

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ

En

The project tasks belong to the class of inverse tasks. The goal of these tasks is investigation of the source parameters of investigated object, with which the needed results could be received. Their solving based on preset result. Naturally such tasks as a rule have a many solves from which the optimum must be selected. At that the criteria for selecting of optimal solve often go beyond the investigated object. The solve of any inverse tasks have iteration character which leads to a sharp increase of count of transactions in the project data management system of the complex technical object. Accordingly the time of data communication is becoming main factor which critically affects on the common time of designing.

The main feature of the modern CAE-systems which used in design of complex technical objects is that they have not the interface with the data base management systems. As result process of the data exchange between the analyzed models includes the many "manual" operations. It significantly complicates coordination of the project models what makes the users make the data exchange through the files or paper documents. At that the use of such data exchange means leads to significant raise of count of errors that related to data identification and impossibility effective data management. In the case of use the data base management systems for processing and sending requests the receiving of needed information all the same is impossible without the people's participation. This is due that the information that transmitted on requests in project data management systems as a rule missing in a project data base. In addition this information can not be obtained by the way of standard manipulations with existing data and requires the execution of project operations as part of the design process. At that the standard universal analyze applications can't be used. The use special applications are limited by the features of used IT that has not effective means for setting links between the applications and calculation models.

As the result of executed analyze it was concluded that for decrease of time of data exchanging during aircraft designing the maximal decrease of the count of commutation nodes in data communication system and automation of project information obtaining is needed, for that needed the use IT that are enables efficiently operate a large number of specialized applications.

Ua

У статті досліджуються основні особливості процесу проектування складних технічних об'єктів, до яких відноситься планер літака, і пов'язані з ним схеми обміну даними між проектними моделями. Показано, що для скорочення часу обміну даними в процесі проектування потрібно використовувати інформаційну технологію, що дозволяє ефективно оперувати великою кількістю спеціалізованих програмних модулів.

¹ НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», кафедра приладів та систем керування літальними апаратами

Введение

Один из способов классификации научных и технических задач заключается в делении их на два основных класса: *прямые* задачи и *обратные* (оптимизационные) задачи.

К классу *прямых задач* относятся, прежде всего, научные задачи и учебные задания, в том числе и те, которые решаются студентами ВУЗов. Целью таких задач является получение каких-либо результатов по заданному алгоритму, при заданных исходных параметрах объекта исследования. То есть при решении таких задач важен любой результат. Как правило, такие задачи имеют единственное решение. Включение прямых задач в учебный процесс помогает студентам изучить научные методы исследования состояния объектов проектирования. В качестве примеров прямых задач можно привести такие задачи:

- оценка аэродинамических характеристик транспортного самолета заданной конфигурации при заданных условиях полета;
- определение напряжений в силовых элементах каркаса планера транспортного самолета при заданных нагрузках.

Проектные задачи относятся к классу *обратных задач*. Целью таких задач является исследование вариантов исходных параметров объекта исследования, при которых могут быть получены необходимые результаты. Решение таких задач основано на *заданном результате*. Естественно, что у таких задач, как правило, множество решений, из которых необходимо выбрать оптимальное. При этом критерии выбора оптимального решения часто входят за рамки объекта исследования.

В статье исследуются основные особенности процесса проектирования сложных технических объектов (СТО), к которым относится планер самолета, и связанные с ним схемы обмена данными между проектными моделями.

Схемы разработаны для структуры данных, сформированной на основе функционального принципа декомпозиции, описанного в [1], который позволяет автоматически передавать исходные данные различных элементов конструкции СТО на основе данных, получаемых путем декомпозиции процесса ввода исходных данных, с использованием специализированного пользовательского интерфейса проектной модели. При этом обеспечивается автоматический синтез моделей сборок на основе локальных моделей деталей и подборок.

Приведенные схемы позволяют сформулировать задачи разработки и согласования форматов обмена данными, а также задачи разработки алгоритмов установления связей между объектами проектной базы данных (БД) планера самолета и формирования перечней режимов работы объектов, содержащих локальные проектные модели.

Анализ проблемы

Решение всякой обратной задачи имеет *итерационный характер*. В случае проектирования, оптимальное решение находится методом последовательной оценки множества вариантов проектных решений. Характерным признаком этого метода является *цикличность* (рис. 1).

