СПРУТ-АЭД «Электромагнитный расчет трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором габарита 45–560 мм»

Руководство пользователя

Москва

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ..... 3

1. ФИРМА—РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА..... 5

2. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ. 5

3. ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОРАЗМЕРОВ И ИСПОЛНЕНИЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, РАСЧЕТ КОТОРЫХ ПОДДЕРЖИВАЕТСЯ ПРОГРАММОЙ. 7

4. УСЛОВИЯ РАСЧЕТА. 9

5. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ. 15

6. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММЫ *«АЭД3_ЭМ»*..... 17

7. ОСНОВНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ ПАЗОВ, ПОДДЕРЖИВАЕМЫЕ ПРОГРАММОЙ *«АЭД3_ЭМ»* 21

8. ДИАЛОГ С СИСТЕМОЙ. 34

9. ОСНОВНЫЕ ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ МЕТОДИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСЧЕТА ТРЕХФАЗНЫХ АЭД С КЗ РОТОРОМ ГАБАРИТОВ 45—560 ММ. 35

ЛИТЕРАТУРА 45

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ ЗНАЧЕНИЙ НЕКОТОРЫХ СТРОКОВЫХ СВОЙСТВ, ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ НАСТОЯЩЕЙ ВЕРСИЕЙ ПРОГРАММЫ. 46

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СИСТЕМЕ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ «АЭД_DOX» 48

Общие сведения о программе.

Описываются основные функциональные возможности программы электромагнитного расчета трехфазных асинхронных электродвигателей, версия *«АЭД3_ЭМ».*

Программа состоит из базы знаний "Электромагнитный расчет трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором", содержащей методы расчета асинхронных двигателей младших, средних и старших габаритов и пользовательского интерфейса.

Названная база знаний, созданная в экспертной системе SprutExpro, является средой разработчика программы электромагнитного расчета, доступной для пополнения и корректировки. Пользовательский интерфейс, или, иначе, среда пользователя – позволяет выполнять расчеты, сохранять и выводить результаты, расчеты, но не позволяет менять код программы.

Могут рассчитываться двигатели, выполненные как в защищенном, так и в закрытом обдуваемом исполнении.

Поддерживается расчет двигателей как с литой, так и со сварной клеткой ротора. Двойная сварная клетка ротора может выполняться из разных материалов, например, верхняя клетка из латуни, нижняя клетка из меди.

В настоящей версии появилась опция, позволяющая поддерживать расчет АЭД с обращенной конструкцией ротора (с внешним ротором).

В настоящей версии появилась опция, позволяющая выполнять полный экономический расчет АЭД.

Программа позволяет выполнять экспресс–расчет превышения температуры обмотки статора для систем охлаждения IC411, IC416, а также при реализации охлаждения в виде жидкостной рубашки, охватывающей сердечник статора. Для более полного анализа теплового состояния разработана специальная программа тепловентиляционного расчета АЭД3_ТВ.

Важной функцией программы является возможность совместной работы с подсистемой автоматизированной генерации обмоточных записок, формуляров расчета и других расчетных документов *«АЭД_DOC».*

Все свойства модели асинхронного электродвигателя (АЭД), фигурирующей в программе, могут передаваться в другие программы расчетной подсистемы САПР, а также в другие подсистемы САПР, поскольку электромагнитная модель не локальна, а является составной частью единой интегрированной модели АЭД.

Программа может эксплуатироваться:

- как профессиональная версия на электротехнических предприятиях соответствующего профиля;
- как учебная версия, используемая при обучении студентов электротехнических специальностей на курсах "Проектирование электрических машин", "САПР электрических машин".

1. Фирма–разработчик программного продукта.

Общество с ограниченной ответственностью «Центр СПРУТ–Т», г. Москва.

2. Назначение программы.

Программа предназначена для расчета энергетических и пусковых характеристик, потерь и параметров схемы замещения при заданной геометрии, обмоточных данных, напряжении и частоте сети АЭД. Таким образом, программа выполняет поверочный расчет. Вместе с тем, программа, вступая в диалог с пользователем, может выдать рекомендации по желательным коэффициентам заполнения паза, плотности тока и др., т.е. несет в себе элементы «интерактивного оптимизационного расчета».

В основу методики положена математическая модель, представленная в [1], и опирающаяся на схему замещения рис. 1, предложенную Т.Г. Сорокером [2].

Укрупненная структура программы представлена на рис. 2.

Уточнения модели произведены в части расчета механических потерь, потерь в стали, добавочных потерь, коэффициентов проводимости пазового рассеяния, магнитной цепи, устранения ряда неточностей в [1], см. например, [3,6].

Методика позволяет напрямую, в исходные данные, подставлять значения магнитной проводимости ротора, коэффициентов воздушного зазора статора и ротора, коэффициента увеличения активного сопротивления стержня ротора от эффекта вытеснения тока, коэффициенты, учитывающие технологию заливки.

Величины потерь в обмотках статора, ротора, в стали, механических потерь могут передаваться в программу тепловентиляционного расчета АЭД.

Программа является составной частью расчетной подсистемы асинхронных двигателей. Расчетная подсистема АЭД является важнейшим звеном системы сквозного автоматизированного проектирования АЭД по единой взаимосвязанной цепочке: **расчеты АЭД ⇔ конструирование АЭД ⇔ технологическое проектирование АЭД ⇔ проектирование технологической оснастки ⇔ генерация управляющих программ для станков с ЧПУ**.

Развитие методики продолжается в части:

- повышения ее функциональности (новые конфигурации пазов, пополнение баз банных новыми материалами);
- повышения точности механических потерь и потерь в стали;
- повышения точности расчета максимального момента;
- повышения точности расчета пусковых характеристик;
- улучшения интерфейса (динамическое появление и исчезновение закладок, активизация и деактивизация входных свойств и др.);

- введения пользователем новых материалов через интерфейс;
- подключения к интерфейсу блока интеллектуальных подсказок, содержащих рекомендации по проектированию АЭД при нетривиальных исходных данных, например при повышенной частоте питающей сети.

Программа применяется в расчетном секторе отдела главного конструктора электротехнического предприятия.

Программа может быть использована в учебном процессе для студентов электротехнических специальностей в курсе "Проектирование электрических машин" или "САПР электрических машин".

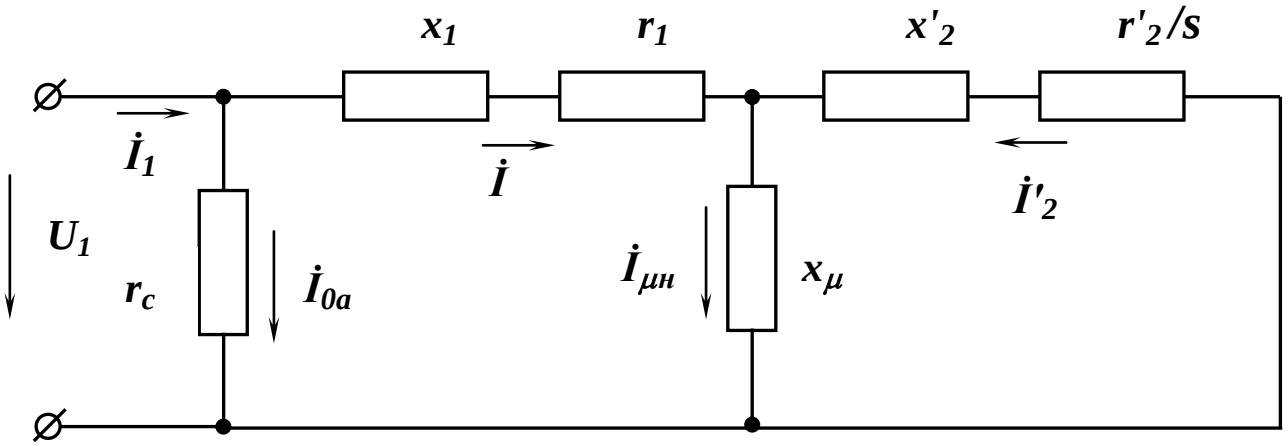


Рис. 1.а Т–образная схема замещения АЭД, положенная в основу программы электромагнитного расчета АЭД; активное сопротивление r_c, эквивалентирующее потери в стали, вынесено на зажимы

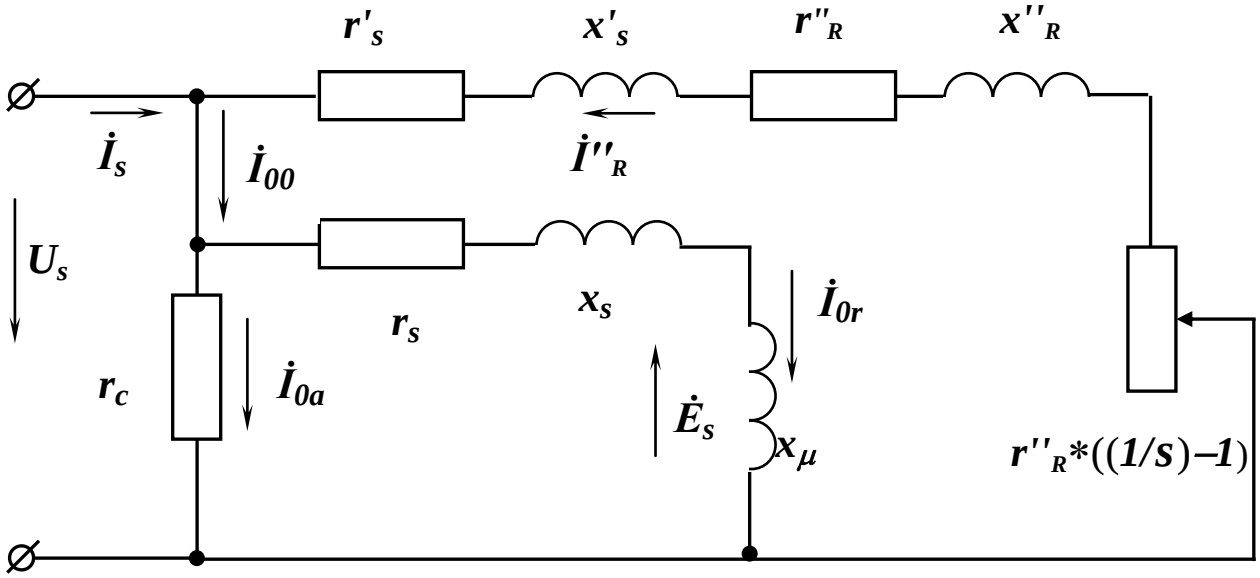


Рис. 1–b. Г–образная схема замещения трехфазного АЭД.

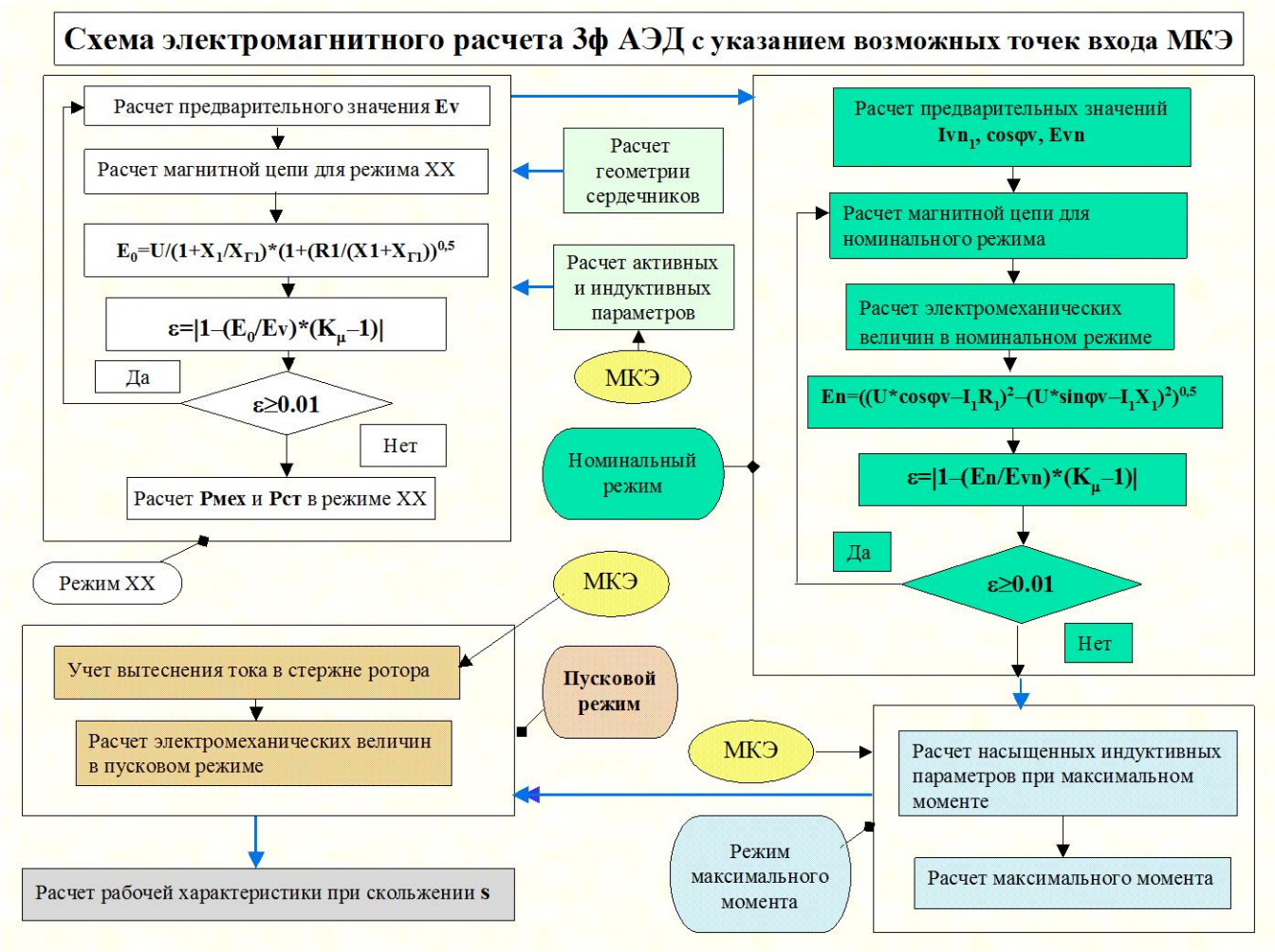


Рис. 2.

Собственно методика разработана в экспертной среде **SprutExpro** на подмножестве обычной технической лексики [4]. В терминах **SprutExpro** база знаний "Электромагнитный расчет трехфазных АЭД с КЗ ротором" содержит 52 метода, 738 модулей инженерных знаний (МИЗов), 1442 переменных, в т.ч. 71 строковых. Общее число значений строковых переменных – 288.

3. Перечень типоразмеров и исполнений электродвигателей, расчет которых поддерживается программой.

Программа электромагнитного расчета версии *«АЭД3_ЭМ»* поддерживает расчет следующих типоразмеров и исполнений АЭД:

a) Высота оси вращения: 45 – 560 мм.

b) Установочные размеры, по длине сердечника статора: все, предусмотренные габаритами 45–80 мм.

c) Установочные размеры, по длине станины: все, предусмотренные габаритами 90–560 мм.

d) Защита и охлаждение: закрытое исполнение с внешним обдувом корпуса.

e) Число полюсов: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16.

f) Частота питающего напряжения: 50 Гц, 60 Гц. Устойчивая работа методики при расчете частотно-регулируемых АЭД обеспечивается до частоты не менее 8 Гц;

g) Напряжение питающей сети: все сочетания напряжений, предусмотренные документацией на двигатели 45 –560 габарита;

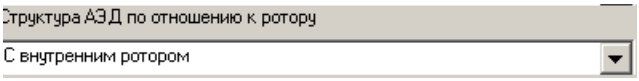
h) обмотка ротора: короткозамкнутая клетка;

i) исполнение клетки ротора: литая; сварная.

j) степени защиты IP22, IP23, IP44, IP54, IP55;

k) Номинальный режим S1, S2.

Настоящая версия поддерживает расчет АЭД при конфигурации пазов:
для АЭД с внутренним ротором



пазов статора по рис_паз. 1.1–1.6;

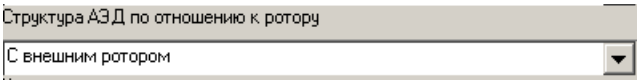
A. ***пазов ротора с простой литой клеткой*** по рис_паз. 2.1 – 2.8, причем представленные пазы могут быть как полузакрытыми, так и закрытыми;

B. ***пазов ротора с литой двойной клеткой*** по рис_паз. 3.1 – 3.4, причем верхние пазы двойной клетки могут быть как полузакрытыми, так и закрытыми;

C. ***пазов ротора с простой сварной клеткой*** по рис_паз. 4.1 – 4.4;

D. ***пазов ротора с двойной сварной клеткой*** по рис_паз. 4.5;

для АЭД с внешним ротором



E. ***пазов статора*** по рис_паз. 1.5о;

F. ***пазов ротора с простой литой клеткой*** рис_паз. 2.6о;

G. ***пазов ротора с простой сварной клеткой*** по рис_паз. 4.1о

В названных рисунках указаны значения строковых свойств, описывающих конкретные пазы.

Обозначения видов изоляции паза статора, поддерживаемые настоящей версией, представлены на рис. 9.

Настоящая версия не поддерживает расчет характеристики ***M=f(s)*.**

Перечень значений наиболее важных строковых свойств, поддерживаемый настоящей версией программы, представлен в табл. 3.

4. Условия расчета.

Расчет может быть выполнен при следующих условиях:

1. Некоторые параметры: коэффициенты проводимости пазового рассеяния стержня ротора ***LmslR***, коэффициент увеличения активного сопротивления стержня от эффекта вытеснения ***Kr*** могут предварительно рассчитываться с применением численного метода. Далее их значения могут быть напрямую внесены в соответствующую закладку исходных данных, рис. 3 (***Параметры для стыковки с численным моделированием***).

При этом в закладке ***"Условия расчета"*** в свойствах **"Признак использования численного метода…"** должно быть выбрано значение *"Численный расчет используется"*. Если расчетчик не использует численный расчет, должно быть выбрано значение *"Численный расчет не используется"*, рис. 4.

Несколько иначе организуется ввод численных значений коэффициентов воздушного зазора статора $K\delta_S$ и ротора $K\delta_R$. Если названные коэффициенты не рассчитывались численно, то соответствующие поправочные коэффициенты принимаются равными "1", рис. 3. Если $K\delta_S$ и $K\delta_R$ рассчитывались численно, то значения поправочных коэффициентов равны

$$K\delta_{S_Числ} / K\delta_{S_Аналит}\ ,\ K\delta_{R_Числ} / K\delta_{R_Аналит}\ .$$

Практика показывает, что для незакрытых пазов статора можно принимать ($K\delta_{S_Числ}$ / $K\delta_{S_Аналит}$)=1,3–1,.1; для незакрытых пазов ротора можно принимать ($K\delta_{R_Числ}$ / $K\delta_{R_Аналит}$)=1,01–1,05. Большие значения соответствуют пазам с большим открытием, и с б*о*льшими индукциями в зубцах.

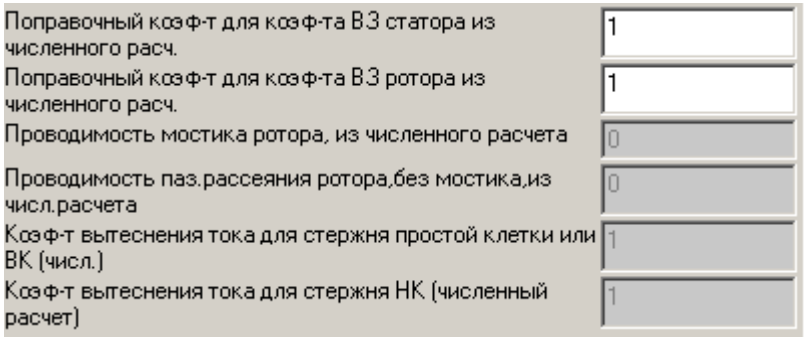


Рис. 3

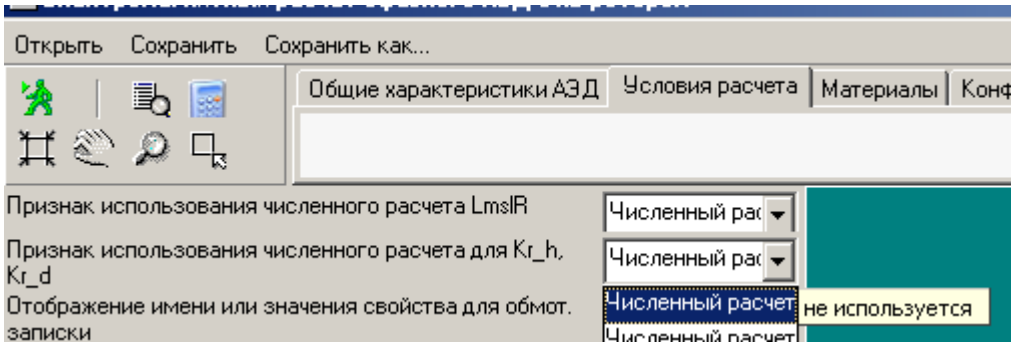


Рис. 4

В интерфейсе программы широко используется технология активных–неактивных свойств. Так, в вышеприведенном примере при условии "*Численный расчет не используется*", соответствующие значения зависимых свойств становятся недоступными (неактивными), см. рис. 3. В некоторых случаях, после загрузки исходных данных из БД, **Условие** может не соответствовать загруженной "активности" зависимого свойства. В этом случае следует еще раз выбрать желаемое условие, после чего нужное состояние "активности" зависимого свойства будет обеспечено.

