

ОБЗОР ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

П. С. Золотухин¹, С. А. Загайко²

¹paska.as@yandex.ru, ²zenit_sz@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Рассматриваются программы для расчета подшипников скольжения, которые были разработаны в России. Производится их сравнение с программой, которая разрабатывается на кафедре ДВС на базе ГОСТ ИСО 7902-2001. На основании данного сравнения можно сделать вывод о возможности разработки современной отечественной разработки, которая сможет использоваться в образовательном процессе, при проведении экспериментов, сравнение расчетного и экспериментального значения. Стимуляция отечественных разработчиков к созданию собственного программного обеспечения и импортозамещения.

Ключевые слова: программа; подшипник; опора скольжения; ГОСТ; расчет; программное обеспечение; образовательный процесс; эксперимент; АРМ WinMachine; Подшипник-Криоген.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в энергомашиностроении наряду с подшипниками качения большое распространение получили подшипники скольжения. Большое распространение эти подшипники получили благодаря присущих им преимуществ перед подшипниками качения. Они воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу или оси, и передают их на раму, корпус или иные части конструкции. При этом они должны также удерживать вал в пространстве, обеспечивать вращение, качение или линейное перемещение с минимальными энергетическими потерями [1]. Но основное их преимущество – это возможность иметь разъем в меридиональной плоскости, что делает эти подшипники единственной формой опор для коленчатых валов энергетических машин. От качества подшипников в значительной мере зависит коэффициент полезного действия, работоспособность и долговечность машины.

В современном мире расчет опор скольжения осуществляется с помощью различных программ. К таким программам можно отнести «АРМ WinMachine», «Подшипник-Криоген» и некоторые другие.

Проблема большинства программ заключается в том, что они имеют устаревшие базы

данных или не имеют их вовсе. Расчет производится не по ГОСТ ИСО 7902-2001. Все эти факторы могут привести к некачественному расчету и, следовательно, к неработоспособному подшипнику.

Многие современные программы не рассчитаны на пользователя с минимальным набором знаний, что повышает порог вхождения для их использования. На основании имеющихся фактов принято решение о разработке собственной программы с устранением недостатков имеющихся прототипов. Правильно рассчитанный и спроектированный подшипник скольжения ни в чем не уступает подшипнику качения, а по многим параметрам и превосходит его. Первым шагом является применение хорошей расчетной программы. В связи с этим в данной статье была разработана математическая модель расчета подшипника скольжения и ее сравнение с существующими программами. Эффективность работы турбоустановки оцениваются по следующим энергетическим показателям:

ПРОГРАММА АРМ WINMACHINE

Данная программа разработана научно-техническим центром «Автоматизированное проектирование машин». Программа представляет собой комплекс из множества различных

модулей, отвечающих за расчет различных деталей машин, механизмов и узлов.

За расчет подшипников скольжения отвечает модуль АРМ WinPlain. Он позволяет производить расчет подшипников:

- радиальных, работающих в режиме жидкостного трения;
- радиальных, работающих в режиме полужидкостного трения;
- упорных (подпятники), работающих в режиме жидкостного трения.

Рабочая область позволяет задать обширное множество параметров, пример заполнения данной области приведен на рис. 1.

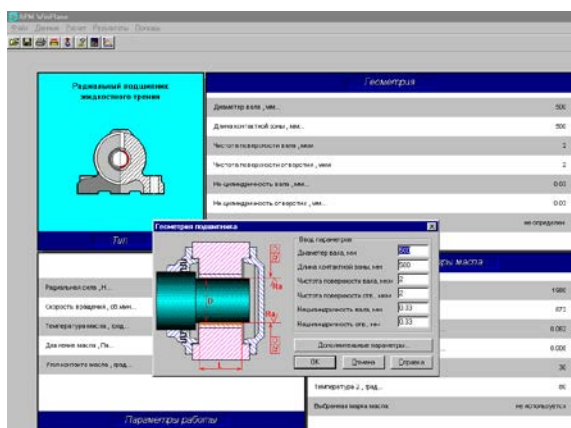


Рис. 1. Рабочее поле модуля АРМ WinPlain [2]

Функционал модуля позволяет рассчитать:

- конструктивные параметры;
- действительный коэффициент трения и потери на трение;
- параметры системы смазки;
- оптимальное значение зазора;
- распределение радиальных и осевых зазоров [2].

