

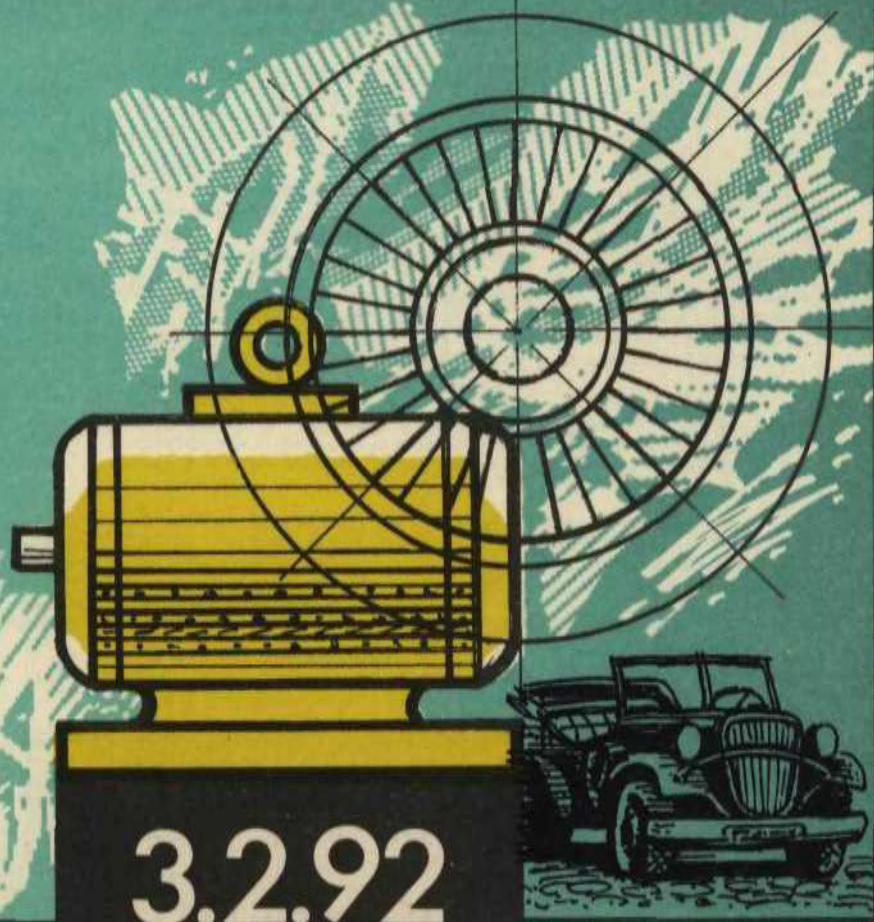


# ЖУРНАЛ ТРИЗ



# JOURNAL OF TRIZ

Система  
ТРИЗ+ФСА



3.2.92

# ЖУРНАЛ ТРИЗ

3.2.92



# JOURNAL OF TRIZ

Ежеквартальный научно-популярный журнал  
Ассоциации ТРИЗ  
Основан в 1990 году

## СОДЕРЖАНИЕ

- Информация**
- Семинар разработчиков в Симферополе в январе 1992 года
- 5 Второй семинар для разработчиков ТРИЗ, на котором были представлены новые разработки кишиневской школы — основные темы: АРИЗ-СМВА, теория развития коллективов, методика аварийного прогноза, совершенствование инструментов ТРИЗ.
- Консорциум «Проект ИМ»
- 6 Сообщение о создании консорциума предприятий, связанных с осуществлением «Проекта ИМ».
- Единая система ТРИЗ-ФСА**
- В.М.Герасимов, С.С.Литвин  
Основные положения методики проведения ФСА. Свертывание и сверхэффект
- 7 В методической части приведены два раздела общей методики ФСА — свертывание и сверхэффекты. В приложении дан полный анализ сверхэффектов синхронной явно полюсной электрической машина в результате которого удалось «не решая задач» получить около сотни решений, среди них достаточно глубокие изменения давно устоявшихся конструкций и технологий машин, производимых во всем мире.
- В.Е.Дубров  
Методика поиска сверхэффектов
- 46 В развитие методик В.М.Герасимова и С.С.Литвина предложена методика, основанная на альтернативном функциональном анализе, позволяющая отслеживать количественные и качественные последствия первичных изменений исходной ТС.
- Теория**
- СВСтрижак  
Объединение однородных технических систем
- 51 Описана методика предварительного анализа и проведения объединения однородных ТС, основанная на развитии связей между компонентами за счет пространственного и функционального объединения, мобилизации ресурсов, свертывания.
- ЛХЛевзнер  
Методика поиска микростандартов
- 54 Методика разработки микростандартов — новой разновидности решательного инструментария ТРИЗ основана на исследовании примеров, иллюстрирующих элементарные инструменты — приемы, стандарты или законы и формулировании выявленных закономерностей.
- В.Г.Сибиряков  
Рекомендации по исследованию оперативной зоны
- 58 Предложены простые и наглядные методики исследования оперативной зоны — в основном геометрических ее параметров и поэтапного расширения взгляда на зону конфликта.
- Н.Т.Летрови  
Реализация идей АРИЗ и ТРИЗ в области систем передачи информации
- 67 Отмечены противоречия и механизмы их разрешения при развитии систем радиопередачи и радио приема — проблемы беспомехового приема дискретных и аналоговых сигналов, помехоустойчивости, дальней радиосвязи, поиска сигналов внеземных цивилизаций.
- Краткие сообщения**
- И.Л.Викентьева
- 67 Перечень контрольных вопросов для выявления и использования ресурсов при решении простых производственных задач.
- ВИ.Саурин
- 68 Нежелательные психологические эффекты при вхождении в малый бизнес.

<i>Р.С.Флореску</i> 69 Приемы фантазирования в изобразительном искусстве	<b>Методика</b> Разработаны методы создания фантастического изображения, которые включают приемы создания фактической формы и расположения созданного объекта на картинной плоскости, приемы сочетания цветов и создания «цветонастроения». Приемы созданы на основе анализа искусствоведческой литературы и значительного количества произведений изобразительного искусства. В качестве иллюстраций представлены картины учеников автора, выполненные согласно методике.
<i>В.Г.Сибиряков</i> 78 Зачем нам резюме	Описан опыт использования резюме, составляемых слушателем после каждого занятия в качестве обратной связи между слушателями и лектором.
<i>Г.Б.Френклах</i> 80 Методика изучения темы	<b>Краткие сообщения</b> Использование эффектов и явлений при решении изобретательских задач.
<i>А.Агин</i> 81	Типовые трудности слушателей на семинарах по ТРИЗ.
<i>М.С.Гафихулин</i> 82	<b>Стихотворение номера</b> Что-то.
	Используй на занятиях по РТВ (реферат).
<i>К.А.Склобовский</i> 84 1 человек и его домна	83 <b>ТРТЛ</b> Попытка синтеза облика изобретателя, основанная на параллельном изложении фактов биографии и особенностей изобретательского творчества МИХАИЛА ИВАНОВИЧА ШАРАПОВА — тризовца первого поколения. <b>На конкурс</b>
<i>С.В.Лалин,</i> 89 <i>АИГасанов,</i> <i>АНЛебедько, А.Б. и</i> <i>Г.Б.Соколовы.</i>	
<i>В.И.Волков</i> 93 Истоки творчества —II	

# Journal of TRIZ 3.2 (№ 6)

## Table of Contents

### News Letter

Designer' workshop was held in Simferopol, Crimea, in January of 1992. p.5.

It was already the second workshop for TRIZ designers which focused on the new developments obtained at the Kishinev school including, among the main subjects, ARIZ-SMVA (Adapted Scenario of Machine Version), team development theory, emergency forecast method, TRIZ tool upgrading.

Report on establishing a consortium of companies associated with carrying out Project IM. p.6.