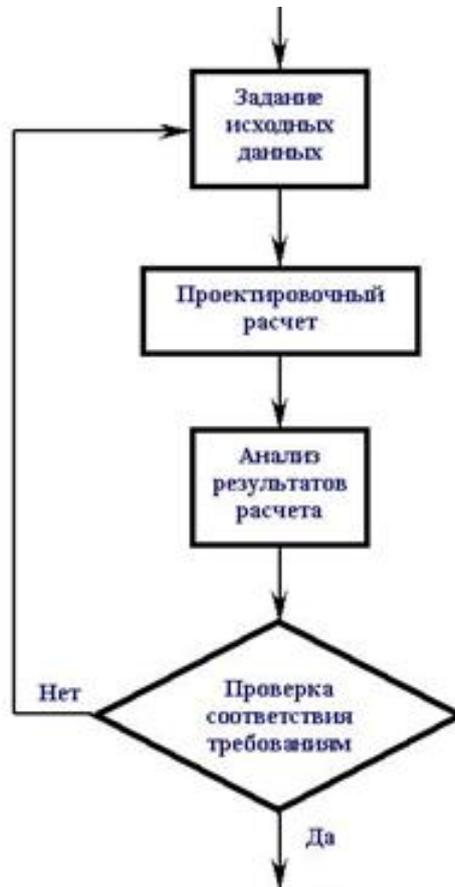


Рис. 1. Типовой итерационный алгоритм решения проектной задачи

Процедура выбора вариантов повторяется до тех пор, пока не будет найден вариант, наиболее удовлетворяющий всем требованиям, которые предъявляются к проектируемому агрегату, системе или модели. Как правило, найденный вариант является компромиссным. При этом большую роль играет субъективный фактор, зависящий от уровня квалификации проектировщиков. Современный уровень развития информационных технологий (ИТ) проектирования все-таки не позволяет полностью исключить из схемы межмодельного обмена данными ряд промежуточных этапов связанных с преобразованием данных. Проблема в том, что современные ИТ рассматривают проектную модель в виде некоторой структуры данных, например, чертежа или файла, содержащего 3D-модель. Вне зависимости от того, какой тип носителя информации применяется для хранения модели, схема обмена данными между моделями обязательно должна включать «субъективные элементы», т.е. людей (рис. 2):

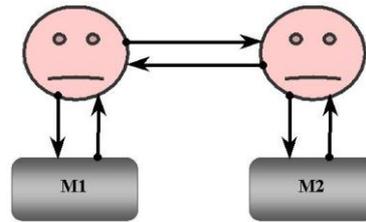


Рис. 2. Минимальная схема обмена данными между моделями

Однако, такая схема обмена данными возможна только в том случае, когда модель хранится в виде, который воспринимается человеком непосредственно, например, в виде чертежа или текста.

В процессе перехода к новым технологиям хранения и обработки данных возникла необходимость преобразования данных из той формы, в которой они хранятся на электронных носителях, в форму, годную для человеческого восприятия. Обычно для этого используется соответствующее программное обеспечение (ПО) (рис. 3):

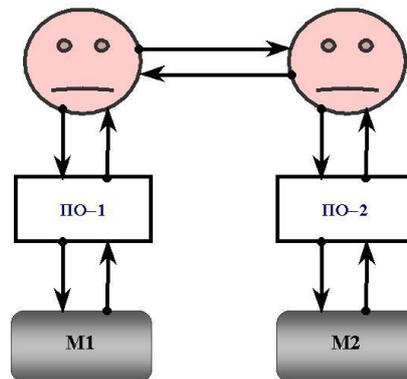


Рис. 3. Минимальная схема обмена данными между компьютерными моделями

Несмотря на увеличение количества узлов преобразования данных, использование компьютерных ИТ обеспечивает увеличение скорости циклического обмена данными между моделями, потому что, кроме преобразования данных, ПО выполняет большой объем аналитических и вычислительных процедур.

Одна из основных проблем «ручной» технологии обмена данными между моделями связана с поиском данных. Например, для поиска нужного чертежа в архиве требуется выполнить ряд стандартных процедур, в частности:

- поиск в каталоге номера нужного документа;
- составление и оформление служебной записки в архив;
- получение экземпляра документа, *если в архиве имеется «свободный» экземпляр*, либо, получение информации о месте нахождения одно–двух работников ОКБ, которым были выданы экземпляры документа;

- переговоры с работниками, имеющими экземпляры документа, о временной его передаче в ваше распоряжение;
- ожидание возможности временного получения документа и т.д.

Нередко такая процедура получения документа растягивается на неделю и более.

