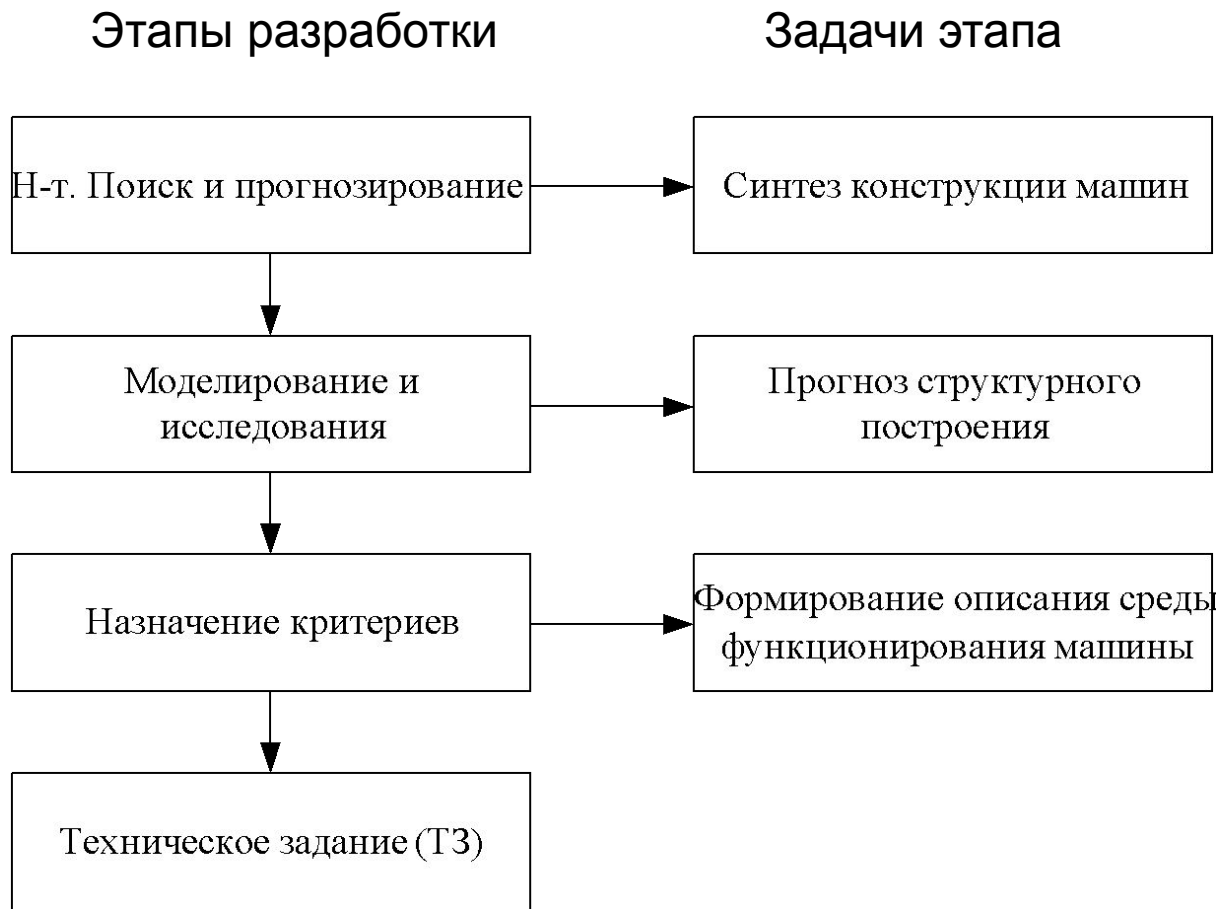


Рис. 1 Схема процесса внутреннего проектирования

Для обоснования эффективности и технических требований к машине проводятся моделирование и исследование вариантов принципиального построения машины с учетом характеристик и условий внешней среды.

Наряду с техническими факторами проводят учет экономических показателей, прогноз стоимости и сроков проектирования и изготовления.

На основе изучения состояния и перспектив научно-технического прогресса группа экспертов формулирует первоначальный вариант, ТЗ на машину.

Внешнее проектирование заключается в конкретизации целей и задач, решаемых создаваемой машиной, синтезе ее концепции и формировании критериев эффективности, определяющего ее характеристики и показатели качества как элемента всей системы машин.

Внешнее проектирование это этап НИР. Во многих случаях этот этап частично включает работы, выполняемые на стадии технического предложения.

