

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА И ОПТИМИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМПРЕССОРОВ ГТД

Р. Г. МАХМУТОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RMG7991@yandex.ru

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

**Аннотация.** Выбор оптимальных основных параметров турбокомпрессора позволяет значительно сократить объем работ при проектировании и доводке газотурбинных двигателей. В статье рассмотрены основные положения разрабатываемой методики, ее место в цикле аэродинамического проектирования компрессоров газотурбинных двигателей. Указаны источники информации – обобщенные экспериментальные и теоретические данные, служащие основой разрабатываемой методики. Поставлены цель и задачи, решение которых позволит создать высокоэффективную методику выбора и оптимизации основных параметров турбокомпрессоров газотурбинных двигателей.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, компрессор, методика, диаграмма Смита, главная диаграмма Хауэлла, диаграмма Ларсена-Миллера.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время газотурбинные двигатели (ГТД) широко используются в различных отраслях промышленности: авиационной, наземной и морской технике, а также в энергетике. При этом компрессор и турбина (турбокомпрессор) относятся к основным узлам ГТД. Параметры турбокомпрессора в значительной степени определяют эффективность ГТД. Недобор КПД компрессора на 1,0 % может увеличить удельный расход топлива ГТД на 0,5 % [1]. Поэтому сокращение затрат (временных и материальных) на разработку турбокомпрессора, а также повышение его эффективности в конечном результате дает существенный экономический эффект. Более обоснованное определение начальных приближений основных параметров турбокомпрессора – один из путей достижения данной цели.

### МЕТОДОЛОГИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПРЕССОРА

Для разработки методики выбора основных параметров турбокомпрессора при проектировании ГТД использована методология SADT. При этом сформированы IDEF0-модели традиционного процесса проектирования турбокомпрессора «как есть» (As is) и затем сформированы IDEF0-модели новой организации процесса «как нужно» (To be).

Верхний уровень жизненного цикла (ЖЦ) аэродинамического проектирования компрессора представлен на рис. 1.

В настоящее время двигателестроительные корпорации имеют значительный опыт в проектировании компрессоров ГТД. Методологию современного проектирования компрессоров [2] можно представить в виде функциональной IDEF0 модели (рис. 2).