#### Unified System of TRIZ-VEA

**V.M.Gherasimov, S.S.Litvin**

Basic methodology for conducting VEA. Convergence and supereffect. p.7.

The paper includes two sections of the VEA general method — convergence and supereffects. Addenda include complete analysis of supereffects of a synchronous salient pole electric engine which enabled, «with no problems being resolved», obtained ca. one hundred solutions, among which one would find profound enough alterations of well-established structural designs and technologies of machines manufactured throughout the world.

**V.E.Dubrov**

In search of supereffects: methodology, p.46..

As a further development of V.M.Gherasimov's and S.S.Litvin's methods, the author proposes an alternative VEA-based methodology which would enable control of qualitative and quantitative follow-up of primary changes of the original ES.

#### Theory

**S.V.Strizhak**

Convergence of homogeneous engineering systems, p.51.

The author describes methodology of preliminary analysis and conducting of homogeneous ES on the basis of developing relationships among components, using spatial and functional integration, mobilization of resources and convergence.

**L.H.Pevzner**

In search of microstandards: methodology, p.54.

Methodology of designing microstandards — the innovation decision tools of TRIZ — is based on studying examples illustrating elementary tools — techniques, standards or laws — and formulating the regularities found.

**V.G.Sibiriyakov**

Recommendation on operative zone research, p.58.

Straightforward and visualized methods are proposed for operative zone research: mainly for the operative zone parameters and step-by-step extension of the view upon conflict area.

**N.T.Petrovich**

Implementing the idea of TRIZ in information transmission systems, p.61.

The author distinguishes contradictions and mechanisms for contradiction elimination in developing radio transmission and reception systems, including the problems of interference-free reception of discrete and analogue signals, noise immunity, long-distance radio communication, and search for extraterrestrial civilization signals.

#### In brief

**I.L.Vikentiev**

Questionnaire for distinguishing and using resources when solving simple industrial processes

problems, p.67. **V.I.Saurin**

Undesired psychological effects in launching small business, p.68.

#### Methodology

**R.S.Floresku**

Fantasy invention and fine arts. p.69.

Methods were developed of creating fantastic pictures including techniques of designing actual shape and arranging the created object on the picture plane, techniques of matching colours and creating «colour mood». The techniques resulted from analysing literature on art criticism and a great number of works of fine arts. To illustrate the paper, pictures painted by the author's students are presented, based on the methodology described.

**V.G.Sibiriyakov**

Why write a summary? p.78.

Summary writing practice is described. Do it after every class, to provide feedback between audience and lecturer.

**In brief**

**G.B.Frenklach**

Method of studying a subject. Using effects and phenomena in invention problem solving.  
p.80.

**A.A.Chin**

Typical predicaments for TRIZ workshop participants, p.81.

**M.S.Gafitulin** Something p.82.

To be used in classes of Creative Thinking Development (a lecture outline), p.83.

**TRTL**

**C.A.Sklobovsky**

The man and his blast furnace, p.84.

A trial of synthesizing the making of an inventor on the basis of parallel description of the biography facts and features of inventive creativity of Mikhail Ivanovich Shaparov — a first generation TRIZ promoter.

**Contest**

**Tasks suggested by S.V.Lalin, A.K.Ghassanov, A.N.Lebedko, A.B.Sokolov and G.B.Sokolov. p.89.**

**Bibliography**

**V.I.Volkov.** The sources of creation. II.

p.93.

A review of scientific and general knowledge literature dealing with the problems of engineering creativity, in Russian Language editions, 1990-1991, 59 references.

---

Obituary E.I.Martynova

---

**Редакционная коллегия:**

Главный редактор К.А.Склобовский.

Члены редколлегии: А.Д.Балабуха, И.Л.Викентьев, И.С.Захаров, Б.Л.Зло-тин, Г.И.Иванов, А.Л.Любомирский, С.С.Литвин, В.М.Цуриков, А.В.Чистов.

Художественный редактор В.В.Киреев. Редактор  
английского текста Н.К.Склобовский.

Переводчик Г.Г.Черевань.

Помощник главного ред-актора Н.В.Никитина. . Корректор  
В.Б.Богуш.

Сдано в набор 18.02.92, подписано к печати 30.03.92. Формат 70x108/16.  
Гарнитура журнальная рубленая. Печать офсетная. Объем 8,60 усл.п.л.  
Оригинал-макет подготовлен НПВП «Макет». 141700, Долгопрудный-1, а.я.  
31, тел. (095) 408-71-63.  
Отпечатано в типографии Гомельского ОК КПБ. 246015, Гомель,  
Лепешинского, 1.

# ИНФОРМАЦИЯ

В Симферополе с 6 по 20 января 1992 года проходил второй семинар для разработчиков ТРИЗ, на котором были представлены новые разработки кишиневской школы\*.

Семинар провели Б.Л.Злотин и А.В.Зусман, организовал его С.Ю.Малкин. Всего участвовало 25 человек. Москву представляли С.М.Семенова, А.И.Гасанов, Б.М.Гохман, В.В.Ильинский, С.А.Нечунаев и А.В.Подкатицин, Санкт-Петербург — А.Н.Захаров и С.А.Фаер, Уфу — А.Р.Сирафутдинова и И.М.Тепляшин, Иркутск — Т.А.Лобанова, Новосибирск — В.Г.Сибиряков, Набережные

Челны — Р.Ш.Юнусов, Обнинск — К.А.Склобовский, Крым — С.А.Вербо-вицкий, С.А.Михайлов, А.В.Чунихин, А. Ю. Забияка, А.В.Рымаренко, С.Г.Савело, Н.П.Савушик, В.В.Ткаченко, Е.Л.Хаимов и Н.Я.Червонос. Подавляющее большинство участников семинара ТРИЗ занимается профессионально.

Алла Вениаминовна Зусман провела серию лекционных и практических занятий по освоению АРИЗ-СМВА (см. «Журнал ТРИЗ» 3.1, с.41). Основное внимание было уделено новому элементу, который появился в этой модификации АРИЗ, — совмещенному дереву полезных и вредных функций.

Борис Львович Злотин вел занятия, посвященные как новым направлениям, так и совершенствованию известного инструментария. В раздаточных материалах отражены следующие основные темы и направления: основные принципы и перспективы развития ТРИЗ, новые элементы ЗРТС и прогнозирования развития; новые разработки, касающиеся законов (линий развития) увеличения степени идеальности, усиления полезного функционирования, повышения полноты частей, развертывания — свертывания, повышения динамичности — управле-

мости, вепольного анализа и механизма исследования ВПР.

Особый интерес, по крайней мере для автора информации, вызвали разработки в теории развития коллективов: новые модели с привлечением идей из областей синэргетики, кибернетики, тектологии, социодароинизма, этологии и даже гидродинамики. Уточненная и детализированная периодизация развития Дела дала возможность провести детальный анализ состояния коллективов на разных этапах Дела, показала изменение цепей и средств их достижения, смену набора ролевых функций.

Не все темы были разработаны одинаково глубоко — часть из них были только названы; к таким я отнесу ТРИЗ в области искусства, методические рекомендации по написанию научно-популярных книг. Блестящий анализ достаточно сложной конструкции — одной из модификаций погружного насоса — скорее продемонстрировал реша-тельные возможности Б.Л. Злотина, чем работу методики аварийного прогноза.

Трудно удержаться от сравнения «ленинградского» и «кишиневского» семинаров. Если тандем С.С.Литвин — В.М.Герасимов с сопровождающими с блеском демонстрировали полностью отработанные, высокоэффективные решательные инструменты, то дуэт А.В.Зусман — Б.Л.Злотин ввел слушателей в лабораторию поиска, показал завершённые работы и направления, на которых «еще конь не валялся». Эмоциональный ключ этих семинаров может быть определен как «рацио» — в лучшем смысле этого слова — и «романтика».

В заключение хочу выразить надежду на то, что редакции удастся опубликовать на страницах «Журнала ТРИЗ» материалы, которые были рассмотрены на семинаре.