Оценка выполнимости ТЗ и рекомендации по его корректировке получают с помощью проектных процедур внутреннего проектирования.

Внутреннее проектирование необходимо для конкретизации основных конструктивных параметров. Оно включает этап ОКР и завершается разработкой рабочего проекта машины.

Внутренне проектирование



Рис.2 Процесс внутреннего проектирования

- **техническое предложение** содержит технико – экономическое обоснование целесообразности разработки машины, уточняет требования к ней, полученные на основании анализа ТЗ и проработки вариантов возможных технических решений;
- **эскизный проект** представляет собой проектную конструкторскую документацию, в которой изложены принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление о конструкции и принципе работы машины, а также данные, определяющие ее соответствие назначению;
- **технический проект** содержит окончательное техническое решение, дающее полное представление о конструкции разрабатываемой машины и включающее данные, необходимые для разработки рабочей конструкторской документации;
- **рабочий проект** включает разработку конструкторской документации и используется для технологической подготовки производства, изготовления , контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта машин.

Рассмотренные стадии и этапы проектирования представлены на схеме (рис.3).



Рис. 3. Стадии и этапы проектирования

Техническую документацию, полученную в процессе проектирования и используемую на различных стадиях жизненного цикла машины, разделяют на исходную, проектную, рабочую, информационную.

Исходная документация – заявка на разработку и освоение продукции, исходные требования, рекомендации по разработке, получаемые в процессе НИР, техническое задание, сван проект.

Последний содержит в себе обоснование разработки и включает пояснительную записку, чертежи, схемы, расчеты и проект ТЗ.

Проектную документацию разделяют на конструкторскую и технологическую конструкторскую. Конструкторскую составляют материалы технического предложения, эскизного и технического проектов, а технологическую – предварительного проекта.

Рабочая документация состоит из конструкторской, технологической, эксплуатационной и ремонтной.

Информационная документация – карта технического уровня и качества продукции, патентный формуляр, карта расчета экономической эффективности и цен новой продукции, каталоги, отчет о патентных исследованиях, экспертных исследованиях, заключения, акты и протоколы об исследованиях и др.

Карта технического уровня включает определение следующих показателей: назначения, надежности и долговечности, технологичности, экономических, эстетических, стандартизации и унификации, патентно – правовых, эргономических.

Проектирование опирается на технические расчеты, которые позволяют определить основные параметры рабочих органов. Рассчитывают исходные данные (например, ширину захвата машины), размеры элементов конструкции (например, рабочих органов).

Проектирование современных сельскохозяйственных машин проводится с решением качественно новых задач с внедрением последних достижений науки и техники. В этих случаях проводятся НИР и ОКР.

В процессе НИР и ОКР разрабатывают метод решения поставленной задачи, полностью проводят процесс конструирования, а также изготавливают действующий макет и испытывают его.

Для принятия решения о постановке новой машины на производство подсчитывают ее экономическую эффективность.

Себестоимость машин зависит как от сложности конструкции, так и от ее технологичности.

Технологичность – это свойство конструкции, позволяющее изготовить изделие с возможно меньшими затратами труда.

Чем сложнее конструкция, тем она менее технологична. Это зависит от типа производства (единичное, серийное, массовое) и от наличия оборудования на заводе – изготовителе.

Стандартизация – это установление единообразия размеров и других особенностей изделия и требований к ним.

В сельскохозяйственном машиностроении стандартизированы рабочие органы, сборочные единицы ходовых систем и др.

Стандартизация обеспечивает взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц, позволяет ограничиваться в процессе производства меньшим числом размеров рабочих органов, повышает серийность и качество выпускаемой продукции, снижает затраты труда при проектировании и изготовлении машин и обеспечивает эксплуатацию.

Унификация – приведение различных видов продукции и средств ее производства к наименьшему числу типоразмеров, марок, форм свойств и т.п.

Унифицировать можно как стандартные, так и оригинальные элементы. Для этого создают конструктивно – унифицированный ряд машин для выполнения одной из технологических операций. В этом ряду одна модель – базовая, а другие – ее модификации, которые различаются в основном конструкцией рабочих органов. Например, зерновая сеялка СЗ – 3,6 – базовая модель, а СЗ – 3,6 (с анкерными сошниками) и СЗТ – 3,6 (с килевидными сошниками) – ее модификации, СЗУ – 3,6.