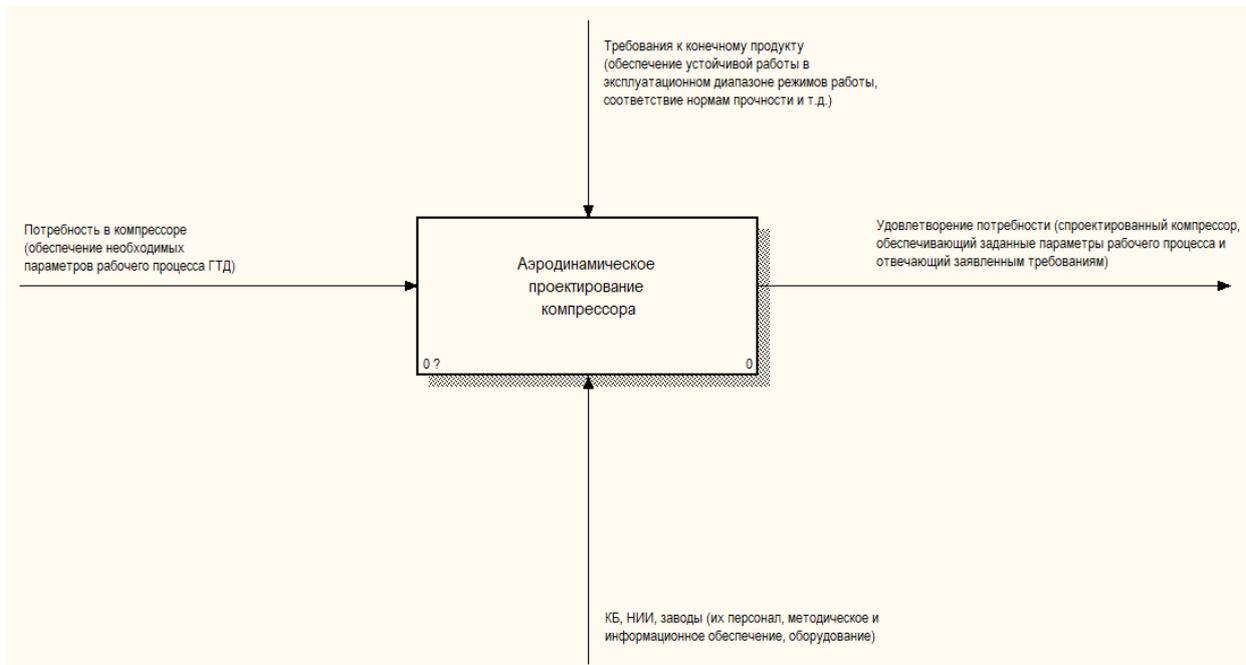


Рис. 1. Верхний уровень ЖЦ аэродинамического проектирования компрессора

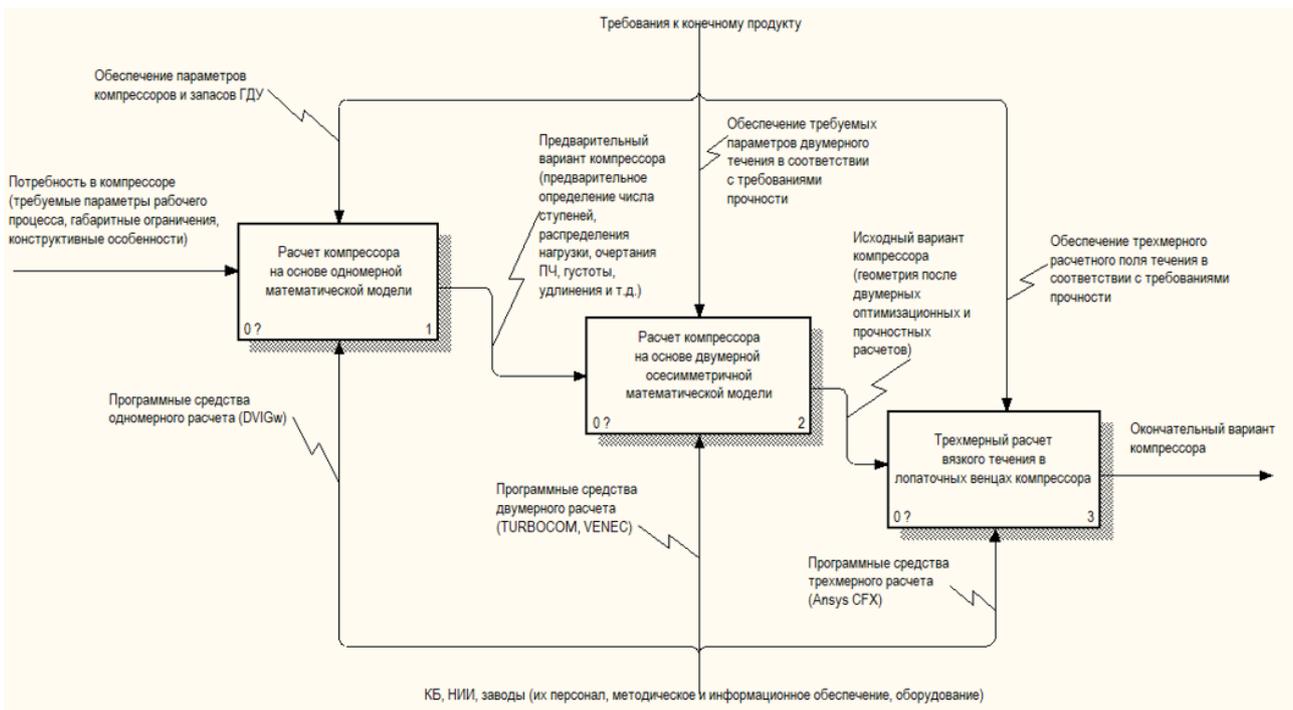


Рис. 2. Методология современного аэродинамического проектирования компрессоров ГТД

Здесь в качестве механизмов указаны программные средства, разработанные/используемые на кафедре авиационных двигателей УУНиТ.