К.А.Склобовский.

Получено 6.02.92

---

\* Первый из серии итоговых семинаров для разработчиков, представляющий разработки петербургской (тогда еще ленинградской) школы был проведен С.С.Литвиным и В.М.Герасимовым, организатор В.Б.Крячко, в ноябре 1990 г. в Зеленогорске — информацию см. «Журнал ТРИЗ» 2.1, с.5, материалы семинара см. «Журнал ТРИЗ» 2.1, с.22, 50, 53; «Журнал ТРИЗ» 3.2, с.

Для проведения скоординированной на учено-исследовательской и предпринимательской деятельности в марте 1992 года группа предприятий, связанных с проектом «Изобретающая машина», НИЛИМ (Минск), Красноярский ф-п НИЛИМ, ИНЭК (Новосибирск), Урал-НИЛИМ (Челябинск), НИЛИМ-ТЕХНО (Новосибирск), Веполь (Санкт-Петербург), НИЛИМ-ОКАД (Одесса), УЛИМ (Ульяновск), Азов-Экология (Мариуполь) приняли решение образовать консорциум — временный союз хозяйственно-независимых фирм. Концерн создан с целью повышения эффективности деятельности фирм и их конкурентоспособности за счет:

- координации научно-исследовательских разработок
  - координации выполнения совместных промышленных разработок
  - получения наибольшей прибыли при осуществлении финансовых операций в регионах с лучшими налоговыми условиями
  - совместного использования разработок, выполненных на предприятиях консорциума, средств, материалов или другой интеллектуальной собственности этих предприятий
  - координации в вопросах обучения
  - совместного проведения маркетинговых мероприятий (реклама, исследования рынка, проведение выставок, семинаров и т.д.)
  - соблюдения общей взаимоприемлемой ценовой политики
  - использования специалистов предприятия консорциума при выполнении заказов на консультирование, экспертизы с целью передачи заказа предприятию, наиболее готовому к его выполнению
  - оперативного обмена информацией, взаимопользующейся предприятиям консорциума
  - координации действий по продвижению ТРИЗ за рубежом.
- Работу фирм будет координировать Совет руководителей предприятий-членов, а в промежутках между заседаниями — лидер консорциума, которым определен НИЛИМ.
- Координация деятельности предприятий понимается следующим образом:
- согласованное распределение тематики исследовательских работ (с учетом интересов фирм и имеющихся реальных заделов)
  - установление критериев, эталонов проведения исследовательских работ
  - единая приемка совместных НИР
  - назначение грантов, стипендий, финансирование заказных работ

— установление ограничений на распространение результатов научных исследований

— взаимное информирование о ведущих исследовательских работах, ознакомление с промежуточными результатами исследований

— информационно-издательская деятельность, включающая издание научных сборников, препринтов, проведение конференций; библиографическая поддержка.

Основные направления деятельности и головные фирмы-координаторы по каждому направлению:

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ** — Теоретический отдел ФСА и ТРИЗ при НИЛИМ, Санкт-Петербург

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В РАМКАХ ПРОЕКТА ИМ** — НИЛИМ, Минск

**МАРКЕТИНГ, РЕКЛАМА, ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ** — НИЛИМ, Минск

**РАБОТА ЗА РУБЕЖОМ** — НИЛИМ, Минск

**ОБУЧЕНИЕ, ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ** — Урал-НИЛИМ, Челябинск

**КОНСУЛЬТИРОВАНИЕ** — Красноярский филиал НИЛИМ

**ВНЕДРЕНИЕ** — Веполь, Санкт-Петербург

**САПР** — НИЛИМ ОКАД, Одесса

**РАЗРАБОТКА ДЕТСКОЙ ВЕРСИИ ИМ** — ИНЭК, Новосибирск.

Головные фирмы должны разработать и согласовать каноны по основным направлениям деятельности, критерии качества работ.

Консорциум может создавать финансовый фонд, поддерживать (в т.ч. финансово) деятельность Ассоциации ТРИЗ и предприятий, работающих в области ТРИЗ.

Для проведения рекламных мероприятий планируется создать общее рекламное агентство на правах юридического лица, совместно проводить выставки, семинары, симпозиумы.

Результаты НИР будут докладываться на ежегодном научном симпозиуме и публиковаться в виде сборников НИЛИМ.

В рамках консорциума предприятия могут передавать друг другу право на продажу интеллектуального продукта и услуг по взаимной договоренности.

Предприятия-члены консорциума могут договариваться об ограничении распространения некоторых разработок за пределы консорциума, если эти разработки являются know-how по определению автора и Совета.

Предприятия-члены консорциума передают свои программные продукты другим членам консорциума с правом копирования.

Получено 12.03.92

## ОТ РЕДАКЦИИ

Публикуя краткое изложение системы ТРИЗ-ФСА, разработанной группой исследователей во главе с С.Слитвиным и В.М.Герасимовым («Журнал ТРИЗ» 1,2,50,53), мы собрались опубликовать систему в достаточно полном виде. Однако, во время подготовки, которая, к сожалению, была затянута по причинам, не зависящим от редакции, значительную часть материала опубликовало издательство «Информ-ФСА»\*. Это издание выпущено достаточным тиражом и в настоящий момент доступно нашим читателям — о его выпуске информировал и наш журнал. Поэтому мы решили опубликовать на своих страницах только те части методики, — четвертую и пятую, которые не вошли в публикацию «Информ-ФСА». Редакция сочла возможным отступить от своего ограничения размера публикуемых материалов опубликовать полную запись анализа достаточно сложной ТС, который иллюстрирует весь ход исследования системы.

# ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ЧАСТИ 4 и 5

## 4. ФУНКЦИОНАЛЬНО-ИДЕАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (СВЕРТЫВАНИЕ) ОБЪЕКТА

4.1. **Свертывание объекта** — процедура анализа, направленная на повышение идеальности объекта за счет эффективного выполнения его полезных функций минимальным числом элементов. При ликвидации какого-либо элемента его функции либо также ликвидируются, либо передаются оставшимся элементам системы или надсистемы.

Свертывание ведется по верхнему иерархическому уровню анализируемого объекта. Начинается свертывание с элемен-

тов, выполняющих функции более низкого ранга.

### 4.2. Свертывание конструкций

4.2.1. Формулировка свертывания для конструкций

*Элемент (указать) можно не делать, если:*

а) *нет объекта функции;*

б) *функцию выполняет сам объект функции;*

в) *функцию выполняют оставшиеся элементы ТС или на денете мы.*

4.2.2. Выбор вариантов свертывания

\* Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа. Методические рекомендации. М.Информ-ФСА, 1991 -40 с.

Можно заказать наложенным платежом по адресу:  
105856 ГСП, Москва Е-37, МП «Информ-ФСА»



Все три варианта повышают идеальность ТС, но предпочтительнее всего вариант а), кроме случая, когда объект функции исключаемого элемента совпадает с объектом главной функции. В последнем случае выбор между вариантами б) и в) определяется наличием вещественно-полевых ресурсов у объекта функции или других (оставшихся) элементов ТС и надсистемы, причем вариант б) предпочтительнее. Возможно совместное использование ресурсов по вариантам б) и в).

#### 4.3. Свертывание технологических процессов

##### 4.3.1. Классификация операций

Операции технологического процесса могут быть четырех видов:

- обеспечивающие (хранение, транспорт, погрузка-разгрузка, заготовка, подача и т.п.);
- создающие (в результате чего-то производится);
- исправляющие (в результате устраняется НЭ, возникший на предыдущих операциях);
- контрольные.

##### 4.3.2. Формулировка свертывания для обеспечивающих операций

*Операцию (указать) можно не выполнять, если:*

- а) нет операции, которую «обеспечивает» ликвидируемая операция;
- б) «обеспечиваемая» операция сама себя обеспечивает;
- в) «обеспечение» производится на других операциях, предшествующих исключаемой.