В случае использования компьютерных технологий хранения проектных моделей процедура поиска и получения экземпляра необходимого документа может быть многократно ускорена путем использования систем управления базами данных (СУБД). Однако это возможно только в случае использования небольшого количества программных модулей. Если пользователь оперирует большим количеством программных модулей, возникает проблема поиска нужного модуля (рис. 4):

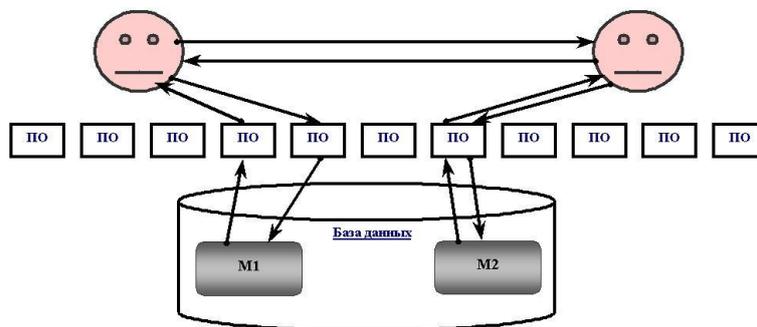


Рис. 4. Схема обмена данными между моделями при использовании множества программных модулей

В современных операционных системах (ОС), например, *Windows*, эта проблема частично решается путем инсталляции ПО, в процессе которой устанавливаются связи между типами программных модулей и типами файлов данных. Иногда один тип программного модуля связывается с несколькими типами файлов данных. Однако, такая технология не позволяет связать с одним типом модели более одного программного модуля. Кроме того, эта технология не дает возможности подключать алгоритмы динамически, когда программные модули связываются с данными непосредственно в процессе их анализа и обработки.

Анализ нерешенных вопросов

Не смотря на то, что основной объем операций проектирования СТО составляют различного рода расчеты, современные программные САЕ-комплексы не имеют интерфейса с СУБД и не поддерживают необходимый набор функций управления данными. Это существенно затрудняет процесс согласования проектных моделей, вынуждая пользователей обмениваться данными через файлы или бумажные носители.

Обмен данными через файлы требует не только тщательного согласования имен файлов, но и мест их размещения в компьютерной сети

предприятия. При этом требуется обеспечить прямой доступ пользователей к файловым системам компьютеров, что очень нежелательно, особенно в рамках крупной информационной системы. Это объясняется тем, что, в отличие от СУБД, функции разделения доступа к данным, поддерживаемые операционными системами не обеспечивают эффективную защиту данных без серьезного ущерба для удобства работы пользователей и производительности информационной системы. Кроме того, организация доступа широкого круга пользователей к файловым системам компьютеров в рамках корпоративной сети подразумевает наличие у этих пользователей достаточного опыта работы с сетевым программным обеспечением. Существенно возрастает нагрузка на системных администраторов, которые в этом случае вынуждены заниматься не свойственными им функциями администраторов баз данных. Все это приводит увеличению количества ошибок поиска и идентификации данных [2], что связано с ограниченными возможностями файловых систем, использующих фиксированные перечни атрибутов файлов, недостаточные для их эффективного поиска и идентификации. Наконец, возникают серьезные проблемы со своевременной актуализацией данных, поскольку копирование информации во временный файл, как правило, происходит вне основного процесса анализа данных и его своевременность часто зависит от внимательности исполнителей.

Особенностью процесса проектирования является то, что изменения конструкции планера транспортного самолета не ограничиваются только прочностными параметрами его элементов. При этом возможны существенные изменения номенклатуры и пространственного расположения конструктивных элементов (лонжеронов, нервюр, стрингеров и т.п.). В результате меняется вся модель распределения пространства, что не возможно без согласования с другими группами разработчиков, участвующих в проектировании данного СТО. Поэтому, в случае оптимизации структуры планера, задача автоматизации обмена данными между фрагментами общей проектной модели становится особенно актуальной. Возможны два метода корректировки локальных моделей: полная замена на новые либо корректировка номенклатуры и параметров существующих локальных моделей с учетом изменений в общей модели. В случае использования САЕ-систем, следует применять первый метод корректировки, поскольку второй метод требует обмена данными произвольного формата, зависящего от конкретных изменений в конструкции, для чего необходимы специальные системы управления данными. В случае использования первого метода, согласование положения и конфигурации локальных моделей происходит автоматически, путем привязки к общей модели. Тем не менее, время корректировки общей модели становится равным времени ее создания, вне зависимости от сложности корректировки конструкции.

Постановка задачі

Целью данного исследования является определение путей обмена данными в системах проектирования СТО, роли субъективных факторов, влияющих на эффективность обмена данными и обоснование основных способов повышения эффективности обмена.

Особенности процесса проектирования

Цикличность вообще является наиболее характерным признаком процесса проектирования. При этом можно выделить различные уровни цикличности: внутримодельный цикл, циклическое взаимодействие моделей, циклическое взаимодействие групп моделей (рис. 5):

