**План работы**

[Введение](#_Toc268824240)

1. [Требования к САПР и принципы ее разработки](#_Toc268824241). [Роль тезауруса и САПР](#_Toc268824242)
2. [Этапы и процедуры проектирования самолетов и необходимость их автоматизации](#_Toc268824243)
3. [Необходимость и проблемы декомпозиции конструкции самолета в процессе его автоматизированного проектирования](#_Toc268824244)
4. [Проблемы моделирования и типы проектных моделей самолета](#_Toc268824245)

[Список литературы](#_Toc268824246)

# Введение

Многочисленные исследования и статистические наблюдения процессов проектирования летательных аппаратов (в данном случае – самолетов) и технологических процессов для их изготовления дают полное основание судить о целесообразности использования информационного тезауруса в этих процессах, а особенно при проектировании – в системах автоматизированного проектирования (САПР). Здесь наряду с конструктивно-техническим и математическим описанием облика самолета, требуется и функциональное его описание с позиции функции (полезного действия, свойства или состояния), то есть в соответствии с техническим заданием (ТЗ) на проектирование самолета, формулируется его главная функция и далее при декомпозиции его конструкции по иерархии, формулируются функции как конструктивные, так и технологические, начиная от общей конструкции самолета до деталей и их элементов. Это позволяет при автоматизированном проектировании более полно описывать конструктивно-техническое решение того или иного агрегата, узла, детали, сборки, подсборки, и конструкции самолета в целом. То же самое характерно и при проектировании оснащения для изготовления самолета и, конечно, для проектирования технологических процессов. Следовательно, ниже рассмотрим основные моменты использования САПР для проектирования конструкторско-технологических разработок для создания авиационной техники с использованием информационного тезауруса, а также приведем полную последовательность функционирования САПР от требований к ее разработке до непосредственной эксплуатации, с целью обоснования необходимости разработки тезауруса по конструкции самолета, оснащения на его изготовление, технологических процессов и др.

# 1 Требования к САПР и принципы ее разработки.

# Роль тезауруса и САПР

При проектировании авиационной техники, по мере накопления опыта решения задач на отдельных этапах проектирования и управления разработками, развития теоретических основ построения проектирующих систем (то есть САПР), совершенствования программного и технического оснащения САПР появляется возможность все ближе подходить к использованию интегрированных САПР с полным информационным обеспечением в виде упорядоченной совокупности математического и электронного моделирования самолета, и информационного тезауруса. Организация, наряду с математическим и электронным моделированием, информационного тезауруса по конструкции самолета, обеспечивает удовлетворение одного из важных требований при использовании САПР в практике проектирования – это наличие полной информации о проектируемом объекте (самолете) еще до его создания в металле, то есть априорное моделирование самолета в условиях полной информации (определенности). Для преодоления психологического барьера на пути использования САПР при проектировании конструкции самолета, конструкторские бюро принимают самое непосредственное участие в организации информационного тезауруса по всей конструкции самолета от общих технических требований к его конструкции до проведения комплексных и летных испытаний, то есть по всей проектно-технологической цепи создания самолета, с целью наполнения информационной базы САПР объективными техническими решениями – комбинатами технических решений, с соответствующей взаимоувязкой всех конструктивных, технологических, математических (информационных) компонентов для функционирования САПР-КТР.

Разрабатывая дополнительные подсистемы или адаптируя существующие подсистемы САПР, необходимо с самого начала использования САПР обеспечивать их аппаратурную, программно-техническую и информационную совместимость для всех этапов проектирования, предусматривать возможность обеспечения пользователей-проектировщиков всей необходимой информацией:

справочной, архивной, оперативной и др.

Поскольку процесс проектирования самолета является весьма, коллективным, поэтому важным требованием, предъявляемым к САПР-КТР, является обеспечение возможности параллельного ведения нескольких проектных задач с автоматическим распределением ресурсов системы между заданиями, а также совместного решения одной задачи несколькими исполнителями (например, комплексная система проектирования авиационной техники – САТIA). В этой связи, САПР должна обеспечивать возможность реализации различных стратегий процесса проектирования и обеспечивать возможность: выполнения рабочих процедур оптимизации технических решений при проектировании конструкции самолета; совершенствования процесса проектирования конструкций отдельных типовых агрегатов при модификации самолета; высокую надежность процесса проектирования, качество проектирования, быстродействие и эффективность по отношению к ручному проектированию.