В интерфейсе также используется технология исчезающей закладки: Если выбран **"Вид клетки ротора"** *"Простая"*, исчезает закладка ***"Геометрия нижней клетки ротора (часть вторая)".*** Исключением является конфигурация простой клетки с формой паза *"С высечкой у дна паза",* Рис_паз. 4.3, поскольку некоторые размеры этого паза описываются параметрами двойной клетки.

2. При расчете отображается конфигурация пазов статора и ротора. При выборе условия "Показать имя" отображается эскиз паза с размерами, представленными в виде идентификаторов, рис. 5. При выборе условия "Показать значение" отображается эскиз паза с фактическими размерами.

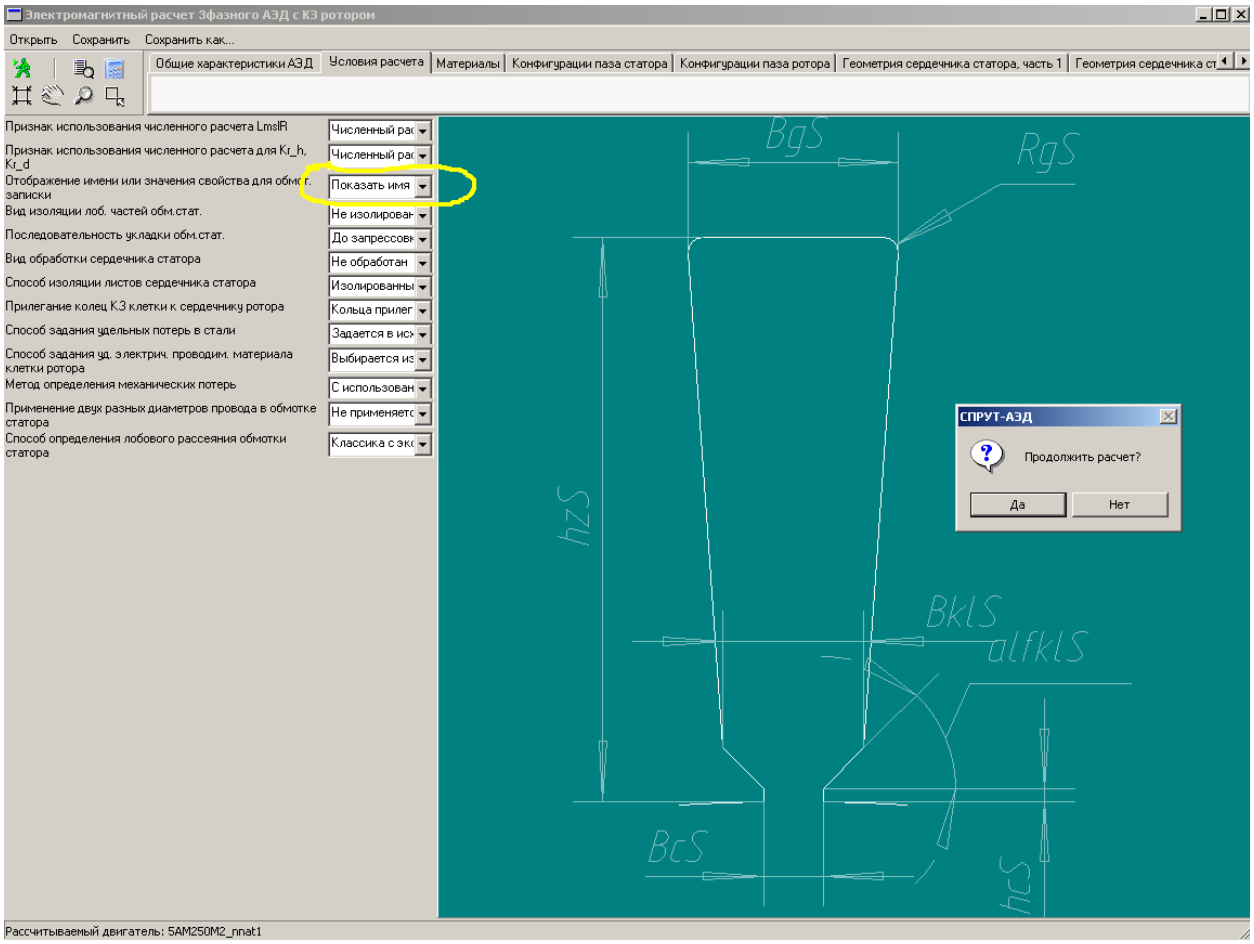


Рис. 5.

3. Потери в стали, удельная электрическая проводимость материала, диаметр (высота и ширина) обмоточного провода могут либо задаваться в исходных данных, либо выбираться из базы данных, рис. 6:

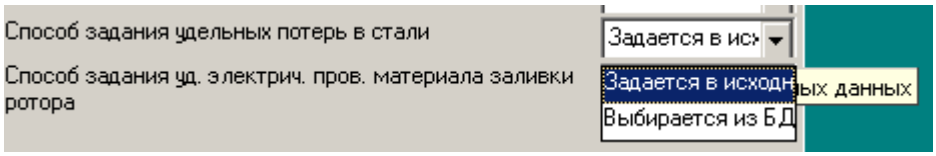


Рис. 6

4. В программе заложен упрощенный (инженерный) метод расчета механических потерь. Практика расчетов показывает, что любой из известных упрощенных методов расчета потерь дает приемлемую погрешность лишь для некоторого сочетания типов вентиляторов, высот осей вращения и полюсностей. Технология программирования в экспертной системе позволяет оперативно вносить поправочные многопараметрические коэффициенты, уточняющие расчет. Такая работа нами проведена для асинхронных двигателей серий АИР, 5А габаритов 80 – 315 мм. Для названных АЭД рекомендуется пользоваться условием **"Метод определения потерь"** – *"С использованием экспертных коэффициентов"*. Для других типов машин следует выбирать *"Без использования экспертных коэффициентов"*, рис. 7. Впрочем, возможен случай, когда экспертные коэффициенты подойдут и для другого типоразмера. Последнее определяется сопоставлением рассчитанных и экспериментальных потерь.

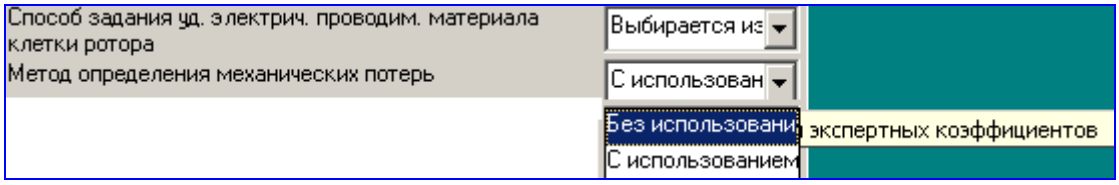


Рис. 7a

Для АЭД с эксклюзивной системой охлаждения, при использовании оригинальных конструкций вентилятора и т.п. невозможно корректно рассчитать механические потери. Для этих целей предусмотрена опция задания механических потерь в исходных данных, рис. 7b, когда предполагается, что потери вносятся в расчет из экспериментальных данных, либо по результатам численного моделирования в задачно–ориентированных программах.

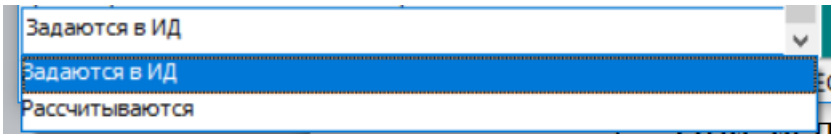


Рис. 7b

5. При использовании всыпной обмотки, в случае, если эффективный проводник формируется несколькими элементарными проводниками, для более полного заполнения паза могут использоваться провода разного диаметра. Данная версия программы позволяет напрямую (без эквивалентирования сечения) вводить два различных диаметра обмоточного провода и два числа элементарных проводников. Второй провод называется "дополнительным". Если используется провод только одного сечения, в условии **"Применение двух разных диаметров провода в обмотке статора"** выбирается значение *"Не применяется"*, рис 8.

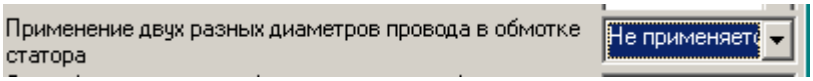


Рис. 8

6. В программе основной способ определения магнитной проводимости лобового рассеяния обмотки статора $\lambda_{SЛ}$ основан на модели В. Нутова, объединяющей в единой формуле расчет $\lambda_{SЛ}$ для разных типов обмоток [5]. В программе реализован и традиционный подход к расчету $\lambda_{SЛ}$ состоящий в том, что каждому типу обмотки поставлена в соответствие своя полуэмпирическая формула. При расчете по модели Нутова в свойстве **"Способ определения лобового рассеяния обмотки статора"** выбирается значение *"Модель В.Нутова, ВНИИЭМ"*, рис. 9. При традиционном подходе – значение *"Классика с экспертным уточнением"*. По нашим данным, для машин габаритов 80–250 мм более точным является традиционный подход.

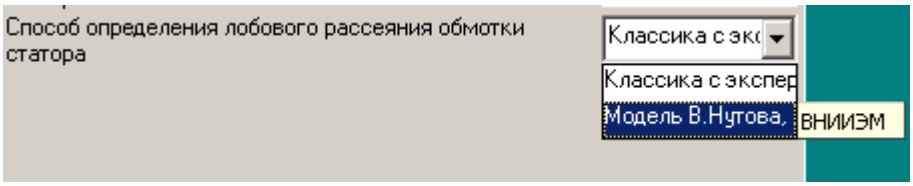


Рис. 9

7. Программа поддерживает расчет АЭД, станина и вал которых может быть выполнены как из магнитного, так и не из магнитного материала:

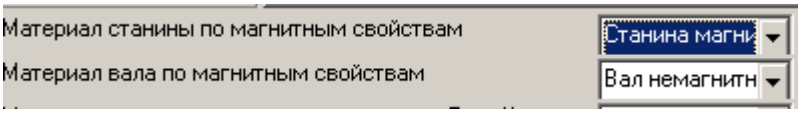


Рис. 10

8. Клетка ротора может быть выполнена как сварной, так и литой:

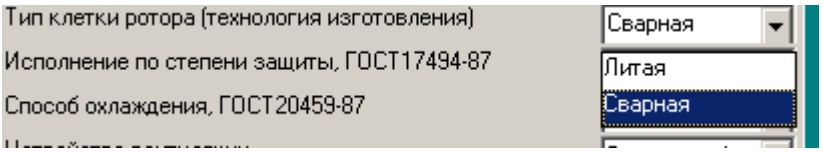


Рис. 11

9. Материалы обоих стержней и колец клетки задаются раздельно:

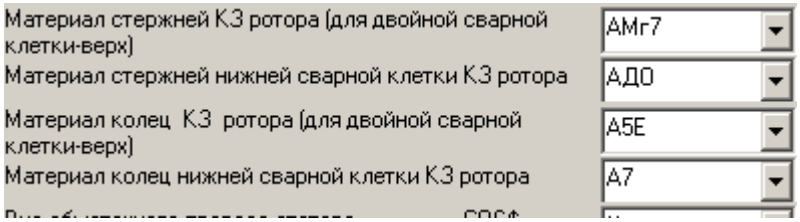


Рис. 12

10. При расчете АЭД с литой клеткой следует иметь в виду, что при некачественной технологии заливки реальная проводимость материала стержней γ_{Br} и колец γ_{Rng} ротора будет ниже проводимости, декларируемой в нормативных документах. Ухудшение качества заливки может быть выявлено сопоставлением потерь P_{Al} рассчитанных при идеальной проводимости и экспериментальных потерь, полученных на реальной машине. В программе снижение проводимости учитывается коэффициентами <1, рис. 13:

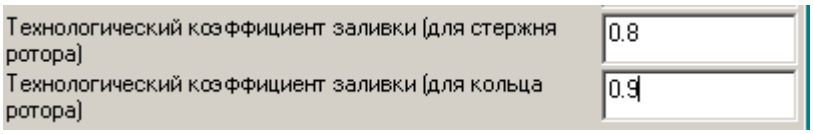
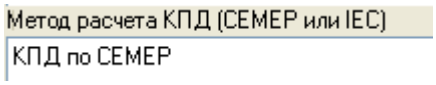


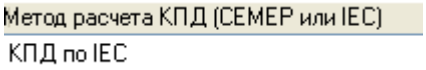
Рис. 13

11. При расчете КПД по нормам СЕМЕР (устаревшие требования)



потери в стали вычисляются для режима холостого хода, а добавочные потери при нагрузке Pll вменяются как Pll=0,5*P1.

При расчете КПД по IEC 60034–30–1



потери в стали определяются для рабочего режима. Берется фактическое значение Pll. Данные факты учитываются в программе расчета.

12. Для расчета добавочных потерь холостого хода рассеяния может быть использована либо упрощенная модель научной школы ВНИИЭМ, рис. 14а, либо полная классическая модель, рис. 14б. Для расчета добавочных потерь холостого хода машин с открытыми и полуоткрытыми пазами статора рекомендуется использовать полную модель.

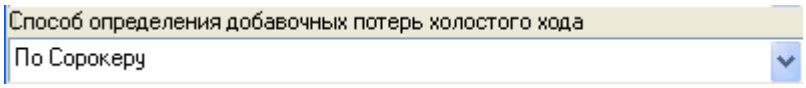


Рис. 14 а

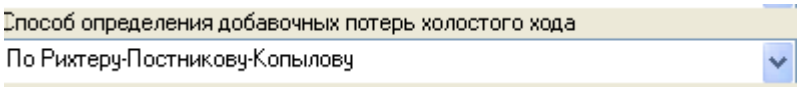


Рис. 14 б

13. Программа поддерживает тепловой расчет для случая, если известны греющие потери аналога.

14. Программа поддерживает экономический расчет активного ядра и полный экономический расчет (см. соответствующие входные и выходные данные в таблицах 1, 2).

15. Программа поддерживает расчет технического уровня исследуемой машины, если известны соответствующие показатели аналога, см. вкладку ***«Технический уровень, входные данные»*** (таблица 1). Данная опция находится в тестовом режиме.

16. Программа поддерживает расчет АЭД для случая, если магнитопроводы статора и ротора выполнены из разных сталей.

5. Используемые базы данных.

Программа *«АЭД3_ЭМ»* содержит БД материалов по следующим позициям:

- БД электротехнических сталей;
- БД эмаль–проводов;
- БД алюминиевых сплавов;
- БД электроизоляционных материалов.

В частности, БД алюминиевых сплавов содержит данные о плотности, удельной электропроводности, температурном коэффициенте сопротивления следующих сплавов: А5,А5Е, А6, А7, А7П, А8, А8П, АК3, АК10, АК12М3, АК9Мц, АМГ7, АХЖ, АК10Мц2, АМГ9К, АМц2, АМц2Х, АК15Мц2, АМцХ_12, АМц2Х_15, АК11, АК12, АДО, Медь. На рис. 15 показан момент выбора материала колец ротора в интерфейсе программы.

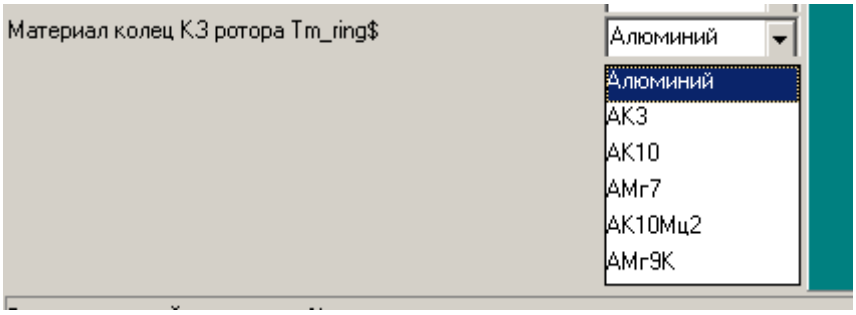


Рис. 15.

Являясь средой открытого доступа, база знаний "Электромагнитный расчет трехфазных АЭД с КЗ ротором " позволяет пополнять названные и открывать новые базы данных, осуществлять навигацию свойств между БД конструкторской подсистемы и БД расчетных подсистем.

Собственно исходные данные на каждую рассчитываемую машину хранятся в виде записей в сервере БД ***INTRBASE (FIREBIRD 2.0)*** **.** Используемый менеджер БД – ***IB Expert***. На рис. 16 показан фрагмент таблицы БД с исходными данными для электромагнитного расчета ряда АЭД:

IBExpert - [Таблица : [INPUT] : D:\SprutWin\KnowBase\Project\DB_AD_integr\AED.GDB (D:\SprutWin\KnowBase\Project\DB_AD_integr\AED.GDB)]

База данных Редактор Сетка Вид Настройки Инструменты Службы Внешние модули Окна Помощь

Базы | Проекты | Окна | Недавние

Введите строку фильтра

Объект

- D:\Medad\WH_MedAD\AED-CAD.GDB
- D:\SprutWin\KnowBase\Project\DB_AD_inte
- **D:\SprutWin\KnowBase\Project\DB_A**
  - **Домены** (2)
  - **Таблицы** (9)
    - AED3_BUFF_OBM
    - AED_BUFF_OBM1
    - INPUT
    - INPUT_AD1
    - INPUT_ADT
    - INPUT_AD_MECBOLT
    - INPUT_AD_MECSH
    - INPUT_EFR1
    - TYPE_AD_DET
  - **Представления** (1)
  - Процедуры
  - Триггеры
  - **Генераторы** (1)
  - Исключения
  - Функции

SQL Ассистент | Быстрая помощь

D:\SprutWin\KnowBase\Project\DB_AD_integr\AED.G

#	..	FK	Поля	Тип
1	1		TYPE_AD	VARCH
99			ROTOR_CORE_SIZE_LR	NUMER
98			FILLING_FECR_FACTO...	NUMER
101			WINDINGS_LAYERS_...	INTEGE
100			ROTOR_CORE_SIZE_...	NUMER
97			VC_RADIAL_WIDTH_B...	NUMER
94			VENTC_AXIAL_NO_NR...	INTEGE
93			VC_AXIAL_ROWNO_M...	INTEGE
96			VENTC_RADIAL_NO_N	INTEGE

Таблица | Количество записей | INPUT

Поля | Ограничения | Индексы | Зависимости | Триггеры | Данные | Описание | Скрипт | Права | Протокол

Запись №: 1 — 30 records fetched

TYPE_AD	POWER_...	VOLTAGE_UN	FREQUENCY_FREQ_S	P_POLE	PHASE_MS	TEMPERATURE_TPWS	TEMPERA
4AB_52_3	75 000	380.6	50.0	3	3	110.0	
5A50MA2	90	220.0	50.0	1	3	75.0	
5A50MA4	60	220.7	50.0	2	3	58.0	
5A50MB2	121	220.0	50.0	1	3	55.0	
5A50MB4	90	220.0	50.0	2	3	63.0	
5A80MA2	1 500	220.0	50.0	1	3	92.0	
5A80MA4	1 100	220.0	50.0	2	3	95.0	
5A80MA4_v1	1 100	220.0	50.0	2	3	95.0	
5A80MB2	2 200	220.0	50.0	1	3	95.0	
5A80MB4	1 500	220.0	50.0	2	3	93.0	
5A100S4A3M3_чуг1	3 000	220.0	50.0	2	3	100.0	
5A100S4A3M3_чуг_ит	3 500	220.0	50.0	2	3	100.0	
5A100S4A3M3_чуг_ит2	3 500	220.0	50.0	2	3	100.0	
5A71A2	750	220.0	50.0	1	3	75.0	
5AM315M2A3M3	200 000	380.0	50.0	1	3	110.0	
5AM315S2A3M3	160 000	370.0	50.0	1	3	110.0	
5AM315M4A3M3	200 000	380.0	50.0	2	3	110.0	
5Г71A2_v1	550	220.0	50.0	1	3	75.0	
A100L2	5 502	220.0	50.0	1	3	80.0	
New	251	220.0	50.0	2	3	75.0	
AIT160S6/18_18	1 170	220.0	50.0	9	3	75.0	
AIT160S6/18_18_v2	1 170	220.0	50.0	9	3	75.0	
AIT160S6/18_6	3 500	220.0	50.0	3	3	115.0	
AIT160S6_18_6v2	3 500	220.0	50.0	3	3	80.0	
АГ71A2_v1	750	220.0	50.0	1	3	75.0	
АГ71B4_v1	750	220.0	50.0	2	3	75.0	
АД3_1280L6_v1	132 000	380.0	50.0	3	3	125.0	
АД3_1280S6_лv2	75 000	380.0	50.0	3	3	95.0	
АД3_1280S6_cv2	75 000	380.0	50.0	3	3	95.0	
АД3_280L4_v1	200 000	380.0	50.0	2	3	125.0	

1. Сетка | 2. Форма | 3. Печать

AED_BUFF_OBM1 | INPUT_OBM | AED3_BUFF_OBM | INPUT_ADT | INPUT

D:\SprutWin\KnowBase\Project\DB_AD_integr\AED.GDB (Dialect 3) | Осталось 74 изменений таблицы [INPUT_ADT]

Рис. 16.