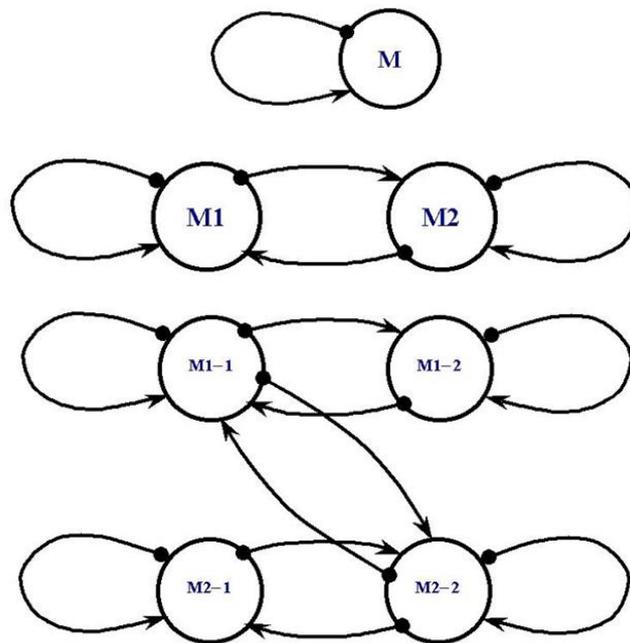


Рис. 5. Циклические схемы обмена данными в процессе проектирования

Условно, процесс проектирования транспортного самолета можно разбить на четыре основных этапа: разработка и согласование технического задания, эскизное проектирование, предварительное проектирование и рабочее проектирование. При этом, каждому этапу соответствует определенное представление данных и структуры проекта или, иначе говоря, модель проекта. Структура модели проекта определяется конечной целью соответствующего этапа проектирования, объемом данных и особенностями алгоритмов преобразования данных.

С точки зрения конечной цели, первые два этапа процесса проектирования (техническое задание и эскизный проект) предназначены для выработки критериев оптимальности проектируемого самолета, его систем и параметров. Эти два этапа принято относить к «внешнему» проектирова-

нию, поскольку их целью является определение критериев, на основании которых оценивается степень оптимальности параметров проекта.

На этапе технического задания (ТЗ) определяются перечень и значения параметров, по которым будет оцениваться степень оптимальности проекта в целом. Участие в выработке ТЗ принимают как представители организации, которая будет разрабатывать проект (Проектировщик), так и представители организации, которая заказывает проект и оплачивает его (Заказчик). Далее следует эскизное проектирование (ЭП). В начале этого этапа единая модель проекта делится на отдельные специализированные модели. Например, в проект типового транспортного самолета входят следующие основные модели: динамическая модель, аэродинамическая модель, прочностная модель, модели систем, компоновочная модель и т.п. (рис. 6).



Рис. 6. Модели проекта на этапах разработки ТЗ и ЭП

Следующим этапом процесса проектирования является предварительное проектирование (ПП). На этом этапе производится оптимизация основных параметров агрегатов и систем, определяющих их *функциональную пригодность*. В отличие от предыдущих этапов, на этапе ПП используется x производится на основе опыта проектирования подобных СТО. При известных режимах работы СТО критерий эффективности является функцией $F(x)$ только конструктивных параметров $x \in X$. Для единственного $F(x)$ задача оптимального проектирования заключается в определении вектора конструктивных параметров:

$$x^0 \in \text{Arg max}_{x \in X} F(x), \quad (1)$$

где $\text{Arg max}_{x \in X} F(x) = \{x \in X \mid F(x) = \max_{x \in X} F(x')\}$.

Проектирование СТО связано с большой размерностью N вектора x , что требует больших ресурсов для определения значений $F(x)$. Поэтому

для решения (1) необходимо использовать метод декомпозиции. Целью декомпозиции является формирование системы проектных моделей, каждая из которых является частью общей модели ТО. В результате декомпозиции происходит уменьшение количества данных, которые необходимы для формирования модели. Это связано с тем, что в процессе декомпозиции происходит замена сложных алгоритмов синтеза модели из отдельных абстрактных элементов на более простые алгоритмы синтеза модели из готовых моделей нижнего уровня. Одновременно происходит упрощение алгоритмов синтеза структур частных моделей из отдельных абстрактных элементов, что связано с упрощением структур конструктивных элементов нижнего уровня, обусловленным сокращением количества выполняемых функций. При этом всегда существует конечный уровень глубины декомпозиции, ниже которого она становится невозможной [3, 4].

Например, в случае применения функционального принципа декомпозиции, глубина декомпозиции КЭМ кессона крыла ограничивается уровнем элементов продольного и поперечного набора (рис.7), поскольку при попытке дальнейшей декомпозиции становится невозможным однозначно описать функциональное назначение моделируемого элемента конструкции:

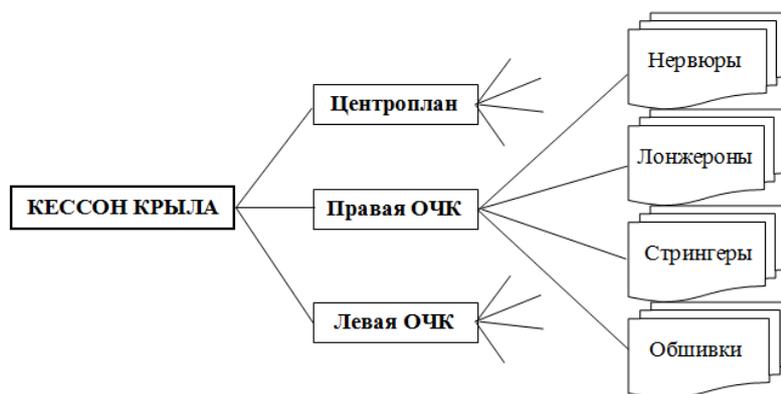


Рис. 7. Уровни декомпозиции конечно–элементной модели кессона

Процесс декомпозиции проектной модели обязательно сочетается с обратным процессом синтеза проектных моделей, суть которого сводится к объединению результатов решения проектировочных задач нижних (детальных) уровней абстракции в моделях более высоких (общих) уровней абстракции. Характерным примером процесса синтеза проектных моделей является процесс формирования 3D–моделей сборок на основе частных 3D–моделей деталей. На современном уровне развития ИТ формирование 3D–моделей сборок осуществляется путем автоматического объединения 3D–моделей деталей, для чего используется принцип пространственной композиции. Особенности «внешнего» и «внутреннего» проектирования СТО определяются спецификой СТО. Например, в задаче проектирования крыла самолета одним из критериев оптимальности является вес конструк-

ции G_0 , который задается на этапе «внешнего» проектирования. Его можно связать с экономическими критериями. Текущий вес конструкции:

$$G = \sum_{i=1}^m V_i \rho_i, \quad (2)$$

где m – количество субобъектов, а V_i и ρ_i – соответственно, объем и удельный вес материала субобъекта. Параметры субобъектов определяются внешними аэродинамическими нагрузками, количеством и характером связей между элементами конструкции. Задача проектирования крыла с $G = G_0$ состоит в определении распределения веса между его элементами, в зависимости от величины и характера нагружения. Размерность вектора конструктивных параметров $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ в этом случае определяется как $N = \sum_{j=1}^m k_j$, где k_i – количество связей i -го субобъекта, m – количество субобъектов.

Оптимальное значение веса крыла $G = G_0$ может быть получено при различных сочетаниях весов субобъектов. При этом напряжения в силовых элементах при расчетных нагрузках не должны быть больше максимально допустимых значений. Поэтому при решении этой задачи необходимо использовать такие критерии качества, как величины максимально допустимых напряжений $A(\sigma, \tau)$, которые определяются характеристиками материалов субобъектов и особенностями нагружения.

Таким образом, на основании (2) можно сформулировать определение термина «проектирование»: проектирование – это процесс оптимизации структуры и свойств элементов конструкции технического объекта, с целью приближения значений ее функциональных параметров к некоторым оптимальным значениям (критериям оптимальности).

Методы оптимизации процесса управления проектированием. Одной из особенностей процесса проектирования является краткопериодичность планирования. Разумеется, что макропланирование проекта в целом, базирующееся на экономических критериях, определяет сроки проектирования на периоды в несколько лет. Однако, на уровне планирования конкретных работ и выдачи заданий сотрудникам (микропланирование) максимальная периодичность разработки планов не превышает 1 месяц. Это связано с тем, что, абстрактно, процесс планирования конкретных работ – это ничто иное, как выбор алгоритмов проектирования. В то же время, решение обратной задачи, чем, собственно, и является процесс проектирования, напрямую связано с выбором алгоритма получения результата, наиболее близкого к оптимальному. Таким образом, определение номенклатуры проектировочных работ и последовательности их выполнения (то есть

планирование процесса проектирования) является неотъемлемой составляющей проектирования, чем и определяется его краткопериодичность.

В отличие от традиционных СУБД, в процессе обработки запросов в системах управления проектными данными участвуют пользователи системы различных уровней, то есть *люди*. Это обусловлено тем, что информация, которая передается по запросам в системах управления проектными данными, как правило, *отсутствует в базе данных проекта*. Кроме того, эта информация не может быть получена путем стандартных манипуляций с готовыми данными, как это происходит в реляционных СУБД. В большинстве случаев обслуживание запросов в системе управления проектными данными требует выполнения *проектировочных операций*, являясь частью процесса проектирования. На современном уровне развития информационных технологий проектирования все проектировочные операции выполняются людьми, поскольку процесс получения проектной информации является проектированием. При этом запросы на получение информации не могут быть направлены непосредственно исполнителям. Это связано с тем, что человек не может выполнять одновременно несколько проектировочных задач. В рамках систем управления производством эта проблема решается путем предварительного планирования загрузки исполнителей, то есть формирования планов (рис. 8).

