

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПОР
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВЫХ СХЕМ ГТД**

© 2010 В.А. Зрелов, А.С. Миронов, М.Е. Проданов, А.Ю. Цой

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 18.12.2010

В данной статье представлена методика автоматизации процесса выбора расположения опор при формировании конструктивно-силовой схемы ГТД.

Ключевые слова: автоматизация, проектирование, конструктивно-силовая схема ГТД, расположение опор.

Во время формирования технического задания (ТЗ) на предэскизном этапе проектирования газотурбинного двигателя проектировщик решает множество задач, одна из которых – выбор схемы будущего двигателя. При выборе прототипа для проектирования будущего двигателя необходимо проводить анализ конструктивных решений, как на схемном уровне, так и на уровне конструктивных решений конкретных элементов двигателей. При этом проектировщику приходится хранить и обрабатывать большой объем бумажной и электронной документации. Из-за многообразия реализованных схем, начинающему инженеру, не обладающему большим опытом проектирования, выбрать прототип особенно трудно. Существует вероятность, что в процессе выбора он может пропустить важное решение. Ошибка инженера на предэскизном и эскизном этапах проектирования может стоить колоссальных затрат на ее исправление на последующих этапах жизненного цикла двигателя. Это может оказать негативное воздействие на его конкурентоспособность.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что для помощи инженеру-конструктору перспективного отдела необходимо создавать комплекс программ автоматизации проектных действий. Такой комплекс должен удовлетворять следующим требованиям: формировать возможные варианты конструктивно-силовых схем расположения опор (КССРО) двигателей, отбирать наиболее подходящие схемы среди сформированных, помогать оценивать преимущества и недостатки

отобранных схем и выбирать из них наиболее подходящую для проектируемого двигателя, отбирать перечень всех реализованных двигателей, имеющие выбранную схему, выбирать прототип, рассчитывать линейные размеры расположения опор и, как результат, формировать конструктивно-силовую схему (КСС) двигателя с уточненным количеством и расположением опор.

На рис. 1. представлена функциональная структура (IDEF0 модель) работ инженера-конструктора. Она показывает потоки информации, используемые для решения поставленной задачи. Представленная модель состоит из двух функциональных блоков: “термогазодинамическое проектирование” и “выбор расположения опор при создании конструктивной схемы турбокомпрессора на этапе эскизного проектирования и построение КСС”. В качестве исходных данных для выполнения функций используются данные для термогазодинамического (ТГД) расчета, фрагменты КССРО, которые позволяют сформировать множество конструктивно-силовых схем расположения опор, и элементы КСС, с помощью которых будет сформирована КСС проектируемого двигателя. Для работы функциональных блоков также необходимы исполнители – инженер-конструктор перспективного отдела и исполняемые программы: комплекс программ ТГД расчета (Астра), комплекс программ (на рис. 1 обозначено стрелками, подходящими к функциональным блокам снизу). Управляющее и регламентирующее воздействие на процесс показано на рис. 1 и обозначено стрелками, подходящими к функциональным блокам сверху. В результате реализации процессов, происходящих в функциональных блоках, получается КСС с уточненным расположением опор. Представленная модель – концептуальная. Она необходима для перехода на логический уровень описания.

Комплекс программ, поддерживающий функции инженера-конструктора, возможно реализовать с помощью программного модуля, работаю-

Зрелов Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры “Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов” (КуПДЛА).

E-mail: kipdla@ssau.ru.

Миронов Андрей Сергеевич, аспирант кафедры КуПДЛА.

E-mail: kipdla@ssau.ru.

Проданов Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры КуПДЛА. E-mail: prodanov@mail.ru.

Цой Александр Юрьевич, инженер кафедры КуПДЛА.

E-mail: kipdla@ssau.ru.