На основании вышеизложенного, сформулируем основные принципы для разработки (а в случае использования заимствованной САПР типа САТIA), или адаптации САПР. К ним относятся следующие: принцип включения, принцип системного единства, принцип развития (и саморазвития), принцип комплексности, принцип совместимости, принцип информационного единства, принцип стандартизации и унификации различных подсистем.

Принцип включения предусматривает возможность включения САПР в более сложную систему – САПР проектной организации (САПР-ПО), которая и определяет требования и стратегию к ее созданию, адаптации и использованию, функционированию, например, совместно с АСТПП, и дальнейшему развитию и самоорганизации, и др.

Принцип системного единства заключается в том, что при создании (или адаптации), функционировании и развитии САПР связи между входящими в нее подсистемами обеспечивают целостность системы.

Принцип развития состоит в том, что САПР разрабатывают (развивают) с учетом возможности ее адаптации на различные отрасли машиностроения (такие как UNIGRAphiks, CATIA, CIMATRON и др.), совершенствования и обновления компонентов САПР, развития и элементной и информационной базы,

программного и математического обеспечения и связей между ними.

Принцип комплексности предполагает обеспечение согласования и связности отдельных элементов (компонентов) и всего объекта в целом на всех стадиях проектирования с помощью соответствующих подсистем САПР (например, в системе CATIA – подсистема «Проектирование», подсистема «Производство прочностных расчетов»; подсистема «Конструкторская документация» и др.).

Принцип совместимости заключается в обеспечении совместности ункционирования всех подсистем САПР и сохранении открытой структуры системы в целом (например, в системе CATIA – более 100 подсистем, притом амостоятельных, работающих как отдельная система). Это достигается соответствующим согласованием интерфейсной связи, символами (даже машинными языками), информационными и структурными связями между подсистемами компонентами САПР. Например, наличие совершенно совместимых между собой подсистем «Конструкторская документация», «Проектирование», «Производство прочностных расчетов» и др., в системах высоких версий, таких как

CATIA, UNIGRAphiks, CIMATRON, CADDS-5 и др., позволяет создавать единую систему проектирования и разработки проектной документации, такую как – автоматизированная система конструкторско-технологической документации авиационного производства (АСКТД АП).

Принцип информационного единства состоит в том, что в подсистемах и компонентах различных САПР необходимо использовать единую систему терминов, символов, условных обозначений, проблемно-ориентированных языков программирования и способов представления информации, установленных государственными, международными стандартами и отраслевыми нормативами документами (ОСТ). Принцип информационного единства предопределяет организацию и создание информационного тезауруса и в частности, тезауруса по конструкции самолета.

Принцип стандартизации и унификации заключается в проведении типизации, унификации и стандартизации подсистем и компонентов САПР, инвариантных к проектируемым объектам и отраслевой специфике (или к предметной области проектирования и управления разработками), а также выработке соответствующей методологии (совокупности процедур, правил и методик проектирования) с целью упорядочения деятельности в области создания, адаптации и развития САПР конструкторско-технологическими разработками.

Совершенно важным принципом разработки, адаптации и развития САПР-КТР является обеспечение эргатичности, то есть возможности абсолютной совместимости пользователя-проектировщика с машинной системой (то есть САПР) при работе в интерактивном и оперативном режиме диалога и др.

Процесс разработки проекта самолета и его составляющих, в том числе технологического оснащения и технологических процессов – это творческий акт или процесс, и он никогда не может быть формализован до конца. В этой связи, наряду с конструктивно-техническим и математическим описанием конструкции самолета или любого другого летательного аппарата (ЛА), необходимо еще функциональное описание объекта (самолета) и его элементов на языке выполняемых функций и их отношений, то есть необходим информационный тезаурус – словарь типовых формулировок проектно-технических и управленческих функций по конструкции любого ЛА. Это обеспечит возможность получить дополнительную информацию об объекте проектирования при использовании САПР-КТР.

# 

# 2 Этапы и процедуры проектирования самолетов и необходимость их автоматизации

Техническая необходимость в проектировании нового типа самолета возникает по двум основным причинам:

1. Происходит моральное устаревание существующих типов самолетов, а также появляются новые прочные облегченные материалы, новые технические решения и возможности, реализация которых обещает повышение технико-экономических показателей производства самолетов и их эксплуатацию, а также улучшение транспортной системы страны в целом.