##### 4.3.3. Формулировка свертывания для создающих операций

*Операцию (указать) можно не выполнять, если:*

- а) не нужен объект функции, т.е. без него можно обойтись;
- б) объект функции получают в готовом виде, т.е. функция выполняется на предыдущих операциях, включая поставку — с «точки зрения» операции объект как бы сам изготовился;
- в) функцию выполняют последующие операции, вплоть до выполнения ее потребителем.

##### 4.3.4. Формулировка свертывания для исправляющих операций

*Операцию (указать) можно не выполнять, если:*

- а) нет операции, на которой создается (возникает) объект функции;
- б) операция, создавшая объект функции, перестает его создавать;
- в) объект функции остается, но его наличие не мешает получить качественный конечный продукт, т.е. не мешает выполнению главной функции техпроцесса;
- г) функцию ликвидируемой операции выполняют другие операции.

##### 4.3.5. Формулировка свертывания для контрольных операций

*Операцию (указать) можно не выполнять, если:*

- а) нет объекта измерения, т.е. нечего измерять;
- б) измерение заменяется изменением, т.е. незачем измерять;

в) измерение выполняется в рамках других операций.

4.3.6. Выбор вариантов свертывания Все варианты свертывания операций техпроцесса увеличивают его идеальность, но в разной степени. Идеальность уменьшается от вариантов а) к вариантам в), г). Поэтому при выборе варианта свертывания вначале рассматривают вариант а) и лишь при принципиальных ограничениях переходят к рассмотрению вариантов б) и в).

#### 4.4. Построение функционально-идеальной модели объекта

Для построения модели нового усовершенствованного объекта с минимальным числом элементов оставшиеся функции перегруппировываются по элементам объекта, сохранившимся после свертывания. В модель включаются также все нежелательные эффекты, которые не были устранены при свертывании.

#### 4.5. Формулирование требований к элементам функционально-идеальной модели объекта

К каждому элементу модели предъявляются требования:

- по обеспечению свертывания — устранению других элементов — они определяются выбором вариантов свертывания;
- по устранению НЭ данного элемента — определяются из перечня оставшихся НЭ;
- по согласованию данного элемента с надсистемой (другими оставшимися элементами, имеющимися в цехе оборудованием и т.д.).

Требования к отдельным элементам модели сводятся в единый комплекс требований к новому усовершенствованному объекту. По мере решения задач на творческом этапе комплекс требований корректируется.

#### 4.6. Анализ комплекса требований и формулирование задач по реализации функционально-идеальной модели

Работа выполняется в следующем порядке: группируются требования, относящиеся к одним и тем же элементам построенной функционально-идеальной модели; выявляются причины, не позволяющие выполнить указанные требования; формулируются задачи в виде технических противоречий по каждой группе требований. Если ничто не мешает выполнить предъявленные требования, формулируются предложения по их удовлетворению. Эти предложения включаются в комплекс организационно-технических предложений, полученный по итогам творческого этапа ФСА.

Итогом свертывания являются:

- предложения, полученные без решения задач;
- комплекс задач, содержащих технические противоречия.

Особенности этих задач:

- их гораздо меньше, чем исходных НЭ, выявленных в объекте анализа, и меньше, чем требований к элементам модели;
- большинство этих задач сначала скрыто от взора специалистов, они сознательно

«конструируются» в результате свертывания. Выявляя и разрешая их, ФСА с применением ТРИЗ вскрывает глубинные пласты резервов развития объекта;

— это комплексные, согласованные между собой задачи: не по совершенствованию отдельных элементов конструкции и операций техпроцессов, а по оптимизации всего изделия и техпроцесса в целом. Решение таких задач обычно позволяет высвободить функциональные возможности объекта при

одновременном снижении затрат, а при ФСА-проектировании — создать принципиально новую ТС;

— уровень таких задач часто оказывается весьма высоким: они могут содержать острые технические противоречия. Поэтому для их решения необходимо использовать современные методы технического творчества, особенно ТРИЗ, «решательный» аппарат которой направлен именно на разрешение технических противоречий.

## 5. СВЕРХЭФФЕКТ

**Сверхэффектом** называются дополнительные потенциальные возможности предлагаемого решения задачи, которые могут быть получены помимо прямого эффекта, ради достижения которого и была поставлена задача. На аналитическом этапе еще до решения сформулированных задач сверхэффект определяется априорным фактом решения этих задач. При этом для каждой задачи производится:

5.1. Формулирование прямого эффекта, ради получения которого ставилась задача.

5.2. Определение изменений, которые произойдут в технической системе в результате решения задачи. При этом производится:

5.2.1. Определение позитивных сверхэффектов — повышение функциональных показателей элементов анализируемой ТС и снижение затрат.

5.2.2. Выявление новых свойств, которые не дают прямого эффекта, но могут быть использованы для дальнейшего наращивания сверхэффекта, то есть являются потенциальной базой новых функций и дополнительного снижения затрат.

5.2.3. Определение негативных сверхэффектов — нежелательных последствий решения задачи. При этом они отмечаются не просто как недостатки, а как новые задачи, требующие решения.

5.3. Механизмы выявления сверхэффекта.

Сверхэффект от конкретного решения определяется следующим образом:

5.3.1. Выявляется, в каком элементе объекта произошло изменение.

5.3.2. Устанавливается, с какими элементами ТС и надсистемы непосредственно связан изменившийся элемент.

5.3.3. Формулируется главная функция каждого изменившегося элемента, а также его дополнительные, вредные и нейтральные функции.

5.3.4. Фиксируется, какие свойства элемента изменились (в т.ч. появившиеся вновь или исчезнувшие свойства).

5.3.5. Отмечается изменение функционирования элемента в результате изменения его свойств по всем функциям, сформулированным в п. 5.3.3.

5.3.6. Работа по пп. 5.3.1 — 5.3.5 повторяется для:

— подсистем компонентов ТС, т.е. на более глубоких уровнях иерархии;

— разных стадий жизненного цикла ТС (поскольку при этом будут разные компоненты, свойства, связи и функции);

— компонентов ТС, ранее не рассматриваемых в анализе (например не связанных с какими-то существенными нежелательными эффектами или входящих в другую функциональную узел ТС).

5.3.7. На основании изменения функционирования (п. 5.3.5) и свойств (п. 5.3.4) формулируются требования по изменению элементов — носителей функций. Изменения могут касаться конструкции, технологии изготовления, материалов и др.

5.3.8. Если ничто не мешает выполнить предъявленные требования, то формулируются предложения по изменению соответствующих элементов.

Если определенное в п. 5.3.7 требование вызывает недопустимое ухудшение какого-либо свойства ТС, то формулируется задача в виде технического противоречия. Решение этой задачи также приводит к изменениям элементов ТС.

5.3.9. Работы по пп. 5.3.1 — 5.3.8 повторяются для каждого элемента, претерпевшего какое-либо изменение, столько раз, сколько потребуются. Таким образом, постепенно уточняются положительные и отрицательные последствия от первоначального изменения в ТС, последовавшего в результате решения задачи.

При анализе необходимо учитывать своеобразную «обратную связь» — возможность влияния изменений в элементах по п. 5.3.8 на элемент по п. 5.3.1 и, как следствие, его дополнительное изменение.

5.3.10. Составляется сводный список изменений в компонентах ТС, системе в целом и компонентах надсистемы на разных стадиях жизненного цикла.

Комплекс сверхэффектов позволяет, таким образом, перейти от изначальной идеи, полученной в результате свертывания или решения ключевой задачи, к техническому проекту усовершенствованной ТС, включающему целый ряд согласованных между собой технических предложений ориентированному на внедрение на конкретном предприятии-заказчике.



сторону межполюсного окна. Если отжимающее усилие  $P_f$  превышает допустимую величину, приходится для предотвращения деформации катушки устанавливать между полюсами распорки. Известны разнообразные конструкции распорок — сборные, сварные, литые, крепящиеся к остову ротора, к полюсным башмакам и т.д. На рис. 1,б показана одна из наиболее распространенных конструкций.