1.4 Цели системного проектирования

Цель проектирования орудия, конструкторской документации в с.-х. машиностроении – обеспечение поиска оптимальных вариантов изделий в более короткие сроки.

Для ее достижения используются методы системного конструирования, особенности которого заключаются в системной разбивке процесса разработки конструкторской документации на этапы; составление правил, методов и программы для решения частичных задач в рамках этапа.

Системой называют множество элементов выделенных любым способом реальных или воображаемых объектов.

Это условие выполняется, если:

- заданы связи между объектами;
- каждый из элементов считается неделимым;
- с окружающей средой взаимодействует как целое;
- при изменении во времени совокупность будет считаться одной системой.

Конструкторские задачи отличаются от других задач много вариантносью решений. конструирование на каждом этапе сопровождаются проработкой вариантов. Для нахождения оптимального варианта используют системный подход. Он заключается в комплексном учете различных факторов, выявлении взаимодействий и роли частей объекта, а также требований к нему.

Рассматривая сборочную единицу как систему, детали представляются как элементы.

Уровень компактности сборочной единицы зависит от компактности деталей, т.е. уменьшения их габаритов, а также затрат труда и средств при сборке, техническом обслуживании и ремонте.

При этом конструкцию детали рассматривают как совокупность функциональных и структурных частей, принимаемых за подсистемы.

От уровня совершенства конструкции детали во многом зависит качество всей машины.

Проектирование детали состоит из двух процессов расчета и изображения конструкции.

К исходным данным для проектирования детали относятся

- компоновка сборочной единицы (машины);
- характер и вид соединения;
- эксплуатационные режимы;
- прочность и долговечность.



Рис. 4 Схема взаимосвязи исходных данных для проектирования детали

Во взаимосвязи I – III следует учитывать такое положение детали, при котором ее нагрузочный режим будет оптимальным.

В случае его завышения надежность детали может быть недостаточной, и это вызовет необходимость проведения трудоемких операций по ТО и ремонту.

Например, применительно к мобильной технике (трактор, комбайн) показателями характеризующими нагрузочный режим механизмов и деталей, является число включений сцепления, торможений и остановок на единицу обрабатываемой площади.

Взаимосвязи II – I, II – IV, II – V учитывают влияние характера (разъемные или неразъемные) и вида (болтовые, сварные и т.д.) соединения на габариты детали и сборочной единицы, на прочность и долговечность детали.

Взаимосвязи III – IV, III – V односторонние, т.к. они определяют только влияние эксплуатационных режимов на прочность и долговечность детали.

Например, для расчета деталей трансмиссии з/у комбайна на прочность необходимо установить значение максимального крутящего момента. При резком торможении машины без выключения соединения они испытывают дополнительную нагрузку от инерционного момента двигателя.

Взаимосвязь IV – V обуславливается напряжениями, создаваемыми внешними силами, которые зависят от условий эксплуатации, свойств материала, технологий производства и т.п.

Прочность обуславливает работу детали в эксплуатации без поломок и без вредных последствий усталости материала, износа, коррозии, старения и т.

2. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

2.1. Оценка технического уровня с.-х. техники

Разработка высокопроизводительной техники на современном техническом уровне невозможны без использования теории и разрабатываемой методологии научно – технического и экономического прогнозирования и оценки современного уровня с.-х. техники или отдельных ее образцов.

Существуют три понятия технического уровня (ТУ):

- уровень промышленно освоенной техники и технологии,
- уровень технических разработок
- уровень новой техники в перспективе.

Уровень промышленной техники и технологии служит для сопоставления продукции, выпускаемой отечественными предприятиями, с изделиями, выпускаемыми иностранными фирмами, с учетом их технико–экономических показателей.

Для оценки ТУ образца техники необходимо сопоставить фактические показатели образца с расчетными и лучших показателей отечественных и зарубежных образцов.

Это можно составить на основе анализа патентной документации.

Перспективный мировой технический уровень техники – наивысшая степень ее развития, характеризуемая созданными в мире наиболее прогрессивными техническими решениями.

Прогрессивные технические решения олицетворяют закономерности развития техники (применение новых видов материалов и энергии, унификация элемента, автоматизация и т.д.).

Фактический мировой техники (МТУ) – это достигнутая ступень ее развития, характеризуемая совокупностью наиболее прогрессивных технических решений реализованных в разных отечественных и зарубежных образцах.