### РАЗРАБАТЫВАЕМАЯ МЕТОДИКА

В настоящее время в связи с развитием вычислительной техники большое количество исследований посвящено оптимизации лопаточных машин с использованием трехмерных расчетов. Упор же разрабатываемой методики сделан на выбор и оптимизацию основных параметров компрессоров. Схема разрабатываемой методики представлена на рис. 3.

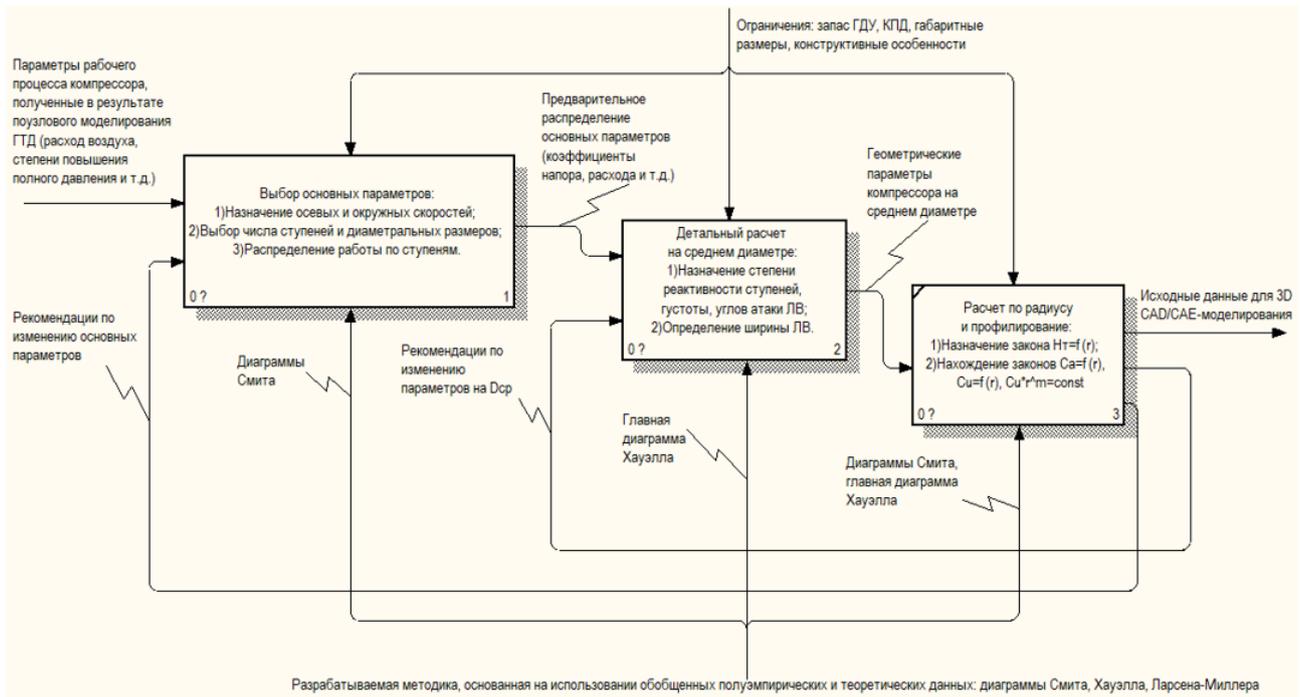


Рис. 3. IDEF0 модель разрабатываемой методики

В соответствии с рис. 2 разрабатываемая методика должна использоваться на первых двух этапах проектирования. Как видно из схемы (рис. 3), методика основывается на обобщенных экспериментальных и теоретических данных, представленных в открытом доступе [3–4].