6. Краткое описание интерфейса программы *«АЭДЗ_ЭМ»*

Общий вид пользовательского интерфейса в момент диалога программы с пользователем показан на рис. 17.

Выполнение расчета производится в результате нажатия кнопки .

Визуализация эскизов пазов АЭД в интерфейсе пользователя проводится традиционными кнопками 2D–CAD:

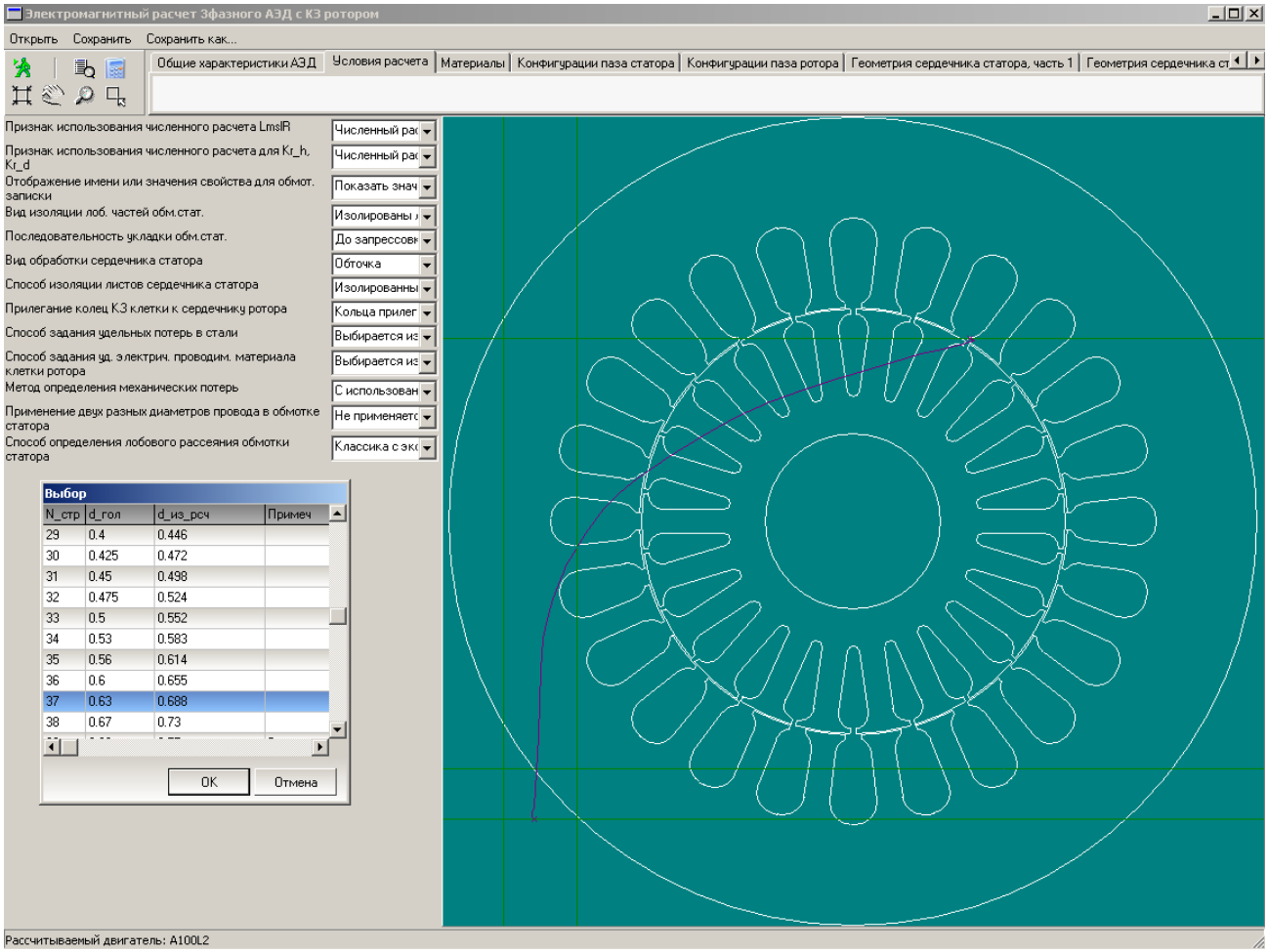


Рис. 17. Интерфейс пользователя методики электромагнитного расчета

Все исходные данные для удобства тематически разбиты на 18 закладок:

Общие характеристики АЭД | Условия расчета | Материалы | Конфигурации паза статора

Конфигурации паза ротора | Геометрия сердечника статора, часть 1 | Геометрия сердечника статора, часть 2

Геометрия сердечника ротора (часть 1) | Геометрия нижней клетки ротора (часть 2) | Обмотка статора | Пазовая изоляция

Кольцо и лопатки КЗ ротора | Разные расчетные параметры | Параметры для стыковки с численным моделированием

Тепловой расчет по аналогу | Входные экономические показатели, часть 1 | Входные экономические показатели, часть 2

Технический уровень, входные данные

Все выходные данные для удобства тематически разбиты на 8 закладок:

Основные электромеханические характеристики | Расчетные индукции | Потери и сопротивления | Геометрия штампов,обмоточные данные, массы

Выходные экономические параметры, часть1 | Выходные экономические параметры, часть 2 | Технический уровень, выходные данные

Восьмая вкладка появилась в версии ***АЭД3_ЭМ***:

Электромагнитный расчет АЭД с КЗ ротором

Открыть Сохранить Сохранить как...

Технический уровень, выходные данные | Optimization Control

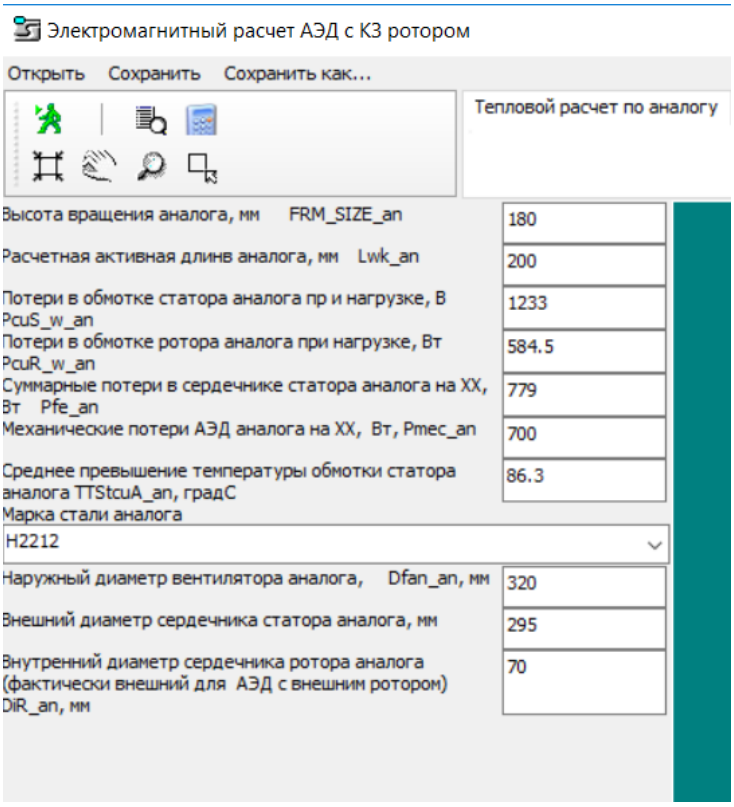
Произведение линейной нагрузки (ном) на индукцию в ВЗ (хх)	251.85
Произведение линейной нагрузки на плотность тока (ном)	1452.43
Отношение индукции в ВЗ (хх) к линейной нагрузке (ном)	31.66
Относительный (к FRM_SIZE) внешний диаметр сердечника статора	1.639
Относительный (к DaS) внутренний диаметр сердечника статора	0.643
Отношение LS к TauS	1.45
Отношение BslS к TzS	0.548
Отношение BzS к TzS	0.565

Оценка качества расчетов с позиции фундаментальных электромашинных постоянных представлена в нижней части первой вкладки выходных данных:

Постоянная Арнольда,(м^3*об/мин)/кВА	0.3758
Постоянная Эссона кВА/(м^3*об/мин)	2.661
Машинная постоянная статора, Тл*А/мм^2	0.98
Окружное усилие кВА(/м^3*об/мин)	16.1769
Отношение расчетной активной мощности к объему ВЗ, Вт/мм^3	0.242

Когда выбрано условие **"Вид клетки ротора"** *"Простая"* закладка ***"Геометрия нижней клетки ротора (часть 2)"*** не отображается, см. выше.

Когда выбрано условие **«Признак выполнения теплового расчета по аналогу»** *"Не выполняется"* закладка ***"Тепловой расчет по аналогу"*** не отображается. Если выбрано условие *«Выполняется»*, отображается следующая вкладка



Когда выбрано условие **«Признак выполнения экономического расчета»** *"Не выполняется"* две входные и две выходные вкладки экономического расчета не отображаются.

Перечень входных данных представлен в таблице 1, перечень результатов расчета – в таблице 2.

Методика также имеет интерфейс разработчика, рис. 18, в котором можно вносить изменения в методику расчета, например, вносить свойства новых материалов в базы данных, уточнять расчетные формулы, добавлять новые формулы, таблицы и графики. Поскольку методика написана на подмножестве технической лексики и не требует строгой алгоритмизации про-

граммы (уникальное свойство **SprutExpro)**, внесение изменений в методику доступно непрограммирующим специалистам.

Вне **SprutExpro** организуются глобальные циклы уточнения значений ЭДС $\boldsymbol{E_1}$ на холостом ходу и нагрузке. Затем соответствующие программные модули подсоединяются в **SprutExpro.** С технологией организации циклов вне **SprutExpro** и их последующим подключением к БЗ пользователи знакомятся при обучении работе с инструментарием **SprutExpro.**

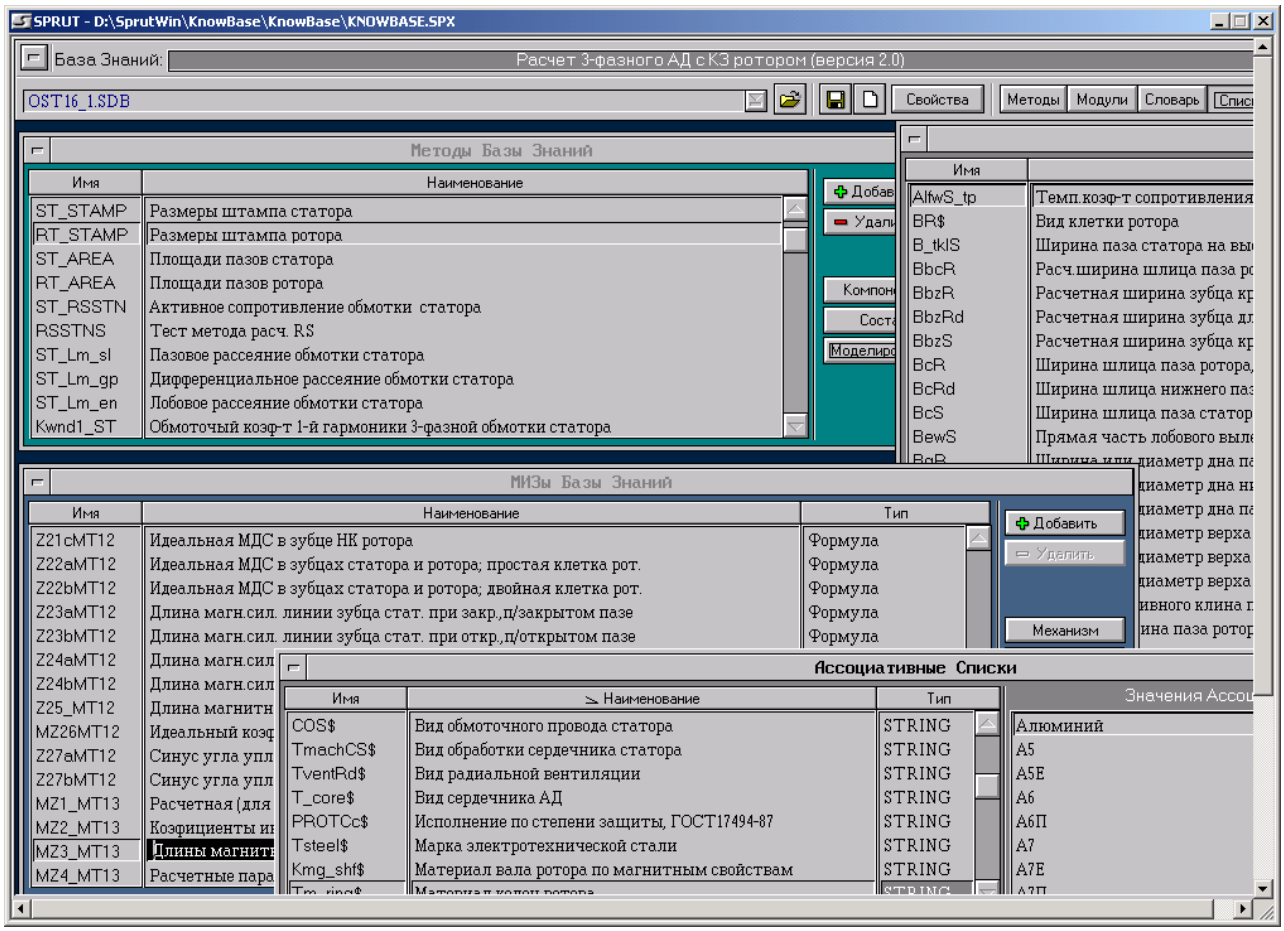
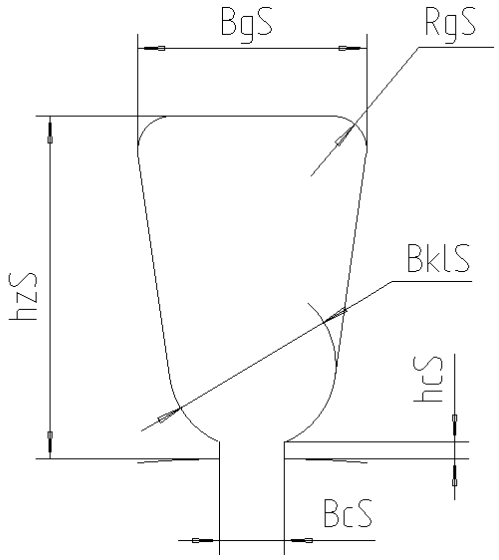


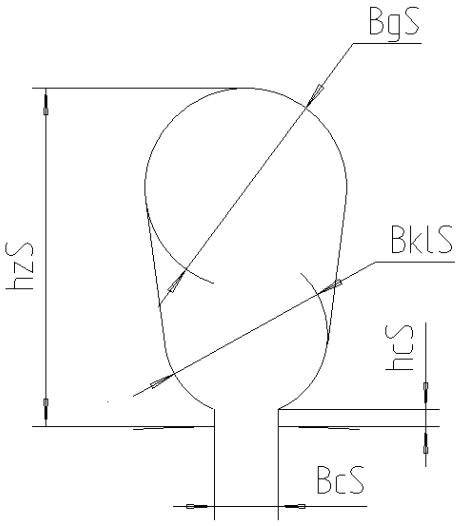
Рис. 18. Интерфейс разработчика методики электромагнитного расчета

7. Основные конфигурации пазов, поддерживаемые программой *«АЭД3_ЭМ»*



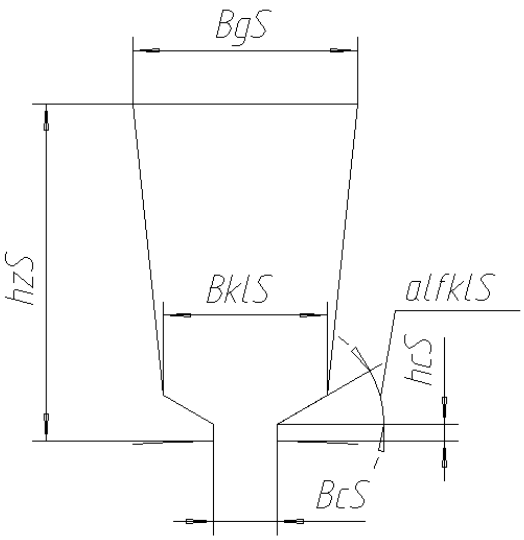
Рис_паз. 1.1.

KOS$ – "Скругленный"
TOS$ – "Прямой или трапецевидный – со скругленным дном"
TOSp$ – "Стенки непараллельны"
alfpS$ – "Полузакрытый"



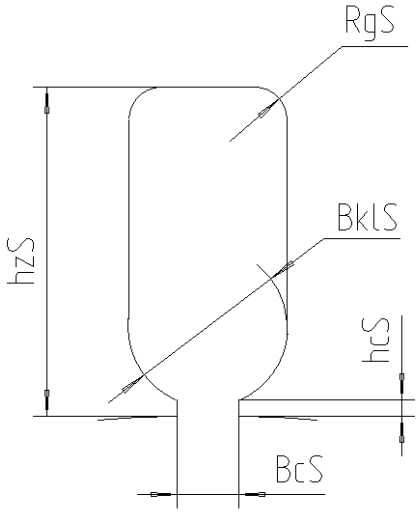
Рис_паз. 1.2.

KOS$ – "Скругленный"
TOS$ – "Прямой или трапецевидный – с круглым дном"
TOSp$ – "Стенки непараллельны"
alfpS$ – "Полузакрытый"



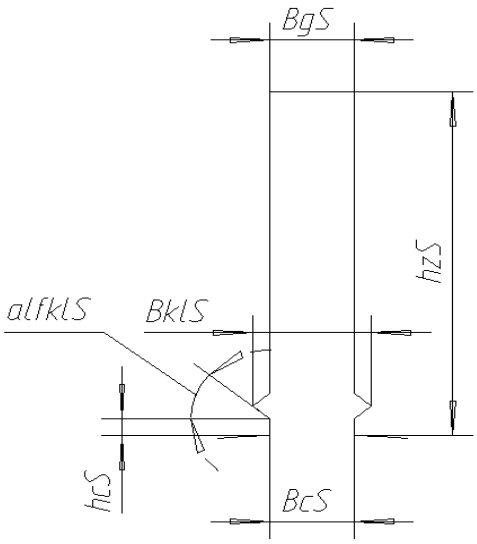
Рис_паз. 1.3.