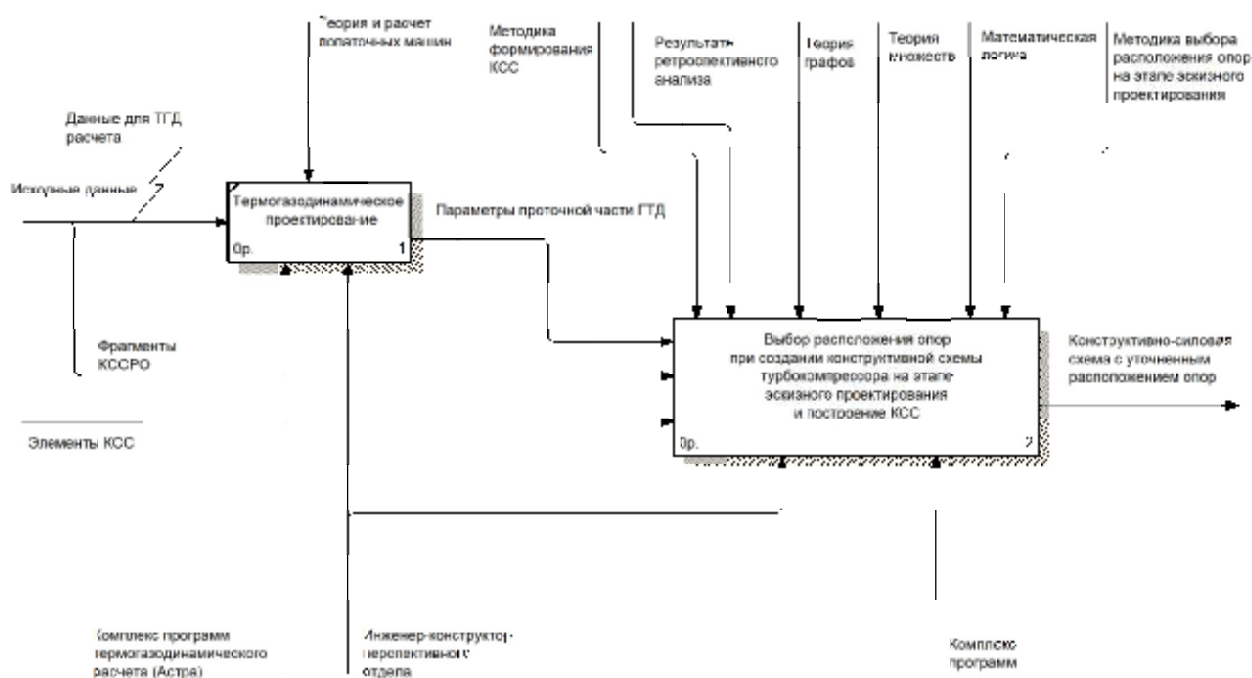


Рис. 1. IDEF 0 модель процесса формирования КСС

щего в среде систем управления данными об изделии (PDM системы). Для его практической реализации выбираем PDM систему Smarteam. В нашем случае используется функция PDM, как хранилища информации – база данных о двигателях (БД), а разрабатываемый программный модуль обеспечивает процесс поиска рационального решения на основе алгоритма, описанного в работе [1].

Используя стандарт IDEF4, опишем на логическом уровне механизм работы данного комплекса.

На языке UML реализация требований к комплексу программ для алгоритма [1] выражается в виде диаграммы использования (рис. 2).

Для отображения последовательности выполнения используется диаграмма деятельности, показанная на рис. 3, на которой представлены все действия, выполняемые инженером-конструктором в процессе формирования конструктивной схемы турбокомпрессора с уточненным расположением опор на этапе эскизного проектирования.

Эта диаграмма является основой алгоритма, реализуемого разрабатываемым комплексом программ.

До начала работы комплекса необходимо сформировать структуру классов всех тех объектов, которые будут использоваться при проектировании КСС. Эта структура показана в виде диаграммы классов объектов, используемых в процессе формирования КСС (Рис. 4). Объектами, с которыми взаимодействует инженер-конструктор, являются, изображенные на рис. 1, потоки данных и объекты, показанные на диаграмме рис. 3. Часть классов объектов предварительно созда-

ется в PDM-системе Smarteam как первоначальное наполнение БД, это: двигатель, сопроводительная документация, конструктивно-силовая схема двигателя, а часть формируется в разрабатываемом программном модуле, это: элемент КСС, фрагмент КССРО, конструктивно-силовая схема расположения опор.

Применяя диаграмму использования комплекса программ поддержки работы инженера-конструктора (рис. 2), опишем подробно совместную работу комплекса программ и инженера-конструктора при работе с функциональным блоком “выбор расположения опор при создании конструктивной схемы турбокомпрессора на этапе эскизного проектирования и построение КСС” (рис. 1).

ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА РЕАЛИЗОВАННЫХ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВЫХ СХЕМ ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ ОПОР

В начале формируется список фрагментов конструктивно-силовых схем двигателя в виде схем основных модулей: компрессор и турбина, описывающих количество и расположение опор, а также схемы силового замыкания турбокомпрессора.

Затем из этого списка необходимо выбрать фрагменты схем необходимые для формирования вариантов КССРО. Далее реализованные варианты схем формируются в автоматическом режиме. Механизм формирования такого списка отображен на рис. 5 в виде диаграммы последовательности.