2. Решение народно-хозяйственных и военных задач, ставит перед авиационной техникой условия безусловного выполнения ее главных функций в современных условиях – это экономичность, максимальная функциональность

(надежность, качество, эффективность, ремонтопригодность и долговечность), с возможностью взаимозаменяемости агрегатов, модернизации и доработки как в заводских условиях, так и на базах эксплуатации (то есть на боевом посту). Современные типы самолетов должны удовлетворять новым требованиям, например, перевозимых грузов, способность посадки на грунтовые аэродромы; для военных самолетов – возможность кратчайшего разбега по взлетно-посадочной полосе, либо вертикального взлета. Например, самолеты транспортной авиации типа «Руслан» удовлетворяют современным требованиям по перевозке крупногабаритных грузов, но имеют очень малую вероятность посадки на грунтовые взлетно-посадочные полосы и т.д.

Известно, что ключевым элементом процесса создания самолета является его проект, то есть разработка проекта как в ручном режиме, так и в автоматизированном. Разработать проект современного самолета – это значит разработать полный комплект проектно-конструкторской и технологической документации как при бумажной технологии, так и на машинных носителях, позволяющий осуществить создание самолета в металле и производить его эксплуатацию. Классически, техническая документация – это лишь конечный результат сложного и длительного процесса проектно-конструкторской деятельности создателей самолета, направленный на разработку проекта ранее не существовавшего объекта (самолета), системы и процесса. Поэтому всегда процесс проектирования любого объекта – это эволюционный цикл обновления.

Понятно, что современные проекты самолетов и другой сложной техники машиностроения, создать без использования систем автоматизации невозможно, поэтому степень автоматизации процессов проектирования во многом определяется не столько возможностями современных САПР, сколько возможностью формализации той или иной проектной задачи, то есть умением проектировщика дать достаточно строгую постановку задачи проектирования и четкий завершенный алгоритм ее решения, с использованием максимальных сведений о типовой конструкторской задаче, то есть использовании сведений о проектируемом изделии (самолете) – тезаурусе.

После определения цели проектирования, проектировщик, опираясь на информацию – тезаурус, а также творческие способности формирует главную идею, то есть концепцию будущего самолета, намечая возможные варианты (альтернативы) решения проектной задачи, используя систему автоматизации проектирования, адаптированную для решения конкретной проектной задачи.

После выбора варианта в современных условиях с использованием критериев функциональности и стоимости, строятся априорные математические и электронные (физические) модели, производится их функциональное описание, анализируются избыточные, недостающие и критические функции будущего самолета; определяются проблемы, требующие дополнительных научных исследований. Следующим крупным этапом является процесс исследования априорной модели, с проведением необходимых прочностных и других расчетов, расчетов технико-экономических и др. Завершающим результатом процесса проектирования (этапом проектирования) является анализ результатов исследований и выдача рекомендаций проектной организации для определения оптимального проектного решения и принятие решения на окончательную разработку проектно-конструкторской и технологической документации на изделие (самолет).

При проектировании самолетов, математическое моделирование, естественно, базируется на известных закономерностях прикладных авиационных наук, таких как «Аэрогазодинамика и динамика полета», «Теория принятия решений», «Теория полета», «Исследование операций» и других специальных науках, используемых при проектировании и расчете самолетов.

Соотношение математического и физического моделирования (электронного моделирования) определяет в значительной степени возможности формализации последующих этапов проектирования. Особенно, электронное моделирование предопределяет производство всех расчетов еще до создания проекта и изготовления опытного образца в металле. Так, например, если цель проектирования удается количественно выразить через критерий – функцию проектных параметров, то задачу принятия оптимального решения о конкретных значениях этих параметров можно свести к задаче отыскания такого сочетания параметров, при котором критерий достигает экстремального значения.

Таким образом, в общем процессе проектирования самолета имеется целая сеть проектных процедур, которые могут быть формализованы, с использованием информационного тезауруса в условиях автоматизированного проектирования конструкторско-технологических разработок самолета (САПР-КТРС).