KOS$ – "Трапециевидный"
TOS$ – "Прямой или трапецевидный – с прямым дном"
TOSp$ – "Стенки непараллельны"
alfpS$ – "Полузакрытый"



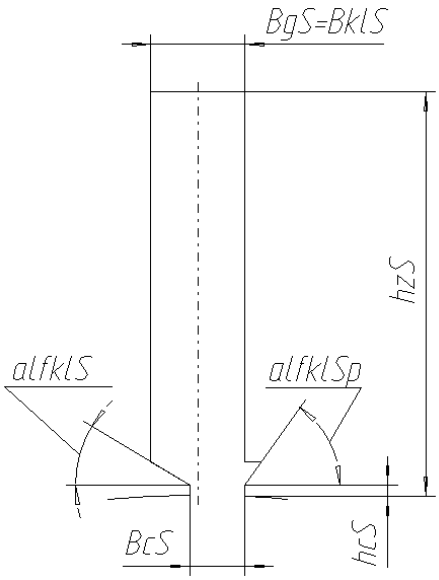
Рис_паз. 1.4.

KOS$ – "Скругленный"
TOS$ – "Прямой или трапецевидный – со скругленным дном"
TOSp$ – "Стенки параллельны"
alfpS$ – "Полузакрытый"



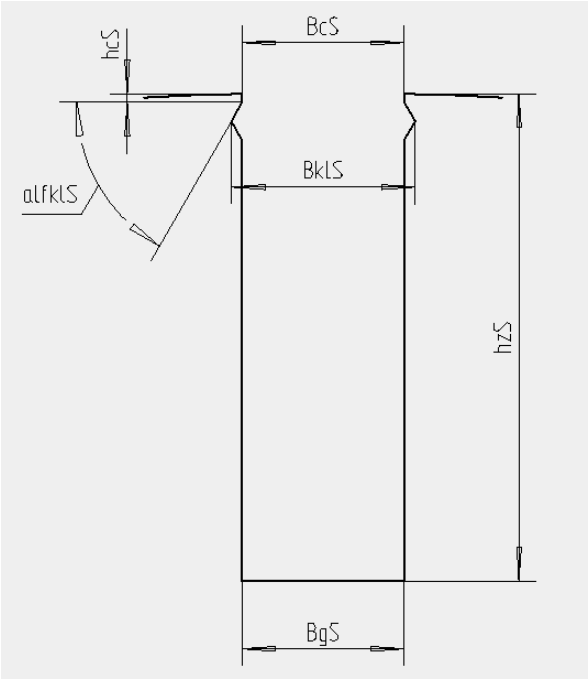
Рис_паз. 1.5.

KOS$ – "Трапециевидный"
TOS$ – "Прямой или трапецевидный – с прямым дном"
TOSp$ – "Стенки параллельны"
alfpS$ – "Открытый"



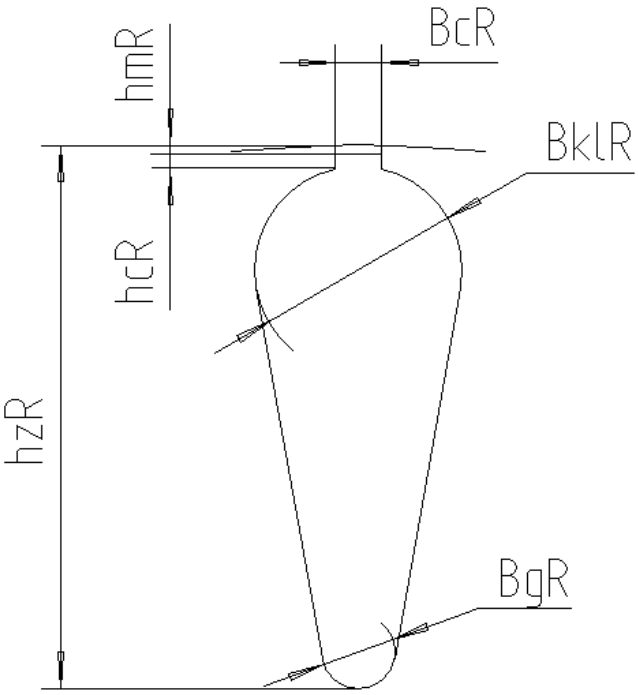
Рис_паз. 1.6.

KOS$ – "Трапециевидный"
TOS$ – "Прямой или трапецевидный – с прямым дном"
TOSp$ – "Стенки параллельны"
alfpS$ – "Открытый"



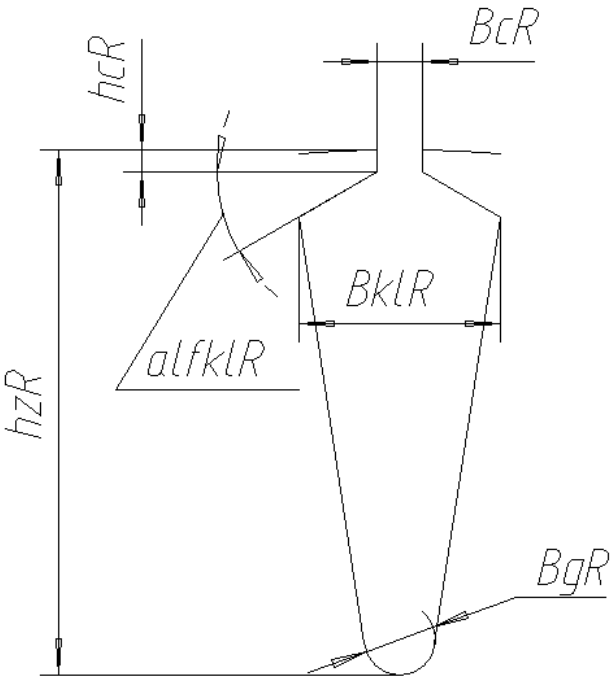
Рис_паз. 1.5о.

KOS$ – "Трапециевидный"
TOS$ – "Прямой или трапецевидный – с прямым дном"
TOSp$ – "Стенки параллельны"
alfpS$ – "Открытый"



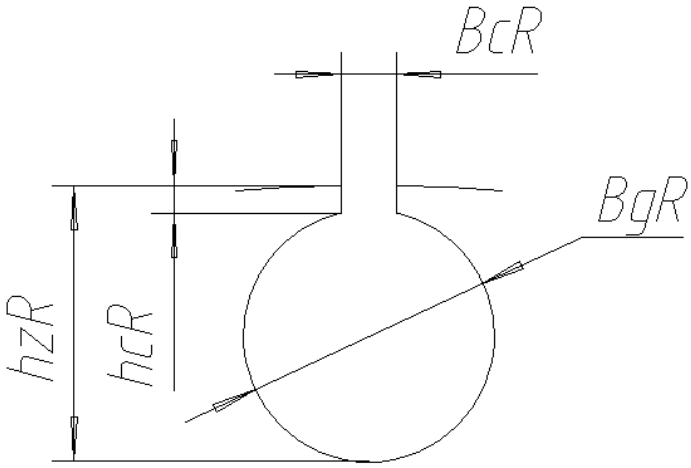
Рис_паз. 2.1.

BR$ – "Простая"
KOR$ – "Скругленный"
TOR$ – "Прям. или трапец. с круглым дном"



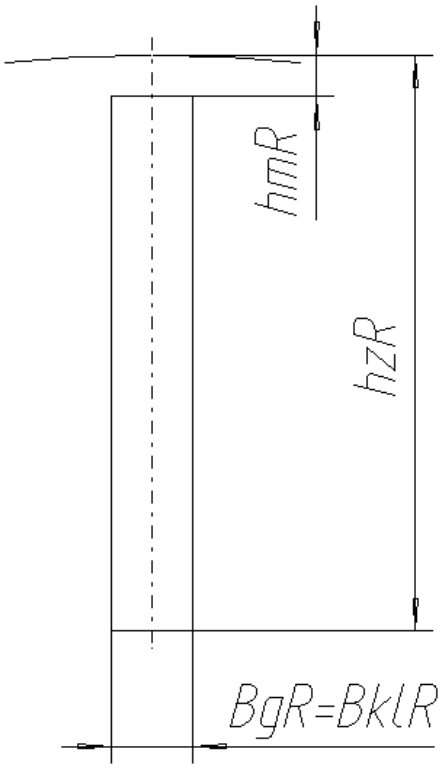
Рис_паз. 2.2.

BR$ – "Простая"
KOR$ – "Трапецевидный"
TOR$ – "Прям. или трапец. с круглым дном"

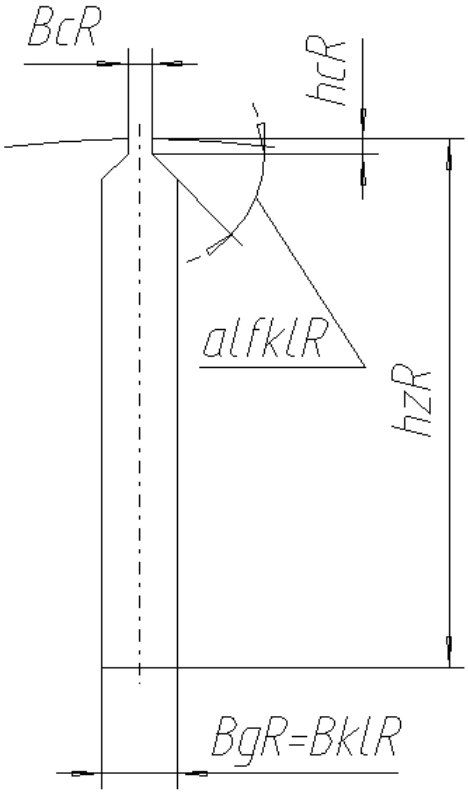


Рис_паз. 2.3.

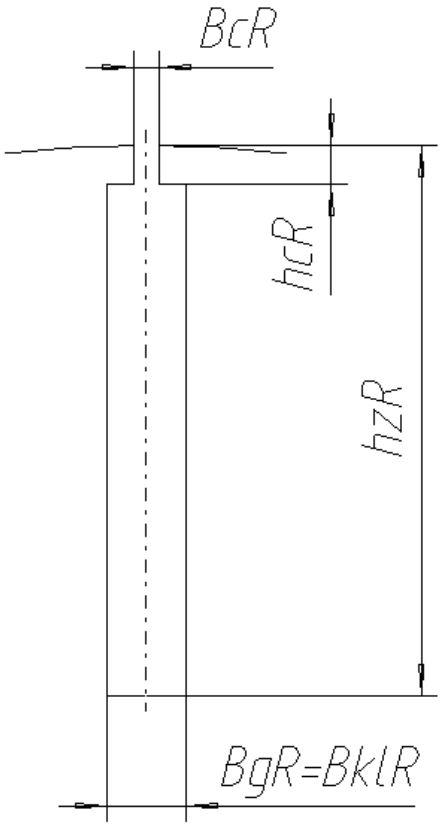
BR$ – "Простая"
KOR$ – "Скругленный"
TOR$ – "Паз круглый"



Рис_паз. 2.4.



Рис_паз. 2.5.



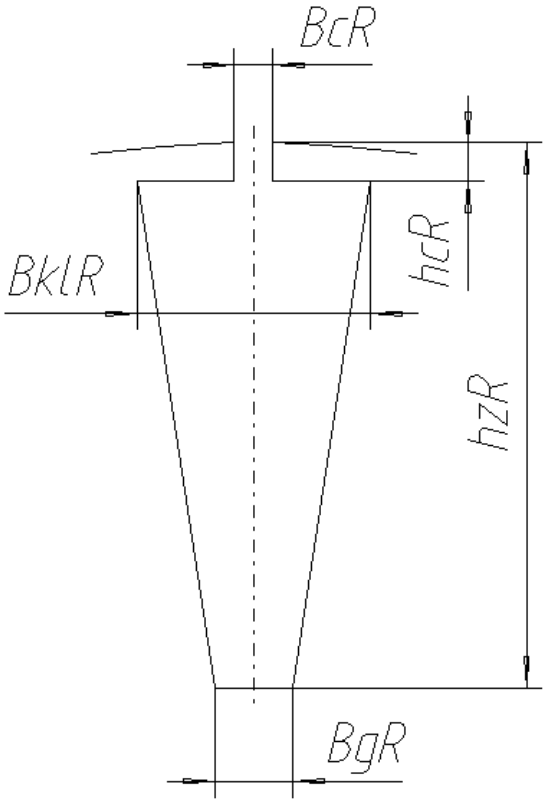
Рис_паз. 2.6.

Пазы по рис. 2.4 – 2.8 описываются следующими стринговыми переменными:

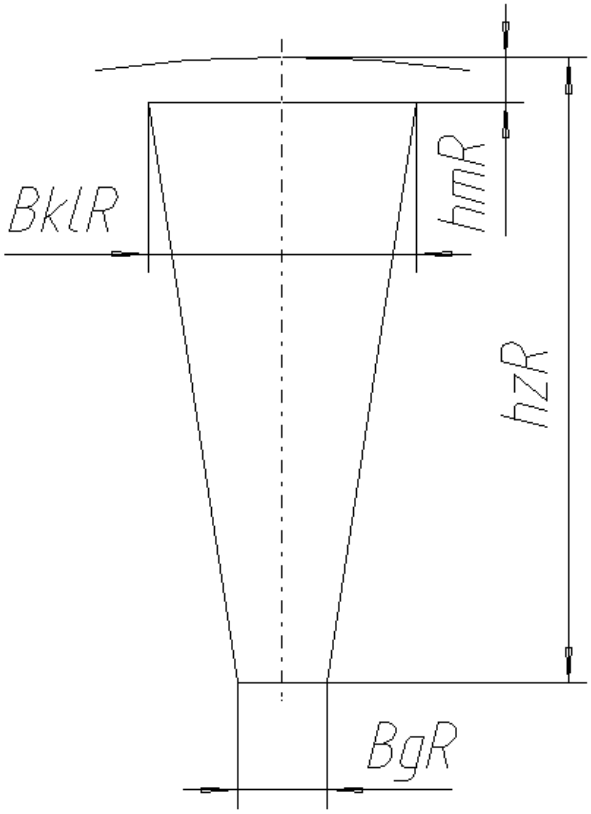
BR$ – "Простая"

KOR$ – "Трапецевидный"

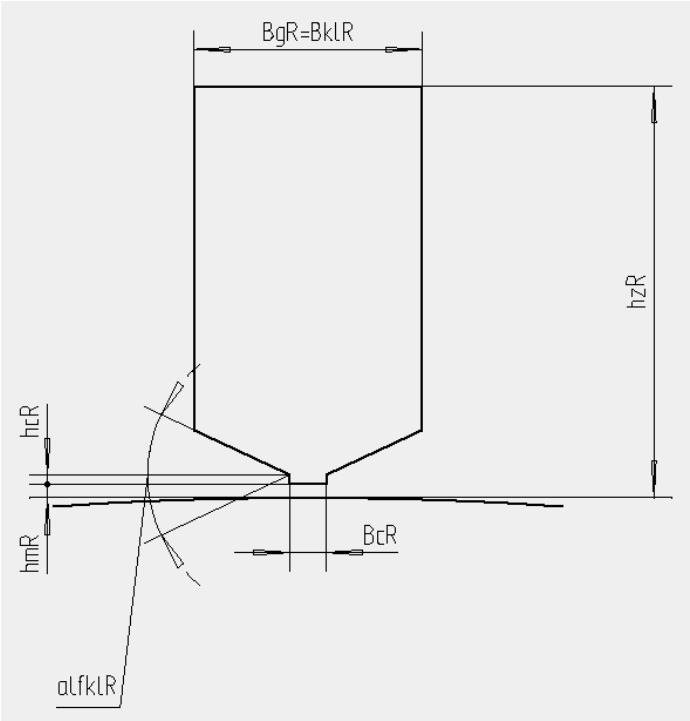
TOR$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"



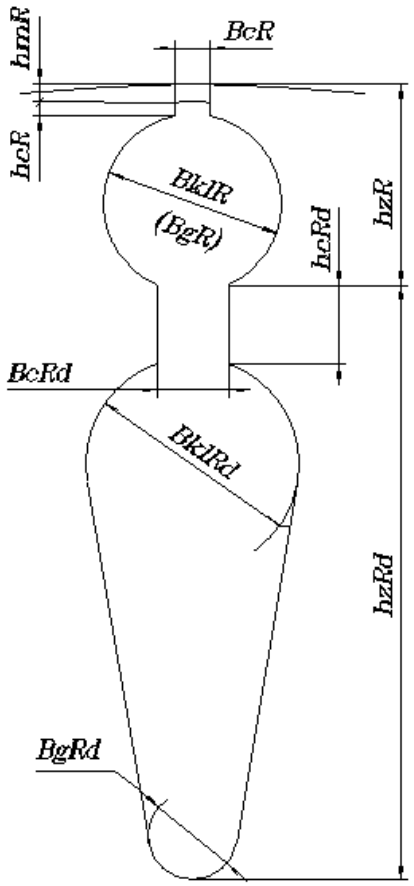
Рис_паз. 2.7



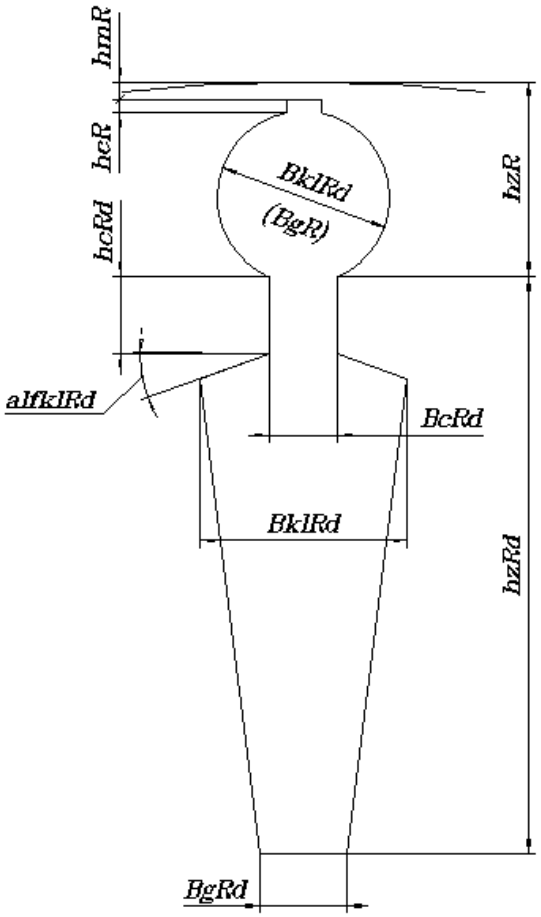
Рис_паз. 2.8



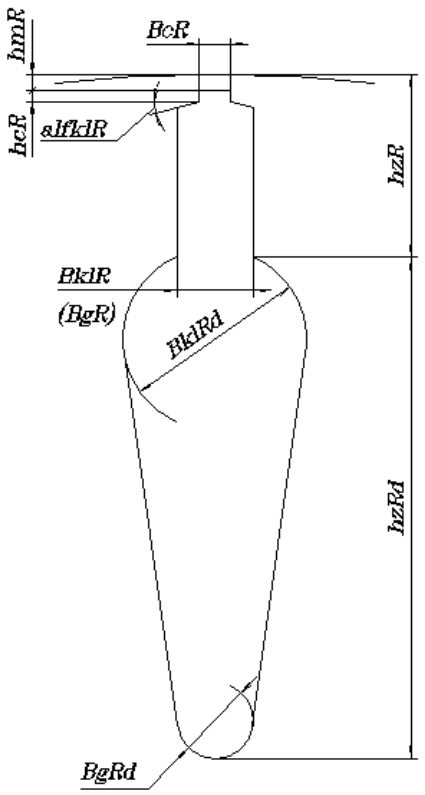
Рис_паз. 2.6о.
BR$ – "Простая"
KOR$ – "Трапецевидный"
TOR$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"



Рис_паз. 3.4.
BR$ – "Двойная"
KOR$ – "Скругленный"
TOR$ – "Паз круглый"
KORd$ – "Скругленный"
TORd$ – "Прям. или трапец. с круглым дном"

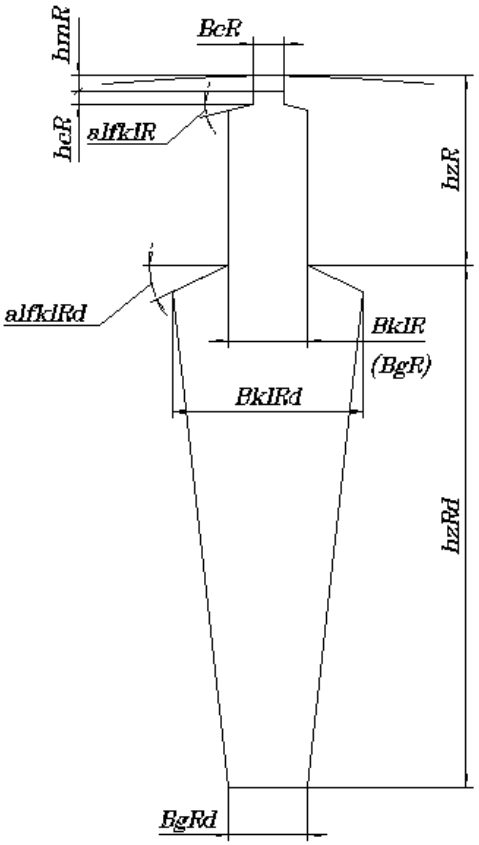


Рис_паз. 3.5.
BR$ – "Двойная"
KOR$ – "Скругленный"
TOR$ – "Паз круглый"
KORd$ – "Трапецевидный"
TORd$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"



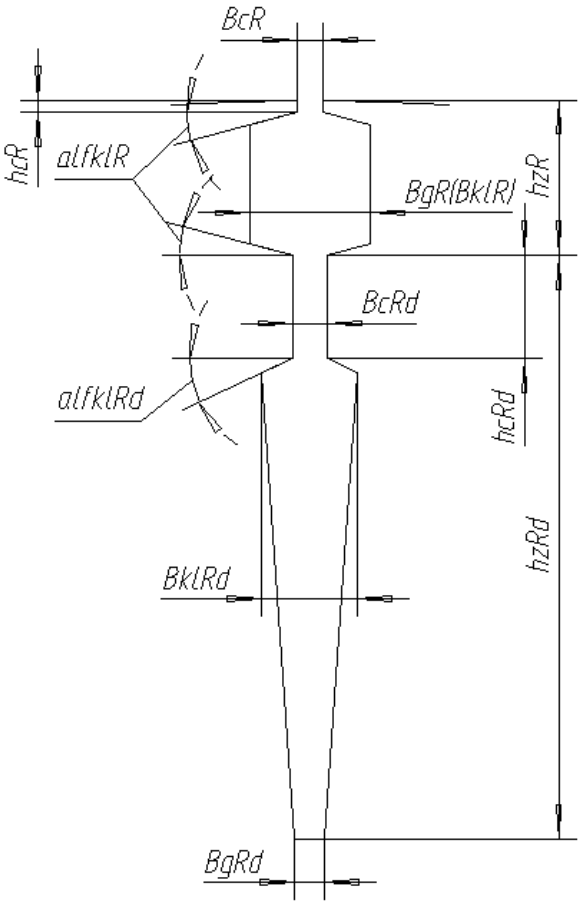
Рис_паз. 3.6.