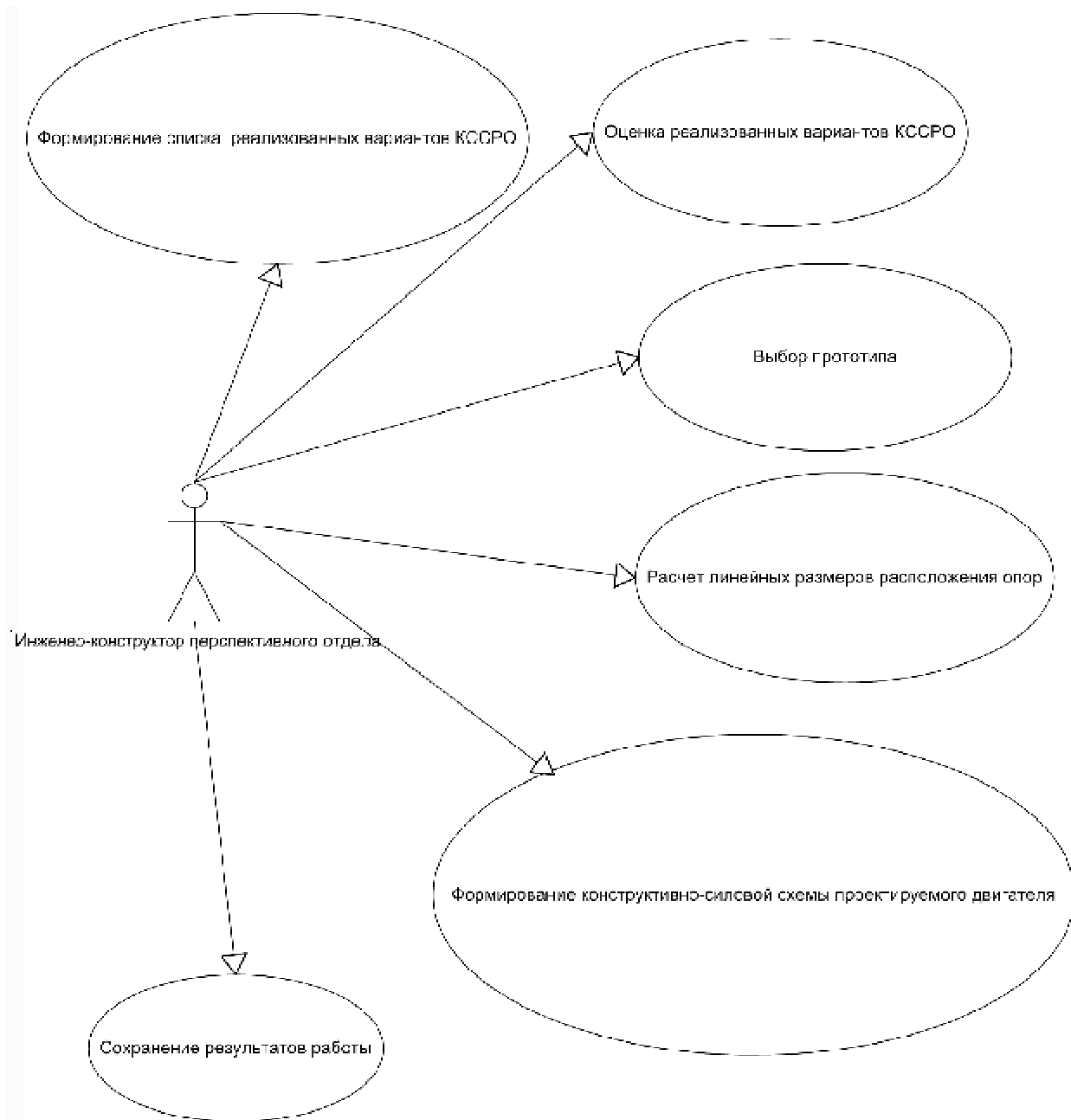


Рис. 2. Диаграмма использования комплекса программ поддержки работы инженера-конструктора

ОЦЕНКА РЕАЛИЗОВАННЫХ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВЫХ СХЕМ ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ ОПОР

Сформированный список реализованных схем двигателей по расположению опор, полученный на предыдущем этапе, необходимо оценить и выбрать из них наиболее подходящий под требуемые задачи.

На данном этапе инженеру отводится главная роль. Он должен выбрать из имеющегося списка оценочных параметров те, по которым он будет оценивать каждый вариант схемы из созданного списка или добавить дополнительные параметры.

После формирования списка оценочных параметров конструктору необходимо по каждому параметру сравнить все варианты схем и отметить варианты, которые принимаются по данному параметру. Затем напротив каждого помеченного варианта необходимо в письменной форме обосновать выбор варианта схемы по данному параметру.

После завершения процедуры оценки реализованных вариантов конструктором программа подсчитывает количество пометок для каждого варианта и выдает вариант с наибольшим количеством преимуществ.

Диаграмма последовательности оценки реализованных вариантов, описывающая данный этап, показана на рис. 6.