Определение перспективного (МТУ) сводится к выявлению тех технических решений, которые способны придавать технике наилучшие свойства.

Это включает в себя следующие этапы:

- -поиск соответствующей патентной документации;
- -условия реализации найденных решений в продукции;
- -изображение полученного условного образца (модели) с МТУ на бумаге и краткое описание его с указанием возможных свойств;
- -оценка свойств образца с МТУ.

Оценка образца (модели) с МТУ проводится в следующем порядке:

- составление перечня свойств и их качественных показателей, которые остались неизменными при условной реализации новых технических решений в продукции, с фактическим уровнем развития;
- составление перечня новых свойств, которых можно достичь в результате условной реализации в продукции новых технических решений;
- количественная оценка новых свойств.

2.2. Классификация н.-т. прогнозов

Прогнозы могут быть различной направленности:

- ресурсы;
- общественные потребности;
- промышленный потенциал;
- развитие социальных условий;
- демография;
- экономика.

Первый тип прогноза исследовательский и является концепцией будущего науки и техники.

Он должен выявить и сформулировать новые возможности и перспективные направления н.-т. развития.

Второй тип прогноза - программный.

Он призван придать знаниям прикладной характер, дать оценку сроков и очередности достижения целей.

Например, уровень производительности труда в с.-х. в значительной степени зависит от технико – экономических показателей тракторов. следовательно, перспективы роста их энергонасыщенности, рабочих скоростей и возможностей их реализации– есть исследовательский прогноз.

С других позиций прогноз, позволяющий определить во времени ожидаемое изменение подобных показателей и возможные пути их реализации – это пример программного прогноза.

Организационный прогноз формирует обоснованную гипотезу систему разработки, испытания, производства и внедрения с.-х. техники. Наиболее трудной фазой является оценка размеров финансовых затрат на исследования и разработку.

Прогнозы подразделяются на краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные.

- краткосрочные – разработка системы машин на 5 лет;
- средне – разработка перспектив развития механизации с.-х. на 10-15 лет;
- долгосрочные – определение основных направлений развития с.-х. техники (30...50 лет).

3. МЕТОДЫ НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Наиболее распространены три метода : *экспертная оценка, экстраполяция и моделирование.*

Способ экспертной оценки используется при средне – и долгосрочном прогнозе.

Для краткого промежутка времени применяется способ экстраполяции, где полагается, что будущее является прямым продолжением настоящего.

Моделирование используется при среднесрочном прогнозировании.

В нем большое значение имеют информационные модели. Идея заключается в том, что все находящееся в патентах, проектах, публикациях через 8 ... 10 лет будет в "Металле".

Наибольшая степень достоверности достигается при использовании комплекса способов прогнозирования.

3.1. Метод экспертных оценок

Экспертом является специалист, выработавший в процессе своей научной деятельности определенные представления о направлении развития того или иного вида техники.

(Ведущие специалисты министерств, МИС, НИИ, КБ и др.). За рубежом этот метод широко применяется для прогнозирования различных видов сельскохозяйственной техники.

1. До начала прогнозного исследования необходимо четко сформулировать его цели и задачи.

2. Составить таблицы экспертных оценок с вопросами.

Таблицы преследуют цель получения от эксперта :

- количественно определенные (КО) ответы на предлагаемые вопросы;
- сведения о характере источников аргументации и степени влияния каждого из них на ответ эксперта;
- КО оценку своего знакомства с областью, к которой относится предлагаемый вопрос.

Для этого вопросы классифицируют:

- оценка относительной важности различных разработок;
- оценка времени свершения определенного события;
- оценка «удельного веса» различного вида технических решений;

Источник аргументации	Степень влияния источника на мнение эксперта		
	высокая	средняя	низкая
Проведенный теоретический анализ	X		
Производственный опыт	X		
Обобщение работ отечественных авторов		X	
Обобщение работ зарубежных авторов			X
Личное знакомство с достижениями за рубежом			X
Интуиция		X	

Таблица для ответов

Обработку материалов экспертной оценки проводят следующим способом:

1. Среднее статистическое значение величины оценки определенного технического решения (в баллах):

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=m_j} C_{ij}}{m_j}$$

где: M_j - среднее статистическое значение величины оценки j -го технического решения;

m_j - количество экспертов, оценивающих j -ое решение;

C_{ij} - оценка в баллах i -м экспертом j -го технического решения.