Все распорки обладают существенным недостатком — они перекрывают межполюсные окна, что сильно ухудшает аксиальную вентиляцию электрической машины и приводит к ее перегреву. Особенно усложня-

ется положение, когда по результатам механического расчета необходимо по длине катушки установить две распорки. В этом случае между ними образуется замкнутая трудно вентилируемая полость, и машина охлаждается еще хуже.

Необходимо предотвратить деформацию катушек и улучшить вентиляцию электрической машины. При этом в данном случае целью ФСА было не принципиальное изменение конструкции, а только устранение «узкого места», то есть модернизация синхронной быстроходной электрической машины.

### СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ РОТОРА

Предварительная структурная модель ротора на стадии эксплуатации показана на рис. 2. При построении модели учтены как

вещественные, так и полевые компоненты. Основные связи между компонентами ротора и его надсистемой приведены в табл. 1.

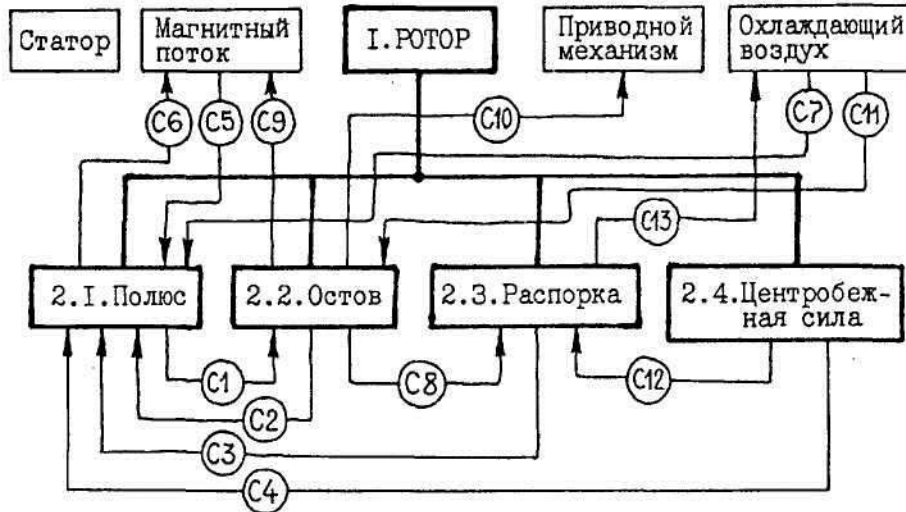


Рис.2. Структурная модель ротора (1-й вариант)

Таблица 1

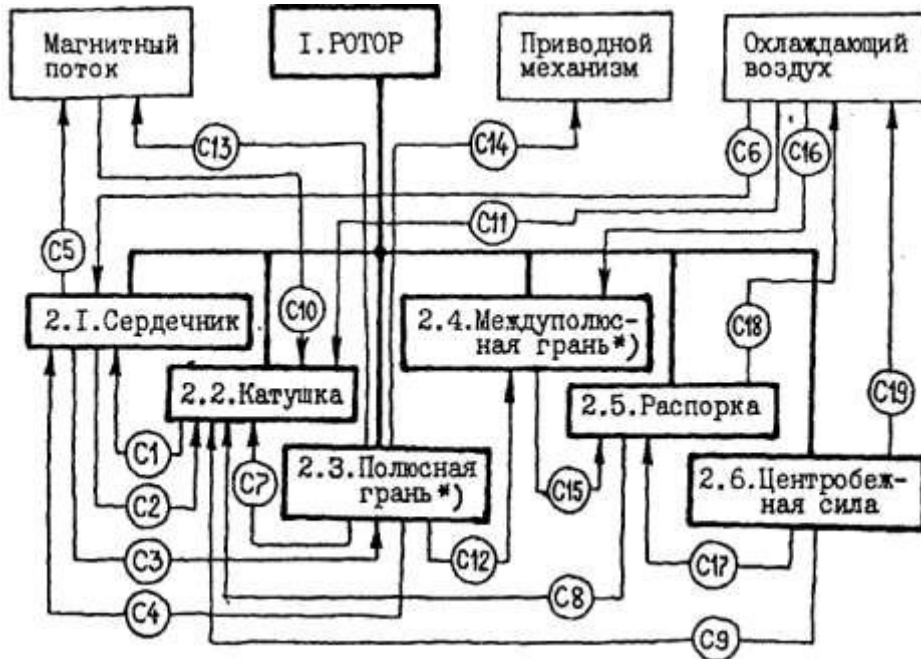
Матрица взаимосвязей между компонентами ротора и его подсистемой (1-й вариант)

	Компоненты ротора				Компоненты надсистемы			
	2.1. Полюс	2.2. Остов	2.3. Распорка	2.4. Центробежная сила	Статор	Магнитный поток	Приводной механизм	Охлаждающий воздух
2.1. Полюс	X	C1 C2	C3	C4	-	C5 C6	-	C7
2.2. Остов		X	C8	-	-	C9	C10	C11
2.3. Распорка			X	C12	-	-	-	C13
2.4. Центробежная сила				X	-	-	-	C14

С1 — полюс вращает остов ротора;  
 С2 — остов удерживает полюс;  
 С3 — распорка удерживает полюс, т.е. предотвращает его деформацию;  
 С4 — центробежная сила деформирует полюс;  
 С5 — магнитный поток вращает полюс;  
 С6 — полюс проводит магнитный поток;  
 С7 — воздух охлаждает полюс;  
 С8 — остов удерживает распорку;  
 С9 — остов проводит магнитный поток;  
 СЮ — остов вращает приводной механизм;  
 С11 — воздух охлаждает остов ротора;  
 С12 — центробежная сила отрывает распорку от остова (действуя непосредственно, а также через компоненты полюса);  
 С13 — распорка задерживает воздух в междуполюсном окне;  
 С14 — центробежная сила перемещает охлаждающий воздух в радиальном направлении.  
 Анализ предварительной структурной модели ротора показывает:  
 — связи С1, С2, С3, С8, СЮ, С13 являются одновременно и вещественными (непосредственными, контактными), и полевыми — механическими, так как они предназначены для компенсации сил гравитации, центробежной силы и т.д.;  
 — связи С7, С11 являются одновременно вещественными и полевыми — тепловыми, так как при контакте воздуха с полюсом и остовом происходит передача теплового потока;

— связи С4, С5, С12, С14 являются полевыми — механическими, бесконтактными;  
 — связи С6, С9 являются полевыми — электромагнитными;  
 — полюс и остов связаны одновременно разными механическими связями С1 и С2;  
 — полюс и магнитный поток связаны одновременно механической С5 и электромагнитной С6 связями;  
 — связи С4, С12, С13 являются вредными, остальные связи полезные;  
 — статор непосредственно не связан ни с одним компонентом ротора, поэтому его следует исключить из структурной модели (он является компонентом над-надсистемы);  
 — полюс и распорку удерживают различные части остова (связи С2 и С8), поэтому целесообразно в структурной модели представить эти части остова как самостоятельные компоненты;  
 — распорка удерживает от деформации (связь С3) не весь полюс, а только его катушку, поэтому здесь также целесообразно деление полюса на компоненты.

При анализе не рассматривались малосущественные в данной ситуации (нейтральные) связи, например воздействие центробежной силы на прочный монолитный остов ротора или прохождение магнитного потока (поток рассеяния) сквозь распорку.  
 На рис. 3 показана уточненная структурная модель ротора на стадии эксплуатации. Основные связи между компонентами ротора и его надсистемой приведены в табл. 2



\* Под термином «грань» здесь и далее понимается также тело остова ротора, прилегающее к соответствующей грани.