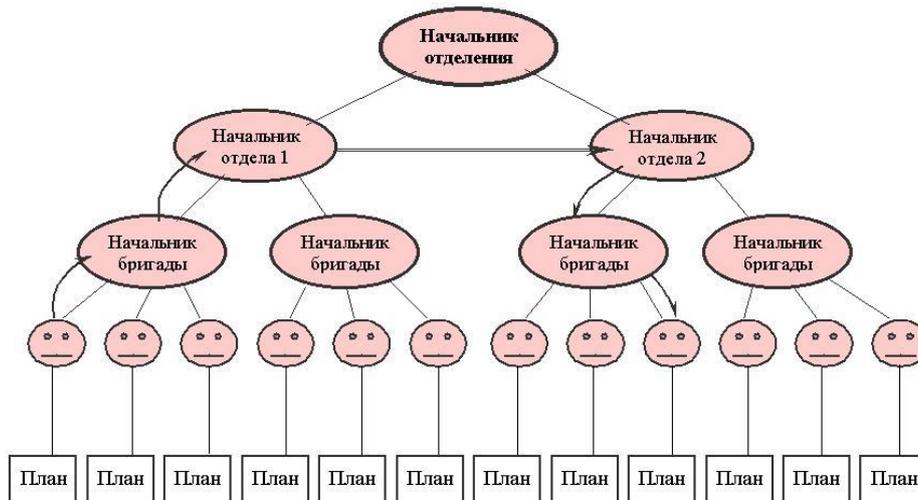


Рис. 8. Типовая структура системы управления проектом

Таким образом, обслуживание запросов на получение данных возможно только путем включения соответствующих заданий в планы тех исполнителей, которые решают данные вопросы в данном конструкторском бюро. В результате запросы должны последовательно проходить через начальников подразделений (рис. 6), поскольку составление и корректировка планов выполняется именно начальниками подразделений. Кроме того, начальники подразделений выполняют важную роль *коммуникационных узлов*, распределяющих потоки данных между исполнителями, в зависимости от их квалификации и степени текущей загрузки.

Таким образом, в отличие от обычных СУБД, которые обслуживают запросы в параллельном режиме, используя многозадачность, поддерживаемую современными операционными системами, обслуживание запросов в системах проектирования возможно только в последовательном режиме, что существенно увеличивает время выполнения запросов. Кроме того, прохождение запросов через начальников подразделений приводит к дополнительным затратам времени на коммутацию запросов, поскольку процесс коммутации также выполняется в последовательном режиме. В результате схема процесса передачи данных приобретает следующий вид (рис. 9):

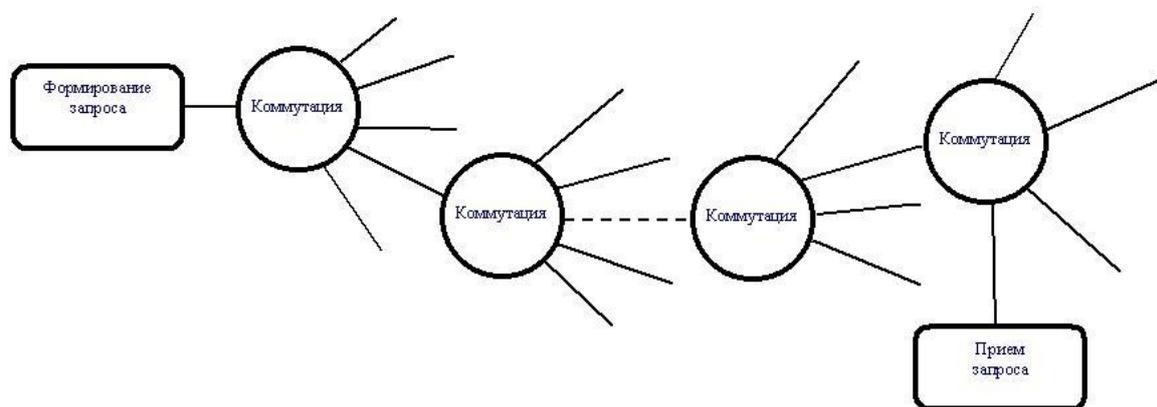


Рис. 9. Схема передачи данных в системе управления проектом

Таким образом, время, необходимое для выполнения запроса зависит не только от времени, необходимого для получения нужных данных в БД проекта, но и от количества коммутационных узлов в цепи передачи запроса и степени их загруженности (объемов работ, выполняемых начальниками подразделений), а также степени загруженности лиц, формирующих ответы на запросы. Без учета различного рода субъективных факторов, степень загруженности коммутационного узла зависит от объема и количества работ, записанных в плане соответствующего подразделения. Соответственно, степень загруженности лица, формирующего ответ на запрос, определяется объемом и количеством работ, записанных в его индивидуальном *плане*. Процесс формирования проектных данных представляет собой сложную последовательность проектных операций, которые, при современном уровне развития ИТ, выполняются людьми. Результатом проектирования является *проектная модель* технического объекта, которая представляет собой сложную иерархическую информационную структуру, состоящую из частных моделей. Каждая частная модель описывает часть свойств к-либо части проектируемого технического объекта. Примерами частных моделей являются чертежи, спецификации, расчетные модели, схемы, 3D-модели, конечно-элементные модели и т.п. Взаимодействие между участниками процесса проектирования это, на самом деле, взаимо-