K_{ij} - коэффициент удельного веса j -го технического решения, характеризует долю суммы баллов, полученных данным техническим решением в сумме баллов, полученных всеми техническими решениями.

$$K_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} C_{ij}}{K_{a.э.j} \sum_{j=1}^{j=n} \sum_{i=1}^{i=m_j} C_{ij}}$$

где: n – количество технических решений

2. Определение суммы рангов, назначенных m_1 экспертами j -му техническому решению:

$$S_{Rj} = \sum_{i=1}^{i=m_1} R_{ij}$$

где: R_{ij} - ранг, назначенный i -ым экспертом j -му направлению исследований.

Степень согласованности мнений экспертов о важности определенного технического решения характеризуется коэффициентом вариации:

$$V_j = \frac{\delta_j}{M_j}$$

δ_j -среднеквадратическое отклонение оценок (в баллах), данных j -му техническому решению;

M_j - среднее статистическое величины оценки (в баллах) j -го технического решения.

Среднеквадратическое отклонение определяется по выражению:

$$\delta_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=m_j} (C_{ij} - M_j)^2}{m_j}}$$

3.2. Экстраполяция прогноза

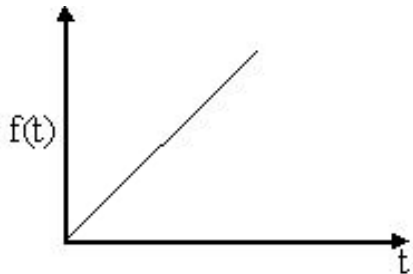
Этот метод прогнозирования служит основанием для построения функциональной зависимости на основе эмпирических данных за предысторию изучаемого процесса и определения по ней значений функций в будущие моменты времени.

Практически для прогнозирования временных рядов широко используются методы регрессионного анализа, скользящих средних, экспонанциального сглаживания.

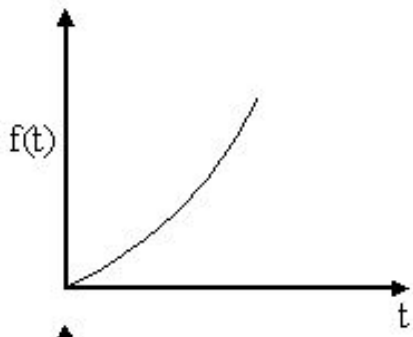
Метод применяется, в основном, для краткосрочного прогнозирования в случаях эволюционного развития прогресса.

Примером могут служить энергонасыщенность с.-х. техники, рабочие скорости, улучшение качественных показателей, изменения потребности в том или ином виде с.-х. техники и др.

Например, если ряд данных по тенденциям среднего роста мощности тракторов определенного назначения имеет продолжительность 12 лет то можно делать прогноз на срок до 4...5 лет.

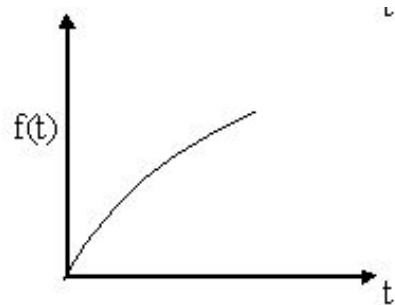


линейный
 $f(t)=a + vt$



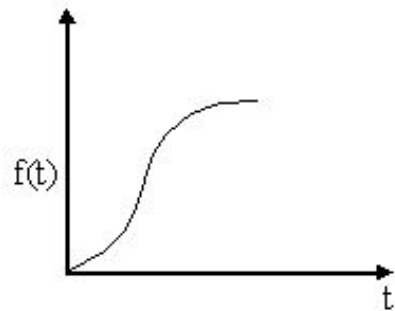
параболический
 $f(t)=c + at + vt^2$

потенциальный
 $f(t)=a + vt^c$



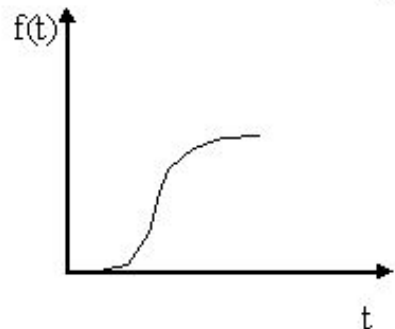
симметричный

$$f(t) = \frac{N}{1 + ae^{bt}}$$



логический

$$f(t) = \frac{N}{1 + \frac{1}{ct^n}}$$



Проведенные таким методом исследования показали, что зависимость массы трактора от его мощности выражается уравнением регрессии:

$$Y = 477,9 + 32,1 X,$$

где: X – мощность, кВт (л.с.)