# 

# 3 Необходимость и проблемы декомпозиции конструкции самолета в процессе его автоматизированного проектирования

Самолет, как и любой другой технический объект машиностроения, является объектом проектирования и представляет собой сложную техническую систему, обладающую развитой иерархической структурой. При системном подходе решение задач определенного иерархического уровня требует строить всю иерархию системы – самолет. Здесь необходимо рассматривать системы и подсистемы самолета более высоких иерархических уровней, например, транспортную систему и ее подсистему – авиационно-технический комплекс. В свою очередь самолет рассматривается как исходная (базовая) подсистема, где можно выделить по уровням иерархии такие подсистемы, как планер, силовые установки, снаряжение, оборудование, авионику, систему-шасси и т.д. Каждая из этих подсистем при проектировании подвергается декомпозиции, то есть расчленяется на ряд еще более мелких подсистем (составляющих), элементов, агрегатов и узлов.

Иерархические уровни связаны между собой двумя типами отношений.

Первый тип характеризует структуру системы и упорядочивает состав его элементов, блоков, агрегатов и связь составляющих конструкции между собой. Вместе с тем всякая структура создается для выполнения определенных функций (полезных действий, состояний или свойств). Например, конструкция крыла выполняет функции: «передавать нагрузки», «создавать силу (подъемную)», «размещать топливо» и др.

Таким образом, все элементы подсистем и их отдельные элементы по уровням иерархии связаны между собой функциональными соотношениями,

Каждому иерархическому уровню соответствует свой перечень задач, решение которых необходимо для принятия соответствующих этому уровню проектных решений, а тем более в условиях функционирования САПР-КТР при создании конструкции самолета. Поэтому при автоматизированном проектировании конструкции самолета важным, с точки зрения формализации аспектом, является его иерархическая структура и вытекающая из нее многоэтапность проектирования.

Здесь согласуются действия с подготовкой производства самолета, то есть подготовки предпосылок создания средств технологического оснащения, технологических процессов и другой проектно-технологической продукции, а также разработка проекта типовых технологических функций для организации информационного тезауруса по конструкции и технологии изготовления самолета.

# 

# 4 Проблемы моделирования и типы проектных моделей самолета

Понятие формализации проектирования включают описание объекта и процесса его проектирования с помощью графического языка, чисел, букв, кодов и других символов, то есть сочетание идеографической совокупности функций проектных решений и функции технологических, и др. Следовательно, для описания детализации конструкции, каждому уровню иерархии ставится степень соответствия знаков, набор символов и обозначений, а также проектно-технологических функций, с помощью которых осуществляется это описание. То есть структуру самолета, его форму, размеры можно описать, например с помощью функций или конечного числа таких символов, которые называются параметрами. Свойства же конструкции самолета или его подсистем (агрегатов, готовых изделий и т.п.) можно описать с помощью другого набора символов, называемого характеристиками, которые в свою очередь можно выразить через функцию (как полезное свойство, состояние или действие).

Декомпозиция (расчленение) системы на иерархические уровни облегчает решения отдельных задач, например, задачи подготовки производства, которая является производной от процесса проектирования самолета и базовой структуры процесса производства. Однако, здесь требуется учет всех существующих связей между расчлененными (иерархическими) уровнями, с целью упрощения и оптимизации процессов подготовки производства; проектирование средств технологического оснащения, технологических процессов на изготовление и др.

Рассмотрим характер связей для этапов разработки технического задания (ТЗ), разработки технического предложения, эскизного проекта, математической и электронной моделей (рис.1.3).

Разработка ТЗ

Разработка технического предложения и обоснования

Разработка эскизного проекта

Математическое, электронное моделирование, организация тезауруса

Здесь прямые связи являются выходной информацией – результатом проектирования (обозначены сплошными линиями) для верхнего уровня и входной информацией – для нижнего уровня. Обратные же связи – наоборот (обозначены пунктирными линиями). Для верхнего уровня прямые связи представляют собой искомые переменные – оптимизируемые параметры, для нижнего уровня, как бы, дисциплинирующие условия, что является основой для формулирования критериев и ограничений при решении задач проектирования данного условия. Так, например, прямые связи между уровнями разработки ТЗ и технического предположения – это переменные, характеризующие потребные летно-технические и другие характеристики, регламентируемые техническое задание на проектирование. Прямые связи между уровнем разработки технического предложения и уровнем разработки эскизного проекта отражают решения по проекту, которые необходимо принять, прежде чем приступить к эскизному проектированию. Они включают в себя численное, графическое, морфологическое и функциональное описание, подтверждающее возможность или уровень выполнения технического задания и т.д.