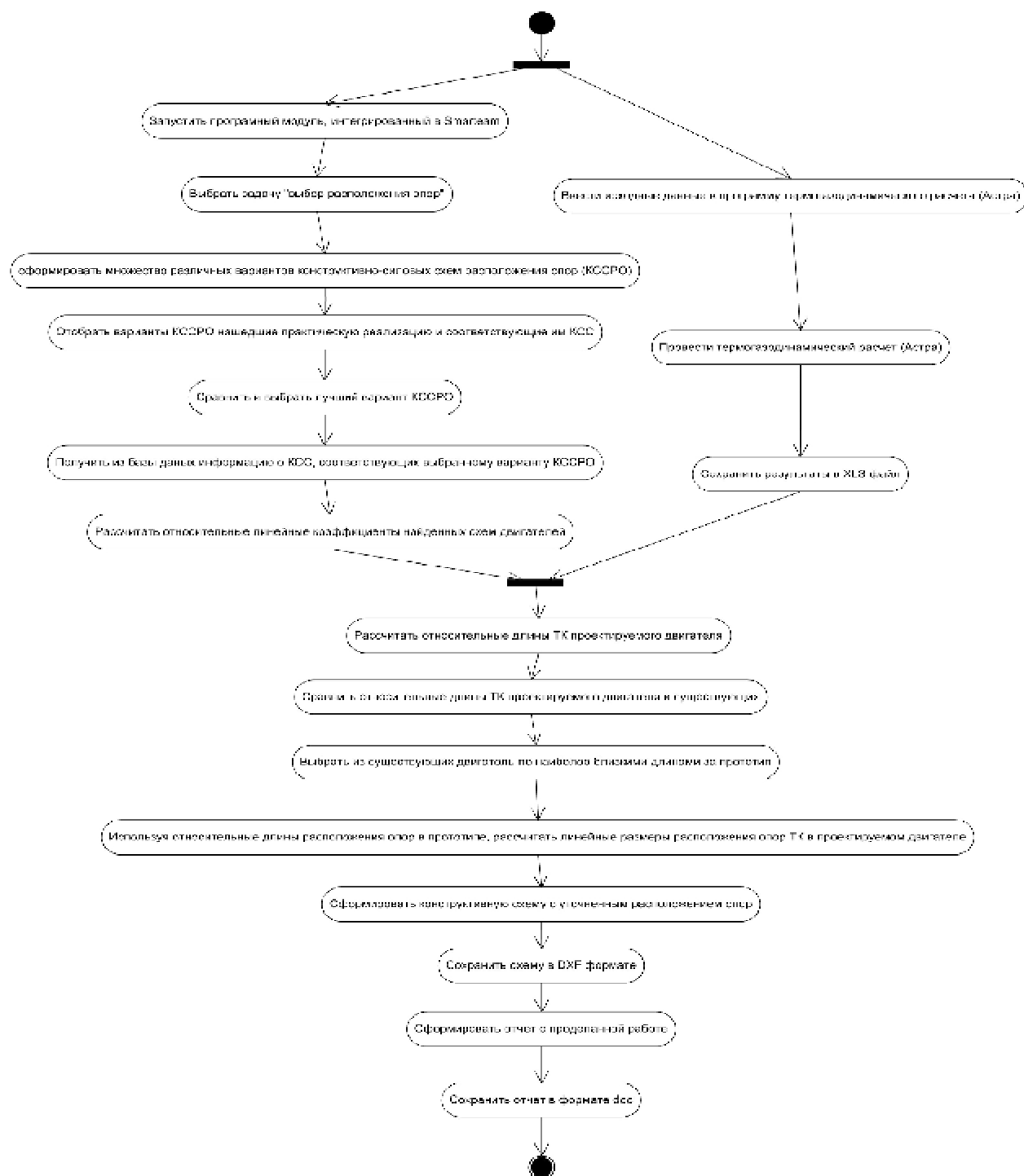


Рис. 3. Диаграмма деятельности процесса формирования КСС

ВЫБОР ПРОТОТИПА ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА КССРО

После оценки вариантов КССРО, количество анализируемых КССРО уменьшается до одного выбранного варианта.

Для выполнения данного этапа необходимо совершить несколько действий:

1. Рассчитать относительные линейные коэффициенты найденных схем двигателей по алгоритму [1].

На данном этапе программа делает запрос в PDM-Smarteam и получает необходимые данные по найденным двигателям для расчета их относительных линейных коэффициентов.

2. Рассчитать относительную длину компрессора и турбины проектируемого двигателя.

Для расчета относительных длин инженеру необходимо вписать в программу месторасположение Excel файла термогазодинамического расчета. Далее программа автоматически возьмёт необходимые данные для расчета из этого файла.