BR$ – "Двойная"
KOR$ – "Трапецевидный"
TOR$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"
KORd$ – "Круглый с полкой"
TORd$ – "Прям. или трапец. с круглым дном"



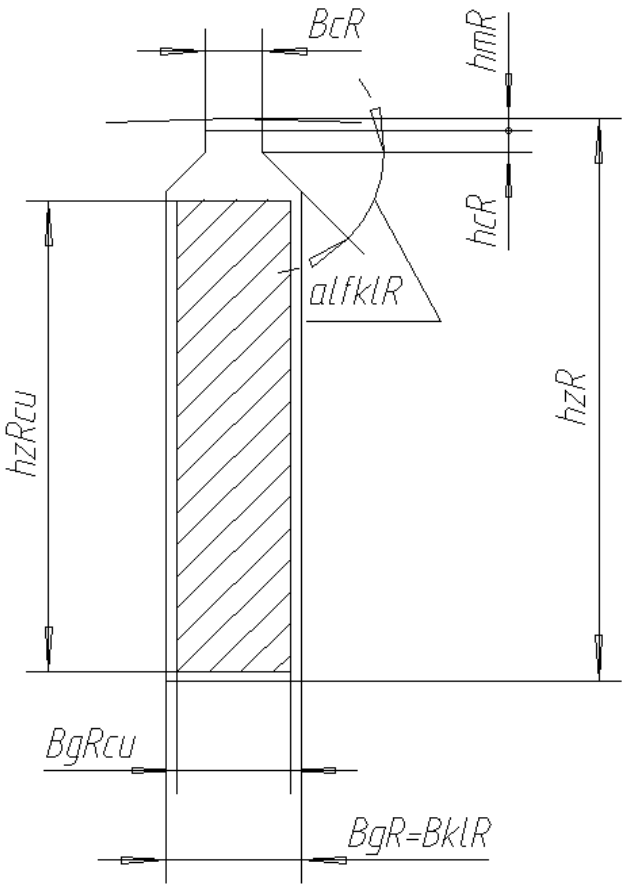
Рис_паз. 3.7.

BR$ – "Двойная"
KOR$ – "Трапецевидный"
TOR$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"
KORd$ – "Трапецевидный с полкой"
TORd$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"

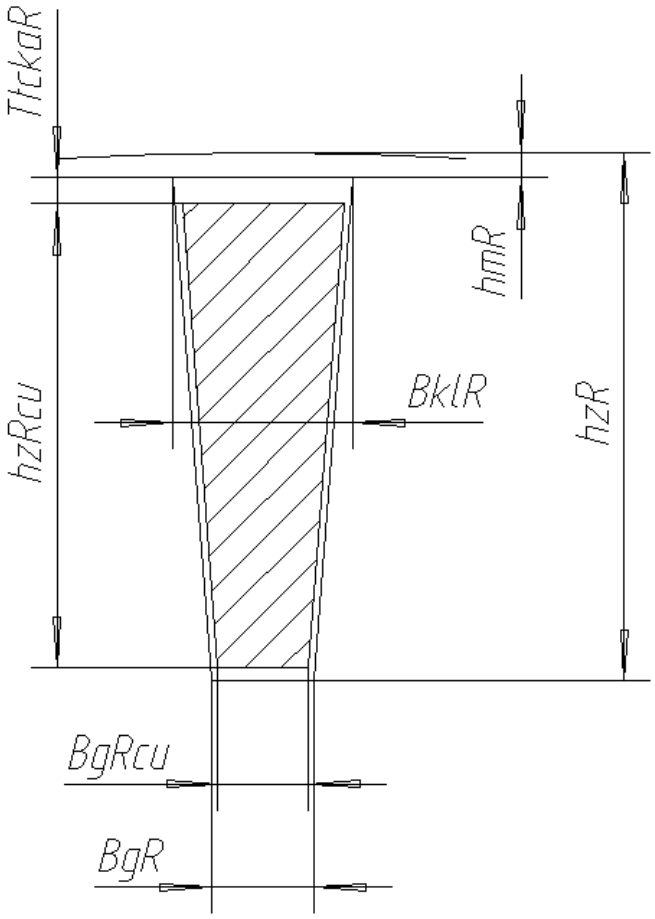


Рис_паз. 3.7.

BR$ – "Двойная"
KOR$ – "Трапецевидный"
TOR$ – "Прям. или трапец. с трапец. дном"
KORd$ – "Трапецевидный"
TORd$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"



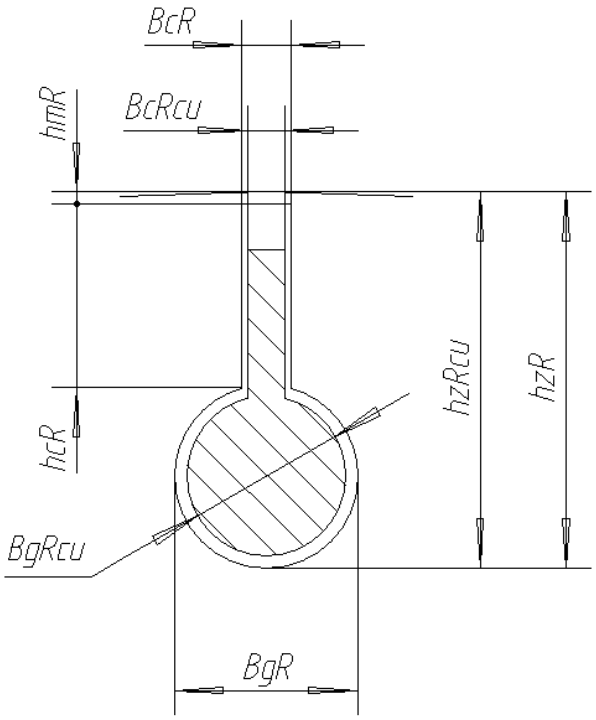
Рис_паз. 4.1



Рис_паз_4.1а

Рис_паз. 4.1, 4.1а

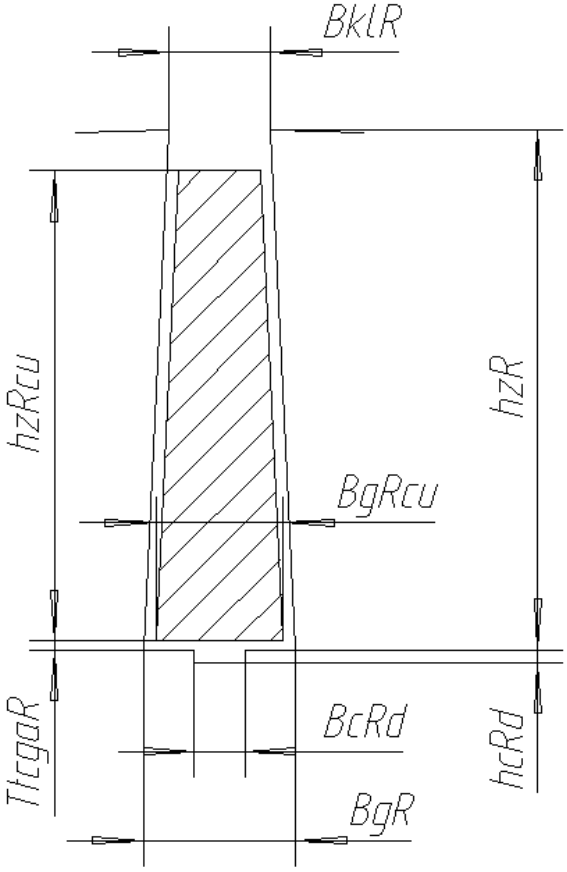
BR$ – "Простая"
KOR$ – "Трапецевидный"
TOR$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"

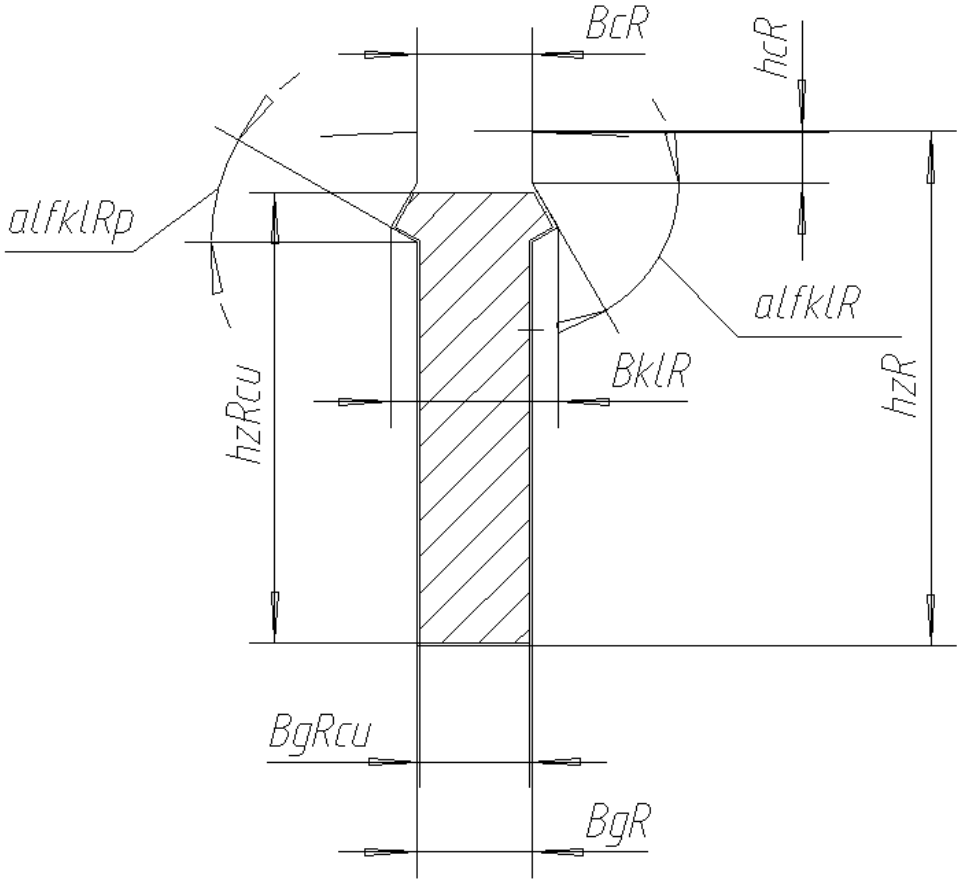


Рис_паз. 4.2.

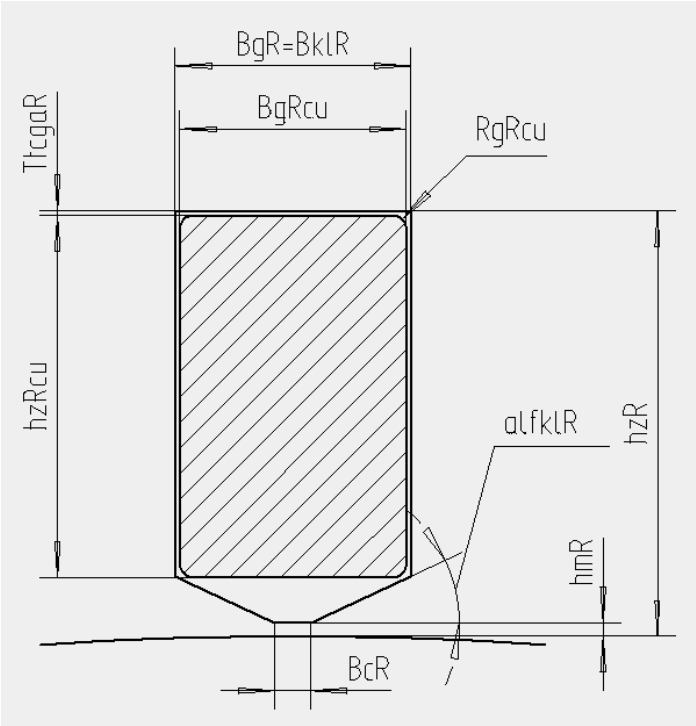
BR$ – "Простая"
TOR$ – "Паз круглый"

Рис_паз. 4.3. BR$ – "Простая"; TOR$="С высечкой у дна паза":

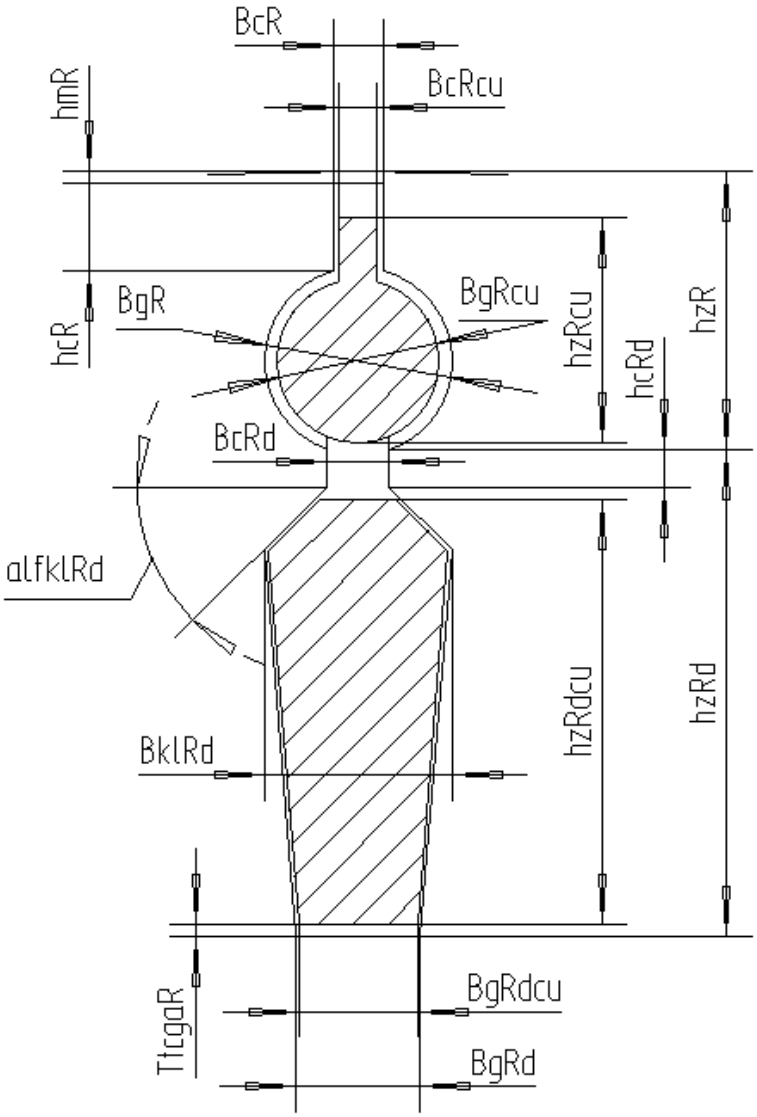




Рис_паз. 4.4
BR$ – "Простая"
TOR$="Прямой под клин или расчеканку"



Рис_паз. 4.1о
BR$ – "Простая"
KOR$ – "Трапецевидный"
TOR$ – "Прям. или трапец.
с прямым дном"

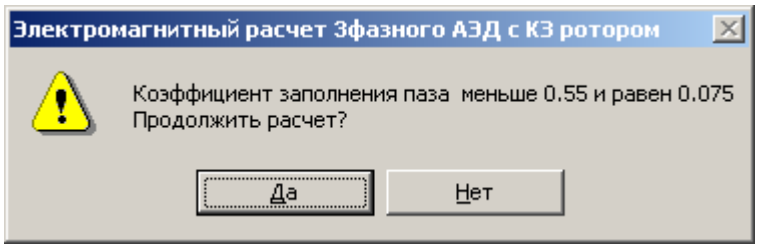


Рис_паз. 4.5

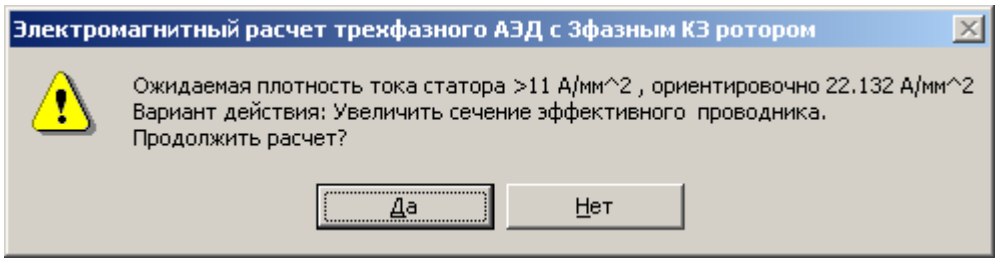
BR$ – "Двойная"
KOR$ – "Скругленный"
TOR$ – "Паз круглый"
KORd$ – "Трапецевидный"
TORd$ – "Прям. или трапец. с прямым дном"

8. Диалог с системой.

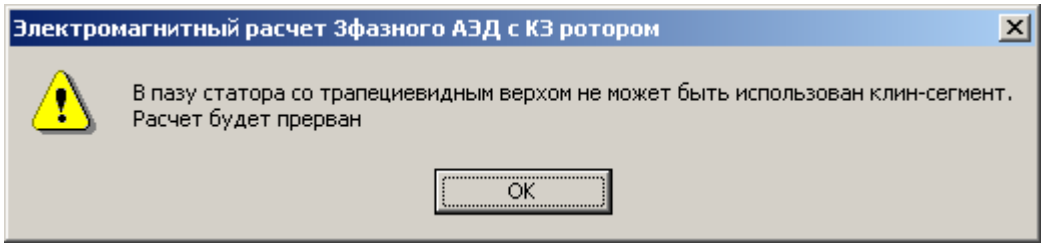
Программа ***«АЭДЗ_ЭМ»*** является одной из компонент расчетной подсистемы, которая в свою очередь является подсистемой интегрированной интеллектуальной САПР. В связи с этим, в программу вносятся элементы диалога с пользователем, примеры которых показаны рис. 19.