действие между частными моделями проекта, поскольку каждый участник процесса проектирования работает с к-либо частной моделью (рис. 10):

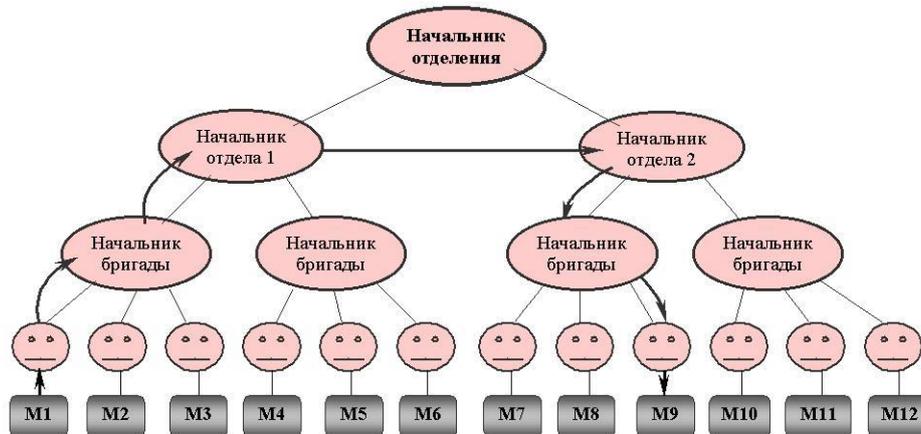


Рис. 10. Взаимодействие моделей в рамках проекта

Выше упоминалось, что одним из наиболее характерных признаков процесса проектирования является *цикличность*. Иначе говоря, любая проектная задача, так или иначе, решается с применением итерационных методов. Присутствие цикличности обусловлено рядом факторов, главным из которых является постоянная корректировка моделей, причем эта корректировка производится как во время внутримодельного цикла, так и при циклическом взаимодействии моделей и групп моделей. Сокращение времени, затрачиваемого на один шаг цикла, является важным фактором оптимальности процесса проектирования.

Продолжительность одного шага внутримодельного цикла в основном зависит от двух факторов: времени, затрачиваемого на задание (корректировку) исходных данных (разработку модели), и времени, затрачиваемого на анализ результатов расчета. Величины указанных факторов определяются степенью развития ИТ и, в частности, наличия необходимого ПО. Проблемы сокращения продолжительности внутримодельных циклов и методы их решения не имеют прямой связи с задачами оптимальной организации процесса проектирования и будут рассмотрены в отдельной главе. Продолжительность одного шага цикла взаимодействия моделей или групп моделей в наибольшей степени зависит от того, насколько оптимально организован процесс проектирования. При современных ИТ взаимодействующие модели, как правило, разрабатываются в разных подразделениях ОКБ. В качестве примера такого взаимодействия можно рассмотреть циклическое взаимодействие прочностной модели (например, КЭ-модели) и моделей, представленных в трехмерном виде (3D-модели) или в виде чертежей. Прочностные модели разрабатываются и используются сотрудниками прочностных подразделений, а 3D-модели и чертежи разрабатываются сотрудниками конструкторских подразделений (рис. 11):