Таблица 2

Матрица взаимосвязей между компонентами ротора и его надсистемой (2-й вариант)

	Компоненты ротора						Компоненты надсистемы		
	2.1. Сердечник	2.2. Катушка	2.3. Полюсная грань	2.4. Междуполюсная грань	2.5. Распорка	2.6. Центробежная сила	Магнитный поток	Приводной механизм	Охлаждающий воздух
2.1. Сердечник	X	C1 C2	C3 C4	-	-	-	C5	-	C6
2.2. Катушка		X	C7	-	C8	C9	C10	-	C11
2.3. Полюсная грань			X	C12	-	-	C13	C14	-
2.4. Междуполюсная грань				X	C15	-	-	-	C16
2.5. Распорка					X	C17	-	-	C18
2.6. Центробежная сила						X	-	-	C19

### Структурная модель ротора (второй вариант)

C1 — катушка вращает сердечник (толкает его, передает ему механическое усилие);

C2 — сердечник удерживает катушку от смещения в направлении от оси ротора и от смещения в направлении к оси полюса;

C3 — сердечник вращает полюсную грань;

C4 — полюсная грань удерживает сердечник от смещения в направлении к оси ротора и вдоль этой оси;

C5 — сердечник проводит магнитный поток;

C6 — воздух охлаждает сердечник;

C7 — полюсная грань удерживает катушку от радиального смещения;

C8 — распорка удерживает катушку от смещения в сторону междуполюсного окна;

C9 — центробежная сила деформирует катушку (смещает ее в сторону междуполюсного окна);

C10 — магнитный поток статора вращает катушку (толкает ее проводники с током);

C11 — воздух охлаждает катушку;

C12 — полюсная грань удерживает междуполюсную грань (обе грани составляют единое целое);

C13 — полюсная грань проводит магнитный поток;

C14 — полюсная грань вращает приводной механизм;

C15 — междуполюсная грань удерживает распорку;

C16 — воздух охлаждает междуполюсную грань;

C17 — центробежная сила отрывает распорку от междуполюсной грани (действуя непосредственно на распорку, а также через катушку);

C18 — распорка задерживает воздух в междуполюсном окне;

C19 — центробежная сила перемещает воздух в радиальном направлении.

Анализ уточненной структурной модели ротора показывает:

— связи C1, C2, C3, C4, C7, C8, C12, C14, C15, C18 являются одновременно вещественными и полевыми — механическими;

— связи C6, C10, C16 являются одновременно вещественными и полевыми — тепловыми;

— связи C9, C10, C17, C19 являются полевыми — механическими;

— связи C5, C13 являются полевыми — электромагнитными;

— сердечник и катушка связаны одновременно разными механическими связями C1 и C2;

— сердечник и полюсная грань связаны одновременно разными механическими связями C3 и C4;

— связи C9, C17, C18 являются вредными, остальные связи полезные.

Как и ранее, здесь не рассматривались малозначительные для работы системы (нейтральные) связи, например воздействие центробежной силы на сердечник, на полюс-

ную и межполюсную грани, на катушку в Дальнейшее уточнение структурной модели в радиальном направлении, прохождение магнитного потока и уточнение связей между компонентами не выполнялось\*.

### МОДЕЛИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ

На основании структурного анализа построены модели материальных потоков между компонентами ротора и его надсистемой (рис. 4, 5, 6, 7, 8).

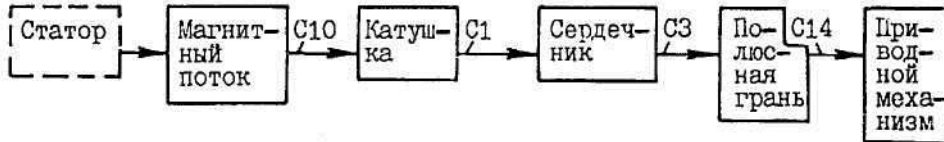


Рис.4. Магнитный и механический потоки (превращение электрической энергии в механическую; передача усилий вращения)



Рис.5. Механические потоки (действие центробежной силы)

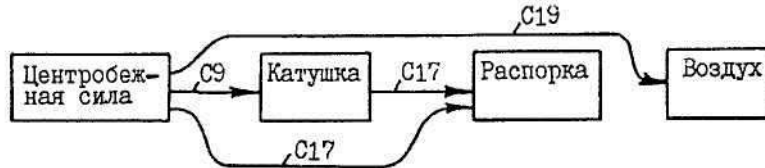


Рис.6. Механические потоки (удержание компонентов ротора)

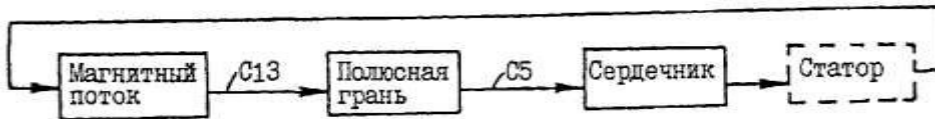


Рис.7. Магнитный поток

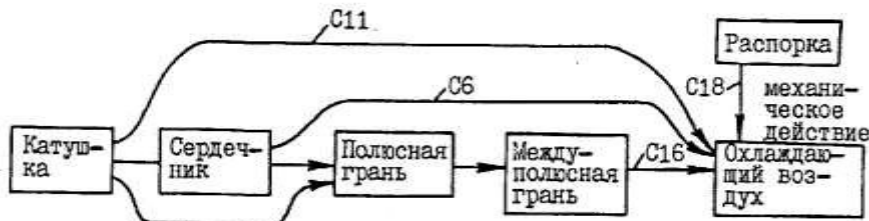


Рис.8. Тепловые потоки (передача тепла охлаждающему воздуху)

\* Возможные уточнения структурной модели: охлаждающий воздух в процессе работы электрической машины можно вполне рассматривать как вещественный компонент ротора, а не надсистемы; в качестве полевых компонентов могут быть включены ток (связь СЮ) и тепловой поток (связи С6, СП, С16).

По результатам структурного анализа и анализа материальных потоков может быть сформулирована задача: **необходимо ликвидировать вредные С9, С17, С18 механические**

**связи и усилить тепловые связи С6, С11, С16 при сохранении полезных механических С1, С2, С3, С4, С7, СЮ, С12, С14, С19 и электромагнитных С5, С13 связей.**

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РОТОРА

Формулировки главных функций компонентов ротора приведены в табл. 3. Там же указаны их дополнительные и вредные функции. Для полезных функций определен уровень их выполнения. Проведено ранжирование функций.

Анализ функциональной модели показывает:

— функции F2.2.2, F2.5.2, F2.6.2, F2.6.3 являются вредными;  
— функции F2.1.2, F2.1.4, F2.2.4, F2.3.3, F2.4.2 имеют недостаточный уровень выполнения;  
— функция F2.4.1 имеет наиболее низкий ранг (V<sup>IV</sup>).

Таблица 3

Функциональная модель ротора

Компонент — носитель функции	Функция	Ранг функции	Уровень выполнения функции*
1	2	3	4
1. Ротор"	F1. Вращать (приводной) механизм	Г	А
2.1. Сердечник	F2.1.1. Вращать (полюсную) грань	V <sup>I</sup>	А
	F2.1.2. Удерживать катушку (от перемещения к оси полюса)	Д	Н
	F2.1.3. Проводить (магнитный) поток	Д	А
	F2.1.4. Отдавать тепло (охлаждающему воздуху)	Д	Н
	F2.1.5. Отдавать тепло (полюсной грани)	Д	А
2.2. Катушка	F2.2.1. Вращать сердечник	V <sup>n</sup>	А
	F2.2.2. Отрывать распорку (от междуполюсной грани)	V <sup>p</sup>	-
	F2.2.3. Проводить ток	Д	А
	F2.2.4. Отдавать тепло (охлаждающему воздуху)	Д	Н
	F2.2.5. Отдавать тепло (сердечнику)	Д	А
	F2.2.6. Отдавать тепло (полюсной грани)	Д	А
2.3. Полюсная грань	F2.3.1. Вращать (приводной) механизм	О	А
	F2.3.2. Удерживать сердечник	Д	А
	F2.3.3. Удерживать катушку (от перемещения к оси ротора)	Д	Н
	F2.3.4. Удерживать (междуполюсную) грань	Д	А
	F2.3.5. Проводить (магнитный) поток	Д	А
	F2.3.6. Отдавать тепло (междуполюсной грани)	Д	А
2.4. Междуполюсная грань	F2.4.1. Удерживать распорку	V <sup>IV</sup>	А
	F2.4.2. Отдавать тепло (охлаждающему воздуху)	Д	Н
2.5. Распорка	F2.5.1. Удерживать катушку (от перемещения в междуполюсное окно)	V <sup>III</sup>	А
	F2.5.2. Задерживать воздух (в междуполюсном окне)	V <sup>p</sup>	-
2.6. Центробежная сила	F2.6.2. Перемещать воздух (в радиальном направлении)	Д	А
	F2.6.2. Смещать катушку (в сторону междуполюсного окна)	V <sup>p</sup>	-
	F2.6.3. Отрывать распорку (от междуполюсной грани)	V <sup>p</sup>	-