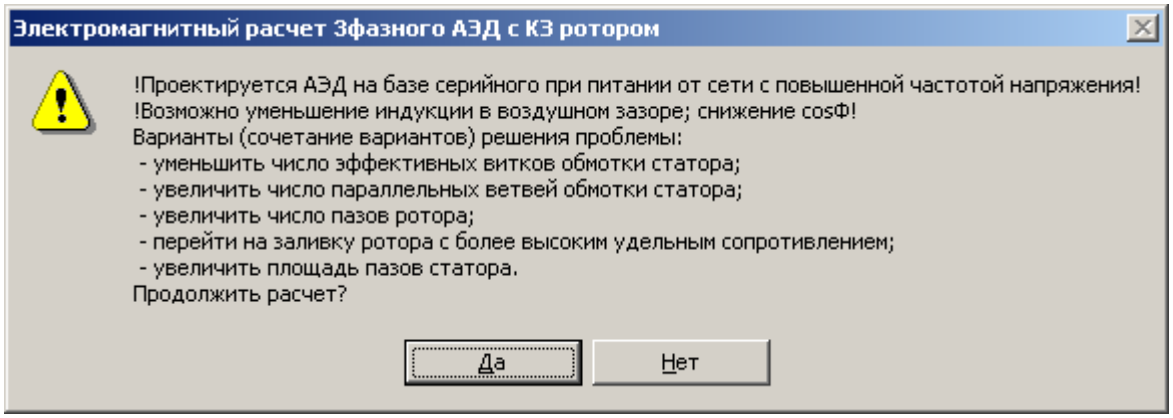
← **Рис 19 a**.
Заниженное сечение провода обмотки



←**Рис 19 b**.
Последствие занижения сечения провода



↑ **Рис 19 c**.
Предупреждение при одном из противоречий в задании конструкционных признаков



↑ **Рис 19 d**.
Пример подсказки, когда один из основных параметров проектируемого АЭД отличен от общепромышленного.

9. Основные входные и выходные данные для методики электромагнитного расчета трехфазных АЭД с КЗ ротором габаритов 45–560 мм.

Входные данные

Таблица 1

№ пп	Идентифи-катор	Ед. изм.	Русское наименование
			Общие характеристики АЭД
1.	FRM_SIZE	мм	Высота оси вращения (увязка по СЭВ)
2.	P2n	Вт	Номинальная мощность АЭД
3.	Un	В	Номинальное фазное напряжение
4.	Freq_S	Гц	Номинальная частота сети
5.	p_pol	–	Число пар полюсов
6.	mS	–	Число фаз обмотки статора
7.	ClassIE$	–	Класс энергоэффективности АЭД по IEC 60034-30–1
8.	Mt_KPD$	–	Метод расчета КПД (CEMEP или IEC)
9.	tpwS	°C	Рабочая температура обмотки статора
10.	tpwR	°C	Рабочая температура обмотки ротора
11.	KPD_vn	о.е.	Предварительное значение номинального коэффициента полезного действия
12.	cosF_vn	–	Предварительное значение номинального коэффициента мощности
13.	Obr$	–	Структура АЭД по отношению к ротору
14.	T_CageR$	–	Тип клетки ротора (технология изготовления)
15.	BR$	–	Вид клетки ротора
16.	PROTCc$	–	Исполнение по степени защиты, ГОСТ17494–87
17.	COOLING$	–	Способ охлаждения, ГОСТ20459–87
18.	Tvent$	–	Устройство вентиляции
19.	TventRd$	–	Вид радиальной вентиляции
20.	T_Bear$	–	Тип подшипника
21.	ClPrBr$		Класс точности подшипников
			Условия расчета
22.	KnLmslR$	–	Признак использования численного расчета LmslR
23.	Kn_Kr$	–	Признак использования численного расчета Kr_h, Kr_d
24.	Typ_Siz$	–	Отображение имени или значения свойства для обмоточной записки
25.	Vins_ewS$	–	Вид изоляции лобовых частей обмотки статора
26.	Vew_mkS$	–	Последовательность укладки обмотки статора
27.	TmahCS$	–	Вид обработки сердечника статора
28.	Tin_shS$	–	Способ изоляции листов сердечника статора
29.	RingCR$	–	Прилегание колец КЗ клетки к сердечнику ротора
30.	Tset_Pfe$	–	Способ задания удельных потерь в стали
31.	Tset_GmR$	–	Способ задания удельной электрической проводимости материала клетки ротора
32.	T_Pmec$	–	Метод определения механических потерь
33.	UsdS2$	–	Применение двух разных диаметров провода в обмотке статора
34.	Tdt_LmeS$	–	Способ определения лобового рассеяния обмотки статора

35.	T_ECcalc$	–	Признак выполнения экономического расчета
36.	T_HeqCalc$	–	Признак выполнения теплового расчета 'по аналогу'
37.	T_PplNol$	–	Способ определения добавочных потерь холостого хода
38.	T_DfSteel$	–	Признак выполнения магнитопровода АЭД из разных сталей
39.	T_TcLv$	–	Признак выполнения расчета технического уровня
			Материалы
40.	Kmg_bed$	–	Материал станины по магнитным свойствам
41.	Kmg_shf$	–	Материал вала по магнитным свойствам
42.	Tsteel$	–	Марка электротехнической стали
43.	TsteelR$	–	Марка стали магнитопровода ротора при выполнении магнитопровода АЭД из разных сталей
44.	Pfe1_50i	Вт/кг	Удельные потери в стали при B=1Тл, f=50 Гц, ИД
45.	GmBartpi	См/м	Удельная электрическая проводимость (верхнего) стержня КЗ ротора при рабочей температуре, ИД
46.	GmBWdtpi	См/м	Удельная электрическая проводимость стержня сварной НК КЗ ротора при рабочей температуре, ИД
47.	GmRngtpi	См/м	Удельная электрическая проводимость (верхнего) кольца КЗ ротора при рабочей температуре, ИД
48.	GmRWdtpi	См/м	Удельная электрическая проводимость кольца сварной НК ротора при рабочей температуре, ИД
49.	TmtwS$	–	Материал проволоки обмотки статора
50.	Tm_bar$	–	Материал стержней КЗ ротора (для двойной сварной клетки – верх)
51.	Tm_barWd$	–	Материал стержней нижней сварной клетки КЗ ротора
52.	Tm_ring$	–	Материал колец КЗ ротора (для двойной сварной клетки – верх)
53.	Tm_rngWd$	–	Материал колец нижней сварной клетки КЗ ротора
54.	COS$	–	Вид обмоточного провода статора
55.	Twi_rndS$	–	Тип круглого провода обмотки статора
56.	Twi_rctS$	–	Тип прямоугольного провода обмотки статора
57.	ToilBr$	–	Тип смазки подшипников
			Конфигурации паза статора
58.	KOS$	–	Вид верха паза статора (клиновая часть)
59.	TOS$	–	Форма паза статора
60.	TOSp$	–	Признак параллельности стенок паза статора
61.	alfpS$	–	Степень открытия паза статора
62.	VklS$	–	Вид клина для паза статора
			Конфигурации паза ротора:
63.	KOR$	–	Вид верха паза ротора, клетка простая или верх двойной клетки
64.	KORd$	–	Вид верха (клиновой части) нижнего паза двойной клетки ротора
65.	TOR$	–	Форма паза ротора, клетка простая или верх двойной клетки
66.	alfpR$	–	Степень открытия паза ротора
67.	TORd$	–	Форма нижнего паза двойной клетки ротора
			Геометрия сердечника статора, часть 1
68.	DaS	мм	Внешний диаметр сердечника статора (внутренний диаметр для АЭД с внешним ротором)
69.	Lwk	мм	Расчетная активная длина АЭД

70.	LS	мм	Конструктивная длина сердечника статора
71.	LS_stl	мм	Суммарная длина пакетов электротехнической стали статора
72.	DiS	мм	Внутренний диаметр сердечника статора (внешний для АЭД с внешним ротором)
73.	ZS	–	Число зубцов статора
74.	hzS	мм	Высота паза статора
75.	hcS	мм	Высота шлица паза статора
76.	BcS	мм	Ширина шлица паза статора
77.	alfklS	град	Угол наклона клиновой части паза статора
78.	alfklSp	град	'2-й' угол наклона клиновой части паза статора
79.	BklS	мм	Ширина или диаметр верха паза статора
80.	BgS	мм	Ширина или диаметр дна паза статора
81.	RgS	мм	Радиус закругления (углов) дна паза статора
82.	hmS	мм	Высота мостика паза статора
83.	RpklS	мм	Радиус скругления верха паза статора (вид прямой-скругленный)
			Геометрия сердечника статора, часть 2
84.	NfS	шт.	Число канавок для крепления пакета статора
85.	hfS	мм	Глубина канавки в ярме статора
86.	BfS	мм	Ширина канавки в ярме статора
87.	KstSt	–	Коэффициент заполнения сталью пакета статора
88.	TrgS	мм	Уменьшение ширины паза статора в свету
89.	McSax	–	Число рядов осевых вентиляционных каналов статора
90.	NSax	–	Число осевых вентиляционных каналов статора в одном ряду
91.	DcSax	мм	Диаметр круглого осевого канала статора
92.	NcSrad	–	Число радиальных вентиляционных каналов сердечника статора
93.	BcSrad	мм	Ширина радиальных вентиляционных каналов сердечника статора
94.	DelW	мм	Рабочий воздушный зазор
			Геометрия сердечника ротора
95.	DiR	мм	Внутренний диаметр сердечника ротора (внешний для АЭД с внешним ротором)
96.	ZR	–	Число зубцов ротора
97.	Bt_skewS	–	Скос пазов ротора в долях зубцового деления статора
98.	hzR	мм	Высота паза ротора (верхней части двойной клетки)
99.	hzRcu	мм	Высота (верхнего) стержня клетки ротора
100.	hzRcufi	мм	Высота (верхнего) стержня сварной клетки до расчеканки, ИД
101.	hmR	мм	Высота мостика паза ротора
102.	hcR	мм	Высота шлица паза ротора
103.	BcR	мм	Ширина шлица паза ротора
104.	BcRcu	мм	Ширина шлицевой части стержня ротора
105.	alfklR	град	Угол наклона клиновой части паза ротора
106.	alfklRp	град	'2-й' угол наклона клиновой части паза ротора
107.	BklR	мм	Ширина или диаметр верха паза ротора
108.	BgR	мм	Ширина или диаметр дна паза ротора
109.	BgRcu	мм	Ширина низа (верхнего) стержня клетки ротора
110.	RgR	мм	Радиус закругления (углов) дна паза ротора
111.	RgRCu	мм	Радиус закругления углов прямоугольного стержня простой

			сварной клетки ротора
112.	McRax	–	Число рядов осевых вентиляционных каналов ротора
113.	NRax	–	Число осевых вентиляционных каналов ротора в одном ряду
114.	DcRax	мм	Диаметр круглого осевого канала ротора
115.	NcRrad	–	Число радиальных вентиляционных каналов сердечника ротора
116.	BcRrad	мм	Ширина радиальных вентиляционных каналов сердечника ротора
117.	KstRt	–	Коэффициент заполнения сталью пакета ротора
118.	LR	мм	Конструктивная длина сердечника ротора
119.	LR_stl	мм	Суммарная длина пакетов электротехнической стали ротора
120.	TtcgaR	мм	Технологический зазор у дна паза ротора, клетка сварная
121.	TtckaR	мм	Технологический зазор у верха паза ротора, клетка сварная
			Геометрия нижней клетки ротора
122.	hzRd	мм	Высота нижнего паза двойной клетки ротора
123.	hzRdcu	мм	Высота нижнего стержня двойной клетки ротора
124.	hcRd	мм	Высота шлица нижнего паза двойной клетки ротора
125.	BcRd	мм	Ширина шлица нижнего паза двойной клетки ротора
126.	alfklRd	град	Угол наклона клиновой части нижнего паза двойной клетки ротора
127.	BklRd	мм	Ширина или диаметр верха НК КЗ ротора
128.	BgRd	мм	Ширина или диаметр дна нижнего паза двойной клетки ротора
129.	BgRdcu	мм	Ширина низа нижнего стержня двойной клетки ротора
130.	RgRd	мм	Радиус закругления (углов) дна нижнего паза двойной клетки ротора
			Обмотка статора
131.	TwndS3$	–	Тип трехфазной обмотки статора
132.	NqS	–	Число фазных зон обмотки статора на пару полюсов
133.	YS	зубц. дел.	Средний геометрический шаг обмотки статора
134.	YeS	зубц. дел.	Средний электрический шаг обмотки статора
135.	aSt	–	Число параллельных ветвей обмотки статора
136.	dcuSi	мм	Диаметр голого провода, ИД
137.	dcu_iSi	мм	Диаметр изолированного провода, ИД
138.	dcuSip	мм	Диаметр дополнительного голого провода, ИД
139.	dcu_iSip	мм	Диаметр дополнительного изолированного провода, ИД
140.	hcuSi	мм	Высота голого прямоугольного провода обмотки статора, ИД
141.	hcu_iSi	мм	Высота изолированного прямоугольного провода обмотки статора, ИД
142.	bcuSi	мм	Ширина голого прямоугольного провода обмотки статора, ИД
143.	bcu_iSi	мм	Ширина изолированного прямоугольного провода обмотки статора, ИД
144.	Tset_dw$	–	Способ задания d (h, b) провода обмотки статора
145.	NpS	шт	Число эффективных проводников в пазу статора
146.	NaS	шт	Число элементарных проводников обмотки статора в одном эффективном
147.	NaSp	шт	Число дополнительных элементарных проводников обмотки статора в одном эффективном

148.	Lew_exS	мм	Заданная длина лобовой части обмотки статора
149.	Kew_vS$	–	Признак расчета длины лобовой части обмотки статора
			Пазовая изоляция
150.	TinsS	мм	Односторонняя толщина основной пазовой изоляции статора
151.	TtckS	мм	Толщина прокладки под клин паза статора
152.	TtcmS	мм	Толщина прокладки между слоями обмотки паза статора
153.	TtcgS	мм	Толщина прокладки у дна паза статора
154.	TinspS	мм	Односторонняя толщина дополнительной пазовой изоляции статора
155.	TklS	мм	Толщина клина паза статора
156.	TtklS	мм	Отрезок от шлица статора до верхней кромки изолированной меди
			Кольцо и лопатки КЗ ротора
157.	Qring	мм^2	Сечение (верхнего) кольца КЗ ротора
158.	QWdring	мм^2	Сечение кольца нижней сварной клетки ротора
159.	hring	мм	Расчетный радиальный размер (верхнего) кольца ротора
160.	DWhring	мм	Средний диаметр кольца сварной ВК ротора
161.	hWdring	мм	Расчетный радиальный размер кольца сварной НК ротора
162.	DWdring	мм	Средний диаметр кольца сварной НК ротора
163.	Lring	мм	Длина кольца (верхней) клетки ротора
164.	LDring	мм	Расстояние между кольцами ВК и сердечником ротора
165.	LDWdring	мм	Расстояние между кольцами НК и сердечником ротора
166.	N_Rblade	–	Число лопаток КЗ клетки ротора
167.	L_Rblade	мм	Общая длина кольца и лопатки КЗ клетки ротора
168.	B_Rblade	мм	Толщина конца лопатки КЗ клетки ротора
			Разные расчетные параметры
169.	KPplw	–	Коэффициент добавочных потерь при нагрузке
170.	Kadb	А*с/(мм^2*°К)	Коэффициент адиабаты
171.	Dfan	мм	Наружный диаметр вентилятора
172.	N1fa	шт	Количество лопаток наружного вентилятора
173.	Kv_Rd_n	–	Технологический коэффициент при радиальной вентиляции; радиальные каналы есть
174.	S_C	–	Расчетное скольжение (для пускового режима)
175.	Do_bear	мм	Средний диаметр подшипника
176.	KtcGbr	–	Технологический коэффициент заливки (для стержня ротора)
177.	KtcGrng	–	Технологический коэффициент заливки (для кольца ротора)
178.	KPDn_an	%	Коэффициент полезного действия аналога
179.	cosFn_an	–	Номинальный коэффициент мощности аналога
			Параметры для стыковки с численным моделированием
180.	Knum_gpS	–	Поправочный коэффициент для коэффициента ВЗ статора из численного расчета
181.	Knum_gpR	–	Поправочный коэффициент для коэффициента ВЗ ротора из численного расчета
182.	LmsRb_n	–	Проводимость мостика ротора из численного расчета
183.	LmsRnb_n	–	Проводимость пазового рассеяния ротора без мостика из численного расчета
184.	Knum_gpS	–	Поправочный коэффициент для коэффициента ВЗ статора из численного расчета
185.	Kr_hn	–	Коэффициент вытеснения тока для простой клетки или ВК

			из численного расчета
			Тепловой расчет по аналогу
186.	FRM_SIZE_an	мм	Высота вращения аналога
187.	Lwk_an	мм	Расчетная активная длина аналога
188.	PcuS_w_an	Вт	Потери в обмотке статора аналога при нагрузке
189.	PcuR_w_an	Вт	Потери в обмотке ротора аналога при нагрузке
190.	Pfe_an	Вт	Суммарные потери в сердечнике статора аналога на холостом ходу
191.	TTStcuA_an	град	Среднее превышение температуры обмотки статора аналога
192.	Tsteel_an$	–	Марка стали аналога
193.	Dfan_an	мм	Наружный диаметр вентилятора аналога
194.	DaS_an	мм	Внешний диаметр сердечника статора аналога
195.	DiS_an	мм	Внутренний (для обращенного АЭД внешний) диаметр статора аналога
			Входные экономические показатели, часть 2
196.	Costs_Cu	нац. ед.	Стоимость 1 кг обмоточного провода статора без НДС
197.	Costs_Al	нац. ед.	Стоимость 1 кг алюминия обмотки ротора, без НДС
198.	Costs_Fe	нац. ед.	Стоимость 1 кг электротехнической стали бес НДС
199.	Kach_Cu	–	Коэффициент, учитывающий реальный расход меди для обмотки статора
200.	Kach_Al	–	Коэффициент, учитывающий реальный расход алюминия обмотки ротора
201.	Kach_Fe	–	Коэффициент, учитывающий реальный расход электротехнической стали
202.	Kat_Cu	–	Коэффициент, учитывающий стоимость пропитки, изоляции и др.
203.	BsOCost	нац. ед.	Себестоимость выпускаемого аналога
204.	Cost_ELR	нац. ед.	Стоимость установленной мощности 1 квар компенсирующих устройств
205.	CostR_DSC	–	Относительные затраты на обслуживание компенсирующих устройств, включая амортизацию
206.	Cost_plT	нац. ед.	Средняя стоимость 1 нормо-часа
207.	Costs_El	нац. ед.	Стоимость 1 кВт часа электроэнергии
208.	CsIDTfan	нац. ед.	Затраты на прессформу для изготовления нового вентилятора
209.	CsIDTfrm	нац. ед.	Затраты на оснастку для изготовления новой станины
210.	CsIDTnfc	нац. ед.	Затраты на изготовление новой оснастки для заливки ротора
211.	CsIDTsh	нац. ед.	Затраты на оснастку для изготовления новых щитов
212.	CsIDTstmp	нац. ед.	Затраты на изготовление нового штампа
213.	CsIDTwnd	нац. ед.	Затраты на новую оснастку для обмотки и пазоизолировки
214.	CsIDToth	нац. ед.	Затраты на прочую оснастку
215.	Cs_RscDT	нац. ед.	Затраты на научные исследования при внедрении нового типоразмера (взгляд разработчика)
216.	EKnicc	–	Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений 1/Tspp
217.	K_eldCst	–	Относительная стоимость затрат эл.энергии на производство АЭД в долях от стоимости материалов
			Технический уровень, входные данные
218.	KMmax_an	–	Отношение максимального вращающего момента к номинальному у аналога
219.	KMstart_an	–	Отношение начального пускового момента к номинально-

			му у аналога
220.	Kisk_an	–	Отношение начального пускового тока статора к номинальному у аналога
221.	V_act_an	дм^3	Объем активного ядра ЭМ аналога
222.	P2toMa_an	кВт/кг	Отношение активной мощности к массе активных частей у аналога
223.	CostR_A_an	–	Относительная (к 1 кг меди) стоимость активных материалов аналога
224.	HPF	–	Коэффициент допустимого повышения мощности
225.	HPF_an	–	Коэффициент допустимого повышения мощности аналога
226.	LpA	дБ(А)	Средний уровень звукового давления (А)
227.	LpA_an	дБ(А)	Средний уровень звукового давления (А) у аналога
228.	VibrE	мм/с	Среднеквадратичная виброскорость
229.	VibrE_an	мм/с	Среднеквадратичная виброскорость аналога
230.	V_tWnSk_an		Скорость нарастания температуры обмотки статора аналога при заторможенном роторе
231.	KS2k_an	–	Кратность начальной пусковой мощности аналога
232.	K_kpd	–	Коэффициент значимости КПД в техническом уровне
233.	K_cosF	–	Коэффициент значимости cosF в техническом уровне
234.	K_KMmax	–	Коэффициент значимости KMmax в техническом уровне
235.	K_KMstart	–	Коэффициент значимости KMstart в техническом уровне
236.	K_Kisk	–	Коэффициент значимости Kisk в техническом уровне
237.	K_Vact	–	Коэффициент значимости V_act в техническом уровне
238.	K_PtoM_a	–	Коэффициент значимости P2toMact в техническом уровне
239.	K_CRact	–	Коэффициент значимости CostR_Act для технического уровня
240.	K_HPF	–	Коэффициент значимости HPF для технического уровня
241.	K_LpA	–	Коэффициент значимости LpA в техническом уровне
242.	K_VibrE	–	Коэффициент значимости VibrE для технического уровня
243.	K_Vkt	–	Коэффициент значимости Vkt в техническом уровне

<u>Примечания к табл. 1, 2.</u>

1. Средний электрический шаг **YeS –** тот шаг, который фигурирует в формуле расчета относительного шага обмотки статора **betS**, т.е. **betS = YeS/(mS*qSt),** где **qSt –** число пазов статора на полюс и фазу.