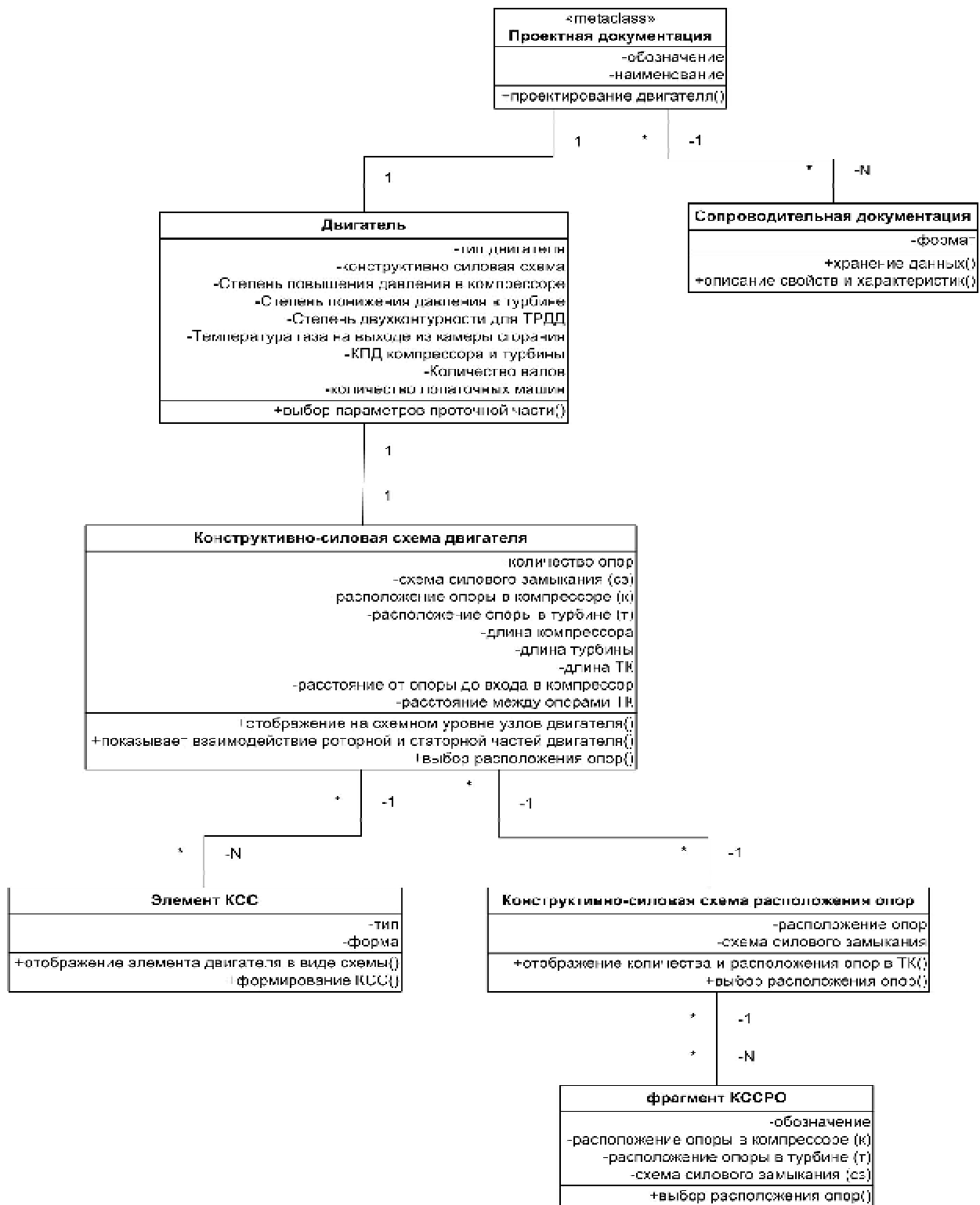


Рис. 4. Диаграмма классов объектов используемых в процессе формирования КСС

3. Сравнить относительные длины проектируемого двигателя с относительными длинами двигателей, имеющих выбранную схему расположения опор. Этот этап выполняется программой автоматически. Для работы она использует схемы двигателей, найденные при выполнении первого этапа. После сравнения относительных длин на мониторе отображается список двигателей, имеющих наиболее близкие

значения относительных длин, в порядке удаления от значений относительных длин проектируемого двигателя.

Далее из появившегося списка двигателей инженеру-конструктору предлагается выбрать двигатель в качестве прототипа.

Механизм выбора прототипа показан на диаграмме последовательности выбора прототипа (рис. 7).