\* Условные обозначения уровня выполнения функции: А — адекватный (нормальный); И — избыточный; Н — недостаточный (требующий усиления).

\*\* Компоненты расположены в порядке индексации функций. При этом порядок убывания рангов функций не соблюдается.



По результатам функционального анализа может быть сформулирована задача: **необходимо ликвидировать вредные функции F2.2.2, F2.5.2, F2.6.2, F2.6.3, сохранить полезную функцию F2.5.1 по удержанию катушки от смещения, усилить полезные функции по удержанию катушки от смещения (F2.1.2, F2.3.3), по отводу тепла (F2.1.4, F2.2.4, F2.4.2) при сохранении функций, обеспечивающих работу электрической машины (F2.1.1, F2.2.1, F2.3.1), ее электромагнитные характеристики (F2.1.3, F2.3.5), механическую прочность**

**(F2.3.2, F2.3.4, F2.4.1) и охлаждение (F2.2.5, F2.1.5, F2.2.6, F2.3.6, F2.6.1).**

Фактически это не задача, а сложная изобретательская ситуация, включающая целый ряд задач, ключевой среди которых для целей данного ФСА является следующая: **как ликвидировать функцию F2.S.2 при сохранении функции F2.5.1, то есть как удержать катушку от смещения в сторону междуполюсного окна, не перекрывая это окно распоркой?**

### АНАЛИЗ ОБЪЕКТА НА СООТВЕТСТВИЕ ЗАКОНАМ РАЗВИТИЯ ТС

**Закон согласования ТС.** Сила, деформирующая катушку, возникает только при вращении ротора, а распорка удерживает катушку постоянно. Недостатком распорки является ее статичность, плохое согласо-

вание с изменяющимися условиями работы. Исходя из этого, может быть поставлена задача: **необходимо, чтобы сила, компенсирующая смещение катушки, возникла только во время вращения ротора.**

### ФУНКЦИОНАЛЬНО-ИДЕАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (СВЕРТЫВАНИЕ) КОНСТРУКЦИИ

Как было отмечено ранее, функцию наиболее низкого ранга F2.4.1 «удерживать распорку» (B<sup>v</sup>) выполняет междуполюсная грань. Поэтому именно для нее вначале сформулированы условия свертывания.

**1. Междуполюсную грань можно не делать, если:**

- + а) нет объекта функции — распорки;
- б) объект функции сам выполняет функцию — распорка сама удерживается;
- в) функцию выполняют другие элементы системы или надсистемы — распорку удерживают другие компоненты ротора.

По правилам свертывания выбираем вариант а), так как на него нет ограничений. Продолжаем свертывание конструкции.

**2. Распорку можно не делать, если:**

- а) нет катушки;
- + б) катушка сама удерживается от смещения в сторону междуполюсного окна;
- + в) катушку удерживают от смещения другие компоненты ротора, например сердечник или полюсная грань.

Учитывая, что целью ФСА является только модернизация электрической машины, а не принципиальное изменение ее конструкции, выбрать вариант а) нельзя. Ограничений на выбор вариантов б) и/или в) нет.

В результате свертывания конструкции может быть сформулирована задача: **как, не применяя распорку и ликвидировав междуполюсную грань (условия свертывания), предотвратить деформацию катушки под действием центробежной силы?**

Следует отметить, что в этой формулировке задачи, в отличие от полученных ранее, впервые выдвинуто категоричное требование полной ликвидации распорки в междуполюсном окне. Кроме того, при свертывании определено также, что должно компенсировать усилия, деформирующие катушку. Это могут быть либо сама катушка, либо другие компоненты ротора, прежде всего сердечник и полюсная грань. Оба эти компонента уже выполняют функции (F2.1.2, F2.3.3) по удерживанию катушки и логично «нагрузить» их дополнительно однородной функцией F2.5.1, которую раньше выполняла распорка.

С точки зрения ТРИЗ задача может быть еще более обострена: **компенсировать усилия, деформирующие катушку, должна именно та сила, которая эту деформацию вызывает, то есть центробежная сила.**

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Для решения задачи необходимо определить вещественно-полевые ресурсы компонентов ротора.

**Ограничения и ресурсы по варианту б) свертывания распорки.** Нельзя менять материал катушки, число витков и их сечение, так как это повлияет на ток в катушке и скажется на параметрах электрической машины. Можно только незначительно изменить форму катушки.

**Ограничения и ресурсы по варианту в) свертывания распорки.** Нельзя менять материал и сечение сердечника и полюсной грани, а также наружную форму полюсного башмака (верхнюю часть сердечника), так как при этом изменятся условия прохождения магнитного потока, что, в свою очередь, повлияет на параметры машины. Можно незначительно изменить форму полюсного башмака и форму полюсной грани в тех местах, где не проходит магнитный поток, то

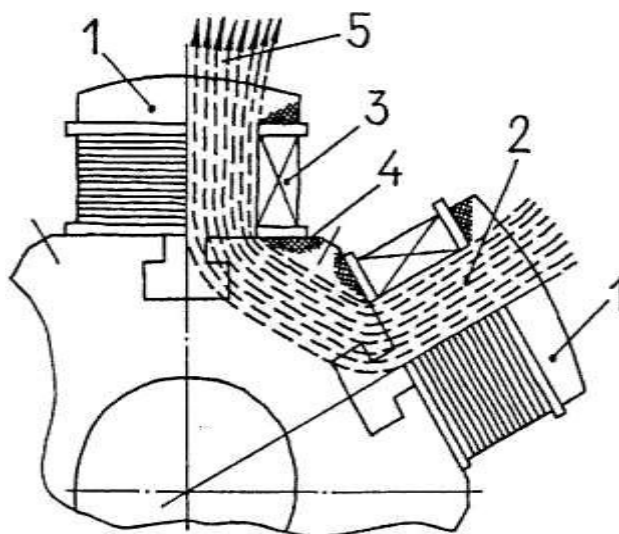


Рис.9. Вещественно-полевые ресурсы  
 1 — полюсный башмак; 2 — сердечник;  
 3 — катушка;  
 4 — полюсная грань; 5 — магнитный поток

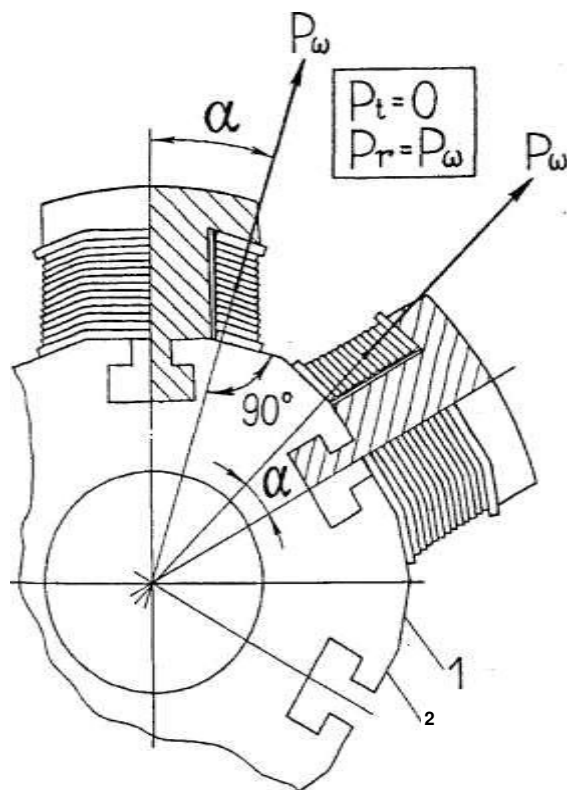


Рис.10. Ротор синхронной электрической машины без распорки  
 1 — грань остова под боковой частью катушки;  
 2 — грань остова под сердечником

есть в местах прилегания их к торцам катушки (выделено штриховкой на рис. 9).