Результаты расчета представлены на рис. 2.



Рис. 2. Результаты расчета [2]

Достоинствами программы является большой функционал расчетной части, большое количество различных подключаемых модулей, вывод графиков и графические иллюстрации подшипников.

К недостаткам можно отнести применение методик расчета, которые нигде больше не применяются, отсутствие расчета по ГОСТ ИСО 7902-2001. Высокий порог знаний для использования программы.

ПРОГРАММА «ПОДШИПНИК–КРИОГЕН»

Программное обеспечение «Подшипник-Криоген» разработано коллективом лаборатории «Моделирование гидромеханических систем» (ОрелГТУ), предназначено для выполнения проверочного расчета роторной системы с подшипниками скольжения и позволяет получить как динамические, так и статические характеристики.

Комплекс «Подшипник–Криоген» построен по модульному принципу с применением положений объектно-ориентированного программирования. Это обеспечивает надежное функционирование программного обеспечения, упрощает его отладку и модификацию. Каждая программа комплекса «Подшипник-Криоген» состоит из нескольких модулей [3].

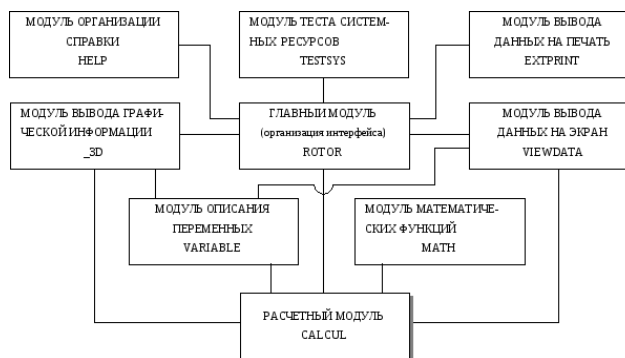


Рис. 3. Структура программы «Подшипник–Криоген» [3]

На данный момент программа устарела, не имеет оптимизации под текущие операционные системы компьютеров. Имеет большое время расчета, от 0,5 до 90 минут. В связи с тем, что почти нигде не используется, затруднен перенос результатов расчета в другие программы или на другие компьютеры.

ПРОГРАММА, РАЗРАБАТЫВАЕМАЯ НА КАФЕДРЕ ДВС

Разрабатывается на основе расчета, приведенного в ГОСТ ИСО 7902-2001, в котором рассчитываются геометрические параметры подшипника, минимальная толщина смазочного слоя и другие параметры, отраженные в ГОСТ.

На данном этапе программа представляет собой excel файл с самим расчетом, характеристиками масел и основными характеристиками подшипников ГОСТ ИСО 7902-2001. Рабочее окно программы представлено в соответствии с рис. 4.

Категория	Обозначение	Величина	Комментарий	Параметр
Условные обозначения	- ячейка для задания исходных данных			Текст /
	- ячейка с результатами расчета			данные для сведения
Исходные данные				неправильный параметр
Масло	Марка масла	МГМ-10	В норма	
	T _{вх} , °C	100		- Температура масла на входе подшипника
	ρ, кг/м ³	772,9		- Плотность масла
	ν, м ² /с	0,0000347		- Кинематическая вязкость масла
	η, Па·с	0,002681963		- Динамическая вязкость масла
	C _p , Дж/кг·°C	2345		- Удельная теплоемкость масла
	ρ _н , Па	392400		- Давление подачи масла
	F, Н	1422,65		- Нагрузка на подшипник
	N, об/мин	11278		- Частота вращения вала
	ω, с ⁻¹	1181,029398		- Угловая скорость вращения вала
Геометрия	D, м	0,083	1346(+0,016...0)	- Номинальный внутренний диаметр подшипника
	S(D _{вн}), м	0,000016		- Верхнее отклонение внутреннего диаметра подшипника
	D _{макс} , м	0,043016		- Максимальное значение внутреннего диаметра подшипника
	S(D _{вн}), м	0		- Нижнее отклонение внутреннего диаметра подшипника
D _{мин} , м	0,083		- Минимальное значение внутреннего диаметра подшипника	

Рис. 4. Рабочее поле программы

Типы данных делятся на 4 типа:

- 1) исходные, которые задает сам пользователь (марка масла, давление подачи, нагрузка на подшипник, частота вращения вала и т.д.);
- 2) для сведения, к ним относятся промежуточные этапы расчета;
- 3) ошибочные, выделяются величины, которые не соответствуют задаваемому параметру;
- 4) результаты расчета выводятся в самом конце.