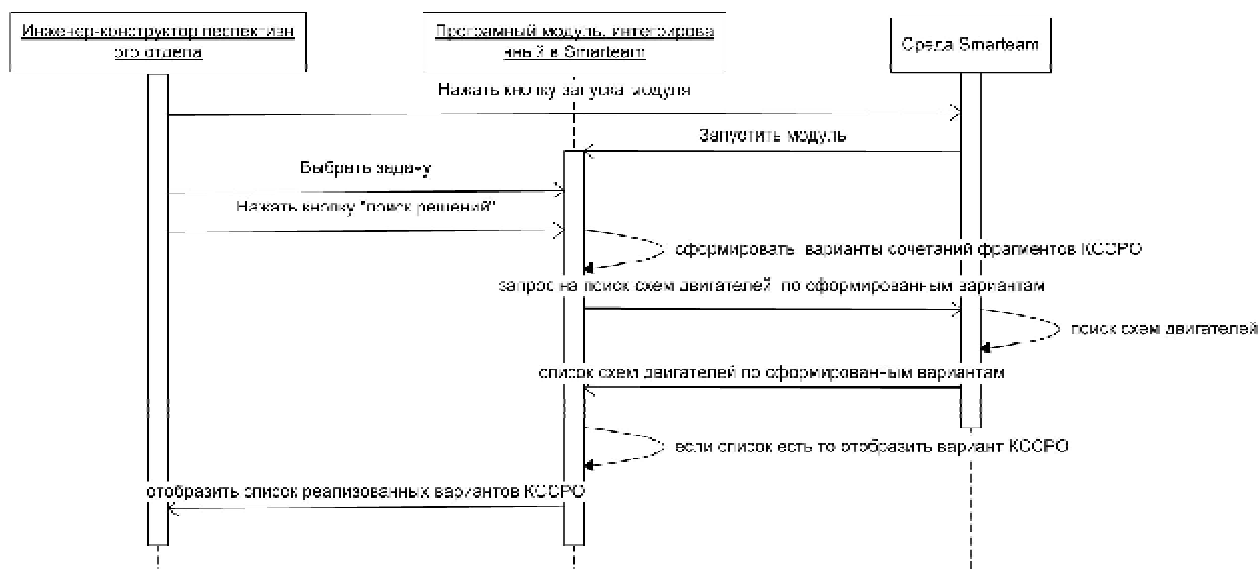


Рис. 5. Диаграмма последовательности формирования списка вариантов КССРО

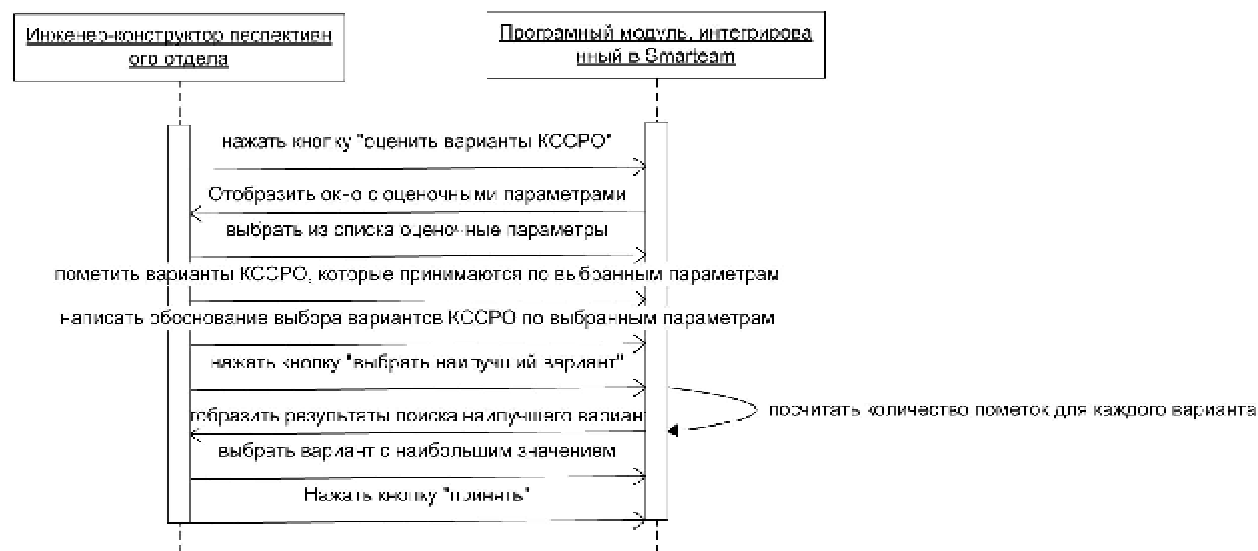


Рис. 6. Диаграмма последовательности оценки реализованных вариантов

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПОР В ПРОЕКТИРУЕМОМ ДВИГАТЕЛЕ

На данном этапе инженеру-конструктору отводится роль наблюдателя. Расчет производится программой по следующему алгоритму. Программа берет из хранилища данных информацию об относительных размерах расположения опор в двигателе прототипе. Далее она умножает относительные размеры расположения опор двигателя прототипа на длину турбокомпрессора проектируемого двигателя. Таким образом, получаются линейные расстояния расположения опор в проектируемом двигателе [1].