Предлагается использовать диаграммы Смита, представляющие собой линии уровня КПД ( $\eta^* = f(\bar{C}_a, \bar{H}_T)$ ), для выбора оптимальных параметров ступеней на среднем диаметре, определения числа ступеней, распределения работы по высоте проточной части. При этом используется методика [5].

Предлагается использовать диаграмму номинальных режимов Хауэлла при назначении степени реактивности, выборе густот лопаточных венцов (ЛВ) первых и последних ступеней. Для промежуточных ступеней компрессора предлагается использовать поправки, предложенные Ю.Б. Галеркиным (оптимальные режимы).

Использование диаграммы Ларсона-Миллера обосновано при коррекции частоты вращения.

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с вышеуказанным поставлена цель – разработать высокоэффективную методику выбора и оптимизации основных параметров компрессора. Поставленные задачи представлены на рис. 4.

Пути решения поставленных задач:

1. Повышение степени и расширение области адекватности диаграмм Смита. Для этого необходимо провести верификацию экспериментальных данных, определить параметры (скорость натекания потока, относительный диаметр втулки, степень реактивности и т.д.) для которых подходят отдельно взятые диаграммы.

2. Повышение степени и расширение области адекватности диаграммы Хауэлла для номинальных режимов (первые и последние ступени компрессора) и оптимальных режимов (промежуточные ступени).

3. Представление указанных выше диаграмм с помощью оригинальной технологии информационной поддержки ЖЦ ГТД на основе MetaCapr/Framework SAMSTO [6–7] – разработки НИЛ САПР-Д УГАТУ, в частности через редактор CharEdit