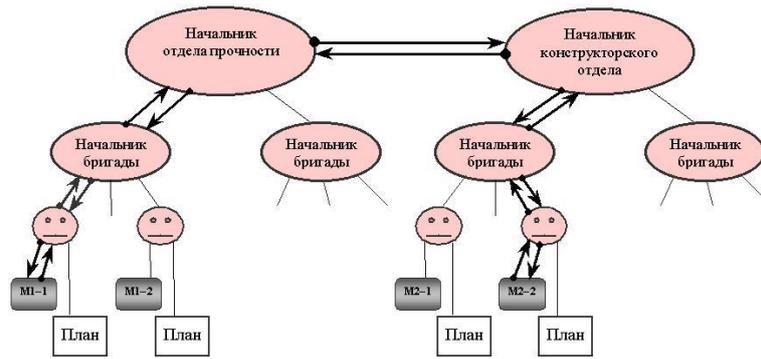


Рис. 11. Схема взаимодействия прочностной и конструкторской моделей

Результаты первичного прочностного расчета служат исходными данными для построения первичной конструкторской модели. При построении конструкторской модели конструктор учитывает не только требования прочности, но также решает вопросы пространственной увязки проектируемой конструкции с другими элементами планера, а также с элементами различного рода систем и прочего оборудования, которые крепятся к силовым элементам проектируемой конструкции. Кроме того, при построении конструкторской модели обязательно учитываются требования, связанные с технологией производства. В результате конструкторская модель несколько раз проверяется на прочность, что ведет к циклическому обмену данными между прочностной и конструкторской моделями (рис. 11). Анализ приведенной схемы показывает, что, в случае циклического взаимодействия моделей, длительность одного шага цикла в большой степени зависит времени прохождения данных от одной модели к другой. Время прохождения данных определяется количеством "коммутационных узлов" (в данном случае начальников бригад и отделов) и степенью их загрузки, а также степенью загрузки прочниста и конструктора, которые являются «владельцами» взаимодействующих моделей. При этом следует учитывать, что планы, по которым работают прочнисты и конструкторы, как правило, составляются один раз в месяц. Поэтому, если речь не идет об особо срочной работе, длительность одного шага цикла, при указанной схеме прохождения данных, составляет 1–2 и более месяцев. В результате становится невозможной процедура оптимизации конструкции в целом, поскольку это связано с интенсивным циклическим взаимодействием моделей и групп моделей.

Одним из наиболее эффективных способов повышения скорости обмена данными между моделями, в рамках существующих ИТ, является создание, так называемых *временных рабочих групп*, в которых объединяются сотрудники различных подразделений, например, аэродинамики, конструкторы и прочнисты. В таких группах обмен данными происходит

непосредственно между исполнителями, без участия начальников подразделений (рис. 12):

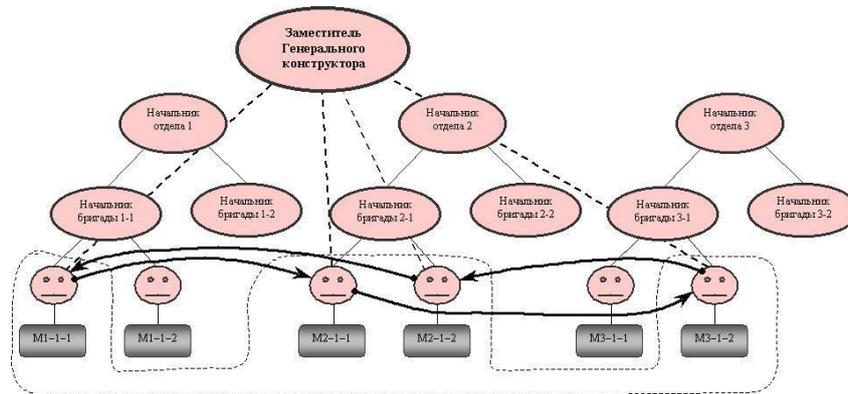


Рис. 12. Схема взаимодействия моделей в рамках временной рабочей группы

Такой обмен данными возможен потому, что во временной рабочей группе отсутствуют индивидуальные планы сотрудников. Как правило, рабочий план разрабатывается для *группы в целом*, при ее создании. После выполнения работ, записанных в плане, группа расформировывается. Премии за выполнение работ распределяются между членами группы в заранее оговоренных пропорциях. Кроме того, входящие в группу сотрудники временно переводятся в оперативное подчинение к какому-либо из вышестоящих руководителей. Все эти меры позволяют отказаться от коммутационных узлов в схеме обмена данными, что резко увеличивает скорость прохождения информации. По-сути, процесс создания временной творческой группы представляет собой *предварительную коммутацию* информационных потоков.

Выводы

На основании проведенного анализа трафиков обмена данными можно сделать следующий вывод: для сокращения времени обмена данными в процессе проектирования планера самолета транспортной категории необходимы максимальное сокращение количества коммутационных узлов в системе передачи данных и автоматизация процесса получения проектной информации, для чего требуется использовать ИТ, позволяющую эффективно оперировать большим количеством специализированных программных модулей.

Список использованной литературы

1. Борисов В. В. Методы синтеза конечно-элементной модели планера грузового самолета / В. В. Борисов. – Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 139 с.

2. *Зинченко В. П., Борисов В. В.* Анализ актуальных проблем информационной технологии передачи данных при моделировании нагрузок, действующих на конструкцию сложного технического объекта. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: Гос. Аэроком. Ун-т “ХАИ”, 2006. – Вып. № 5. –С. 85 – 107.
3. *Зинченко В. П., Борисов В. В.* Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных технических объектов // УСиМ, 2011. – Вып. № 1. –С. 46–56.
4. *Зинченко В. П., Борисов В. В.* Синтез структур і властивостей скінченноелементних моделей планеру літака // «Наукові вісті» НТУУ «КПІ». –2011. №1(75). –С. 62–68.