На рис. 8 в виде диаграммы последовательности отображен процесс данного расчета.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ДВИГАТЕЛЯ

После сбора необходимых данных: результатов термодинамического расчета и линейных размеров расположения опор, программа приступает к построению конструктивно-силовой схемы проектируемого двигателя. После построения схема отображается на мониторе вместе с конструктивно-силовой схемой прототипа. На рис. 9 показан механизм работы данного этапа в виде диаграммы последовательности.

СОХРАНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

После окончания работы результаты необходимо зафиксировать. Для этого программа сохраняет конструктивно-силовую схему с уточнен-

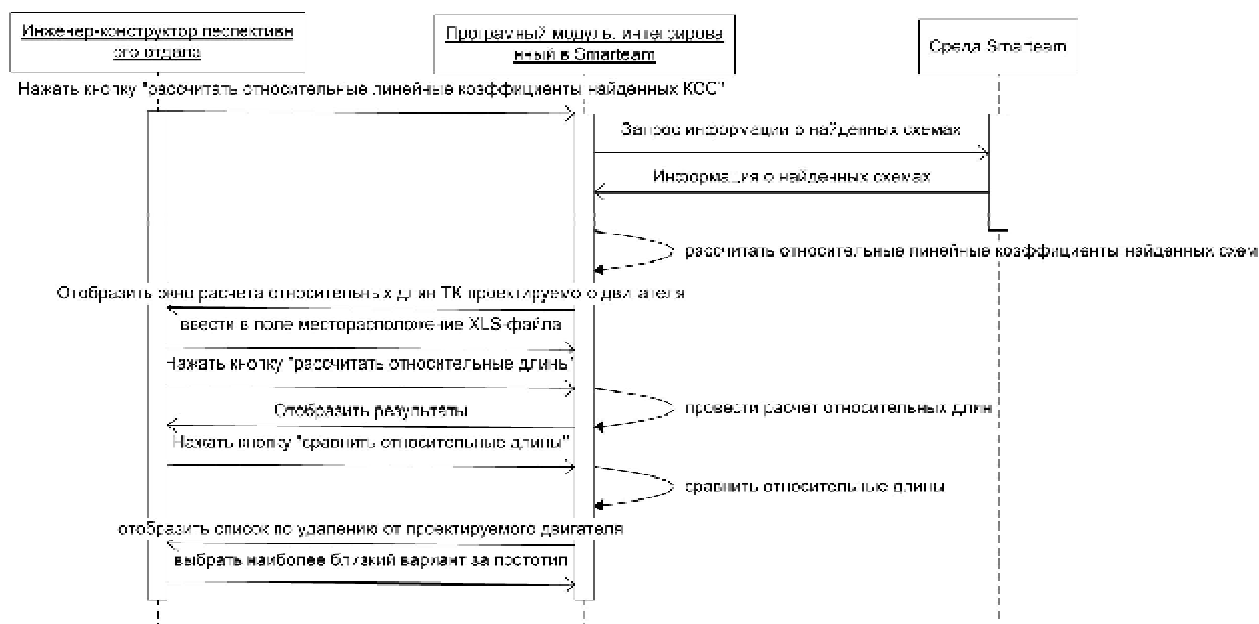


Рис. 7. Диаграмма последовательности выбора прототипа

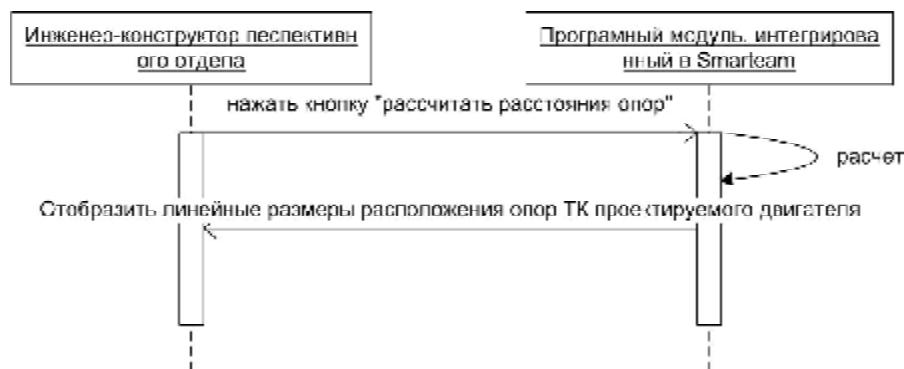


Рис. 8. Диаграмма последовательности расчета линейных размеров расположения опор в проектируемом двигателе

ным расположением опор в формате DXF и отправляет его в хранилище данных Smarteam, в место, где содержатся данные о проектируемом двигателе.