Поскольку проектирование традиционно ведется сверху вниз (то есть, начиная с облика самолета до деталей), то информация соответствующая обратным связям, носит характер прогноза или априорного моделирования.

Проектирование же на каждом уровне направленно на подтверждение заявленных на более высоком уровне характеристик. Прогнозный характер информации требует наличия итерационных циклов и подтверждения заявленных на более высоких уровнях характеристик. Это определяет второй важный аспект с точки зрения формализации процесса проектирования – это итерационный характер. Но итерационный характер проектирования с использованием САПР не совсем желателен, так как он ведет к увеличению сроков разработки проекта и его стоимости, поэтому заранее в базу данных САПР должны быть внесены различные альтернативные технические решения по функции самолета, то есть информационная база САПР должна быть начинена множеством комбинатов технических решений – комбинаторными файлами, с исчерпывающим информационным тезаурусом по конструкции самолета. Поэтому на этапе математического и электронного моделирования различных элементов конструкции самолета, необходимо учитывать принципы системного подхода, то есть выполнять декомпозицию конструкции, отличающейся высокой степенью детализации, с учетом в моделях конструктивных и технологических факторов и связей между ними, то есть математические и электронные модели при проектировании самолета должны подчиняться также принципам иерархичности построения.

Одной из важнейших электронных моделей при проектировании самолета является геометрическая модель. Важность ее определяется формированием облика проектируемого самолета, его внешними формами и размерами, что при расчетах определяет его летные свойства, что является своеобразным «ребром», соединяющим вершины множества, то есть проектом и реализацией проекта. Геометрическая модель описывает отношения между параметрами самолета, характеристиками его формы и размерами, что помогает проектировщику определить обводы, площади, объемы, поперечные сечения самолета и его многочисленных агрегатов и систем. Геометрическая модель является основной базой для производства расчетов: весовых характеристик, прочности, компоновки самолета и др., а также для графического отображения результатов проектирования и, как следствие, для разработки средств технологического оснащения, математических управляющих программ для станков с ЧПУ, технологических процессов и др. Здесь весовая модель, например, обеспечивает расчет общей массы самолета и ее составляющих по функции в соответствии с весовой сводкой, степень детализации которой определяется одним из этапов разработки проекта самолета. Также, на стадии математического и электронного моделирования рассчитывается и проектируется аэродинамическая модель, которая служит для расчета аэродинамических характеристик самолета в полетной и взлетно-посадочной конфигурациях. В ее основе заложены связи между параметрами формы и размерами самолета, а также связи между режимами полета и характером действующих на самолет сил моментов (то есть, их величиной и законами изменения). Следующая электронная модель – это модель силовой установки которая делает возможным расчет высотно-скоростных и расходных характеристик двигателей. Она основана на связях между геометрическими и газодинамическими параметрами двигателей разного типа и их тягой и расходом топлива на различных режимах полета и высотах полета (высотах оптимальных для данного типа самолета).

Весовая, аэродинамическая модели и модель силовой установки обеспечивают расчет априорных силовых факторов, действующих на модель самолета, что позволяет при проектировании самолета решать задачи по определению общих показателей маневренности, траектории полета, взлетно-посадочных характеристик, характеристик его устойчивости, управляемости и живучести, и др. При формировании в процессе электронного моделирования облика самолета важную роль играет модель компоновки и центровки, обеспечивающая взаимную пространственную увязку основных компонентов самолета с учетом удовлетворения противоречивых требований аэродинамики и прочности, устойчивости и управляемости, эксплуатационной и промышленной технологичности. Для оценки вариантов проектно-конструкторских решений применяются критерии функциональности и стоимости и другие технико-экономические показатели технического совершенства самолета. Для их расчета следует использовать структурно-функциональные (эффективные) модели, с использованием методологии функционально-стоимостной инженерии.

# Список литературы

1. Вигдорчик С.А. Технологические основы проектирования и конструирования самолетов. – М.: Изд. МАИ, 2009.
2. Глаголев А.Н., Гольдинов М.Я., Григоренко С.М. Конструкция самолетов. – М.: Машиностроение, 2008.
3. Никифоров Т.Н., Котылев Г.В. Конструкция самолетных агрегатов. – М.: Машиностроение, 2007
4. Проектирование самолетов / Под ред. Егера С.М.. – М.: Машиностроение, 2006.
5. Шульженко М.Н. Конструкция самолетов. – М.: Машиностроение, 2007.