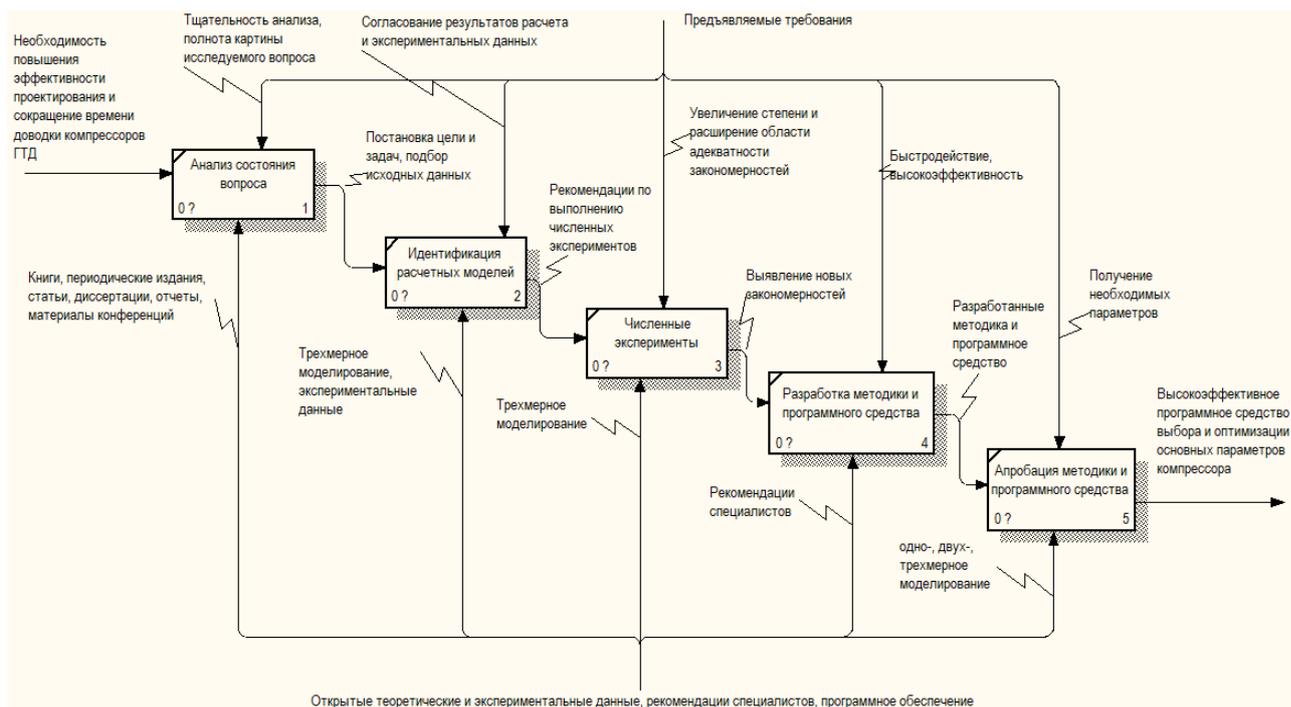


Рис. 4. Схема исследования

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснована целесообразность более тщательного выбора основных параметров компрессора при проектировании и доводке ГТД. Рассмотрена современная методология аэродинамического проектирования компрессоров ГТД, указано место, занимаемое разрабатываемой методикой. Кратко описаны положения разрабатываемой методики. Рассмотрены пути решения поставленных задач.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячкин Е.С., Матвеев В.Н., Попов Г.М. и др. Метод оптимизации многоступенчатых компрессоров // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2021. № 3. С. 38–59.
2. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2. Пермь: ПГТУ, 2008. 366 с.
3. Lewis R. I. Turbomachinery Performance Analysis. Elsevier Science & Technology Books, John Wiley & Sons Inc., 1996. 329 p.
4. Диксон С. Л. Термодинамика турбомашин. М.: Машиностроение, 1981. 213 с.
5. Кривошеев И.А., Рожков К.Е., Симонов Н.Б. Оптимизация числа, распределения работ по ступеням и густот решеток профилей при проектировании компрессора // Изв. вузов. Авиационная техника. 2020. № 2. С. 112–118.
6. Кривошеев И.А., Кожин Д.Г. Развитие методов моделирования и автоматизированного проектирования газотурбинных двигателей // Вестник Самар. ун.-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2014. № 5–3(47). С. 9–18.
7. Кривошеев И.А., Рожков К.Е. Развитие методов моделирования и автоматизированного проектирования компрессоров // Вестник Самар. ун.-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2014. № 5–2(47). С. 150–158.
8. Деревянко А.В., Журавлев В.А., Зикеев В.В. и др. Основы проектирования турбин авиадвигателей. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.

## ОБ АВТОРАХ

**МАХМУТОВ Ренат Ганиевич**, аспирант кафедры АД УУНИТ

## METADATA

**Title:** Development of a methodology for selection and optimization of the main parameters of a GTE compressors.

**Authors:** R. G. Makhmutov<sup>1</sup>.

**Affiliation:** Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

**Email:** <sup>1</sup>RMG7991@yandex.ru

**Language:** Russian.

**Source:** Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (28), pp. 86-90, 2023. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract:** Choosing the optimal basic parameters of the turbo-compressor can significantly reduce the amount of work in the design and development of gas turbine engines. The article discusses the main provisions of the methodology under development, its place in the cycle of aerodynamic design of gas turbine engine compressors. The sources of information are indicated – generalized experimental and theoretical data, which are the basis of the methodology under development. A purpose and objectives have been set, the solution of which will make it possible to create a highly efficient methodology for selecting and optimizing the main parameters of turbo-compressors of gas turbine engines.

**Key words:** gas turbine engine; compressor; methodology; Smith diagram; main Howell diagram; Larsen-Miller diagram.

**About authors:**

**МАХМУТОВ, Renat Ganievich**, Postgraduate Student, Department of Aircraft Engines, UUST.