Затем программа формирует отчет о проделанной работе. Отчет содержит в себе информацию о том, какие типы фрагментов КССРО использовались при формировании вариантов схем по расположению опор, и какие варианты были найдены. Также в отчете отображается список оценочных параметров, которые выбрал для работы инженер-конструктор, с примечаниями по каждому выбранному варианту схемы по каждому параметру. Далее следует информация о двигателях с выбранной схемой расположения опор, подробная информация о выбранном двигателе прототипе. В конце отчета изображается конструктивно-силовая схема проектируемого двигателя с полученными в результате расчета линейными размерами расположения опор.

После формирования отчета, он сохраняет-

ся в формате документа «doc» и направляется в хранилище (рис. 10).

На этом работа программного комплекса по формированию конструктивно-силовой схемы с уточненным расположением опор заканчивается.

При реализации в среде PDM, создаваемая WF-процедура может быть использована в качестве задания на проектирование различных объектов.

ВЫВОДЫ

В результате использования IDEF0 и UML описан механизм работы комплекса программ, с помощью которого автоматизирована методика формирования конструктивно-силовой схемы ГТД. Данный комплекс позволяет на этапе создания ТЗ получить конструктивно-силовую схему турбокомпрессора с уточненным количеством опор и их расположением, а также подобрать прототип для дальнейшего проектирования.

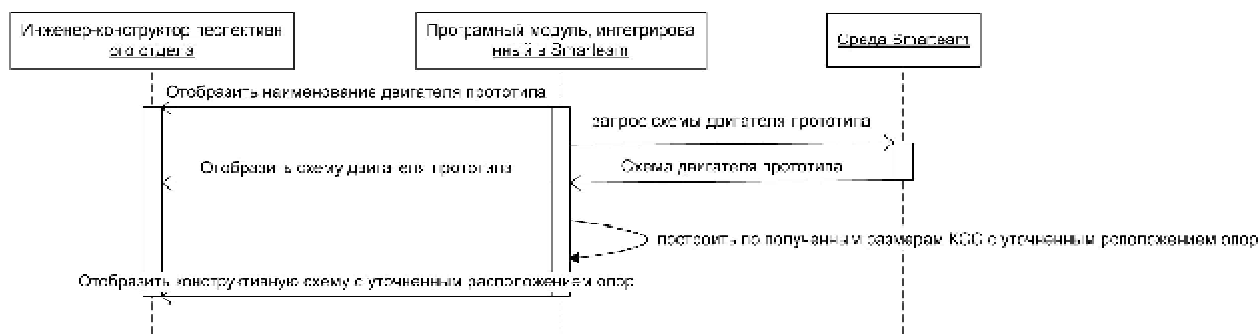


Рис. 9. Диаграмма последовательности построения КСС



Рис. 10. Диаграмма последовательности сохранения результатов работы

Данный механизм, может быть применен не только к выбору расположения опор в двигателе. Его также можно применить к выбору расположения любого элемента двигателя. Механизм работы будет оставаться прежним. Меняться будет только список фрагментов схем в зависимости от поставленной задачи и список оценочных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зрелов В.А., Миронов А.С., Проданов М.Е. Метод автоматизированного выбора расположения элементов ГТД на схемном уровне // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф. 24-26 июня 2009 г. Самара: СГАУ, 2009. В 2 ч. Ч. 1. С. 156-158.

THE CHOICE PROCESS AUTOMATIZATION OF THE SUPPORTS POSITIONING DURING THE CONSTRUCTION FORCE SCHEMES FORMATION OF GAS TURBINE ENGINES

© 2010 V.A. Zrelov, A.S. Mironov, M.Ye. Prodanov, A.Y. Tsoy

Samara State Aerospace University

The method of the choice process automatization of supports position during the construction force schemes formation of gas turbine engines is represented.

Key words: automatization, design, construction force scheme of gas turbine engine, the supports position.

Vladimir Zrelov, Doctor of Technics, Professor at the Aircraft Engines Design Department. E-mail: kipdla@ssau.ru.

Andrey Mironov, Graduated Student at the Aircraft Engines Design department. E-mail: kipdla@ssau.ru.

Michail Prodanov, Candidate of Technics, Associate Professor at the Aircraft Engines Design department. E-mail: prodanov@mail.ru.

Aleksandr Tsoy, engineer at the Aircraft Engines Design department. E-mail: kipdla@ssau.ru.