2. Средний геометрический шаг **YS** фигурирует в формулах определения длины лобовой части обмотки статора. Для двухслойных обмоток эти шаги равны, при однослойных обмотках электрический шаг равен диаметральному.

Если однослойная обмотка выполняется обмотка в "развалку", то средний геометрический шаг при четном числе **qSt** равен: **YS=2.5* qSt.**

При нечетном **qSt:** **YS=2.5* qSt + 0.5*(1/ qSt).**

3. В настоящей версии программы принимается, что для конструктивного исполнения "сварная клетка":

- лопатки могут быть только в простой летке либо в верхней клетке двойной клетки.

5. При задании параметра: *"Толщина прокладки между слоями обмотки паза статора **TtcmS**"* задается собственно толщина прокладки ***TtcmS*** без учета дополнительной изоляции ***TinspS***, которая может изолировать полукатушку.

6. Для ряда свойств сделана оговорка "Из ЭМ расчета" (из электромагнитного расчета). Это означает, что в конструкторской документации данный параметр, например, высота паза статора ***hzS*** измеряется иначе. В контексте интегрированной САПР мы оперируем двумя свойствами. В расчетной подсистеме высотой паза из ЭМ расчета ***hzS***, в конструкторской подсистеме – высотой раза конструкторской ***hpS≠hzS*** .

7. Если оговорка "Из ЭМ расчета" сделана для ряда основных входных свойств, это означает, что в САПР существуют близкие, но не тождественные свойства. Например: КПД, получаемый из электромагнитного расчета и КПД, задаваемый в технических условиях.

8. Программа упрощенно [1] рассчитывает важный эксплутационный параметр *"Скорость нарастания температуры обмотки статора при заторможенном роторе"* (***V_tWnSk***). Для расчета названного параметра требуется задавать коэффициент адиабаты ***Kadb***. Многолетняя практика расчетов ОАО НИПТИЭМ показывает, что принимая ***Kadb***=200 ($А^2 \cdot$ с/$мм^4 \cdot$°С) мы получаем скорость нарастания тепмературы ***V_tWnSk*** , близкую к экспериментальной (несколько завышенную). Если сравнение результатов расчета и эксперимента по конкретному АЭД дает заниженное расчетное значение параметра ***V_tWnSk,*** величину ***Kadb*** следует уменьшить, и наоборот.

Основные результаты расчета.

Таблица 2.

№ пп	Идентификатор	Ед. изм.	Наименование
			Основные электромеханические показатели
1.	KPDn	о.е.	Номинальный КПД по СЕМЕР
2.	KPDnIEC	о.е.	КПД по IEC
3.	cosFn	–	Номинальный коэффициент мощности
4.	ISn	А	Номинальный фазный ток статора
5.	Jisn	А/$мм^2$	Плотность номинального тока статора
6.	IRn	А	Номинальный (приведенный) ток обмотки ротора
7.	Jbrn	А/$мм^2$	Плотность номинального тока в стержне ротора
8.	Jringn	А/$мм^2$	Плотность номинального тока в кольце КЗ клетки ротора
9.	Sn	–	Номинальное скольжение
10.	n_n	об/мин	Номинальная частота вращения
11.	Mn	Н*м	Номинальный момент
12.	KMstart	–	Отношение начального пускового вращающего момента к номинальному
13.	KMmax	–	Отношение максимального вращающего момента к номинальному
14.	Sm	–	Критическое (максимальное) скольжение
15.	Kisk	–	Отношение начального пускового тока статора к номиналь-

			ному
16.	Enol	В	ЭДС холостого хода
17.	EnS	В	ЭДС обмотки статора в номинальном режиме
18.	KP2k	–	Кратность начальной пусковой мощности
19.	V_tWnSk	Град/с	Скорость нарастания температуры обмотки статора при заторможенном роторе
20.	Kr_h	–	Коэффициент вытеснения тока для стержня простой клетки или ВК
21.	Kr_d	–	Коэффициент вытеснения тока для стержня НК
			Расчетные индукции
22.	Inol	А	Ток холостого хода
23.	Ksat	–	Коэффициент насыщения магнитной цепи
24.	Ksat0	–	Коэффициент насыщения магнитной цепи для режима холостого хода
25.	Ksat_Z	–	Коэффициент насыщения зубцовой зоны
26.	Ksat_jS	–	Коэффициент насыщения ярма статора
27.	Bin_gp	Тл	Индукция в воздушном зазоре (амплитуда основной волны)
28.	Bin_zkS	Тл	Фактическая индукция у верха зубца статора
29.	Bin_zgS	Тл	Фактическая индукция у корня зубца статора
30.	Bin_zS	Тл	Фактическая индукция для средней ширины зубца статора
31.	Bin_zkR	Тл	Фактическая индукция у верха зубца ротора
32.	Bin_zgR	Тл	Фактическая индукция у корня зубца ротора
33.	Bin_zR	Тл	Фактическая индукция для средней ширины зубца ротора
34.	Bin_bzR	Тл	Фактическая индукция расчетной ширины зубца ротора (круглый паз)
35.	Bin_zkRd	Тл	Фактическая индукция верха зубца НК ротора
36.	Bin_zgRd	Тл	Фактическая индукция у корня зубца НК ротора
37.	Bin_zRd	Тл	Фактическая индукция для средней ширины зубца НК ротора
38.	Bin_bzRd	Тл	Фактическая индукция расчетной ширины зубца НК ротора (круглый паз)
39.	Bin_jS1	Тл	Фактическая индукция 1-го участка ярма статора
40.	Bin_jfS	Тл	Фактическая индукция в ярме статора под канавкой
41.	Bin_jR	Тл	Фактическая индукция в ярме ротора
			Потери и сопротивления
42.	PcuS_w	Вт	Потери в обмотке статора при нагрузке
43.	PcuR_w	Вт	Потери в обмотке ротора при нагрузке
44.	Pfe0	Вт	Суммарные потери в сердечнике статора на холостом ходу
45.	Pfe_w	Вт	Суммарные потери в сердечнике статора в номинальном режиме
46.	PzSmain	Вт	Основные магнитные потери в зубцах статора
47.	Pfe0plus	Вт	Добавочные потери в стали статора на холостом ходу
48.	Pmec0	Вт	Механические потери АЭД на холостом ходу
49.	Pfan	Вт	Вентиляционные потери
50.	Pbear	Вт	Потери в подшипниках
51.	Pnol	Вт	Мощность холостого хода
52.	Pheat_an	Вт	Общие греющие потери аналога
53.	Pheat	Вт	Общие греющие потери
54.	TTStcuAv_eq	град	Среднее превышение температуры обмотки статора из теплового расчета по аналогу
55.	K_TTsteel	–	Коэффициент, учитывающий влияние марки стали на перегрев обмотки

56.	K_TDfan	–	Коэффициент, учитывающий влияние Dfan аналога на перегрев обмотки
57.	K_TDaS	–	Коэффициент, учитывающий влияние DaS аналога на перегрев обмотки
58.	RS_20	Ом	Активное сопротивление фазы обмотки статора при 20°С
59.	RS_tp	Ом	Активное сопротивление фазы обмотки статора при рабочей температуре
60.	RRp_tp	Ом	Приведенное активное сопротивление обмотки ротора при рабочей температуре
61.	XS	Ом	Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора
62.	XR_p	Ом	Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора, приведенное к обмотке статора
63.	RRpv_tp	Ом	Приведенное активное сопротивление ротора при пуске
64.	Rvk_tp	Ом	Активное сопротивление КЗ, режим КЗ
65.	Xvk	Ом	Индуктивное сопротивление КЗ, режим КЗ
			Геометрия штампов, обмоточные данные, массы
66.	BzkS	мм	Ширина верха зубца статора
67.	BzgS	мм	Ширина корня зубца статора
68.	BzklR	мм	Ширина верха зубца ротора
69.	BzgR	мм	Ширина корня зубца ротора
70.	BzklRd	мм	Ширина верха зубца нижней части двойной клетки ротора
71.	BzgRd	мм	Ширина корня зубца нижней части двойной клетки ротора
72.	hjS	мм	Высота ярма статора
73.	hjR	мм	Высота ярма ротора
74.	QS	мм^2	Площадь паза статора
75.	QinsS	мм^2	Площадь паза статора в свету
76.	QR	мм^2	Площадь паза ротора (клетка простая) или верха паза двойной клетки
77.	QRbar	мм^2	Площадь (верхнего) стержня клетки ротора
78.	QRd	мм^2	Площадь нижнего паза двойной клетки ротора
79.	QRbard	мм^2	Площадь нижнего стержня двойной клетки ротора
80.	Lw1S	мм	Средняя длина витка обмотки статора
81.	WS	шт.	Число последовательных витков фазы обмотки статора
82.	KslS	–	Коэффициент заполнения паза статора
83.	Kwnd1S	–	Обмоточный коэффициент первой гармоники обмотки статора
84.	MwS	кг	Масса меди обмотки статора
85.	Mcage	кг	Масса КЗ клетки (обмотки) ротора
86.	MfeR	кг	Масса магнитопровода ротора
87.	MfeS	кг	Масса магнитопровода статора
88.	Mfe_pr	кг	Чистая заготовительная масса электротехнической стали для сердечников АЭД
89.	Mact	кг	Масса активных частей АЭД
			Выходные экономические параметры, часть 1
90.	V_act	дм^3	Объем активного ядра ЭМ: 'Lwk*DaS^2'
91.	CostRs_Cu	о.е.	Относительная стоимость 1 кг обмоточного провода статора
92.	CostRs_Al	о.е.	Относительная стоимость 1кг алюминиевой обмотки ротора
93.	CostRs_Fe	о.е.	Относительная стоимость 1кг электротехнической стали
94.	CostR_Cu	о.е.	Относительная стоимость обмоточного провода статора
95.	CostR_Al	о.е.	Относительная стоимость алюминиевой обмотки ротора
96.	CostR_Fe	о.е.	Относительная стоимость заготовительной электротехнической стали

97.	CostR_Act	о.е.	Относительная (к Cu) стоимость активных материалов АЭД
98.	Cost_Cu	руб	Стоимость обмоточного провода статора без НДС
99.	Cost_Al	руб	Стоимость алюминия обмотки ротора без НДС
100.	Cost_Fe	руб	Стоимость заготовительной электротехнической стали без НДС
101.	Cost_Act	руб	Стоимость активных материалов АЭД без НДС
102.	P2toMa	кВт/кг	Отношение активной мощности к массе активных частей
103.	BsCost	нац. ед.	Себестоимость нового АЭД
104.	BsCostR	о.е.	Себестоимость нового АЭД
105.	Cost_PM	нац. ед.	Стоимость нового АЭД с учетом монтажа без НДС
106.	Cost_PMan	нац. ед.	Стоимость аналога с учетом монтажа без НДС
107.	CostR_PM	о.е.	Стоимость нового АЭД, учитывающая затраты на монтаж
108.	CostR_PMan	о.е.	Относительная (к Cu) стоимость аналога с учетом монтажа
109.	Cost_Mat	нац. ед.	Полная стоимость материалов проектируемого АЭД
110.	CostR_Mat	о.е.	Относительная (к Cu) стоимость материалов проектируемого АЭД
111.	Cost_Lb	нац. ед.	Полные трудозатраты на производство нового АЭД
112.	CostR_Lb	о.е.	Полные трудозатраты, отнесенные к стоимости 1 кг обмоточной меди
113.	CsLCAC_ct	нац. ед.	Затраты на компенсацию реактивной энергии у потребителя за ЖЦ АЭД
114.	CsLCAC_An	нац. ед.	Затраты на компенсацию реактивной энергии за ЖЦ аналога
115.	CsLCAE_An	нац. ед.	Стоимость эл. энергии потребляемой аналогом за ЖЦ
			Технический уровень, выходные данные
116.	TcLv1	–	Технический уровень проектируемого АЭД, вариант 1
117.	Ksm_TcL	–	Сумма коэффициентов значимости технического уровня
118.	Ksmn_TcL	–	Нормализованная сумма коэффициентов технического уровня

Литература

1. Унифицированная серия асинхронных двигателей Итерэлектро /В.И.Радин, Й Лондин, В.Д.Розенкоп и др./ Под ред. В.И. Радина. – М.: Энергоатомиздат, 1990, 416 с.
2. Сорокер Т.Г. Многофазный асинхронный двигатель. Многофазный асинхронный преобразователь частоты. Поверочный расчет. //Труды НИИЭМ, 1959, т.3, Вып. 1. с.112.
3. А.С. Кобелев Развитие расчетной подсистемы интеллектуальной САПР АЭД // Труды XI Международной конференции "Электромеханика, электротехнологии и электротехнические материалы и компоненты" (ICEEE–2006). Часть 1. Крым, Алушта, 2006. С. 251 – 253.
4. Кобелев А.С. Организация расчетной подсистемы САПР АД на базе системы экспертного программирования SprutExpro // Известия вузов. Электромеханика. 2002. № 5. С. 16–21.
5. Нутов В.Х. Исследование индуктивности рассеяния лобовых частей обмотки асинхронного двигателя. Труды ВНИИЭМ, т. 45, 1976.
6. А.В. Захаров, А.С. Кобелев. Развитие программного обеспечения для моделирования статических и динамических режимов работы асинхронных электродвигателей в интеллектуальной САПР АЭД // Электричество. 2007. № 7. С. 46-53.

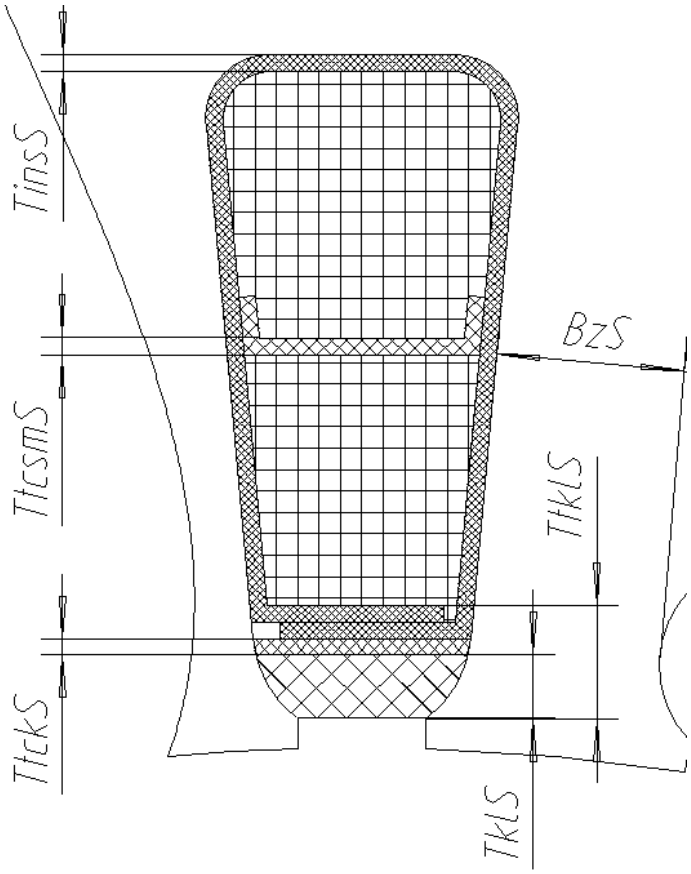
Приложение 1. Перечень значений некоторых строковых свойств, поддерживаемых настоящей версией программы.

Таблица 3.

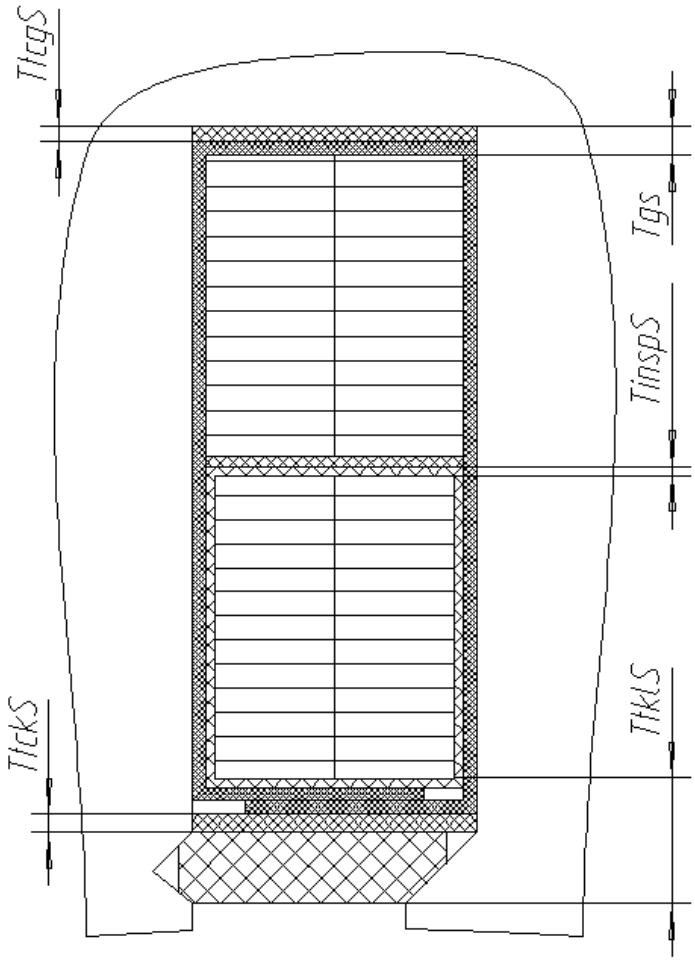
№ свойства	Имя свойства	Значение свойства
1.	Марка электротехнической стали	2214; 2212 2013; 2012 2412; 2413 2013а h2215 h2312 h2112
2.	Материал стержней и колец КЗ ротора	Алюминий А5; А5Е А6; А6П А7; А7Е; А7П А8; А8П АК3; АК10 АК12М3 АК9Мц АМг7 АХЖ АК10Мц2 АМг9К АМц2; АМц2Х; АК15Мц2 АМцХ_12; АМцХ_15 АК11; АК12 АДО Медь
3.	Тип прямоуг. провода обмотки статора	ПСД-Л ПСЛД кл.F ПСДК-Л ПСЛДК кл.200
4.	Тип круглого провода обмотки статора	ПЭТ-155 (F) ПЭТВ-1 (В) ПЭТВ-2 (В) ПЭТД-180 ПЭТСД ПЭТВСД ПЭТП-200 кл.200 ПЭТВСД кл.F ПЭТСД кл.Н ПСД-Л ПСЛД кл.F ПСДК-Л ПСЛДК кл.200
5.	Тип трехфазной обмотки статора	Двухслойная шестизонная Двухслойная трехзонная Односл. концентрич. двухплоскосная Односл. концентр. трехплоск.,в т.ч.вразвалку Однослойная шаблонная простая Однослойная шаблонная вразвалку Однослойная шаблонная цепная

Примечание. В таблице сохранена орфография имен и значений свойств, фигурирующая в программе. Это же замечание относится к значениям свойств при описании пазов по рис_паз. 1 – 4.