Программа содержит переведенные в электронный вид номограммы с характеристиками различных масел и их свойства, различные способы подвода масла. Заложена возможность выбрать материалы пары трения.

В отличие от вышеописанных программ, данная разработка будет иметь современный интерфейс, гораздо более хорошее среднее время расчета, а также возможность переноса результатов в другие программы в

сравнении с программой «Подшипник-Криоген».

Одновременно с этим она будет иметь более простой и легкий для понимания интерфейс чем ARМ WinMachine. Главным отличием от данной разработки является то, что она работает по алгоритму, описанному в ГОСТ ИСО, в отличие от продукта ARМ.

Разработка велась на языке программирования Visual Basic. После создания интерфейса была перенесена логика excel файла. Скриншоты рабочей области программы представлены на рис. 5–8.

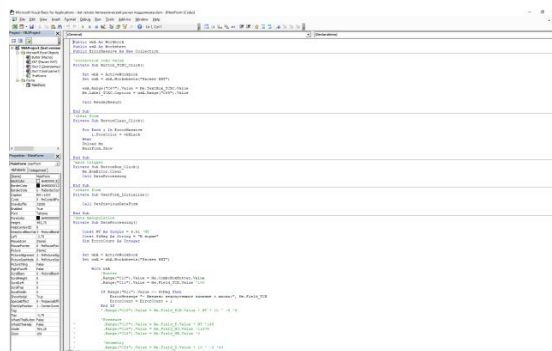


Рис. 5. Код программы

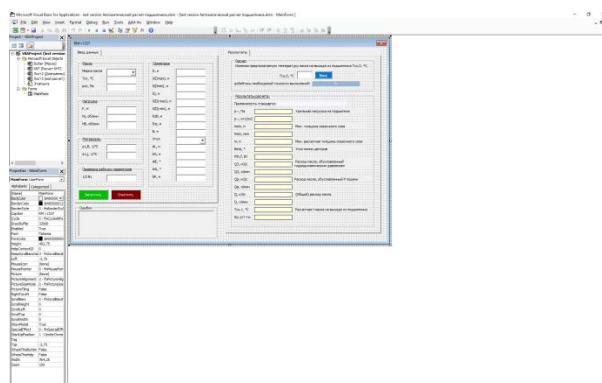


Рис. 6. Рабочая область

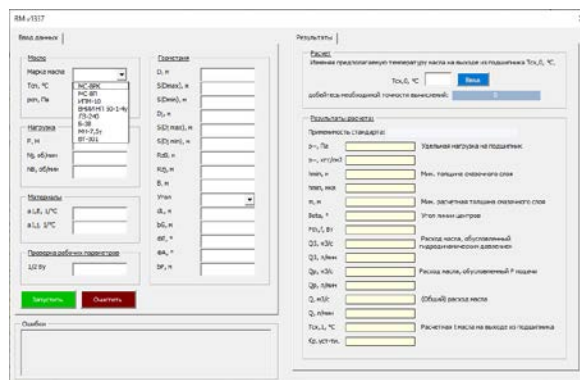


Рис. 7. Функция выбора масла

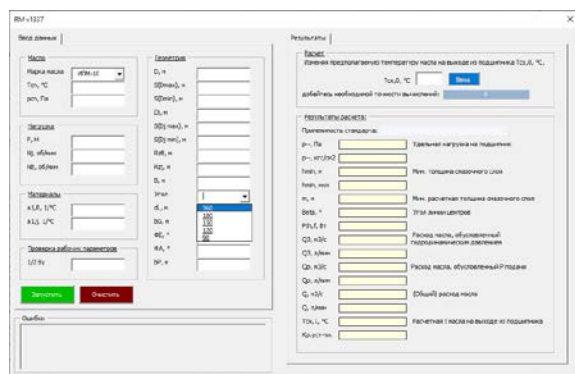


Рис. 8. Функция выбора дуги охвата сегмента подшипника

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Проведен обзор программ используемых для расчетов опор скольжения и определены их достоинства и недостатки.