Рассмотрим подробнее, как выполняются функции удерживания катушки F2.1.2 и F2.3.3. Сердечник удерживает катушку от смещения под действием центробежной силы вдоль оси полюса. Торце катушки упирается в опорные поверхности полюсного башмака, которые полностью компенсируют сдвигающее усилие  $P_r$  (рис. 1). Точно так же опорная поверхность полюсной грани, прилегающая к противоположному торцу катушки, удерживает ее от смещения в обратном направлении под действием сил гравитации. Кроме того, сердечник не позволяет боковой части катушки смещаться в сторону оси полюса. Однако от смещения в сторону междуполюсного окна удержать катушку не могут ни сердечник, ни полюсная грань. Именно

поэтому приходится устанавливать распорку, выполняющую функцию F2.5.1 по удержанию катушки.

**Как следует изменить сердечник, чтобы он смог компенсировать сдвигающее усилие  $P_r$ ?** С учетом выявленных у компонентов ротора ресурсов предложено изменить угол а наклона опорной поверхности полюсного башмака — выполнить ее перпендикулярной вектору центробежной силы  $P_w$ . На этот же угол следует наклонить витки катушки в ее боковых частях и опорные поверхности полюсной грани (рис. 10). Такое незначительное изменение формы компонентов ротора вполне допустимо, так как параметры электрической машины при этом не меняются, а выжимающая сила<sup>3</sup>, полностью компенсируется реакцией опоры.

### АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ В ОБЪЕКТЕ

На рис. 11 показана структурная модель ротора с исключенной распоркой на стадии эксплуатации. Основные связи между компо-

нентами ротора и его надсистемой приведены в табл. 4

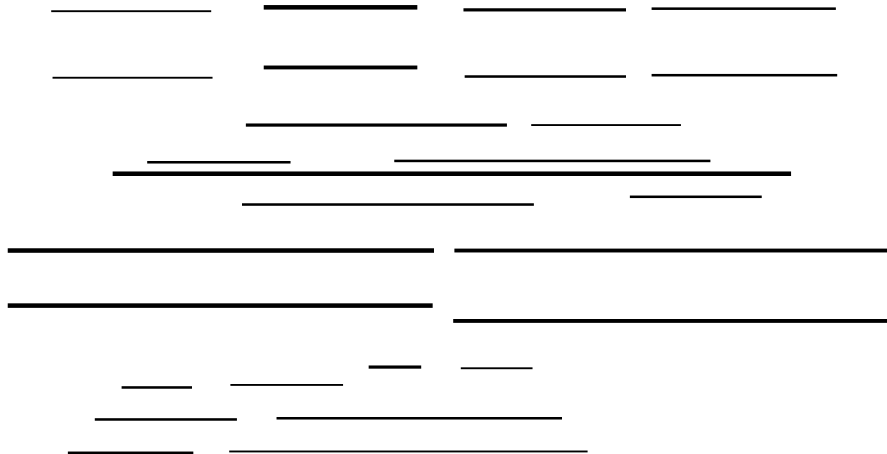


Рис.11. Структурная модель ротора с исключенной распоркой (1-й вариант)

- C1 — катушка вращает сердечник;
- C2 — сердечник удерживает катушку;
- C3 — сердечник вращает полюсную грань;
- C4 — полюсная грань удерживает сердечник;
- C5 — сердечник проводит магнитный поток;
- C6 — воздух охлаждает сердечник;
- C8 — полюсная грань удерживает катушку;
- C8 — магнитный поток вращает катушку;

- C9 — воздух охлаждает катушку; C10 — полюсная грань проводит магнитный поток;
  - C11 — полюсная грань вращает приводной механизм;
  - C12 — воздух охлаждает полюсную грань (ее подкатушечную часть);
  - C13 — центробежная сила перемещает воздух в радиальном направлении.
- Анализ этой структурной модели показывает:

Таблица 4

Матрица взаимосвязей между компонентами ротора и его надсистемы (1-й вариант)

	Компоненты ротора				Компоненты надсистемы		
	2.1. Сердечник	2.2. Катушка	2.3. Полюсная грань	2.4. Центробежная сила	Магнитный поток	Приводной механизм	Охлаждающий воздух
2.1. Сердечник	X	C1 C2	C3 C4	-	C5	-	C6
2.2. Катушка		X	C7	-	C8	-	C9
2.3. Полюсная грань			X	-	C10	C11	C12
2.4. Центробежная сила					-	-	C13

— из исходной структурной модели (рис. 3, табл. 2) исключены связи C8, C9, C12, C15, C16, C17, C18;  
 — появилась новая связь C12 (табл. 4);  
 — центробежная сила не связана непосредственно ни с одним компонентом ротора.

поэтому ее следует исключить из структурной модели;  
 — все связи полезные, вредных связей нет.  
 На рис. 12 показана уточненная структурная модель ротора с исключенной распоркой

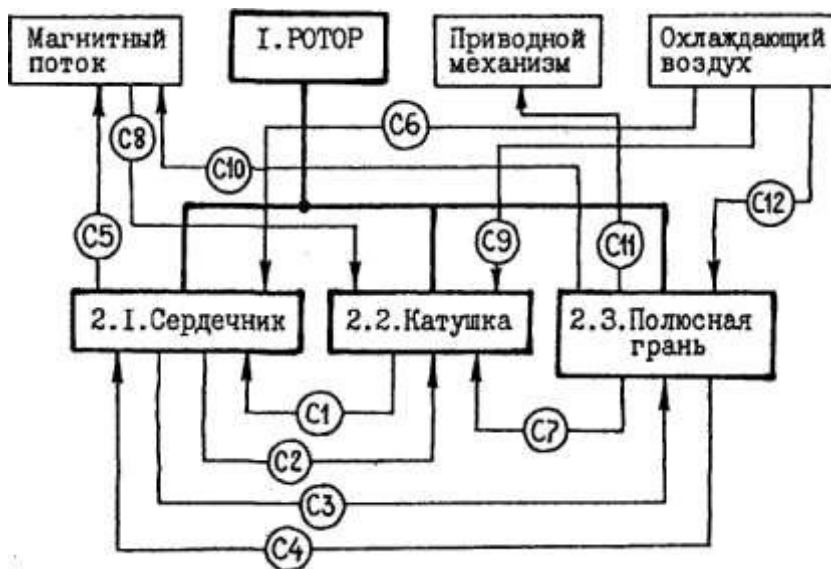


Рис.12. Структурная модель ротора с исключенной распоркой (2-й вариант)

Основные связи между компонентами ротора и его надсистемой приведены в табл. 5. Отличаются они от данных табл. 4 отсутствием связи C13.

на стадии эксплуатации.

На рис. 13, 14, 15, 16 показаны изменившиеся модели материальных потоков между компонентами ротора и его надсистемой (модели для исходной ситуации — рис. 4, 5, 6, 7,8).