Рис. 20. Размеры изоляции паза статора.



а) Мягкие секции



а) Жесткие секции

Приложение 2. Краткая информация о системе документирования «АЭД_DOX»

К программе электромагнитного расчета подключена подсистема автоматизированной генерации обмоточных записок и формуляров расчетов (рис. 21); сводного документа, удобного для анализа расчетов типоразмеров серии (рис. 22), сводного оптимизационного расчета на 5 бланках рис.23).

Запуск подсистемы осуществляется кнопкой

Подсистема позволяет:

- создавать любые новые и редактировать имеющиеся формы бланков обмоточных записок и формуляров;
- включать в состав одного бланка текст и графические изображения;
- управлять оформлением и выводом на печать документов;
- передавать из расчетной программы в общую таблицу неограниченное число результатов расчета, оформляемых в виде отдельных записей с возможностью их редактирования;
- закреплять за каждой записью основных результатов подробный формуляр полных результатов, оформляемых в виде отдельного банка;
- хранить в общей БД не только числовые результаты расчетов, но и неограниченное количество уникальных эскизов активных частей электрических машин;
- формировать порядок прохождения документа по отделам;
- копировать бланки в формат Excel.

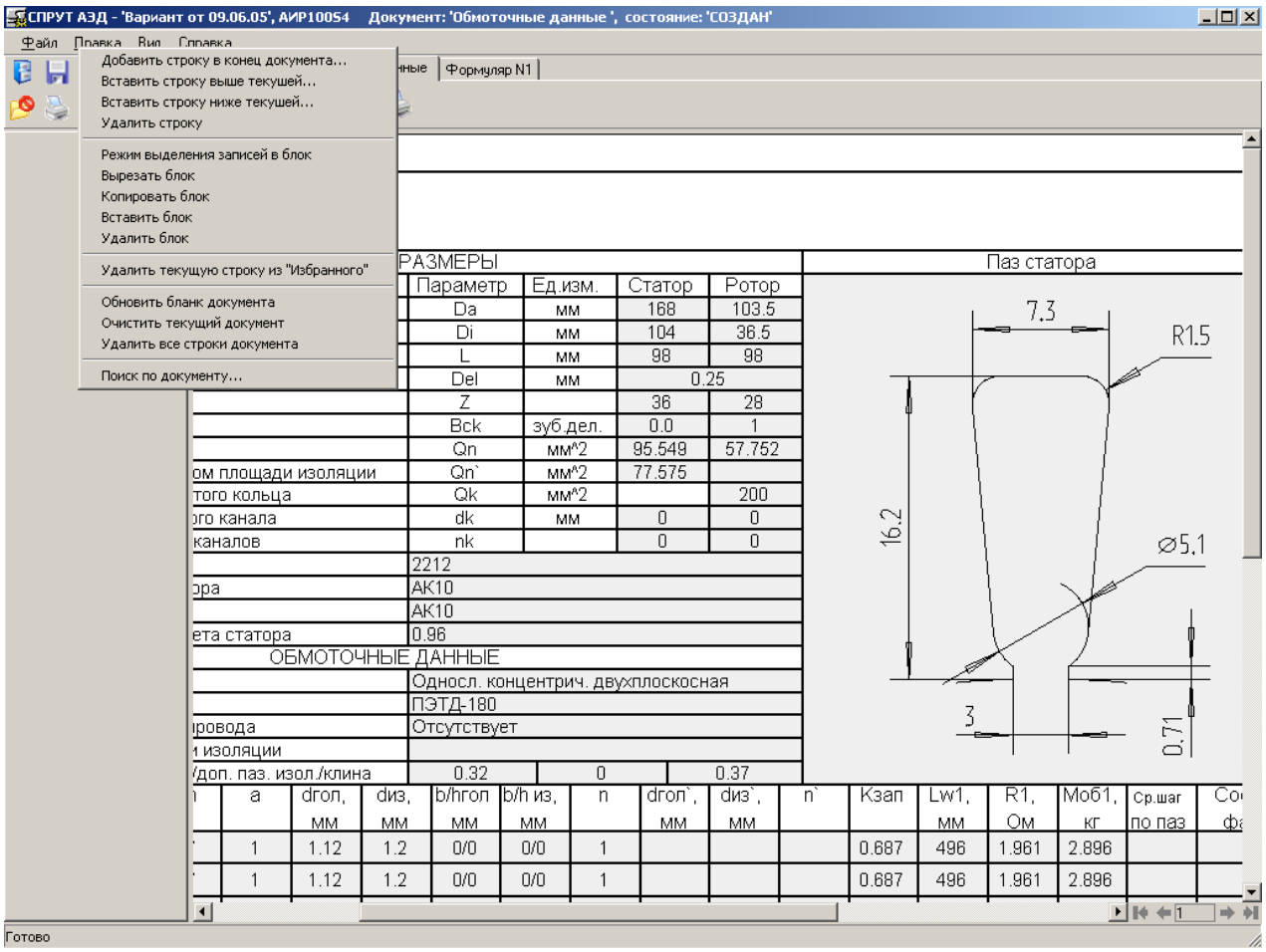


Рис. 21. Пример экранной формы подсистемы ***«АЭД_DOX»*** **Документ «Обмоточная записка»**

СПРУТ-ТП - '160-2-Cu-Al', 160-2-Cu-Al Документ: 'Сводный электромагнитный расчет', состояние: 'В РАБОТЕ'

Файл Правка Вид Формат Документ Настройки Справка

Ресурсы

- Технологические ресурсы
  - Материалы
    - Классификатор марок
    - Материалы разные
    - Сортамент
  - Оснастка
    - Инструменты
    - Приспособления

Сводный электромагнитный расчет

Проектирование серии АЭД

2p = 2 | Габарит 160

Базовые показатели

Класс эн.эф.	Увязка	Lакт, мм	V_act, дцм^3	Lлоб, мм	Dfan, мм
IE1	ГОСТ 31606-2012 (I	125	8.45	318	236
IE1	ГОСТ 31606-2012 (I	145	9.802	318	236
IE1	ГОСТ 31606-2012 (I	145	9.802	318	236
ниже IE1	ГОСТ 31606-2012 (I	165	11.154	318	236

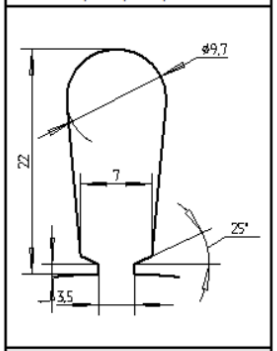
Обмоточные данные

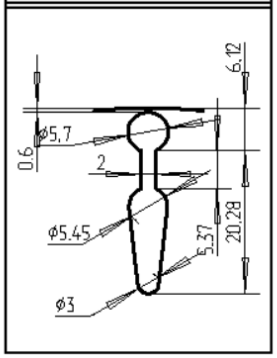
Sn	a	YeS	drол, мм	n	drол', мм	n'	Kзап
25	2	18	1.06	2	1.12	1	0.709
22	2	18	1.5	2	0	0	0.781
21	2	18	1	3	1.06	1	0.708
20	2	18	1.6	1	1.5	1	0.756

Масса и стоимость активных материалов

Gcu, кг	Gfe, кг	Gall, кг	Сакт, о.е.	[Резерв]	Сакт, руб.
9.993	65.49	2.245	18.463		5308.63
4.525	75.97	2.391	14.324		4118.64
10.331	75.97	2.391	19.915		5726.19
4.587	86.44	2.536	15.474		4449.15

Общие характеристики





DaS/H	1.625
DiS/DaS	0.538

Расчетные индукции

Bin_gp, Тл	Bzs, Тл	Bzrk, Тл	Bzrg, Тл	Bzrb, Тл	Bzrk_d, Тл	Bzrg_d, Тл	Bzrb_d, Тл	Bjs, Тл	Bjr, Тл
0.736	1.71	0	0	1.264	1.746	1.744	0	1.397	1.546
0.722	1.674	0	0	1.244	1.719	1.717	0	1.368	1.529
0.76	1.761	0	0	1.303	1.799	1.798	0	1.442	1.572
0.693	1.615	0	0	1.2	1.658	1.657	0	1.319	1.495

Тепловое состояние

tpwS, градС Опыт	tpwS, градС Расч.	tpwR, градС	V_t, градС/с	Запись в AED.gdb	Примечание
	90	115	6.356	BAKИ433_03_7AVER160S2ie1_7AVEC_30001	
	95	125	11.257	al_7AVER160S2_L145_30001	
	90	115	7.869	BAKИ433_05_7AVER160M2ie1_7AVEC_30001	
	105	135	12.087	al_7AVER160M2_L165_30001	

Основные электромеханические характеристики

CosFn ТУ	CosFn Опыт	CosFn Расч.	Iсф, A ТУ	Iсф, A Опыт	Iсф, A Расч.	Jн, A/мм^2 Опыт	Jн, A/мм^2 Расч.	Sн,% ТУ	Sн,% Опыт	Sн,% Расч.	Sm, % Опыт	Sm, % Расч.	Km ТУ	Km Опыт	Km Расч.	Kп ТУ	Kп Опыт	Kп Расч.	Ki ТУ	Ki Опыт	Ki Расч.	KSi Опыт	KSi Расч.	SF ТУ	SF Опыт	SF Расч.	JR, кг*м^2
.3		0.907			28.12		5.11			2.43		0.151			3.044			2.261			6.974		8.61				
9		0.909			28.24		4			2.14		0.154			3.322			2.538			7.788		9.63				
2		0.906			34.44		5.32			2.3		0.153			3.241			2.513			7.461		9.13				

Готово

Рис. 22. Пример экранной формы подсистемы ***«АЭД_DOX»*** **Документ «Проектирование серии АЭД»**

СПРУТ-ТП - 'Размер паза_fact', 7AVER180M4ie1_48-40s_opt Документ: 'Таблица базовой оптимизации, часть 4', состояние: 'В РАБОТЕ'

Файл Правка Вид Формат Документ Настройки Справка

Ре | Таблица базовой оптимизации | Таблица базовой оптимизации часть 2 | Таблица базовой оптимизации, часть 3 | Таблица базовой оптимизации, часть 4 | Эскизы пазов для базовой оптимизации

БАЗОВАЯ ТАБЛИЦА ОПТИМИЗАЦИИ ПОДКЛАССА "СИЛОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ТРЕХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С КОРОТКОЗА

№	Типоразмер АЭД	Дополнительн. информация	MwS	Mcage	MfeS	MfeR	Mfe_pr	Mact	JR	Abase	Mn/Ga	P2/Ga	V_act	Carn	Cesn	CarnSt	Cbrkb	Cbrg	Cshn	Crnd	ABd	AJs	Bd/A	Pf/Vd	Ckob	P1/LS	Cshkb	Mn/dPh	DaS_r	DiS_r
			кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг*м^2	А/см	Нм/кг	кВт/кг	дм^3													Вт/мм		Нм/Вт		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
01	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003		14.85	4.71	37.5	21.71	106.3	78.77	0.156	326.9	1.814	0.279	13.72	0.306	3.272	0.94	1.079	1.317	0.77	19.89	305	1523.4	28.54	0.258	6.603	204	0.935	0.096	1.739	0.63
02	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_2		14.85	4.63	37.65	21.93	106.3	79.07	0.157	325.2	1.809	0.278	13.72	0.307	3.256	0.96	1.079	1.317	0.774	19.8	303.4	1509	28.69	0.256	6.603	203	0.935	0.096	1.739	0.63
03	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_3		14.16	4.56	38.96	22.71	108.6	80.39	0.162	316.5	1.779	0.274	14.01	0.314	3.188	0.99	1.063	1.297	0.79	19.38	296.9	1509.7	29.64	0.251	6.457	198.5	0.955	0.096	1.739	0.63
04	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_4		16.51	4.85	36.26	21.33	106.3	78.94	0.155	341.6	1.812	0.279	13.72	0.308	3.244	0.83	1.076	1.316	0.777	19.72	303.3	1496.1	26	0.255	6.603	202.8	0.935	0.097	1.739	0.63
05	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_5		16.51	4.77	36.47	21.54	106.3	79.29	0.156	339.7	1.806	0.277	13.72	0.31	3.228	0.85	1.074	1.314	0.781	19.62	301.7	1481.1	26.14	0.254	6.603	201.7	0.935	0.097	1.739	0.63
06	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_6		16.51	4.68	36.73	21.81	106.3	79.73	0.157	339.3	1.797	0.276	13.72	0.31	3.224	0.87	1.081	1.322	0.782	19.6	301.3	1476.1	26.17	0.254	6.596	201.4	0.935	0.096	1.739	0.63
07	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_7		19.72	5.2	38.05	22.86	116.2	85.83	0.166	330.7	1.664	0.256	14.99	0.338	2.96	0.67	0.864	1.104	0.851	17.99	275.4	1213.5	25.19	0.233	6.088	184.1	1.022	0.11	1.739	0.63
08	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_8		19.47	5.12	38.34	23.1	116.2	86.02	0.167	328.8	1.661	0.256	14.99	0.34	2.944	0.68	0.866	1.106	0.856	17.9	273.9	1216.4	25.34	0.232	6.082	183	1.022	0.11	1.739	0.63
09	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_9		19.02	5.04	38.57	23.31	116.2	85.93	0.168	328.7	1.664	0.256	14.99	0.34	2.941	0.7	0.882	1.12	0.857	17.88	273.8	1245.9	25.34	0.232	6.075	183	1.022	0.108	1.739	0.63
10	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_10		15.7	4.71	36.74	21.71	106.3	78.86	0.156	331.3	1.812	0.279	13.72	0.302	3.312	0.92	1.093	1.344	0.761	20.14	308.4	1480.7	28.1	0.261	6.596	206.7	0.935	0.095	1.739	0.63
11	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_11		15.7	4.63	37.02	21.93	106.3	79.29	0.157	328.8	1.804	0.277	13.72	0.304	3.291	0.92	1.086	1.338	0.766	20	306.8	1456.6	28.38	0.259	6.596	205.2	0.935	0.096	1.739	0.63
12	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_12		15	4.56	38.32	22.71	108.6	80.59	0.162	319.8	1.775	0.273	14.01	0.311	3.22	0.95	1.067	1.314	0.782	19.57	300	1455.1	29.33	0.253	6.457	200.5	0.955	0.095	1.739	0.63
13	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_13		17.81	4.84	35.66	21.35	106.3	79.65	0.155	344.5	1.796	0.276	13.72	0.306	3.271	0.79	1.065	1.32	0.77	19.89	305.2	1412.3	25.72	0.257	6.61	204.5	0.935	0.098	1.739	0.63
14	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_14		17.15	4.77	35.85	21.54	106.3	79.32	0.156	343.1	1.805	0.277	13.72	0.307	3.256	0.84	1.088	1.339	0.774	19.8	304.7	1454.8	25.88	0.256	6.596	203.7	0.935	0.096	1.739	0.63
15	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_15		17.15	4.68	36.13	21.81	106.3	79.77	0.157	342.6	1.796	0.276	13.72	0.308	3.251	0.87	1.093	1.345	0.775	19.76	304.2	1449.2	25.92	0.256	6.588	203.4	0.935	0.095	1.739	0.63
16	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_16		20.43	5.2	37.38	22.86	116.2	85.87	0.166	333.9	1.663	0.256	14.99	0.335	2.985	0.65	0.879	1.128	0.844	18.15	278.1	1195.3	24.95	0.235	6.082	185.9	1.022	0.108	1.739	0.63
17	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_17		20.38	5.12	37.57	23.1	116.2	86.16	0.167	332.4	1.659	0.255	14.99	0.336	2.973	0.66	0.88	1.13	0.847	18.07	276.9	1186.7	25.06	0.234	6.075	185.1	1.022	0.108	1.739	0.63
18	8AVER180S4ie1_48-40s_140_50003_18		20.38	5.03	37.72	23.33	116.2	86.46	0.168	332	1.654	0.254	14.99	0.337	2.969	0.66	0.884	1.134	0.848	18.05	276.6	1185.3	25.09	0.234	6.069	184.8	1.022	0.108	1.739	0.63

Готово Масса КЗ клетки (обмотки) ротора

Рис. 23а. Пример экранной формы подсистемы ***«АЭД_DOX»*** **Документ «Оптимизационный расчет, лист 4»**

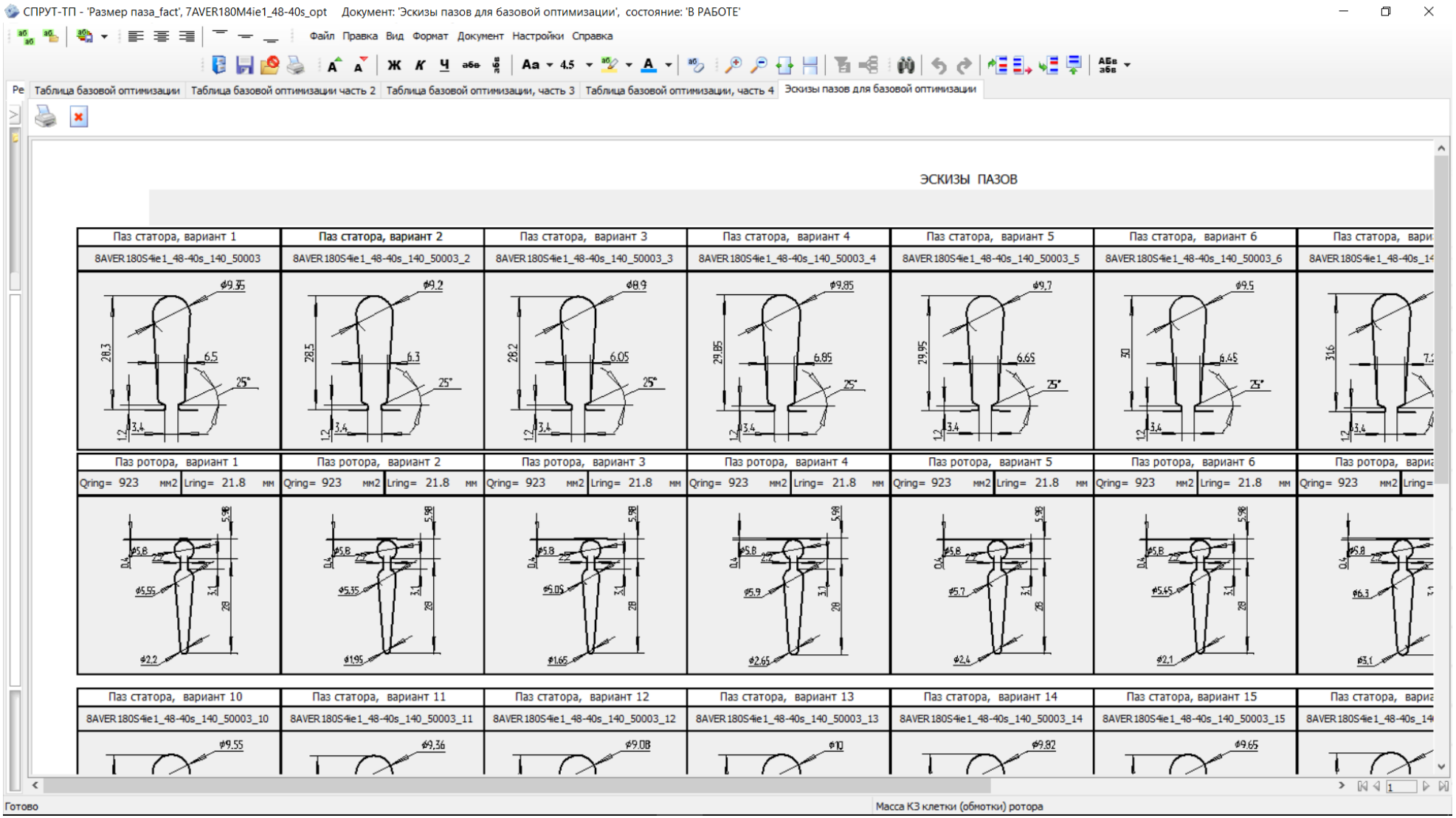


Рис. 23b. Пример экранной формы подсистемы ***«АЭД_DOX»*** **Документ «Оптимизационный расчет, лист 5»**