2. На данном этапе разработки программа представляет собой excel файл с полным расчетом по ГОСТ, оцифрованными графиками, выбором различных параметров и характеристиками масел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разрабатываемая программа имеет низкий порог вхождения, что существенно расширяет круг пользователей.

При дальнейшей доработке данную разработку можно использовать для проведения практических и лабораторных занятий. Разрабатывать на ее основе курсовые проекты. В конечном варианте может использоваться на заводах, вместо устаревших.

На данном этапе разработка представляет собой программу с частичным переносом логики вычислений по ГОСТ, оцифрованными графиками, выбором различных параметров и характеристиками масел, и проверочным расчетом по С. А. Чернавский «Подшипники скольжения».

Дальнейшие работы будут направлены на завершение переноса логики и улучшения функционала программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алисин В. В., Асташкевич Б. М., Браун Э. Д. и др. Трение, изнашивание и смазка. Справочник в 2-х кн. М.: Машиностроение, 1979. [V. V. Alisin, B. M. Astashkevich, E. D. Brown and others, *Friction, wear and lubrication*, (in Russian). Moscow: Mechanical Engineering, 1979.]
2. APM WinMachine. Система автоматизированного расчета и проектирования машин, механизмов и конструкций. Краткое описание продукта. – М.: НТЦ АПМ,

2000. – 58 с. [APM WinMachine, *The system of automated calculation and design of machines, mechanisms and structures. Brief product description*, (in Russian). Moscow: Scientific and Technical Center "APM", 2000.]

3. Борисенков В. А., Котылев Ю. Е., Савин Л. А., Лазарев С. А. Расчет узлов и деталей машин: Методические указания по пользованию пакетом прикладных программ Орел, 1996. – 16 с. [V.A. Borisenkov, Yu.E. Kotylev, L.A. Savin, S.A. Lazarev, *Calculation of units and parts of machines*, (in Russian). Orel: Methodical instructions for using the software package, 1996.]

4. Подшипник-Криоген. Автоматизированный расчет механических передач: учебное пособие. – М.: ОрелГТУ 2000. – 215 с. [Bearing-Cryogen, *Automated calculation of mechanical gears*, Tutorial, (in Russian). Moscow: "OrelGTY" 2000.]

5. WIPO.int: хранилище интеллектуальной собственности [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wipo.int/portal/en/index.html> (дата обращения 15.12.2018). [WIPO.int: *WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (2018, Dec. 15)* [Online]. Available: <http://www.wipo.int/portal/en/index.html>

6. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс]. URL: <http://www1.fips.ru> (дата обращения 20.12.2018). [Federal Institute of Industrial Property (2018, Dec. 20) [Online]. Available: <http://www1.fips.ru>]

7. Черноусов А. А. Основы численного моделирования рабочих процессов тепловых двигателей: учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 2008. - 264 с. [A. A. Chernousov, *Basics of numerical modeling of heat engine workflows: studies. Allowance*, (in Russian). Ufa: Ufa State Aviation Technical University "UGATU", 2008.]

ОБ АВТОРАХ

ЗОЛОТУХИН Павел Сергеевич, магистрант каф. ДВС.

ЗАГАЙКО Сергей Андреевич, канд. техн. наук, доц. каф. ДВС.

METADATA

Title: Program overview for calculating sliding bearings

Authors: P. S. Zolotukhin¹, S. A. Zagaiko²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹paska.as@yandex.ru, ²zenit_sz@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (21), pp. 56-59, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract We consider the program for calculating bearings which were developed in Russia. They are calculated with a program that is being developed at the department of internal combustion engines based on GOST ISO 7902-2001.

Key words: program; bearing; sliding bearing; GOST; payment; software.

About authors:

ZOLOTUKHIN, Pavel Sergeevich., master student 2 year, Ufa state aviation technical University

ZAGAIKO, Sergei Andeervich., candidate of technical Sciences, Associate Professor in the Department of internal combustion engines, Ufa state aviation technical University