Y – массы, кг.

С ростом мощности стоимость трактора резко возрастает в связи со значительным усложнением конструкции.

Зависимость стоимости от мощности описывается уравнением:

$$Y = 14486,367 + 161,4539 X + 4,818 X^2,$$

Это позволяет прогнозировать последствия роста энергонасыщенности тракторов.

3.3. Моделирование

Для прогнозирования развития техники используются математические модели, в виде дифференциальных уравнений, различных функций, задаваемые уравнениями прямой, экспоненты, параболы гиперболы и др.

Процессы энерговооружения с.-х. труда, повышения уровня механизации с.-х. производства., энергонасыщенности тракторов, комбайнов и др. подчиняются логическому закону и имеют предел насыщения.

Например, для прогнозирования роста электропотребления в с.-х. предложено пользоваться логистической функцией.

$$W_t = \frac{a}{1 + \hat{a}e^{-\tilde{n}t}}$$

где: a – уровень насыщения;
 \hat{a} и \tilde{n} – коэффициент функции;
 t – время.

В зависимости от характера отображаемых свойств проектируемой машины математические модели разделяют на **функциональные** и **структурные**.

Первые описывают процесс функционирования машины и ее агрегатов и имеют форму систем уравнений.

Они используются в проектных процедурах, связанных в основном с функциональным аспектом проектирования.

Вторые отображают только структуру машины и представляют собой матрицы, графы, списки и т.п.

Они используются при решении задач структурного синтеза, к которым относится большинство задач конструкторского аспекта.

По способам получения функциональные модели разделяют на **теоретические** и **экспериментальные**.

В зависимости от учета инерционных свойств объекта модели относят к **динамическим**, или **статическим**.

Динамическую модель представляют системой *дифференциальных* или *интегральных* уравнений.

Статическую – системой *алгебраических* уравнений.

Математические модели, содержащие нелинейные функции относят к классу нелинейных.

Их линеаризуют нелинейные функции и используют линейные модели

По мощности множества значений переменных математические модели относят либо к непрерывным, либо к дискретным.

Математические модели можно представить в инвариантной, алгоритмической, аналитической и графической форм

5. Обоснование внешних характеристик машин

5.1. Обеспечение требуемой агрегатируемости

Метод агрегатирования и тяговый класс трактора устанавливается техническим заданием.

Рабочие машины участвуют в выполнении технологических операций в составе агрегата, то к агрегату предъявляются требования, для выполнения которых машины, входящие в агрегат, должны движение в заданном режиме и обеспечивать требуемую производительность.

Поскольку тяговый класс трактора предопределяет мощность, то управляющим фактором режима движения может быть ширина захвата агрегата.

При этом производительность будет предопределяться при заданной ширине захвата, скорости движения и коэффициентом использования времени смены.

B =

5.1.1. Обоснование ширины захвата агрегата

Обязательным условием является назначение проектируемой машины.

Должен быть указан тяговый класс энергетического средства с которым должна агрегатироваться машина.

В требованиях к устройству оговаривается вид соединения машины в агрегате (полунавесная, прицепная, навесная, самоходная)..

$$B = \frac{P\eta}{K}$$

B – ширина захвата агрегата, м.

K – удельное сопротивление машин агрегата, кН/м.

η - коэффициент использования тягового усилия.

P – тяговое усилие скорости на крюке (кН), соответствующее скорости V.

5.1.2. Обеспечение требуемой производительности

Для мобильных агрегатов:

$$W=0,1BVT_1, \quad \text{га/час}$$

где: T_1 – коэффициент использования рабочего времени (смены).

При проектировании целесообразно учитывать коэффициент использования времени агросрока, что позволяет учесть влияние всех факторов:

$$T_1 = \frac{t_p}{t_a}$$

где: t_p – время чистой работы агрегата в период агросрока, ч.

t_a – время агросрока, ч.

Длительность агросрока обосновывается агрономическими и экономическими службами. Она может быть подсчитана:

$$t_a = (t_2 - t_1 + 1) \alpha t_c$$

где: t_1 и t_2 – соответственно календарные сроки начала и конца выполнения операции;

t_c – количество часов работы агрегата в течение суток.

α – Коэффициент учитывающий возможность использования агросрока

